

48/83

lex

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**U.S.T.H.B.**

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DÉPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE

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

**MEMOIRE D'INGENIORAT**

OPTION ELECTRONIQUE

Sujet : APPORT DE LA METHODE DES  
'NUÉES DYNAMIQUES' EN TRAITEMENT  
NUMERIQUE D'IMAGES SPATIALES.

Proposé par :

A. ABDELLAOUI

Etudié par :

Fodil SI-SERIR  
Lazziz OUGHLIS

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية

المكننة

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
BIBLIOTHÈQUE

JANVIER 83

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

**MEMOIRE D'INGENIORAT**

OPTION ELECTRONIQUE

Sujet : APPORT DE LA METHODE DES  
'NUEES DYNAMIQUES' EN TRAITEMENT  
NUMERIQUE D'IMAGES SPATIALES.

Proposé par :

A. ABDELLAOUI

Etudié par :

Fodil SI-SERIR  
Lazziz OUGHLIS

JANVIER 83





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

Les problèmes nés, ces dernières années, du développement économique ont confronté l'homme à l'exigence de politiques de gestion des ressources plus efficaces et plus rapides que pour le passé.

L'une des conditions de l'efficacité voulue réside dans une meilleure connaissance des innombrables paramètres qui décrivent notre environnement. Cette connaissance pose, il est vrai, des problèmes de moyens à la fois techniques et économiques.

Les moyens traditionnels d'acquisition de l'information sur des ressources terrestres, essentiellement aériens (avions, ballons) ou partsoudages ne pouvaient suffire. Alors le chercheur était confronté à des phénomènes de grande étendue, ses points d'observation étaient limités.

En 1972 un élément de réponse à cette nécessité était né du développement de la technologie spatiale, du progrès de l'électronique et de l'informatique: le satellite artificiel. Ce dernier, par son éloignement de la terre et la régularité de son mouvement autour d'elle apporte à son observation les qualités conformes à nos exigences.

Une nouvelle technique d'acquisition à distance de l'information sur les ressources: la TELEDETECTION commence alors à se développer. Plus précisément on désigne par télédétection l'ensemble des techniques de collecte, de traitement et d'interprétation de ces informations recueillies.

Notre travail sera axé sur le deuxième point mis en lumière par cette définition: le traitement.

Le traitement numérique d'images en télédétection consiste à établir la meilleure correspondance entre une densité optique donnée de l'image et la vérité au sol et à procéder à une classification dans le but est de regrouper les points de l'image au mieux de leur ressemblance dans des classes c'est le problème de télédétection.

Le premier chapitre de ce mémoire nous donnera un bref aperçu sur l'acquisition et la mise en forme des données ainsi que quelques domaines d'application de la télédétection. Les images se présentent alors sous la forme de fichiers informatiques sur bandes magnétiques dans lesquels à chaque " pixel " correspond un enregistrement de  $n$  valeurs; sa signature spectrale.

Le deuxième chapitre est l'exposé des différents types de classification en un d'un traitement numérique de l'image. Le calcul de distance notion fondamentale pour la discrimination entre points  $y$  est introduit.

Le chapitre III est consacré à la formation mathématique du problème de classification en télédétection.

Dans le quatrième chapitre, l'étude détaillée de la méthode des nuées dynamiques considérée comme solution à votre problème, sera traitée. c'est dans le chapitre cinq que nous trouverons la présentation et la description de tous les programmes qui nous ont permis de sortir graphiquement des images sur listing.

Les résultats seront commentés dans le chapitre six.

## CHAPITRE I

### GENERALITES

Dans le présent mémoire, nous emploierons le terme télédétection exclusivement pour les méthodes d'acquisition de l'information à distance qui utilisent l'intermédiaire du rayonnement électromagnétique.

La technique est basée sur le principe suivant: chaque objet émet, absorbe, diffuse et réfléchit des rayonnements que l'on peut enregistrer et qui lui sont propres.

#### -I- Acquisition des données

L'obtention de ces informations nécessite :

##### -I-1 une zone émettant un certain rayonnement.

Suivant la nature des objets terrestres, on sait que ceux-ci émettent une énergie suivant certaines longueurs d'ondes. Un type d'objet donné dispose d'une courbe de répartition de l'énergie émise ou réfléchi par lui en fonction de la longueur d'onde: c'est ce qu'on appelle la signature spectrale de cet objet.

Théoriquement tout le spectre électromagnétique pourrait être utilisé. (de l'ultra-violet aux ondes radios). Mais à l'état actuel de la technique il n'existe de détecteurs que pour certains domaines du spectre car peu affectés par les perturbations atmosphériques (absorption, diffusion,.....)

Ce sont essentiellement:

- le visible : 0,4 à 0,75  $\mu$ m
- le proche infrarouge : 0,75 à 1,1  $\mu$ m

C'est le domaine de la photographie aérienne classique et plus récemment des appareils à balayage multispectraux.

##### -I-2 Un milieu de propagation.

Le milieu étant l'atmosphère, le rayonnement est soumis à des perturbations diverses selon sa longueur d'onde.

Elles sont dues à:

- L'absorption par les gaz atmosphériques
- La diffusion par les molécules
- L'émission atmosphérique
- La refraction.

### -I-3 Une plate forme d'observation.

C'est le vehicule permettant de transporter en altitude les appareils de mesure ( capteurs ) et d'observer la zone de travail dans des conditions acceptables de géométrie et de temps.

Nous distinguons:

- Les avions : 500 m à 10 km
- Les ballons: 10 km à 30 km
- Les satellites: 500 km à 900 km

### -I-4 Les capteurs

Ce sont eux qui reçoivent et mesurent le rayonnement issu des objets au sol. Ils sont caractérisés par:

- L'ouverture angulaire qui définit le champ global de l'observation.
- La résolution spatiale qui mesure l'ouverture minimum des faisceaux enregistrés, traduits en résolutions linéaire au sol par la dimension de l'objet le plus petit que l'appareil peut appréhender: c'est le pixel .
- La résolution spectrale liée aux positions et largeurs des bandes de longueur d'onde séparées par la technologie de l'appareil.

Le canal mesure l'ensemble du rayonnement interne à une bande spectrale. Les caractéristiques des différentes bandes étant:

La bande quatre(4) située dans la partie visible du rayonnement électromagnétique, permet l'identification des structures géologiques et la distinction entre les différents types de végétations.

La bande cinq(5) située en partie dans le visible et en partie dans le proche infrarouge nous donne une bonne image d'ensemble du terrain: relief, hydrographie, couverture végétale. Il est indispensable.

La bande six(6) située dans le proche infrarouge est surtout utilisée pour l'identification des sols. Ses caractères sont intermédiaires entre ceux des bandes 5 et 7.

La bande sept (7) située entièrement dans l'infrarouge permet de faire ressortir l'eau, l'humidité du sol. Le relief ressort mal.

IL existe deux(2) grands types de capteurs:

#### a-les capteurs passifs

Ils mesurent le rayonnement naturel émis ou réfléchi par l'objet étudié

#### - Les chambres photographiques.

Ce sont les premiers capteurs de télédétection. ils utilisent des films photographiques avec des caméras à objectifs et filtres multiples.

- Les capteurs à balayage ou scanners

Ils analysent 2 régions du spectre: le visible et le proche infra-rouge d'une part et l'infrarouge thermique d'autre part.

- Les radiomètres.

Ils sont sensibles au rayonnement infra-rouge thermique, et destinés à mesurer le radiance par transformation de celle-ci en un signal électrique. Ils fonctionnent en mode monospectral ou multispectral.

Les satellites Landsat utilisent le système multispectral scanner subsystem (MSS) qui est un instrument electro-optico-mécanique. ~~Cet~~ Cet appareil de détection est constitué d'un radiomètre multispectral à balayage opérant dans quatre canaux, chacun correspondant à une bande spectrale déterminée.

La résolution spatiale des images Landsat est un élément de 79m X 57m correspondant à l'information spectrale.

b- Les capteurs actifs

C'est la combinaison d'un émetteur d'onde électromagnétique et d'un récepteur.

- Le radar:

Il émet un rayonnement propre vers la zone à observer et enregistre le rayonnement que lui réfléchit cette zone. Son avantage est son fonctionnement en temps couvert, de jour comme de nuit.

- Le laser:

Principalement utilisé dans l'U.V pour exciter la fluorescence de certains corps.

-I-5 Un système d'enregistrement de données.

Les modes d'enregistrement de données varient selon le type de capteur. On distingue:

- Les films

- Les bandes magnétiques

- les disques

Les informations s'y trouvent sous forme numérique ou analogique. La récupération de leurs enregistrements pour un éventuel traitement se fait par l'utilisation d'un système de transmission. Les transmissions se font par ondes courtes en deux bandes passantes et en modulation de fréquence.

I-6 Un centre de recueil et de prétraitement de données.

La station au sol enregistre sur bandes magnétiques les données reçues. Il est par la suite procédé à une mise en forme de ces

documents. Un certain nombre de corrections seront nécessaires.

- Une correction géométrique de la bande.
- La conversion des informations en binaire usuel.
- L'insertion sur la bande de renseignements tels que la position géométrique de la scène, position du soleil, l'altitude, l'heure date, identification des canaux.

Les informations recueillies par le Landsat concernant notre pays sont transmises à la station située en Italie.

I-7 Un centre de traitement et d'interprétation.

A l'issue de la séquence des opérations décrites ci-dessus on dispose à terre d'enregistrements de la télémessure.

Le but principal du centre de traitement est d'établir une corrélation entre la télémessure et la nature des objets au sol.

Les traitements portent essentiellement sur les signatures spectrales des pixels et s'assignent de rassembler ceux-ci en classes censées contenir les objets que l'on cherche.

L'image multispectrale landsat est composée de 2340 lignes. Chaque ligne contient 3240 unités élémentaires d'informations (pixels). Cette énorme quantité d'informations (7581600 pixels) ne peut être traitée qu'à l'aide d'un ordinateur. La mise en oeuvre de méthodes mathématiques d'analyse de données faisant appel à des algorithmes numériques plus ou moins complexes est aussi nécessaire.

2 - Domaines d'application

La télédétection est un outil précieux pour toutes les applications concernées par les phénomènes de surface. Nous allons voir les apports de la télédétection dans les différents domaines.

D'abord limitée au domaine militaire, l'observation spatiale de

la terre devait avoir rapidement une première application au

bénéfice de tous en géologie. Elle permet de découvrir des

structures géologiques renfermant des minerais, d'identifier des

zones de pollution de la mer ou des lacs, de surveiller le

développement d'une herbe, d'inspecter des superficies immenses

de forêts à des coûts réduits, de suivre la croissance des cultures,

de prévoir la production agricole, d'étudier les ressources

en eau d'un pays, l'aménagement d'un territoire ....

