

## EXTRACTION AUTOMATIQUE DES AEROPORTS DANS LES IMAGES DU SATELLITE SPOT

L. Benquet

Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales  
29, avenue de la Division Leclerc 92320 Châtillon - France

RÉSUMÉ

ABSTRACT

*L'interprétation automatique de scènes aériennes est un objectif ambitieux du fait de la difficulté de modélisation des processus de reconnaissance humains. Nous avons développé ici un algorithme d'extraction automatique d'aéroports sur des images SPOT panchromatiques, fondé sur une méthode de type reconnaissance des formes. La prise en compte de critères de structure simples mais généraux permet d'effectuer la reconstruction globale d'un aéroport. Les règles mises en oeuvre sont suffisamment générales pour obtenir des résultats satisfaisants, même si les aéroports sont de structure très différente.*

*Automatic interpretation of aerial images is an ambitious goal due to the problem of human recognition processes modelisation. We have developed here an algorithm which extracts airports automatically from SPOT images. This algorithm is based on a pattern recognition method. A precise reconstruction of an airport is obtained by the use of simple but general structure rules. These rules are general enough to give good results even if structures of the airports are quite different.*

### I- Introduction

L'interprétation automatique d'images aériennes [7][10] a suscité de nombreux travaux du fait de l'importance et de la diversité des applications qui en résultent : élaboration de cartes civiles, problème de modélisation de certaines structures..... De plus, l'automatisation de certaines tâches s'est avérée intéressante en raison de la quantité de données à traiter.

Un grand nombre de publications traitent de l'extraction et de la modélisation de réseaux dans les images aériennes. Ainsi, Daoud [3] réalise l'extraction des réseaux de communication dans des images SPOT par programmation dynamique avec recherche du chemin de coût minimal. Garnesson [5] détecte les routes à l'aide de deux images de contours extraits de façon différente. Les routes sont ensuite reconstruites par prolongement et assemblage de ces segments. Graffigne [6] travaille directement sur les pixels et reconstruit la route pas à pas à l'aide d'un modèle mathématique.

L'extraction d'aéroports a fait l'objet de peu de travaux. McKeown [9] et Huertas [8] ont cependant bien étudié le problème. La différence fondamentale entre leurs travaux réside dans le choix du point de départ : McKeown part d'une image de régions alors que Huertas part d'une image de contours. Des regroupements sont ensuite effectués dans les deux cas par mise en oeuvre de règles de reconstruction faisant intervenir le contexte.

Le but de cette communication est de présenter les résultats obtenus en ce qui concerne l'extraction automatique d'aéroports sur des images du satellite SPOT. Nous allons donc préciser, dans un premier temps, le contexte des travaux

développés ainsi que le principe général de l'algorithme mis en oeuvre. Nous décrirons ensuite plus précisément les quatre critères fondamentaux utilisés pour la reconstruction d'un aéroport. Les résultats obtenus seront finalement exposés sur quelques images test.

### II- Contexte - Principe général

Le cadre de nos travaux est en fait différent de celui des travaux de Huertas [8] ou de McKeown [9]. Les images que nous utilisons sont en effet de moins bonne résolution que des images aériennes. L'objectif n'est donc pas de réaliser une extraction très précise avec les études des jonctions entre piste principale et taxiways [8]. Nous cherchons à extraire l'aéroport de façon plus globale. C'est la raison pour laquelle les critères d'extraction mis en oeuvre doivent être relativement simples.

De plus, l'extraction automatique d'aéroports fait apparaître un certain nombre de problèmes. En effet, afin que l'algorithme soit robuste, il est nécessaire de prendre en compte la diversité de structure des aéroports. Un aéroport international et un petit aéroport de province sont de natures différentes. Pour pallier cette difficulté, nous avons donc développé des critères très généraux convenant à un bon nombre d'aéroports.

