

COLLOQUE NATIONAL SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 26 au 30 AVRIL 1977

EXTRACTION DE PRIMITIVES DANS DES IMAGES DE POINTS

J. CAMILLERAPP - J. QUINQUETON - J. HUBERT

THOMSON-CSF - GROUPE ETUDES GENERALES - 178 Bd Gabriel Péri - 92240 MALAKOFF

RESUME

Certains radars ayant une bonne définition fournissent des images du sol, formées de petites tâches blanches ou échos sur un fond noir. Le traitement automatique de ces images permet d'extraire des structures particulières d'échos (alignements, agrégats...) qui constituent des primitives de description des images.

La recherche des alignements a été étudiée suivant deux directions qui transposent dans le traitement des images, des méthodes usuelles en classification des données. L'une utilise la notion d'arbre de longueur minimum, l'autre le graphe des n - plus proches voisins. Ces deux graphes sont ensuite explorés par des techniques arborescentes analogues à celles développées en intelligence artificielle.

La recherche des villages consiste à estimer une densité d'échos à partir du graphe des n - plus proches voisins, puis à sélectionner les zones de forte densité.

SUMMARY

Some radars having a fine resolution give ground images appearing as clear spots, or echoes, on a dark background. Automatical processing of these images permits to extract some particular structures (lines, clusters,...) which are good primitives for the picture's description.

Alignment's research has been studied from two ideas applying classification methods to image processing. The first idea uses the concept of Minimum Spanning Tree, the second one the N - Nearest Neighbours graph. Then, these two graphs are scanned using artificial intelligence methods in order to find chains of echoes with some geometrical properties.

Villages are identified by estimation of the density of echoes from the N - Nearest Neighbours graph, and by selection the highest density areas.



1 - IMAGES A TRAITER

Si la définition d'un radar est suffisante, les échos qu'il enregistre, correspondent à des pylones électriques, des arbres, des bâtiments (fig. 1). L'interprétation de ces images par une détection automatique des routes, des voies ferrées, des villages..., est susceptible de nombreuses applications. Les techniques mises en oeuvre ne sont pas spécifiques des images radars et peuvent être étendues à des images d'origine différente mais d'allure analogue : les photographies de chambre à bulle par exemple.

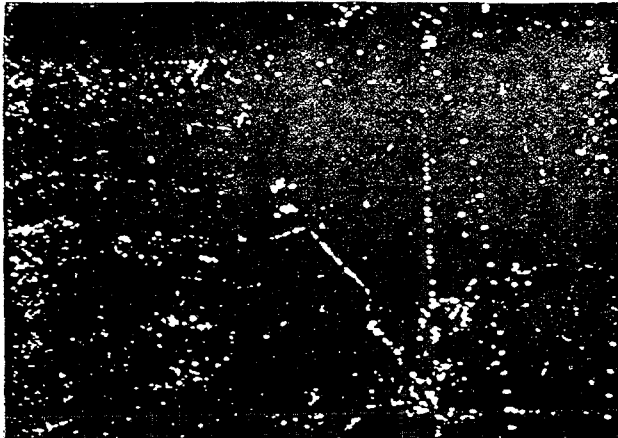


Fig. 1 - Exemple d'image radar

Les traitements sont effectués à partir de diapositive 24 x 36 mm numérisée par le CALIFE de l'Etablissement Central de l'Armement [ROCHE 6]. A titre indicatif, une photographie est décomposée en 366 x 524 points, et en chaque point, la luminosité est codée sur 256 niveaux de gris.

2 - EXTRACTION DES ECHOS

Le passage de l'image initiale à l'interprétation finale nécessite la mise en place de représentations intermédiaires [SIMON 8]. Dans certaines images, le passage au premier niveau de représentation nécessite de prendre en compte les variations de la luminosité dans un domaine dont la taille ne peut pas être définie a priori [CAMILLERAPP 1]. Ces images radar ont l'avantage de comporter une définition simple du premier niveau : les échos.