Le satellite LANDSAT utilisant le système multispectral Scanner (MSS)

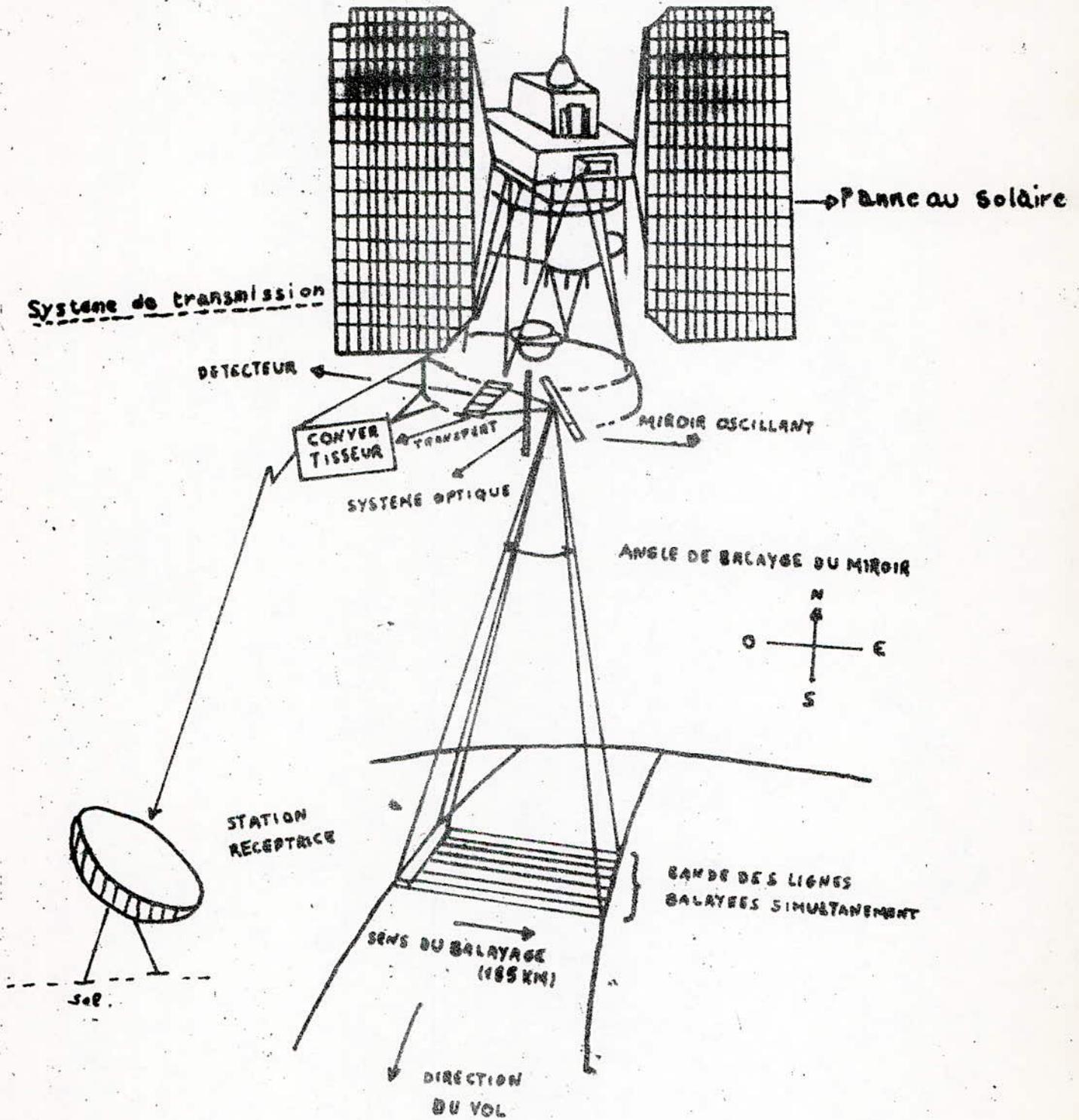


FIG: 1

Nous venons de voir l'utilité immense de la télédétection et plus particulièrement pour les pays en voie de développement car elle permet une connaissance d'un territoire pour le mettre en valeur dans les meilleures conditions et les délais les plus brefs.

### 3- Présentation des données image.

#### -3-1 Structure de l'image

L'image est constituée de 512 lignes de 512 points chacune. Un point donné correspond à une information. L'image est divisée en 4 strips, chaque strip représente le quart de l'image. (Voir fig a)

#### -3-2 Structures de la bande.

Sur la bande les informations sont enregistrées par octet. La bande est constituée de quatre fichiers identiques. Chaque fichier contient les informations vidéo relatives à un canal. Celles-ci sont enregistrées par bloc de longueur fixe de 128 Octets. Un bloc correspond à un enregistrement physique. L'enregistrement d'une ligne de l'image se fait sur quatre blocs successifs; Donc les 512 lignes qui constituent l'image seront enregistrées sur  $(512 \times 4)$  soit 2048 blocs.

Les quatre fichiers de 2048 enregistrements physiques chacun, sont enregistrés sur la bande les uns à la suite des autres.

Ils sont séparés entre eux par un enregistrement physique de 128 Octets vide. Ce bloc vide permet seulement de signaler la fin des données relatives à un canal.

#### -3-3 Enregistrement sur disque.

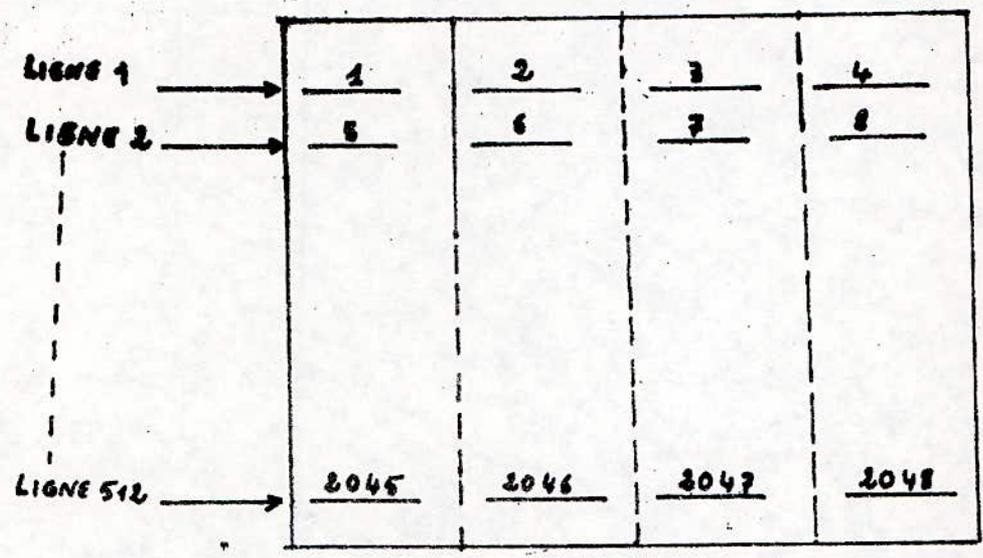
L'accès aux informations contenues dans une bande magnétique est séquentiel. La manipulation de ces informations nécessite donc un temps d'exécution sur ordinateur relativement long.

Dans le souci de contourner ce problème, les informations contenues dans la bande sont enregistrées sur une unité périphérique à accès direct de l'ordinateur, soit l'unité de disque.

Mais un compromis entre le temps d'exécution et l'espace mémoire se pose car le traitement de telles images nécessitera une réservation de place mémoire importante.

L'ordinateur utilisé (METRA 125) étant de capacité relativement faible (32 Kilo-mots) il est souvent nécessaire d'établir un compromis entre ces 2 possibilités dans la constitution des programmes d'autant plus que nous sommes appelés à travailler en

- STRUCTURE DE L'IMAGE -



- UN CANAL = 2048 BLOCS

- UN BLOC = 128 OCTETS

Fig-a

En multispectral c'est à dire à manipuler les informations données par les 4 Canaux.

-3-4 Conclusion.

L'étude des images numériques obtenues par télédétection peut s'effectuer de plusieurs manières. Il est possible de reconstituer une image pour chaque canal . Toute fois l'utilisation simultanée de plusieurs canaux met à disposition plus d'informations et donc permet de mettre en évidence un plus grand nombre de phénomènes. Cette énorme masse d'informations nécessite un traitement à l'ordinateur.

La photo interprétation peut également être facilité par un traitement numérique préalable tel le filtrage numérique .

Nous n'étudierons dans les pages à suivre que les techniques numériques appelées classifications

La classification appliquée aux images numériques est un modèle dont le but est d'établir la correspondance entre la mesure de la radiance (densité optique) et la réalité au sol.

Ce modèle ne peut évidemment pas être de type déterministe .

L'avantage de ces techniques d'automatisation outre la rapidité d'obtention des résultats est de donner à l'interpréteur une idée globale de l'image qu'il étudie.

## CHAPITRE II

### - TRAITEMENT NUMERIQUE -

#### 1.1 INTRODUCTION

Le but du traitement numérique est de dépouiller de grands ensembles de données représentées par un nombre fini de paramètres. En télédétection, ces données sont les informations recueillies dans les bandes magnetiques par les différents canaux.

Cette énorme quantité de données pose différents problèmes de gestion. Un stade important dans l'analyse et la compréhension de ces données est de mettre en évidence des classes ou sous ensembles homogènes au mieux de leurs ressemblances.

Une approche de solutions de type mathématique de ce problème nous est donnée par les méthodes de classification automatique. Celles-ci consistent à trouver sur un ensemble E une relation d'équivalence de telle façon que chaque classe d'équivalence soit la plus homogène possible; autrement dit, de façon à ce que les éléments d'une même classe soient suffisamment semblables pour être différenciés des éléments d'une classe différente.

Une classe est définie soit par ses limites (bornes de classe), soit par son centre (noyau de la classe).

Une classification repose sur les quatre points suivants :

- Définition d'un centre de classe
- Recherche des règles de décision permettant d'affecter chaque point à une classe
- Effectuer la classification pour les points de l'image
- Estimation de la performance de la classification.

#### 2- TYPE DE CLASSIFICATION

Les techniques de classification automatiques sont nombreuses. Elles sont réparties en deux groupes : les techniques supervisées et non supervisées selon le cas où nous possédons ou non des échantillons des données à traiter. ( Figure a )