L'algorithme présenté ici est fondé sur des techniques du type reconnaissance des formes faisant intervenir quatre critères correspondant aux quatre étapes de la reconstruction. Deux critères permettent la détection de la piste principale et deux la détection des taxiways associés. Avant d'expliquer



chacune de ces étapes, il convient de définir les objets de base du système à partir desquels vont s'effectuer tous les regroupements nécessaires à l'extraction. Ces objets de base sont des segments de droite issus des contours extraits par le détecteur ISEF [1][2][4] par approximation polygonale. Nous avons choisi des objets segments et non pas régions car les tests réalisés à l'aide de différentes méthodes de segmentations ne nous ont pas permis d'obtenir des régions exploitables.

$$C_{f,g}(k,l) = \frac{\sum_{\text{Fenêtre}} (f(i,j) - \bar{f})(g(i+k,j+l) - \bar{g}_{kl})}{\left( \sum_{\text{Fenêtre}} (f(i,j) - \bar{f})^2 \sum_{\text{Fenêtre}} (g(i+k,j+l) - \bar{g}_{kl})^2 \right)^{1/2}}$$

$$\text{où } \bar{f} = \frac{1}{\text{surface\_fenêtre}} \sum_{\text{Fenêtre}} f(i,j) \text{ et } \bar{g}_{kl} = \frac{1}{\text{surface\_fenêtre}} \sum_{\text{Fenêtre}} f(i+k,j+l)$$

### III- Extraction de la piste principale

L'extraction d'un aéroport suppose l'élaboration d'un modèle au préalable. Ce modèle ne suppose pas de connaissances a priori sur l'image traitée. Il sera simple pour être général. Le modèle choisi est donc formé d'une piste principale et de quelques taxiways associés. Les détails concernant ce modèle seront explicités le moment venu.

#### Critère 1

L'objectif de ce paragraphe est de réaliser la reconstruction de la piste principale à partir des objets segments. La détection du premier côté de la piste s'effectue en utilisant les segments les plus longs. Nous réalisons donc un filtrage grossier (de l'ordre de 60 pixels) afin d'éliminer les segments les plus courts. Le seuil utilisé est très lâche car chaque côté d'une piste est rarement extrait en un seul segment, en raison notamment de la non homogénéité de la piste (marquages au sol, changement de revêtement....) et de l'imperfection des détecteurs de contours. A partir des segments issus de ce premier filtrage, nous réalisons des regroupements afin de reconstruire un éventuel côté de piste. Ces regroupements sont fondés sur des conditions de proximité et de colinéarité entre les deux segments candidats au regroupement. Ceci nous permet d'obtenir des segments de grande longueur, chaque nouveau segment obtenu après regroupement étant un germe d'aéroport. A ce stade de l'algorithme, chaque aéroport potentiel est détecté selon le **critère 1**. Il est certain que le nombre d'alarmes est pour le moment assez important. C'est pourquoi nous avons envisagé d'autres critères afin de confirmer ou d'infirmes les alarmes. Plus l'alarme aura de critères satisfaits, plus elle aura de chances de correspondre effectivement à un aéroport. Le nombre de critères satisfaits constitue donc en fait une sorte de confiance de bonne détection.

#### Critère 2

Nous allons maintenant extraire le second côté de la piste principale (**critère de détection 2**). Nous avons constaté qu'une piste d'aéroport présentait une certaine symétrie entre ses deux côtés : symétrie de luminance et antisymétrie de contraste. C'est d'ailleurs sur cette constatation que Huertas base son étude [8]. L'obtention du second côté de la piste va donc être obtenu par corrélation. Deux coefficients de corrélation sont définis : un coefficient portant sur la luminance et un portant sur le contraste. Chaque coefficient de corrélation  $C_{f,g}(k,l)$  est défini par la formule suivante (corrélation centrée normée) :

$f$  et  $g$  désignent les luminances (respectivement les contrastes) des deux segments (segment de départ et segment corrélé),  $k$  et  $l$  sont les paramètres de corrélation (en  $x$  et en  $y$ ). La fenêtre de corrélation fixe est centrée sur le segment de départ, celle de corrélation mobile sur le segment corrélé.