Les échos sont constitués par des tâches approximativement circulaires, nettement plus blanches que le fond. La forme de ces échos est donc sans intérêt, seule leur position relative est

à prendre en compte. L'extraction des échos de l'image digitalisée (représentation initiale) se fait en deux étapes :

- détection des points blancs par comparaison de la luminosité avec un seuil local et adaptatif,
- regroupement de ces points en écho selon le critère de la 4 - connexité [ROSENFELD 7].

Le traitement ne nécessite pas la présence de l'image entière en mémoire, il est fait ligne par ligne.

Il existe quelques échos de grande taille provoqués par des objets réfléchissants trop proches les uns des autres compte tenu de la définition du radar. Pour assurer une bonne compatibilité de représentation, les échos de grande taille sont arbitrairement découpés en échos plus petits.

Le premier niveau de représentation est constitué par la liste \mathcal{L} des échos ; chacun d'eux étant défini par les coordonnées de son centre de gravité et par sa surface (fig. 2). Une telle liste comporte de 500 à 1000 échos.

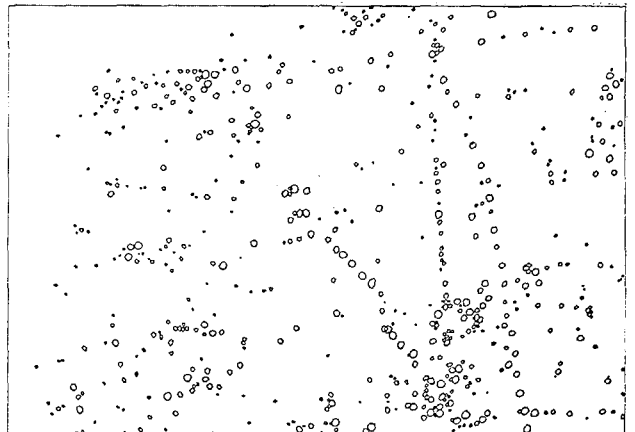


Fig. 2 - Echos extraits de la figure 1

3 - RECHERCHE D'UNE STRUCTURE DANS LA LISTE

1) Principe général

Les concepts de route, de voie ferrée ou de lignes à haute tension, se traduisent par des alignements d'échos. De même, les villages correspondent à une forte densité d'échos. Ceci conduit à rechercher des classes dans la liste des échos et à matérialiser ces classes par des liens dans la liste \mathcal{L} .

Une évaluation du temps de calcul montre qu'il est inutile d'envisager une recherche purement combinatoire dans la liste. A chaque écho e de \mathcal{L} , il faut associer des sous-ensembles R_e^k de \mathcal{L} . Les R_e^k constituent des restrictions successives de \mathcal{L} dans lesquelles les recherches des échos susceptibles d'appartenir à la classe de e , seront limitées.

2) Première restriction R_e^1 : partition en carrés

L'image est découpée en carrés \mathcal{C}_{ij} . Le côté 1 du carré est calculé en fonction des dimensions de l'image et du nombre total d'échos pour que le nombre moyen d'échos par carré soit compris entre 1 et 2. A chaque carré \mathcal{C}_{ij} est associée la liste (sous liste de \mathcal{L}) des échos qu'il contient (fig. 3)

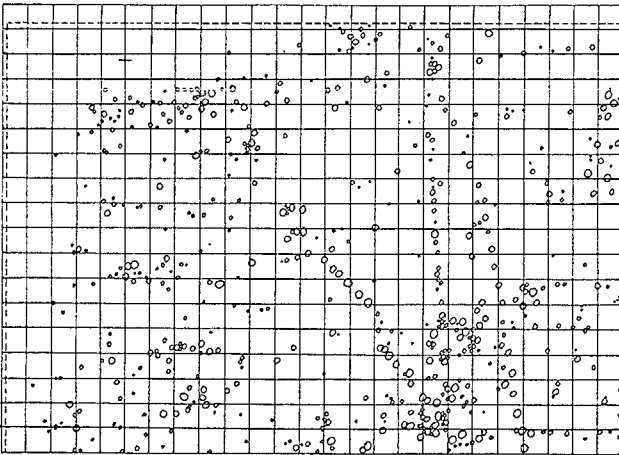


Fig. 3 - Partition en carrés

Soit \mathcal{V}_{ij} l'union de \mathcal{C}_{ij} et des 8 carrés voisins

$$\mathcal{V}_{ij} = \bigcup \mathcal{C}_{kl} \quad |k-i| \leq 1 \quad |l-j| \leq 1$$

Si l'écho e appartient au carré \mathcal{C}_{ij} , alors la première restriction R_e^1 de \mathcal{L} est l'ensemble des échos de \mathcal{V}_{ij} .