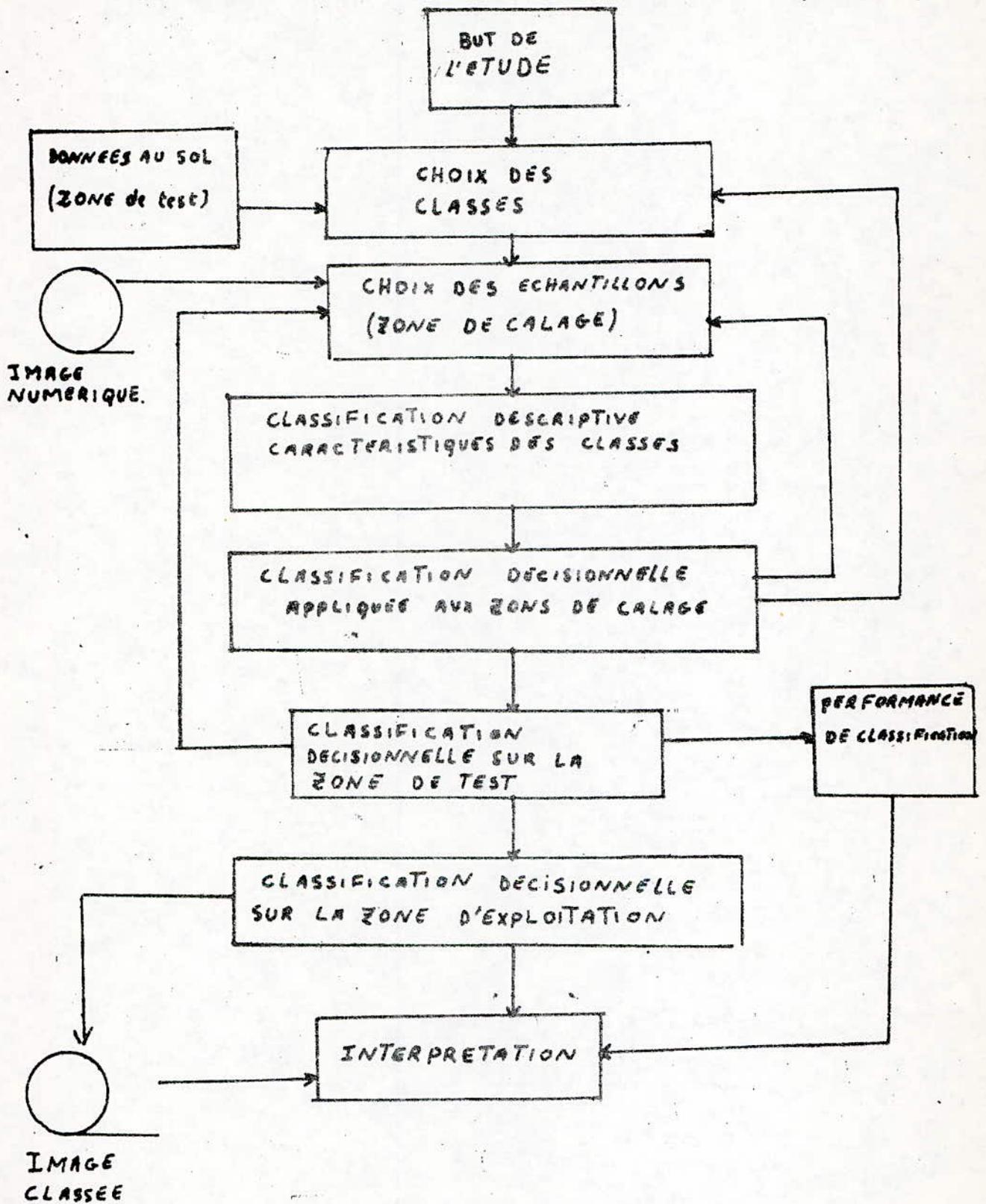
##### 2 - 1 classification supervisée

Ce type de classification est utilisé lorsqu'on possède des échantillons qui permettent de définir à priori des classes. Concrètement la méthode consiste à repérer au sol, lors du passage du satellite, des parcelles ( vérités-terrain ) du phénomène que l'on veut ensuite retrouver sur l'ensemble de la zone d'étude. Au cours du traitement, on prendra comme signature de référence du phénomène les radiométries de ces vérités terrain. Il y aura donc lieu de les extraire de l'ensemble de l'image.

Les méthodes supervisées peuvent être divisées en deux groupes :

- celles qui utilisent les hypothèses statistiques.
- celles qui utilisent les hypothèses géométriques.

- SCHEMA DE PRINCIPES DE LA CLASSIFICATION SUPERVISEE



### 2-1-1 Méthodes statistiques

Ce sont les méthodes qui font intervenir des concepts statistiques. Parmi les plus courants, citons la loi de distribution multivariée (La place-Gauss). Les classes sont supposées présenter une telle distribution, hypothèse qu'il convient toujours de vérifier.

Si on ne peut pas faire cette hypothèse, alors on peut utiliser une méthode statistique ne faisant pas appel aux lois de probabilités. On obtient alors la méthode des K plus proches voisins et ses variantes. Une amélioration de cette méthode est la méthode des FIX-HODGES.

### 2-1-2 Méthodes géométriques

Ce sont les méthodes les plus utilisées car elles sont moins coûteuses que les méthodes statistiques en temps de calcul.

On munit l'espace  $\mathbb{R}^D$  des signatures spectrales d'une distance adaptée pour chaque classe  $C_i$  recherchée :  $d_i(x, y)$ .

On définit ensuite une mesure de similarité entre la signature  $x$  et la classe  $C_k$ .

$$S(x, C_k) = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p d_k(x, y_j)$$

On affecte alors  $x$  à la classe dont il est le plus proche.

Suivant la distance utilisée on aura différentes méthodes. (méthode de Sebest en elliptique, bar centrique, des ruées dynamiques)

### 2-2 Classification non supervisée

Contrairement à la classification supervisée, elle n'utilise pas de vérités terrain car souvent il n'est pas possible d'extraire des échantillons de la zone à traiter. Elle permet de regrouper les pixels dont les signatures spectrales sont proches les unes des autres selon des critères ne faisant pas appel à une référence a priori.

On obtient ainsi une partition de l'image en  $k$  classes si l'on s'est fixé ce nombre initialement comme nombre de classes à obtenir.

Le problème qui se pose alors n'est plus de faire "une classification" mais de faire une "reconnaissance de forme" c'est à dire de reconnaître des groupements homogènes.

Il est donc nécessaire d'interpréter chaque classe. Pour cela on les comparera à des informations de vérités terrain. De nombreuses méthodes existent.

#### 2-2-1 Méthodes des histogrammes

Ce sont des méthodes qui ne permettent pas de résoudre tous les problèmes. Une amélioration de cette méthode pour une image multispectrale est de décorréler les canaux et de faire une transformation spatiale en ne gardant que les canaux transformés les plus riches en contraste.

Les transformations ne sont plus arbitraires (normalisation) mais fondées sur des critères de discrimination.

Elles permettent de réduire la dimension de l'espace  $F^D$ . Elles sont basées sur :

- une application métrique
- une transformation diagonale
- une rotation des axes de coordonnées et pondération des variables
- une analyse factorielle discriminante qui consiste à trouver quelque combinaisons linéaires des variables qui soient indépendantes entre elles et qui permettent de caractériser les individus.

Dans cette méthode le choix des centres de classes d'initialisation est fait suivant l'appréciation de l'opérateur qui se base sur l'allure de l'histogramme obtenu. Ce dernier consiste à analyser tous les points de l'image les uns après les autres et de compter la fréquence de chaque niveau de gris existant sur l'image.

### 2-2-2 Méthode agrégative

On choisit une distance dans l'espace des signatures spectrales. En prenant un point de référence à priori, on peut classer les différentes signatures spectrales sur axe en fonction de leurs distances relatives. On réalise alors une arborescence utilisant un indice de diamètre : 2 pixels distants de  $d(x, y)$  seront sur la même branche de niveau  $i$  si :

$$d(x, y) \leq \theta_i$$

A partir de cette arborescence, on peut couper plus ou moins près de la racine. On réalise ainsi des agrégations de pixels.

### 2-2-3 Méthode des nuées dynamiques

Cette méthode entre dans le cadre des méthodes dites "clustering". C'est une méthode itérative.

On choisit une distance entre une signature spectrale et le groupe de signatures spectrales définissant chaque classe.

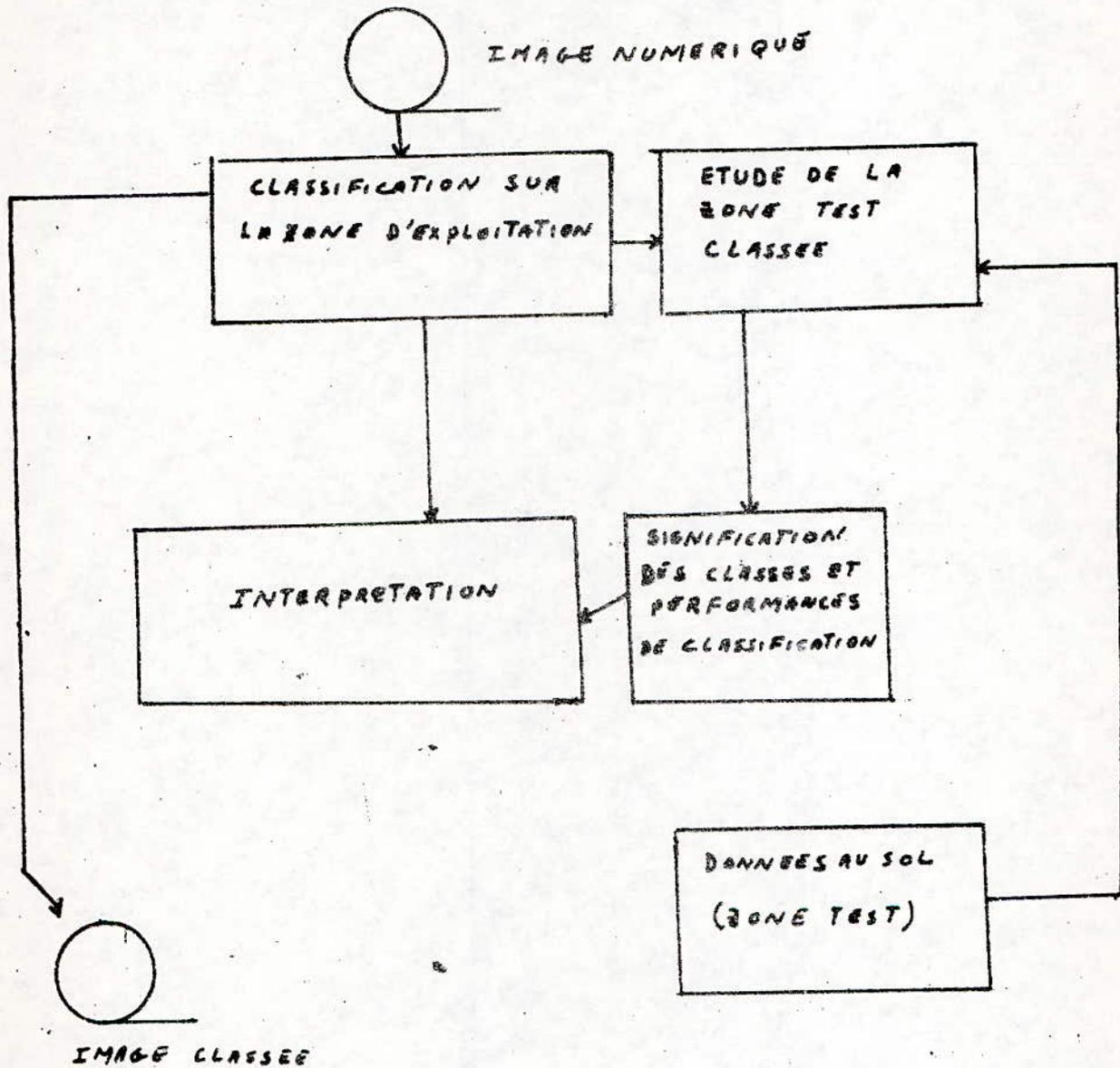
On se donne une règle de choix des meilleures signatures spectrales parmi toutes celles définissant une classe.

On procède en général comme suit :

- on tire au hasard autant de noaux de départ que de classes recherchées
- on range chaque signature spectrale dans la classe du noau le plus proche
- on choisit dans chaque classe les représentants les plus "centraux" de la classe comme nouveaux noaux.
- on recommence alors les opérations jusqu'à satisfaction d'un critère d'optimisation.

Ceci n'est qu'un bref aperçu de la méthode. L'étude détaillée de celle-ci sera l'objet de notre travail. La méthode peut être aussi utilisée en supervisée.

- SCHEMA DE PRINCIPE DE LA CLASSIFICATION NON SUPERVISEE



### 3— Operations de classification

Il est très important de remarquer dans les méthodes décrites précédemment qu'une opération de classification repose sur toute une série de choix et qu'elle est donc fortement conventionnelle.

Tout l'art de la classification consiste d'une part à choisir les conventions de telles sortes que les éléments soient bien classés au regard des utilisateurs, d'autre part à savoir utiliser les classifications avec une claire conscience des conventions sur lesquelles elles sont fondées, et donc des limites qui s'imposent à leur usage.

Voici la liste des choix nécessaires pour opérer une classification.

- a) - définir l'ensemble  $E$  lui-même et ses limites.
- b) - observer sur chaque individu ( pixel en télédétection ) un certain nombre de variables ( réponse spectrale d'un pixel dans un certain nombre de canaux ).
- c) - définir une distance entre individu,  $d(x,y)$ , qui sera calculée à partir des variables observées.
- d) - définir une distance entre sous ensembles,  $D(A,E)$  de façon à pouvoir donner un sens à des distances entre groupes d'individus. Cette distance doit être cohérente avec la distance entre individus de façon à redonner  $d(x,y)$  si les sous ensembles sont réduits à un élément.