Le second côté de la piste principale correspond ainsi au segment qui maximise les deux coefficients et à condition qu'ils soient supérieurs à une valeur fixée à 0,5. Par l'intermédiaire de ce second critère, l'ensemble de la piste principale est donc extrait. Cependant, il est tout à fait probable que la piste ne soit pas extraite dans sa totalité. En effet, les conditions de prolongement des segments lors du critère 1 ont été volontairement choisies strictes afin de ne pas extraire les deux côtés de la piste en un seul segment. Ce problème est dû à la faible résolution de nos images (un pixel représente 10 m) qui rend la largeur de la piste égale à seulement quelques pixels (de 4 à 8 en moyenne).

Dans le but d'extraire une plus grande partie de la piste, nous prolongeons donc chaque côté en tenant compte de la luminance et du contraste moyens des segments déjà extraits. Enfin, un filtrage assez lâche permet d'éliminer les alarmes correspondant à des segments trop courts pour représenter une piste d'aéroport. Il est possible qu'à ce niveau de l'algorithme, certaines alarmes ne soient constituées que d'un seul côté (si aucun corrélé n'a été trouvé). Ceci ne signifie pas pour autant que cette alarme ne désigne pas un aéroport.

### IV- Extraction des taxiways associés

Les deux autres critères ont été implémentés dans le but de reconstruire l'aéroport de façon plus précise et donc de confirmer ou d'infirmes encore un peu plus les alarmes extraites à l'aide des critères 1 et 2. Nous allons maintenant prendre en compte la structure de l'aéroport. En effet, toute technique de reconnaissance des formes s'attache à reconstituer le mieux possible le cheminement de pensée qui amène l'observateur à identifier une alarme comme représentative d'un aéroport. Or, ce cheminement de pensée fait évidemment référence à la piste d'aéroport mais également à tout ce qui l'accompagne : taxiways, voies d'accès, aérogares.... Nous n'avons bien sûr pas cherché ici à détecter l'ensemble de l'environnement de l'aéroport. Il a fallu faire un choix et nous avons pensé que les taxiways étaient des éléments intéressants pour les raisons suivantes :

- ils sont toujours présents même pour de petits aérodromes
- ils ont une structure bien définie (segments de droite)



- leur position relative par rapport à la piste principale est fixe (angle de  $45^\circ$  ou de  $90^\circ$ ).

La *recherche des taxiways* nous permet de rester très général (quel que soit l'aéroport) et donc de rendre l'algorithme tout à fait robuste.

### Critère 3

L'extraction des taxiways a l'avantage d'utiliser les mêmes objets de base que pour la recherche de la piste principale, ce qui permet un gain du temps de traitement. Les segments recherchés sont donc ceux situés au voisinage de la piste principale formant avec elle un angle de  $45^\circ$  ou de  $90^\circ$  et de longueur supérieure à un seuil assez faible (de l'ordre de la dizaine de pixels). Les angles entre pistes et taxiways ne résultent pas de l'expérience. Ils constituent en fait une constante dans la construction des aéroports et sont fonction du débit de l'aéroport, de la taille des avions.... Les taxiways ne coupant pas la piste sauf éventuellement aux extrémités, la zone de recherche des taxiways est dépendante du nombre de côtés détectés pour la piste principale. Ainsi, si un seul côté a été détecté, la recherche s'effectuera de part et d'autre, alors que si les deux côtés ont été extraits, la recherche s'effectuera seulement à l'extérieur de la piste.

### Critère 4

Comme pour la piste principale, le but de ce critère 4 est de reconstituer le second côté des taxiways détectés. La technique est donc identique à celle employée au critère 2 : corrélation de luminance et de contraste, les taxiways présentant également une symétrie de luminance et une antisymétrie de contraste. Ceci nous permet de reconstruire l'aéroport de façon précise en augmentant la confiance de bonne détection de chaque aéroport éventuel.