3) Seconde restriction R_e^2 : un graphe

Les éléments de R_e^2 sont les éléments de R_e^1 qui vérifient certaines propriétés, ils peuvent être considérés comme les successeurs de e au sens de la théorie des graphes, et ainsi l'ensemble des restrictions R_e^2 apparaît comme un graphe sur la liste \mathcal{L} . Les propriétés caractérisant les éléments de R_e^2 sont déduites de deux procédés de classification automatique. [DUDA 2, SIMON 9].

- l'arbre de longueur minimum : A.L.M.
- le graphe des n - plus proches voisins : NPPV

4 - METHODE DE L'A.L.M.

1) Construction de l'arbre

L'algorithme classique de PRIM [4] conduit à un temps de calcul trop long. Le principe général est de construire l'arbre pas à pas en rajoutant à l'arbre le plus court segment entre un point de l'arbre et un point encore hors de l'arbre. Cet algorithme recherche pour chaque noeud e de l'arbre déjà construit \mathcal{K} , son plus proche voisin dans $\mathcal{L} \setminus \mathcal{K}$.

L'algorithme utilisé ici ne recherche le plus proche voisin que dans le sous-ensemble $\{R_e^1 - R_e^1 \cap \mathcal{K}\}$. De plus, la liste ordonnée des distances déjà calculées est gardée en mémoire, s'inspirant par là de la méthode de KRUSKAL [3].

Cet algorithme et celui de PRIM sont équivalents tant que les segments ajoutés à l'arbre sont d'une longueur inférieure au côté 1 du carré (cf. § 3.2). Cette limitation ne permet de construire que des parties de l'A.L.M. (fig. 4), mais en deux secondes. Ces parties sont les plus intéressantes pour la recherche des alignements, et correspondent également à la phase la moins coûteuse en temps de calcul de la construction de l'arbre.

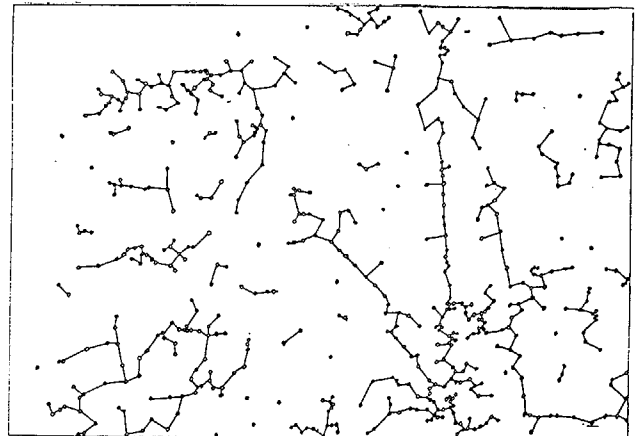


Fig. 4 - Arbres de longueur minimum



2) Recherche des alignements

Un alignement est une chaîne d'échos $\{e_0, \dots, e_n\}$ de l'A.L.M. qui satisfait les conditions suivantes :

- (i) $n \geq N$
- (ii) $\left\{ \sum_{k=1}^n d(e_{k-1}, e_k) \right\} / d(e_0, e_n) \leq 1 + \epsilon$

N et ϵ sont des paramètres et $d(e_i, e_j)$ désigne la distance euclidienne entre les échos e_i et e_j .

La figure 5 montre les résultats obtenus avec les valeurs $N = 3$ et $\epsilon = 0.033$. Le calcul [QUINQUETON 5] montre que la valeur théorique optimale de ϵ est très voisine de la valeur expérimentalement utilisée.