Le choix de cette distance est souvent appelé "choix d'une stratégie d'agrégation."

C'est dans le choix des variables à observer de la distance, de la stratégie que le chercheur intervient avec ses objectifs propres et sa perception personnelle du problème. Une fois les variables et la méthode choisies, le résultat ne dépend plus de lui.

Exemples :

- En télédétection, les variables à observer sont les niveaux de gris des pixels dans un canal ou dans plusieurs canaux.
- En médecine, ces variables peuvent représenter les différentes maladies observées sur des patients.../...

Des exemples de distance et de stratégie seront donnés dans le paragraphe suivant :

#### 4 - Calcul de distances

La notion de distance est importante pour la discrimination entre individus. Une classe sera plus ou moins bien estimée géométriquement suivant la distance utilisée ; ainsi on aura des classes circulaires, allongées, etc.....



Ecriture matricielle de cette distance

$$d^2(x, y) = (x-y)^t Q (x-y)$$

La quantité  $d^2(x, y)$  est une forme quadratique :  $Q$  matrice symétrique associée :  $P \times P$

$(x-y)$  : vecteur d'état de dimension  $P$

Une forme quadratique est définie positive si la matrice  $Q$  est définie positive.

$Q$  est définie positive si les mineurs principaux du déterminant de  $P$  sont positifs.

Les distances ainsi définies sont dites euclidiennes.

Une métrique n'est que la façon de mesurer des distances.

si  $Q = I$  on dira qu'il s'agit d'une distance euclidienne usuelle.

$$d(x, y) = \sum (x_i - y_i)^2 \iff d^2(x, y) = (x-y)^t (x-y)$$

Interprétation physique:

Il revient à accorder un même poids à chacune des variables dans les différents canaux, or chacune des variables mesurées sur l'ensemble des individus nous renseigne plus ou moins sur l'appartenance des individus à la classe considérée.

Pour cela on est amené à effectuer des transformations sur l'ensemble des variables

La transformation linéaire revient à considérer une nouvelle métrique définie par la forme quadratique.

Un théorème montre que  $Q = Q^t \times Q$

$$d^2(x, y) = (x-y)^t Q (x-y) = (x-y)^t Q^t Q (x-y) = [Q^t(x-y)]^t [Q(x-y)]$$

$d^2(x, y)$  est donc la distance euclidienne usuelle entre les transformées  $Q^t a$  et  $Q b$

nous définissons sa similitude par:

$$\forall x, y \in Y$$

$$s(x, y) = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p d^2(x_i, y_i)$$

$$\text{si } x_i \notin Y$$

$$s(x_i, y) = \frac{1}{p} \sum_{\substack{j=1 \\ x_j \in Y}}^p d^2(x_i, x_j)$$

Le carré moyen de la distance entre individus du même groupe sera une mesure de l'agrégation.

L'agrégation de la classe  $y$  se mesure :

$$D^2 = \frac{1}{P(P-1)} \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P d^2(x_i, x_j) \quad (x_i, x_j) \in y^2$$

Le problème consiste à trouver la matrice  $Q$  de telle façon que chaque classe soit la plus agrégée possible, autrement dit le problème est de minimiser  $D^2$ .

-4-2 différentes distances

- Distance de Mahalanobis :

$$d^2(x, y) = \left\{ \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P q_{i,j} (x_i - y_i)(x_j - y_j) \right\}$$

où les  $q_{i,j}$  éléments de la matrice  $Q$  sont calculés de la façon suivante  
 $Q = \text{cov}^{-1}$

et  $\text{cov}$  est la matrice des variances - covariances des caractères.

Ecriture matricielle :

$$d^2(x, y) = (x - y)^t \text{cov}^{-1} (x - y)$$

- Distance angulaire :

C'est la mesure de l'angle formé entre deux vecteurs ayant pour origine celle des coordonnées, et pour extrémité les points figuratifs des individus (éléments d'images)  $x$  et  $y$  dans l'espace des  $P$  caractères. Si :

$\theta(x, y)$  est cette distance, nous calculons.

$$\cos \theta(x, y) = \frac{\sum x_i y_i}{\left[ \sum_{i=1}^P x_i^2 \sum_{i=1}^P y_i^2 \right]^{1/2}}$$

L'utilisation de la distance angulaire conduit à mesurer la proportionnalité entre les caractères des deux individus

$$\frac{x_1}{y_1} = \dots = \frac{x_P}{y_P} \Rightarrow \cos \theta(x, y) = 1 \Rightarrow \theta = 0$$

- Distance du  $\chi^2$

Elle est donnée par:

$$d^2(x, y) = \sum_{i=1}^p \left[ \left( \frac{x_i}{\sum_i x_i} - \frac{y_i}{\sum_i y_i} \right)^2 / \left( \frac{\sum_n x_{ni}}{\sum_i \sum_j x_{nj}} \right) \right]$$

Cette distance fait intervenir les fréquences marginales expérimentales du tableau des valeurs. ~~xxx~~ son utilisation est conseillée lorsque les caractères des individus ne sont pas de même nature.

- Distance euclidienne pondérée simple

Il peut-être avantageux de pondérer l'influence de chaque caractère dans le calcul de la distance

On obtient:

$$d^2(x, y) = \sum_{i=1}^p q_i (x_i - y_i)^2$$

La matrice de pondération  $Q$  est diagonale .

c'est à dire

$$q_{i,j} = 0 \quad \forall i \neq j$$

$$q_{i,i} = q_i \quad \text{pour tout } i = j$$

C'est la distance, utilisée dans la méthode elliptique .

- Distance euclidienne avec pondération et rotation des variables

La matrice  $Q$  est symétrique quelconque de déterminant égal à 1

$Q$  qui minimise l'agrégation sera :

$$Q = |C|^{1/p} C^{-1}$$

avec  $C$  = matrice des covariances des variables pour l'ensemble des individus considérés.

Elle est utilisée si les caractères décrivent un individu ne sont pas indépendants. C'est la distance utilisée dans la méthode de ~~Sebestyen~~ Sebestyen

### Remarques

Nous pouvons définir aussi une distance entre l'élément et un sous-ensemble.

$$D(x, A) = \sum_{y \in A} d(x, y) \quad \text{ou: } A \text{ est le sous-ensemble}$$

de même on définit une distance entre sous ensembles ~~par~~ :

$$D(A, B) = \sum_{x \in A} D(x, B) = \sum_{x \in A} \sum_{y \in B} d(x, y)$$

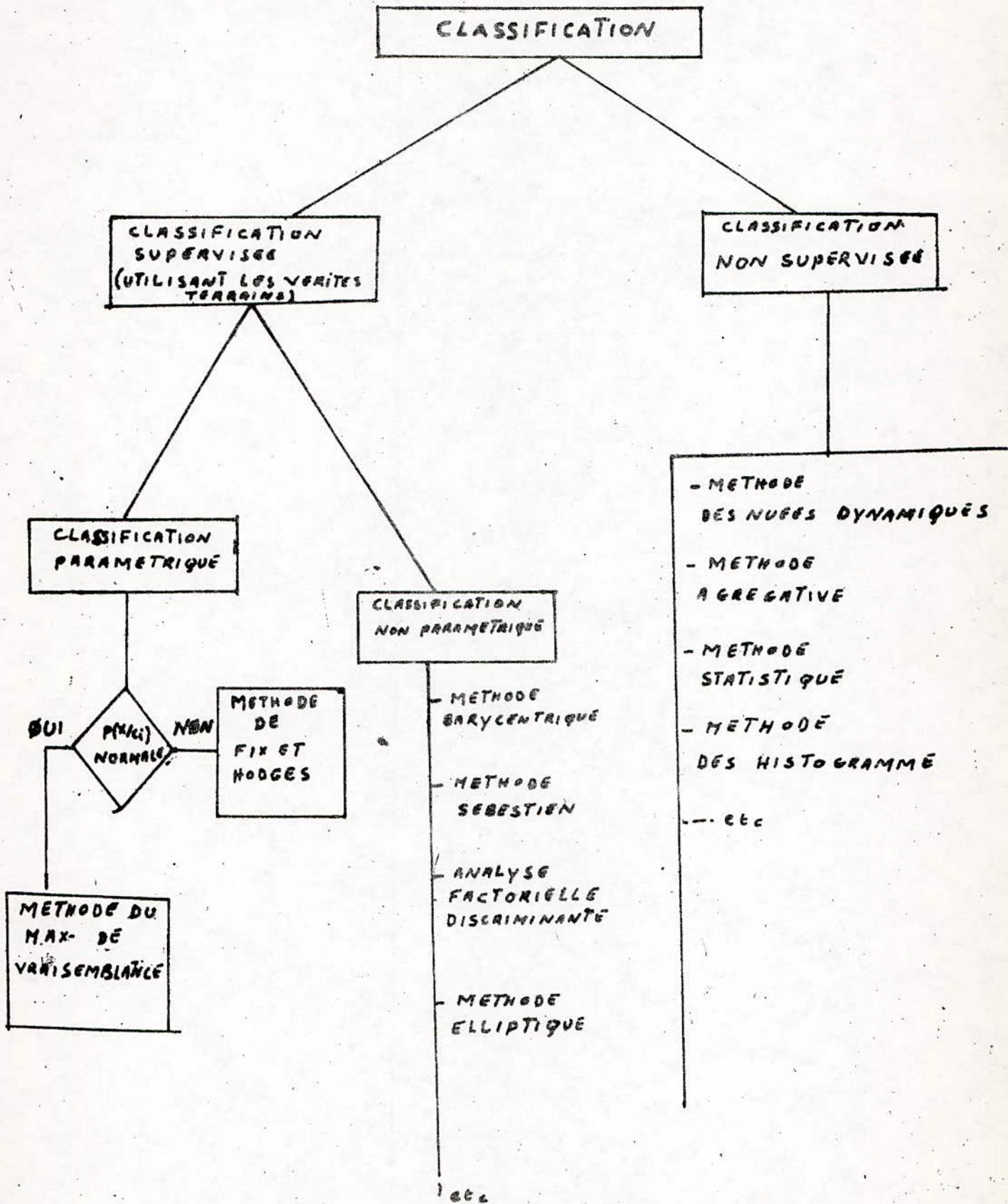
Souvent on utilise le calcul de la distance euclidienne des points à classer aux différents barycentres des  $k$  classes.

L'écriture de la distance revient :

$$d^2(x, y) = (x - G_{y_i})^2 \quad \text{ou} \quad (x - G_{y_i}) \quad G_{y_i} = \text{barycentre}$$

C'est la distance utilisée dans la méthode barycentrique

— PRINCIPAUX TYPES DE CLASSIFICATION



## CHAPITRE III.

### 1. Problème

Le premier et le deuxième chapitre traités dans ce mémoire nous ont permis de rassembler les connaissances nécessaires en vue d'appréhender le problème spécifique à la télédétection.

En effet les images numériques obtenues et enregistrées sur l'unité périphérique de l'ordinateur (disque) vont constituer pour nous des tableaux de données qui nécessiteront un certain traitement en vue d'établir la meilleure correspondance entre les densités optiques qu'ils représentent et la vérité au sol.

C'est au niveau de la recherche de cette meilleure correspondance que se situe notre problème. Comme nous avons vu aussi que le caractère multispectral des images numériques offre l'avantage de mieux discriminer et interpréter les objets qu'elles contiennent nous nous proposons de poser le problème en multispectral.

Le problème étant le suivant:

Soit  $E$  l'ensemble des points de l'image numérique, multispectrale caractérisés par  $J$  variables ( $J : n^{\text{bre}}$  de canaux).