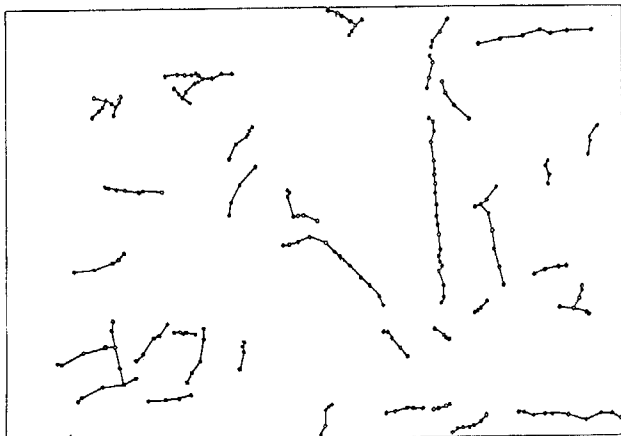


Fig. 5 - Alignements extraits de l'A.L.M.

Les résultats sont bons dans l'ensemble. Cependant, un examen détaillé des alignements montre que cette méthode est très sensible à la présence d'échos parasites dans le voisinage d'un alignement. Dans une telle circonstance, l'A.L.M. est perturbé ; il devient impossible de découvrir la bonne chaîne. Egalement par suite d'effets de chaîne sur les distances, il existe des coupures dans les alignements dont les points ne sont pas suffisamment proches.

5 - LA METHODE DU GRAPHE NPPV

1) Construction du graphe

Les éléments de R_e^2 sont généralement définis comme les n plus proches voisins de e ($n = 6$). Cependant, comme la recherche de ces voisins se fait dans R_e^1 seulement, il existe des échos qui sont reliés à moins de n voisins. D'autre part, afin d'éviter la double détection d'un même alignement, lorsque les voisins de e sont alignés, certains arcs du graphe sont supprimés (fig. 6).

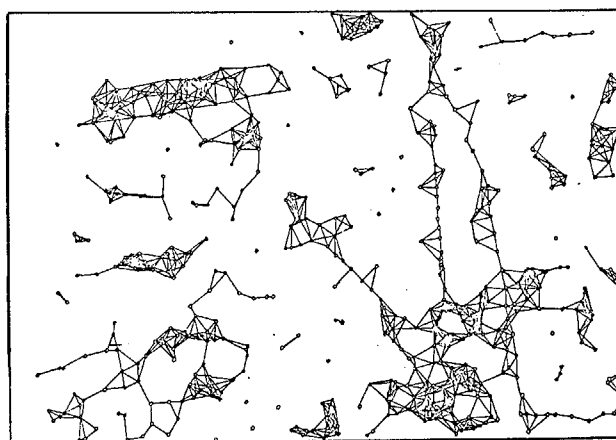


Fig. 6 - Graphe des 6 plus proches voisins

2) Recherche des alignements

Les alignements sont des chaînes (e_0, \dots, e_n) du graphe. Deux critères ont été essayés. Le premier est celui défini en 4.2. Comme le nombre de chaînes envisageable est plus grand que dans la méthode de l'A.L.M., le calcul de racine carrée rend ce critère trop lent.

Le second critère n'exige pas le calcul de fonction transcendante, il est défini par :

$$(i) \quad \left| \operatorname{tg} (e_{k-1} e_k ; e_k e_{k+1}) \right| \leq \operatorname{tg} 2 \theta_0$$

$$(ii) \quad n \geq N$$

$$(iii) \quad \left| \sum_{k=1}^n \operatorname{tg} (e_{k-1} e_k ; e_k e_{k+1}) \right| \leq \operatorname{tg} \theta_0$$

La condition (i) exprime que l'angle entre deux segments successifs de la chaîne reste inférieur à $2\theta_0$ (θ_0 étant un paramètre). La condition (iii) empêche que tous les écarts angulaires soient dans le même sens.

Afin de pouvoir comparer les deux méthodes on démontre que les deux paramètres ϵ et θ_0 sont approximativement liés par la formule :

$$\text{tg } \theta_0 \approx 3 \sqrt{\epsilon}$$

Les résultats obtenus (fig. 7) montrent qu'au prix d'un temps de calcul supérieur (7 s au lieu de 3 s), la présence d'échos parasites apporte moins de perturbations.