Il s'agit de répartir cette ensemble (pixels) en  $k$  classes optimisant un critère  $W$ , autrement dit de trouver la partition de  $E$  en  $k$  classes homogènes.

Notre premier travail est de ramener ce problème de télédétection à la résolution d'un problème mathématique.

#### Mathématisation

soit  $N$  le  $n^{\text{bre}}$  d'individus ( pixels )

soit  $J$  le  $n^{\text{bre}}$  de variables ( canaux )

soit  $K$  le  $n^{\text{bre}}$  de classes recherchées.

soit  $E$  l'ensemble fini de  $R^J$  des  $N$  individus:

$$E = \left\{ x_1, x_2, \dots, x_N \right\} \quad \text{où } \forall_i = 1, N ; \quad x_i = \begin{pmatrix} x_{i1} \\ \vdots \\ x_{iJ} \end{pmatrix}$$

Un individu est caractérisé par l'ensemble des  $J$  variables qu'on a mesurées sur lui. Il sera désormais considéré soit comme un vecteur, soit comme un pt de l'espace  $R^J$ .

soit  $P$  l'ensemble des partitions de  $E$ .

$P_K$  l'ensemble des partitions à  $K$  classes.

alors  $P \in P_K \iff P = (P_1, \dots, P_K)$  ou  $P_i \in Q(E), i = 1, K$

soit  $\mathcal{L}$  l'ensemble de représentation aussi défini.

soit  $L \in \mathcal{L}$

$L = C \in \mathcal{L} = R^J$  C est un point de  $R^J$

soit  $\mathcal{L}^K = (\mathcal{L}^k)$   $L \in \mathcal{L}^K$  donc

$L = (C_1, \dots, C_K)$

soit un critère choisi  $W$

$$W + P_K \times \mathcal{L}^K \longrightarrow R_+ / (P, L) \longrightarrow W(P, L)$$

$W$  représente la perte d'information faite en approximant  $P$  par  $L$

soit  $d$  une des métriques telles définies dans le chapitre précédent.

$$d: E \times \mathcal{L} \longrightarrow R_+ / (x, L) \longrightarrow d(x, L)$$

Si on choisit la distance Euclidienne usuelle:

$$d: R^J \times R^J \longrightarrow R_+ / (x, C) \longrightarrow d^2(x, C) = \sum_{j=1}^J (x_j - c_j)^2$$

On définit le critère  $W$  connue étant l'inertie totale de la partition.

$$W(P, L) = \sum_{k=1}^K \sum_{x \in P_k} d^2(x, C_k)$$

Le problème mathématique consiste à optimiser le critère  $W$ : c'est à dire trouver un couple  $(P, L)$  tel que  $W(P, L)$  soit minimum avec  $P \in P_K, L \in \mathcal{L}^K$

soit  $L^0$  de départ aimerait obtenir  $P^1$  de sorte que:

$$W(P^1, L^0) = \min W(P, L^0)$$

$$P \in P_K$$

et à partir de  $P^1$ , construire  $L^1$  telle que:

$$W(P^1, L^1) = \min W(P^1, L^0)$$

$$L \in \mathcal{L}$$

Par récurrence, on aboutit au couple  $(P^n, L^n)$  recherché, tel que  $W(P^n, L^n)$  soit minimum. Autrement dit  $W(P, L)$  va en décroissant jusqu'à atteindre sa valeur minimale.

soit à l'itération  $n$ :

$$P^n = \left\{ P_1^n, \dots, P_K^n \right\}$$

$$L^n = \left\{ L_1^n, \dots, L_K^n \right\}$$

$$\forall j \in [1, k] \quad P_j^{n+1} \subset \left\{ x, x \in E \mid D(x, L_j^n) \leq \min_{L=1, k} D(x, L_i^n) \right\}$$

$$L^{n+1} = \left\{ L_1^{n+1}, \dots, L_k^{n+1} \right\}$$

$$\forall j \in [1, k] \quad \Rightarrow \sum_{x \in P_j^{n+1}} D(x, L_j^{n+1}) = \min_{L \in \mathcal{L}} \sum_{x \in P_j^{n+1}} D(x, L)$$

Il faut alors montrer que  $w(P_j^{n+1}, L_j^{n+1})$  va en décroissant jusqu'à obtenir  $L^{n+1} = L^n$ . Ainsi le processus converge.

L'idée du type de solution recherchée nous est donnée grâce au chapitre II qui décrit les méthodes de classification. Celles-ci qui en effet ont pour but de rechercher une partition en  $k$  classes stables répondent à notre problème.

Nous essayerons de résoudre dans ce problème par la méthode des nuées dynamiques en multispectral; c'est à dire rechercher une partition qui rende  $w(P, L)$  minimum.

$w(P, L)$  peut être considérée comme une fonction de deux variables.

## CHAPITRE 4

### METHODE DES NUÉES DYNAMIQUES

-1- But et d'escription de la méthode.

étant donné un ensemble E sur lequel sont définies une distance  $d(x,y)$  entre éléments et une distance  $D(A,B)$  entre sous ensembles on se donne un critère des meilleurs pixels parmi tout ceux définissant une classe.

Prenons au hasard  $k$  paquets de  $p$  points chacun dans E. Nous Appellerons chacun de ces paquets un "noyau". Ces noyaux nous permettent de définir une partition de E en  $k$  classes, chaque classe comprenant les éléments qui sont les plus proches d'un des noyaux que de tous les autres noyaux. A partir de cette partition, on définit une nouvelle famille de noyaux en associant à chaque classe de la partition l'ensemble des  $p$  points qui en est le plus proche puis on recommence : à cette nouvelle famille de noyaux va être associée une nouvelle partition etc... et ceci jusqu'à satisfaction du critère d'optimisation.

-2- Etude détaillée de la méthode.

La méthode des nuées dynamiques comporte les étapes suivantes.

-1- on prend au hasard dans E  $k$  sous ensembles  $A_i$  ( $i \in I, k$ ) contenant chacun  $q$  éléments  $A_i = \text{noyau}$

-2- On associe d'abord à chaque noyau  $A_i$  un sous ensemble  $P_i$  de E  
 $P_i$  contient les points de E qui sont plus proches de  $A_i$ .

$$P_i = \left\{ x / D(x, A_i) \leq D(x, A_j) \quad \forall j \neq i \right\}$$

Si  $D(x, A_i) = D(x, A_j)$  on peut les affecter par exemple à la classe dont l'indice est le plus bas.

L'ensemble des  $P_i$  constitue une partition de E

Nous noterons  $(P_i)$  la partition définie par les classes

Nous appellerons  $f$  la fonction qui associe  $(P_i)$  à la famille  $(A_i)$

$$f: (A_i) \longrightarrow (P_i)$$

(I)

-3- On associe à la partition  $(P_i)$  ainsi obtenue une nouvelle famille  $A_i^{(I)}$  définie ainsi :  $A_i^{(I)}$  contient  $q$  éléments et il est tel que :

$$D(A_i^{(I)}, P_i) \text{ soit minimum}$$

c'est à dire que

$$\sum_{x \in A^{(j)}} D(n, P_i) = \min \left\{ \sum_{x \in B} D(n, P_i) \mid B \in \mathcal{E}, \text{card}(B) = q \right\}$$

Nous appellerons  $g$  la fonction qui associe la famille  $(A_i^{(I)})$  à la partition  $(P_i)$

$$g: (P_i) \longrightarrow (A_i^{(I)})$$

Le procédé consiste ensuite à partir de la famille  $(A_i)$  choisie au hasard, à appliquer successivement les fonctions  $f$  et  $g$  et à itérer:

$$(A_i) \xrightarrow{f} (P_i) \xrightarrow{g} (A_i^{(1)}) \xrightarrow{f} (P_i^{(1)}) \xrightarrow{g} (A_i^{(2)}) \xrightarrow{f} (P_i^{(2)}) \xrightarrow{g} (A_i^{(3)}) \dots$$

Après un certain nombre d'itérations, on obtient toujours la même partition et les mêmes noyaux  $(P_i)$  et  $(A_i)$  le procédé converge

L'algorithme consiste donc à appliquer alternativement les fonctions  $f$  et  $g$ , à partir des noyaux initiaux quelconques tirés au hasard.

Nous obtenons ainsi une double suite  $(A_i, P_i)$  des noyaux et des partitions de  $E$  qui converge.

Nous démontrons la convergence du processus :

3- Démonstration de la convergence du processus des N.D.

A chaque couple  $[(A_i), (P_i)]$  tel que  $(P_i) = f[(A_i)]$  on peut associer un scalaire :

$$u = \sum_{i=1}^k D(A_i, P_i)$$

Si  $d^2$  est le carré d'une distance euclidienne  $u$  peut se noter

$$u = W = \sum_{i=1}^k \sum_{y \in P_i} d^2(y, A_i)$$

Les partitions qui rendent  $u$  petit seront donc constituées de classes peu dispersées auxquelles sont associés des noyaux peu dispersés.

Les centres de gravité des noyaux seront voisins de ceux des classes.

On associe à :  $[(A_i^{(n)}), (P_i^{(n)})]$  le scalaire  $u_n = \sum_{i=1}^k D(A_i^{(n)}, P_i^{(n)})$

Nous démontrons que la suite  $u_n$  est strictement décroissante :

Nous avons vu que la fonction  $g$  : il en résulte que :

Complétons cette définition:

$$\text{Si } A_i^{(n+1)} \neq A_i^{(n)} \text{ et } D(A_i^{(n+1)}, P_i) = D(A_i^{(n)}, P_i^{(n)})$$

Alors nous choisirons par convention de conserver  $A_i^{(n)}$  comme noyaux : nous avons dans ce cas:

$$g(P_i^{(n)}) = A_i^{(n)}$$

$$\text{d'au } \text{Si } A_i^{(n+1)} \neq A_i^{(n)} \quad D(A_i^{(n+1)}, P_i^{(n)}) < D(A_i^{(n)}, P_i^{(n)})$$

D'autre part pour la fonction  $f : (A_i) \rightarrow (P_i)$  il en résulte que:

$$U_{n+1} = \sum_{i=1}^K D(A_i^{(n+1)}, P_i^{(n+1)}) \leq \sum_{i=1}^K D(A_i^{(n+1)}, P_i^{(n)})$$

ceci peut s'écrire :

$$\sum_i \sum_{y \in P_i^{(n+1)}} D(y, A_i^{(n+1)}) \leq \sum_i \sum_{y \in P_i^{(n)}} D(y, A_i^{(n+1)})$$

$$\text{or } P^{(n+1)} = (P_i^{(n+1)} \cap P_i^{(n)}) \cup (P_i^{(n+1)} \cap [P_i^{(n)}])$$

Si  $y \in (P_i^{(n+1)} \cap P_i^{(n)})$   
côtés de l'inégalité

le même terme se retrouve des deux

Si  $y \in (P_i^{(n+1)} \cap [P_i^{(n)}])$   
on a par définition de la fonction  $f$ :

alors  $y \in P_j^{(n)}$  avec  $j \neq i$  et

$$D(y, A_i^{(n+1)}) \leq D(y, A_j^{(n+1)})$$

Nous avons démontré donc que la suite  $U_n$  est strictement décroissante tant que :

$$A_i^{(n+1)} \neq A_i^{(n)}$$

L'ensemble E étant fini, le nombre des familles (A<sub>i</sub>) possibles est lui-même fini. La suite U<sub>n</sub> étant strictement décroissante, on est assuré de la convergence du procédé.

La limite sera atteinte lorsque l'on aura

$$U_{n+1} = U_n$$

ce qui implique :

$$A_i^{(n+1)} = A_i^{(n)} = A_i^*$$

$$P_i^{(n+1)} = P_i^{(n)} = P_i^*$$

#### 4 - Conclusion

La méthode des nuées dynamiques nous a permis par iteration de construire, à partir d'une famille quelconque de noyaux, une partition en  $k$  classes.

Nous remarquons qu'elle comporte une part d'arbitraire dans le choix des noyaux initiaux. La partition obtenue dépendra-t-elle de ce choix ?

Existe-t-il des méthodes pour compenser cet inconvénient si inconvénient existe? La partition obtenue a-t-elle un sens physique ?

Est-ce-que la méthode est longue en temps calcul ?

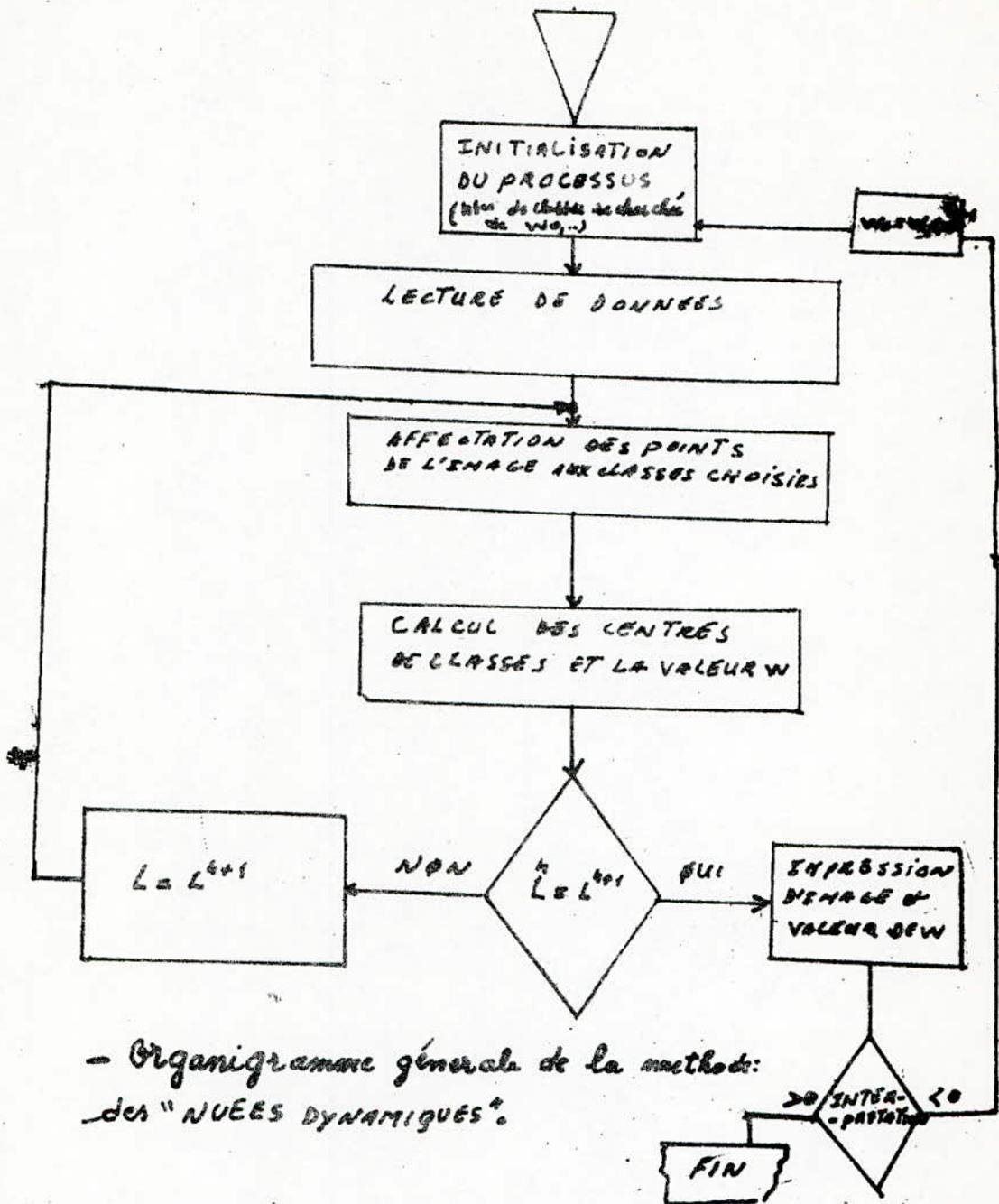
Les choix du nombre de classes, de la distance, du critère influent-ils sur le résultat ?

La méthode appliquée en supervisée présente-t-elle des avantages ; lesquels

Est-ce-que les résultats sont améliorés en travaillant en multispectral ?

Nous tenterons de répondre à toutes ces questions une fois le logiciel de la méthode conçu et appliqué en monospectral puis en multispectral et cela dans différents cas.

En un mot nous allons voir quel est l'apport de la méthode des nuées dynamiques dans le traitement numérique de l'image spatiale.



C H A P I T R E V  
= = = == = = = = = =

Dans ce chapitre, nous allons décrire tous les programmes relatifs à la méthode des nuées dynamiques en monospectral et multispectral. Le langage utilise et le FORTRAN 4 relatif à l'ordinateur MITRA 125 du CEN.

L'étude théorique de la méthode nous a montré que celle-ci est basée sur:

- Le choix arbitraire des centres de classes d'initialisation
- Le nombre de classes recherchées
- Le nombre de canaux combinés
- Le choix descripteur ( distance ).
- Le critère W d'optimisation.

Nous avons appliqué plusieurs méthodes permettant de choisir des centres de classes d'initialisation, testé la méthode avec différentes combinaisons de canaux, différents nombres de classes et différentes sortes de distances.

Un tableau de résultats sera donné.

I - Description de différents programmes.

I - I En monospectral.

~~Texte~~ L'organigramme du logiciel pour un traitement des données enregistrées dans un seul canal montre les différentes phases que nous avons suivies jusqu'à la sortie de l'image .

Il se divise en quatre phases principales : ( voir logiciel )

1ère phase :

Nous avons réalisé un programme donnant l'histogramme du canal choisi ( canal 4 - baie d'alger )

2ème phase:

Un découpage de l'histogramme nous permet de choisir les centres de classes d'initialisation ; Le choix étant fait suivant l'allure de l'histogramme .

3ème phase

Un programme appelé " CENTRE " nous permet de calculer les centres de classes définitifs par une méthode itérative en partant des centres de classes précédemment choisis.

Les différentes opérations de cette phase sont effectuées grâce aux sous programmes : -S/P CENTR . - S/P CALMØY . -S/P DISTAN.

UN H REPRESENTE 387 VALEURS

HISTOGRAMME DES FREQUENCES  
UN H REPRESENTE 387 VALEURS

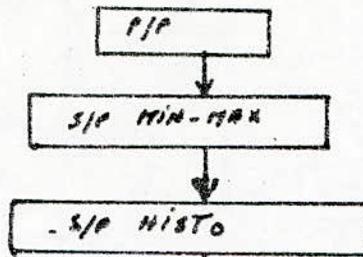
canal 4

TON DE GRIS MINIMUM EST: 0  
TON DE GRIS MAXIMUM EST: 71

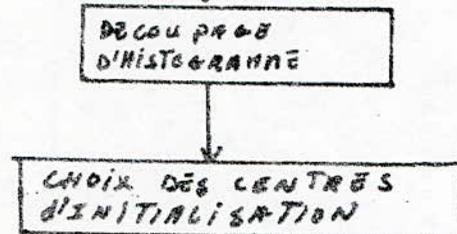
NIVEAU FREQUENCE

2	123300F+05
3	121190F+05
4	110330F+05
5	710600F+04
6	352000F+04
7	402000F+04
8	209900F+04
9	224200F+04
10	186400F+04
11	146400F+04
12	112100F+04
13	832000F+03
14	61720000F+03
15	41180000F+03
16	31260000F+03
17	22190000F+03
18	12720000F+03
19	10100000F+02
20	91000000F+02
21	71000000F+02
22	73000000F+02
23	54800000F+02
24	54200000F+02
25	42000000F+02
26	37000000F+02
27	27000000F+02
28	18000000F+02
29	11000000F+02
30	10000000F+01
31	60000000F+01
32	30000000F+01
33	20000000F+01
34	20000000F+01
35	20000000F+01
36	20000000F+01
37	20000000F+01
38	20000000F+01
39	20000000F+01
40	20000000F+01
41	20000000F+01
42	20000000F+01
43	20000000F+01
44	20000000F+01
45	20000000F+01
46	20000000F+01
47	20000000F+01
48	20000000F+01
49	20000000F+01
50	20000000F+01
51	20000000F+01
52	20000000F+01
53	20000000F+01
54	20000000F+01
55	20000000F+01
56	20000000F+01
57	20000000F+01
58	20000000F+01
59	20000000F+01
60	20000000F+01
61	20000000F+01
62	20000000F+01
63	20000000F+01
64	20000000F+01
65	20000000F+01
66	20000000F+01
67	20000000F+01
68	20000000F+01
69	20000000F+01
70	20000000F+01
71	20000000F+01

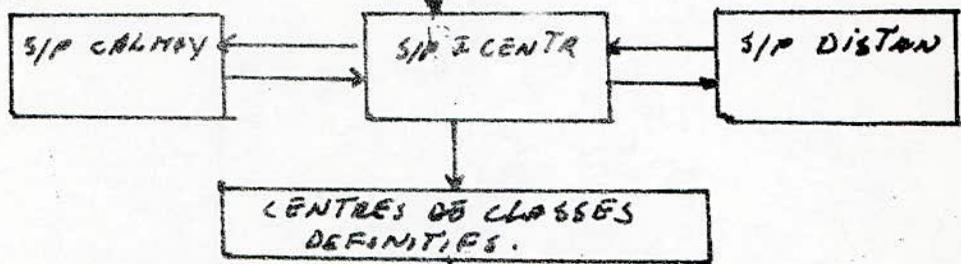
1<sup>ère</sup> PHASE



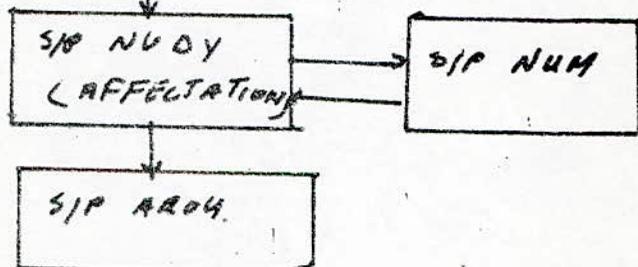
2<sup>ème</sup> PHASE



3<sup>ème</sup> PHASE



4<sup>ème</sup> PHASE



SORTIE DE L'IMAGE MONOSPECTRAL SUR LISTING.

- ALGORITHME DU LOGICIEL DE LA METHODE DES N.D. EN MONOSPECTRAL.

S/P DISTAN :

Calcule la distance d'un point de l'image aux différents centres de classes initiaux , compare ces distances pour déterminer la plus petite d'entre elle et affecte le point analysé à la classe dont il est le plus proche:

S/P CNLØY :

Calcule le nombre de points de chaque classe et la somme de leurs densités optiques en vue d'un calcul du nouveau centre de classes.

S/P ICENTR :

Calcule les centres de classes, compare les nouveaux centres aux précédents et cela par itération jusqu'à satisfaction d'un critère : Les centres définitifs seront ceux calculés dans une dernière étape et doivent être égaux à ceux calculés dans l'itération précédente.

4ème phase :

Les centres de classes définitifs étant déterminés , la quatrième phase a pour but de faire une sortie de l'image sur listing .