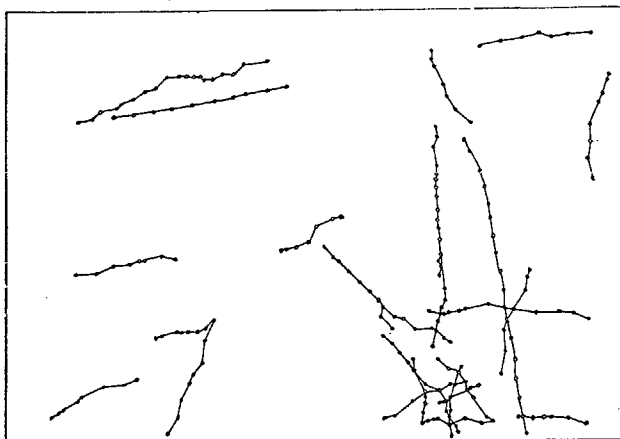


Fig. 7 - Alignements extraits du graphe des NPPV

6 - TRAITEMENTS DES ALIGNEMENTS

1) Corrélation des alignements

Il peut arriver qu'un alignement réel ne soit pas entièrement visible sur l'image et que des points intermédiaires soient absents. Dans ces conditions, il est souhaitable de relier ces fractions entre elles.

Chaque alignement est représenté par son centre de gravité et sa direction. Si deux alignements ont sensiblement la même direction et si de plus, la droite qui joint leur centre de gravité a également cette direction alors ces deux alignements sont vraisemblablement corrélés. La figure 8 montre les résultats de cette corrélation. Des recherches sont en cours dans cette voie.

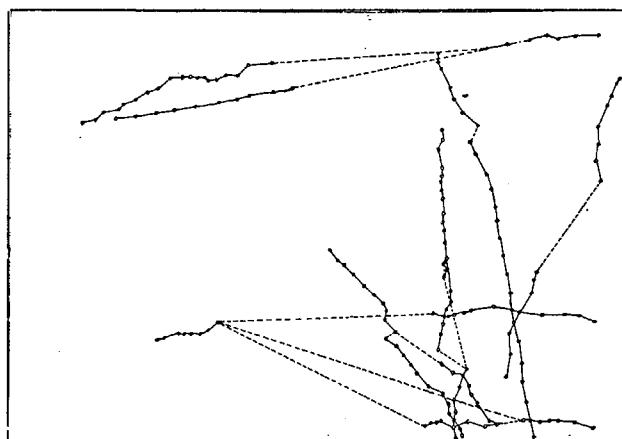


Fig. 8 - Corrélation d'alignements

2) Caractérisation du pas

A chaque alignement, on associe son pas ou intervalle moyen entre deux échos. L'étude des valeurs de ce pas montre qu'il existe une valeur caractéristique pour les lignes à haute tension (fig. 9).

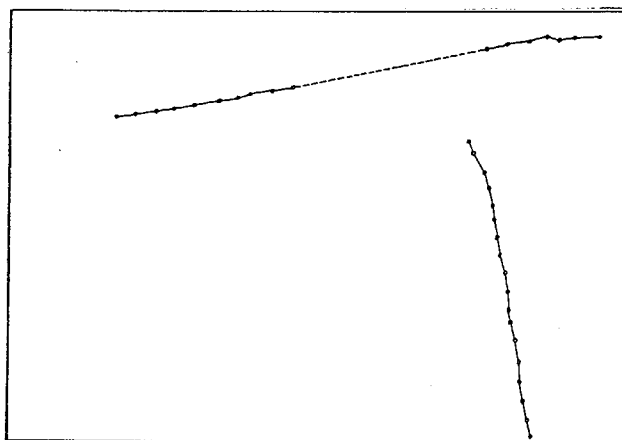


Fig. 9 - Détection des lignes à haute tension

7 - RECHERCHE DES GROUPEMENTS

La recherche des groupements revient à déterminer les zones de forte densité d'écho. Dans ce but, deux méthodes existent : les fenêtres de Parzen et la sphère des n - plus proches voisins [DUDA 2].

La méthode de comptage des points à l'intérieur d'une fenêtre est très rapide, mais les résultats sont sensibles aux paramètres : dimension de la fenêtre, nombre minimum de points dans une fenêtre.