Pour cela plusieurs opérations sont effectuées:

Le S/P NUDY fait l'affectation des points de l'image à la classes dont le centre lui est le plus proche

Le S/P NUM : fait la numérotation des colonnes de l'image.

Le S/P AROU : fait l'affectation d'un symbole spécifique à chaque classe et permet la sortie de l'image sur listing.

I-2 EN multispectral :

L'organigramme du logiciel pour un traitement des données enregistrées dans 2, 3, 4, canaux nous montre les différentes opérations suivies jusqu'à l'obtention de l'image sur listing.

Les programmes ont été conçus pour être utilisés d'une manière générale c'est à dire : il suffit de changer les cartes de lecture des données ( nombre de classes : NCL , nombre de canaux : KCL ) et pouvoir les manipuler.

1er phase

Nous avons établi les histogrammes des 4 canaux séparément, tiré au hasard des fenêtres de l'image dans les 4 canaux, tiré des échantillons représentant des thèmes précis ( sortes de vérités-terrain) en vue d'un traitement supervisé.

Des programmes ont été élaborés : IFEBET, HISTO.

2ème phase

Pour le choix des centres des classes d'initialisation 3 méthodes ont été retenues:

a - choix au hasard des nœuds de départ à partir des histogrammes. un centre de classe est déterminé par les 4 valeurs ( densités optique) choisies suivant l'appréciation de l'utilisateur qui se base d'après l'allure des histogrammes des 4 canaux.

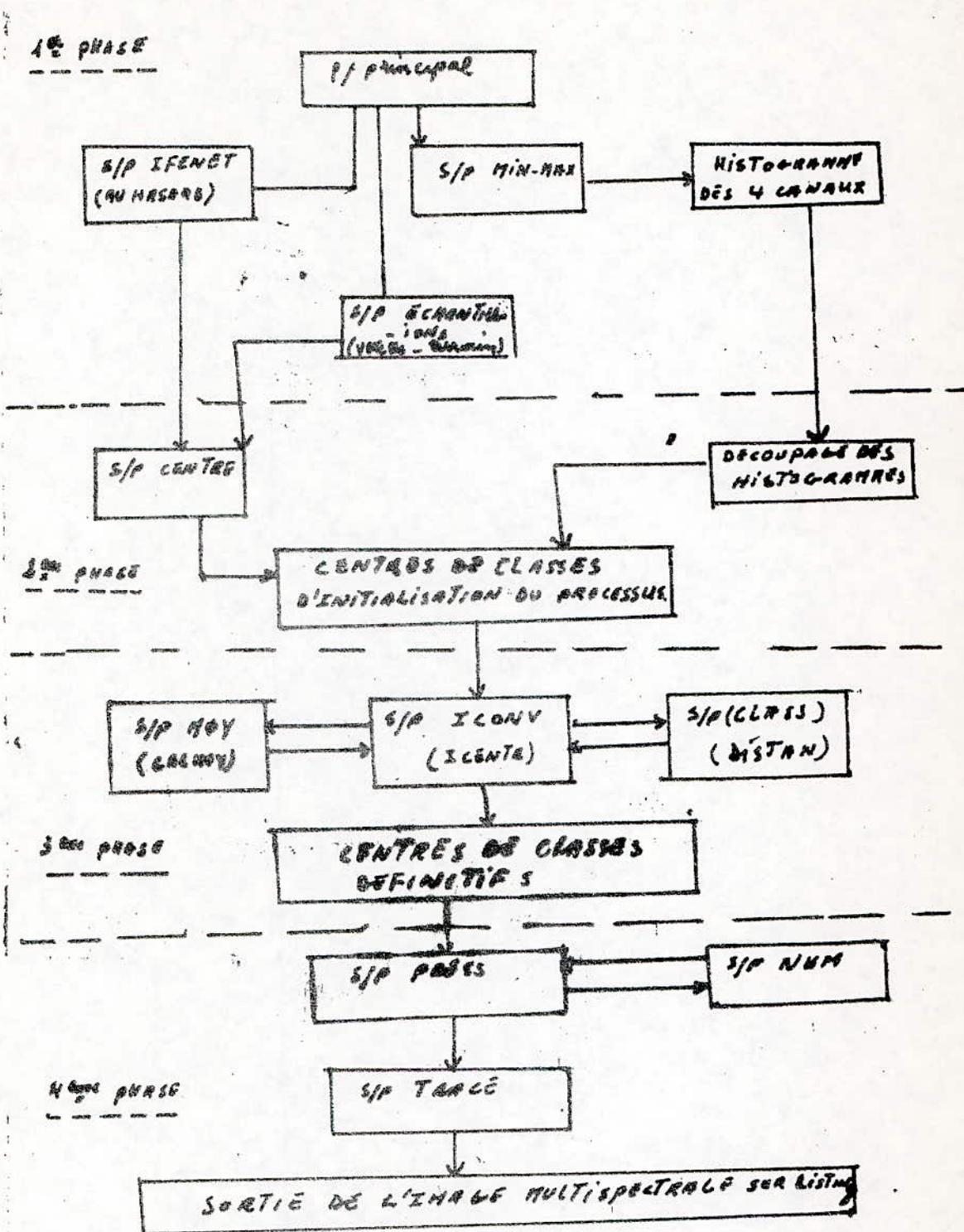
b - on tire au hasard des fenêtres de l'image : la même fenêtre sera prise dans les 4 canaux . La moyenne des densités optiques d'une fenêtre prise dans un canal constituera une des 4 composantes d'un centre de classe d'initialisation. on tirera autant de fenêtres de l'image que de classes recherchées.

c - Cette méthode est utilisée en vue d'un traitement qui se rapproche d'un traitement supervisé.

Nous tirons plusieurs fenêtres de thèmes bien connus ( forêt , végétations, mer, agglomération, montagne, sols nus,....). Ce travail a pu être réalisé grâce à une carte de géographie de la région ( baie d'alger);+

Le processus restant par la suite le même qu'en b .

Toutes ces méthodes nous permettent d'avoir les centres de classes d'initialisation.



- ALGORITHME DU LOGICIEL DE LA METHODE DES "NUEES DYNAMIQUES" (EN MULTISPECTRAL)

### 3ème phase

Un programme " CONV " nous permet de calculer les centres de classes définitifs par une méthode itérative.

Il comprend les S/Programmes suivants :

- S/P CLASS : calcule la distance d'un point de l'image aux différents centres de classes initiaux, compare ces distances pour déterminer la plus petite d'entre elles et affecte le point analysé à la classe dont il est le plus proche .

-S/P Moy :

Il a la même fonction que le S/Programme CALMOY utilisé en monospectral.

-S/P ICONV :

il calcule les centres de classes définitifs par itération.

Les entrées se font au niveau de programme principal. Le traitement se fait par lignes sur disque : c'est un vecteur de 128 composantes.

### 4ème phase

Un programme " IMP " sert pour effectuer l'impression de l'image .

Il comprend les sous programmes suivants :

S/P DISTAN , S/P NUM , S/P TRACE

Plusieurs images ont été tirées en faisant varier le nombre de classes le nombre de canaux et la distance.

C PROGRAMME PRINCIPAL

```

DEFINE FILE T=SO(M:256,G:1 RW,BN,FI)
DIMENSION IV(128)
DIMENSION C(10,4)
DIMENSION MV(128,4),ICLA(128),CN(10,4)
DIMENSION ICG(10,4),SO(10,4),BG(10,4),T(10,4)
DIMENSION DIS(10),DIST(10)
READ(105,200) NCL
200 FORMAT(13)
DO 3 IC=1,4
3 READ(105,100) (ICG(M,IC),M=1,NCL)
100 FORMAT(64I2)
CALL ICONV(ICG,BG,MV,NCL,ICLA,CN,SO,T)
END

```

```

SUBROUTINE CLASS(T,MV,ICLA,NCL)
DIMENSION SO(10,4),CN(10,4),BG(10,4)
DIMENSION MV(128,4),ICLA(128),T(10,4)
DIMENSION DIS(10),DIST(10)
DO 300 J=1,128
DO 20 K=1,NCL
20 DIS(K)=0.
DIST(K)=0.
K=1
DO 10 IC=1,4
Z=FLOAT(MV(J,IC))
DIS(K)=DIS(K)+(T(K,IC)-Z)**2
10 CONTINUE
ICLA(J)=1
DI=DIS(K)
DO 400 K=2,NCL
DO 60 IC=1,4
Z=FLOAT(MV(J,IC))
DIST(K)=DIST(K)+(T(K,IC)-Z)**2
60 CONTINUE
IF(DI.LE.DIST(K)) GOTO 400
DI=DIST(K)
ICLA(J)=K
400 CONTINUE
300 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE ICONV(ICG,BG,MV,NCL,ICLA,CN,SO,T)
DIMENSION IV(128)
DIMENSION C(10,4)
DIMENSION CN(10,4),BG(10,4),T(10,4),ICG(10,4)
DIMENSION MV(128,4),ICLA(128),SO(10,4)
ITERX=20
DO 700 IC=1,4
DO 700 M=1,NCL
700 T(M,IC)=FLOAT(ICG(M,IC))
PRINT 160
PRINT 161
PRINT 162
PRINT 163,((T(M,IC),IC=1,4),M=1,NCL)
163 FORMAT(5X,4(2X,E10.4))
160 FORMAT(1H1)
162 FORMAT(2X,27(1H-),/)
161 FORMAT(2X,'INITIALISATION DU PROCESSUS')
ITERA=0
30 ITERA=ITERA+1
DO 800 IC=1,4
DO 800 MM=1,NCL
SO(MM,IC)=0.
800 CN(MM,IC)=0.
DO 10 I=402,802,4
DO 16 IC=1,4
I1=I+(IC-1)*2048
READ(7'I1)(IV(J),J=1,128)
DO 16 J=1,128
MV(J,IC)=IV(J)
16 CONTINUE
CALL CLASS(T,MV,ICLA,NCL)
CALL MOY(CN,SO,ICLA,NCL,MV)
10 CONTINUE
DO 80 LL=1,NCL
DO 80 IC=1,4
BG(LL,IC)=SO(LL,IC)/CN(LL,IC)
80 CONTINUE
PRINT 190,ITERA
PRINT 191
PRINT 192,((BG(LL,IC),IC=1,4),LL=1,NCL)
192 FORMAT(5X,4(2X,E10.4),/,5X)
190 FORMAT(5X,'ITERATION NUMERO',I3)
191 FORMAT(5X,19(1H-),/)
IF(ITERA.EQ.ITERX) GOTO 20
M=0

```

```

DO 81 L=1,NCL
DO 81 IC=1,4
IF (BG(L,IC).EQ.T(L,IC)) GOTO 40
T(L,IC)=BG(L,IC)
GOTO 81
40 T(L,IC)=BG(L,IC)
M=M+1
81 CONTINUE
IF (M.EQ.20) GO TO 20
GOTO 30
20 DO 82 L=1,NCL
DO 82 IC=1,4

C(L,IC)=IFIX(BG(L,IC)-BG(L,IC))
IF (C(L,IC).LT.1/2) GO TO 70
BG(L,IC)=IFIX(BG(L,IC))-1
GOTO 82
70 BG(L,IC)=IFIX(BG(L,IC))
82 T(L,IC)=BG(L,IC)
PRINT 9
PRINT 1
9 FORMAT(5X, 'LES CENTRES DE CLASSES DEFINITIFS')
1 FORMAT(5X, 33(1H-))
PRINT 18, ((T(M,IC), IC=1,4), M=1,NCL)
18 FORMAT(5X, 4(2X, E10.4), //, 5X)
PRINT 160
RETURN
END)

```

INITIALISATION DU PROCESSUS

	.1800E+02	.1400E+02	.8000E+01	.4000E+01
.2300E+02	.2600E+02	.3400E+02	.3500E+02	
.2900E+02	.4000E+02	.4800E+02	.5000E+02	
.3500E+02	.5200E+02	.6000E+02	.6000E+02	
.3300E+02	.2600E+02	.4400E+02	.5100E+02	

ITERATION NUMERO 1

	.1865E+02	.1383E+02	.7758E+01	.4042E+01
.2346E+02	.2658E+02	.3527E+02	.3645E+02	
.2931E+02	.4046E+02	.4908E+02	.5041E+02	
.3553E+02	.5344E+02	.6048E+02	.6036E+02	
.2356E+02	.2665E+02	.4888E+02	.5184E+02	

ITERATION NUMERO 2

	.1866E+02	.1384E+02	.7770E+01	.4054E+01
.2358E+02	.2693E+02	.3593E+02	.3735E+02	
.2965E+02	.4119E+02	.4976E+02	.5098E+02	
.3595E+02	.5432E+02	.6096E+02	.6060E+02	
.2377E+02	.2718E+02	.4548E+02	.5252E+02	

ITERATION NUMERO 3

	.1866E+02	.1385E+02	.7783E+01	.4065E+01
.2365E+02	.2710E+02	.3649E+02	.3820E+02	
.2997E+02	.4182E+02	.5025E+02	.5132E+02	
.3622E+02	.5495E+02	.6137E+02	.6093E+02	
.2396E+02	.2765E+02	.4611E+02	.5320E+02	

ITERATION NUMERO 4

	.1866E+02	.1385E+02	.7786E+01	.4068E+01
.2371E+02	.2725E+02	.3682E+02	.3871E+02	
.3022E+02	.4234E+02	.5060E+02	.5154E+02	
.3648E+02	.5553E+02	.6172E+02	.6117E+02	
.2410E+02	.2802E+02	.4665E+02	.5374E+02	

PROGRAMME PRINCIPAL

```

DEFINE FILE 7=50 (R:856, G:1, RW, BN, FI)
INTEGER DI
DIMENSION ICLA(128), NA(128), NB(128), NC(128)
INTEGER W(512), W1(512), W2(512)
DIMENSION IV(128), MV(4, 128)
INTEGER DTS(10), T(10, 4), A, B
HEAD(105, 13) NCL
13  FORMAT(13)
READ(105, 11) ((T(I, IC), IC=1, 4), I=1, NCL)
41  FORMAT(2013)
CALL AROU(W, W1, W2)
B=0
PRINT 151
PRINT 152
A=B+1
B=B+128
PRINT 150, (W2(J), J=A, B)
PRINT 150, (W1(J), J=A, B)
PRINT 150, (W(J), J=A, B)
PRINT 153
NL=0
DO 22 I=402, 802, 4
DO 16 IC=1, 4
I1=I+(IC-1)*2048
READ(7, I1) (IV(J), J=1, 128)
DO 16 J=1, 128
46  MV(IC, J)=IV(J)
CONTINUE
DO 60 J=1, 128
DO 8 K=1, NCL
DIS(K)=0
DO 8 IC=1, 4
DIS(K)=DIS(K)+(T(K, IC)-MV(IC, J))*2
8  CONTINUE
K=0
IDMIN=DIS(1)
DO 25 M=1, NCL
K=K+1
DI=DIS(M)
IF (IDMIN.GE.DI) GO TO 20
GO TO 25
20  IDMIN=DI
25  ICLA(J)=K
CONTINUE
60  CONTINUE
NL=NL+1
CALL ICHVH(NA, NB, NC, ICLA NL)
CONTINUE
21  FORMAT(1H1)
151  FORMAT(4X, 128I1)
150  FORMAT(1X, 11111)
152  FORMAT(5X, 1('SI SERIE ET OUGHLIS'))
153  STOP
END

```

```

SUBROUTINE MOY(CN,SO,ICLA,NCL,MV)
DIMENSION ICLA(128),MV(128,4),CN(10,4),SO(10,4)
DO 500 J=1,128
DO 600 M=1,NCL
IF(ICLA(J).NE.M) GO TO 600
DO 30 L=1,4
Z=FLOAT(MV(J,L))
CN(M,L)=CN(M,L)+1
30 SO(M,L)=SO(M,L)+Z
GO TO 500
600 CONTINUE
500 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE AROU(W,W1,W2)
INTEGER W(1),W1(1),W2(1)
DO 50 I=1,512
W1(I)=0
W2(I)=0
50 W(I)=0
I=0
1 L=0
DO 60 K=1,10
I=I+1
L=L+1
IF (I.GT.128) GO TO 10
IF (K.NE.10) GO TO 15
W(I)=0
GOTO 20
15 W(I)=L
20 IF (I.LT.100) GOTO 25
M=I/100
J=I-(M*100)
W1(I)=J/10
GOTO 60
25 W1(I)=I/10
60 W2(I)=I/100
10 GOTO 1
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE ICHVH(NA,NB,NC,ICLA,NL)
DIMENSION NA(1),NB(1),NC(1),ICLA(1)
DATA IASTER,IPOINT,ISLACH,IZER,EDIESE/1H*,1H.,1H/,1H0,1H0/
DATA ISLANC,IL,IH,IX,II/1H,1H2,1HH,1HX,1HI/
DO 51 J=1,128
NA(J)=ISLANC
NB(J)=ISLANC
51 NC(J)=ISLANC
DO 60 J=1,128
IF (ICLA(J).EQ.1) GO TO 10
IF (ICLA(J).EQ.2) GO TO 12
IF (ICLA(J).EQ.3) GO TO 14
IF (ICLA(J).EQ.4) GO TO 16
NA(J)=ISLANC
GOTO 60
10 NA(J)=EDIESE
WC(J)=IH
NB(J)=II
GOTO 60
12 NA(J)=II
NB(J)=IZER
GOTO 60
14 NA(J)=IASTER
GOTO 60
16 NA(J)=ISLACH
CONTINUE
PRINT 160, (NL, (NA(J), J=1, 128))
PRINT 161, (NB(J), J=1, 128)
PRINT 161, (NC(J), J=1, 128)
160 FORMAT(1X, I3, 128A1)
161 FORMAT(1H+, 3X, 128A1)
RETURN
END

```





## CHAPITRE 6

La zone d'étude est un rectangle de 128 X 100 pixels correspondant à une région de la Baie d'Alger.

Des résultats que nous avons obtenus lors du traitement de cette image, nous remarquons que le caractère multispectral des images numériques offre l'avantage de mieux discriminer et interpréter les objets qu'elles contiennent.

En effet les histogrammes de fréquences des réponses spectrales de la zone étudiée, pour les canaux 4,5,6,7 sont très différents et reflètent par ce fait les particularités de chaque canal.

Ces particularités permettent d'interpréter les images correspondant aux différentes combinaisons de canaux.

Le premier contraste qui apparaît est le contraste mer - terre.

La mer représente une classe homogène. Ailleurs; nous distinguons plusieurs classes représentant des thèmes différents. Il est très difficile pour nous d'interpréter convenablement les résultats bien que nous reconnaissons plusieurs sites.

La méthode a donné des résultats satisfaisants à savoir une image réelle et nette de la région choisie.

Des zones très claires (forte réflectance), des zones très sombres (faible réflectance) et des zones grises (moyenne réflectance) apparaissent.

L'aide d'un thématique et indispensable pour l'interprétation de ces résultats. Ces derniers varient en fonction des canaux utilisés, du nombre de classes choisies et de distance.

Les avantages de la méthode résident dans la simplicité et les bons résultats qu'elle apporte pour le traitement numérique des images spatiales.

La méthode est utilisée aussi bien en supervisée qu'en non supervisée. Elle permet de détecter des sous classes d'unités non prévues par le thématique. Elle enrichit donc la classification supervisée.

Elle permet la mise en évidence de "formes fortes" stables aux cours des itérations par opposition aux points qui changent de classes à chaque itération.

L'inconvénient majeur de la méthode réside dans la part d'arbitraire qu'elle comporte dans le choix initial des noyaux où la difficulté de faire une bonne initialisation du processus.

La partition obtenue dépend beaucoup de ce choix. Aussi le temps de calcul varie en fonction du nombre d'itérations nécessaires pour assurer la convergence du processus.

Pour réduire ce temps & nous étions amenés à limiter le nombre d'itération et donc d'arrêter le processus de convergence dès que les centres de classes dès que ces derniers varient très peu d'une itération à une autre.

La détermination de ces centres de classes d'initialisation peut se faire en étudiant les résultats d'une analyse factorielle de correspondance ce qui exige un traitement supplémentaire.

Nous avons appliqué la méthode plusieurs fois de suite en partant à chaque fois d'une famille différente de noyaux tirés au hasard. Pour compenser la part d'arbitraire liée au choix des centres de classes d'initialisation.



## Conclusion

la possibilité de prendre en compte désormais dans la phase traitement et Analyse des informations aussi riches que les images numériques offre des perspectives nouvelles qui pourraient changer la vie dans les laboratoires, les usines....

Le système de Télédétection, pour être opérationnel doit être économique et rapide. A cet égard il sera nécessaire que soient développés des moyens de calcul automatique spécialisé permettant des gains considérables de Temps de calcul et donc d'abaisser les coûts.

La résolution  $55,8 \text{ m} \times 79,2 \text{ m}$  du LANDSAT se révèle inadaptée aux paysages morcelés comme ceux du Tell Algérien. Une résolution plus faible est souhaitable.

Une étude sur les aides d'interprétation des images compléterait le traitement numérique effectué dans cet ouvrage. Nous espérons qu'une recherche sera envisagée dans ce domaine.

Aussi nous espérons que l'ensemble des modules de la chaîne de traitement serait plus tard correctement intégré, soit au sein d'unités de traitement autonomes, soit par des interconnexions mettant à profit les possibilités de la Télématique.

# S O M M A I R E

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

### I - Généralités

- 1- Acquisition des données
- 2- Domaines d'application de la télédétection
- 3- Présentation des données image

### ii -

### II - Traitement numérique

- 1- Introduction
- 2- Types de classification
  - 2-1- Classification supervisée
  - 2-2- Classification non-supervisée
- 3- Opérations de classifications
- 4- Calcul de distances

### III - Formulation mathématique du problème de classification en T.D

- 1- Le problème
- 2- Mathématisation du problème

### IV- Solution au problème : méthode des nuées dynamiques en multispectral

- 1- But et description de la méthode
- 2- Etude détaillée de la méthode
- 3- Démonstration de la convergence du processus
- 4- Conclusion

### V- Réalisation

- 1- Description des différents programmes
- 2- Programmes et S/Programmes

### VI- Résultats

## S O M M A I R E

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

- NOTION DE BASE POUR LA TELEDETECTION

Par : A. ABDELLLOUI - 1977

- CONCEPTION ET REALISATION D'UN LOGICIEL POUR TRAITEMENT ET  
MANIPULATION D'IMAGES SPATIALES.

Par Mr BELKACEMI Melle TILIKETE thesex Jan 82

- ANALYSE DES DONNEES :

Par MICHEL VOLLE 1981 - 2<sup>ème</sup> édition

- METHODES DE CLASSIFICATION DES DONNEES MULTIDIMENSIONNELLES EN  
TELEDETECTION

Par P. CASSIRAME these 1977

- CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA TEXTURE EN TELEDETECTION.

Par J. DESLCHY these 1980

- LA TELEDETECTION

Edition "que sais je ?"

- CLASSIFICATION AUTOMATIQUE POUR L'ANALYSE DES DONNEES

Par : M. JAMBU DUNOD