L'autre approche utilise le graphe des n plus proches voisins pour associer à chaque écho une estimation de densité : la surface du polygone convexe entourant les 7 points (l'écho et ses 6 voisins). Plus la surface est faible, plus la densité est importante. La comparaison avec un seuil de surface détermine les points de forte densité.

Ces échos sont regroupés en classe d'après la décomposition en composantes connexes du graphe obtenu par suppression des points de faible densité du graphe NPPV (fig. 10). L'examen des classes montre qu'elles correspondent à des villages ou à des bois.

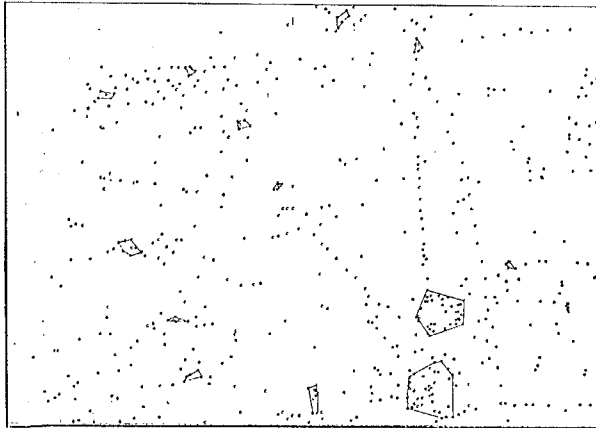


Fig. 10 - Détection des villages et des bois

8 - CONCLUSION

Les résultats obtenus prouvent qu'une certaine interprétation automatique peut se faire avec un temps de calcul raisonnable. L'utilisation systématique de ces méthodes en vue d'applications réelles, est actuellement en cours.

9 - REFERENCES

- [01] J. CAMILLERAPP
"Utilisation du contexte en reconnaissance des formes"
Thèse de Doctorat d'Etat
Institut de Programmation Université
PARIS VI (Mai 1976)
- [02] R.O. DUDA et P.E. HART
"Pattern classification and scene analysis"
Wiley Interscience - NEW-YORK - 1973 -
- [03] J.B. KRUSKAL Jr
"On the shortest spanning subtrees of a graph"
Proceedings of American Mathematical
Society n° 7 (1956)
- [04] R.C. PRIM
"Shortest connection networks and some generalizations"
B.S.T.D. n° 36 (1957)
- [05] J. QUINQUETON
"Recherche d'alignements dans une image de points"
Thèse de 3ème cycle.
Institut de Programmation Université
PARIS VI (1976)
- [06] C. ROCHE
"L'analyseur d'images Calife : ses performances, son utilisation"
Le traitement des images
Journées d'études CNES - PARIS -
Décembre 1972 - pp. 257 - 265 -
- [07] A. ROSENFELD
"Connectivity in digital pictures"
J. ACM 17 - Janvier 1970 - pp. 146 - 160
- [08] JC. SIMON
"Recent progress to a formal approach of pattern recognition and scene analysis"
IJCP - COPENHAGUE 1974 - pp. 489 - 495

|09| JC. SIMON
"Les techniques de groupement en reconnaissance des formes"
Ecole d'été OTAN
Pattern recognition, theory and application
Septembre 1975

|10| C.T. ZAHN
"Graph theoretical methods for detecting and describing gestalt clusters"
IEEE Transactions on Computers Vol C 20
n° 1 (1971)

|11| C.T. ZAHN
"Using the M.S.T. to recognize dotted and dashed curves"
International Computing Symposium, Davos,
Septembre 1973.

LISTE DES FIGURES

FIG. 1 : Exemple d'image radar
FIG. 2 : Echos extraits de la figure 1
FIG. 3 : Partition en carrés
FIG. 4 : Arbres de longueur minimum
FIG. 5 : Alignements extraits de l'A.L.M.
FIG. 6 : Graphe des 6 plus proches voisins
FIG. 7 : Alignements extraits du graphe des NPPV
FIG. 8 : Corrélation d'alignements
FIG. 9 : Détection des lignes à haute tension
FIG. 10 : Détection des villages et des bois