## V- Résultats expérimentaux

L'algorithme a été testé sur des images SPOT de taille  $512 \times 512 \times 8$  bits, de types suffisamment variés pour valider correctement le processus d'extraction utilisé. Les résultats sont présentés sur trois images test (figures 1, 3 et 5). Les alarmes obtenues sont représentées par une image binaire à droite de chacune des images originales (figures 2, 4, et 6). Nous constatons que les aéroports sont bien détectés, même lorsqu'ils ont une structure assez complexe. Le taux de fausses alarmes n'est pas très élevé. De plus, pour ces trois exemples, le nombre de critères satisfaits pour chaque alarme permet de filtrer les fausses alarmes. Les alarmes dont le nombre de critères satisfaits est le plus important correspondent en effet aux bonnes détections. Ce n'est malheureusement pas un résultat général. C'est la raison pour laquelle la confiance de bonne détection doit être affinée afin de permettre une sélection plus robuste des fausses alarmes.

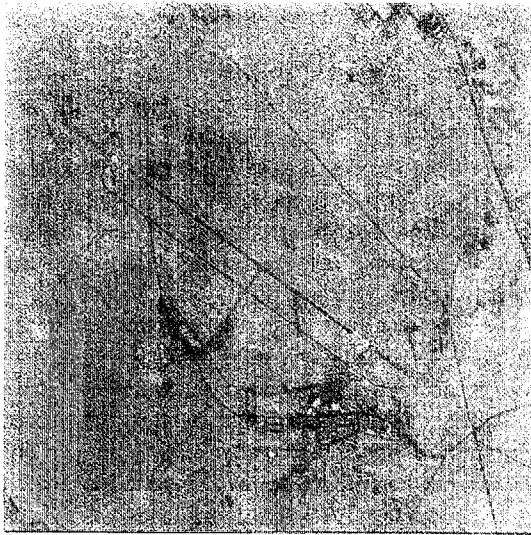
## VI- Conclusion - Perspectives

Nous avons présenté dans cette communication une méthode d'extraction automatique d'aéroports dans des images SPOT. Fondée sur des techniques de reconnaissance des formes, l'extraction des aéroports s'effectue par regroupement d'objets de base (des segments) en tenant compte de la structure générale d'un aéroport. La mise en oeuvre de deux types d'informations (contours et luminance) semble particulièrement efficace.

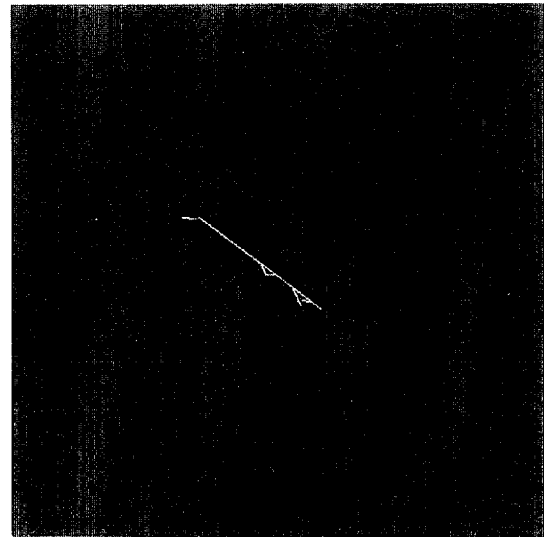
Les résultats obtenus sont très encourageants et montrent la robustesse de l'algorithme. Nous envisageons donc de poursuivre dans cette voie tout en essayant de mettre en oeuvre des critères supplémentaires afin de réaliser une détection plus précise et de mieux distinguer certaines fausses alarmes des bonnes détections. Ainsi, la recherche des bouts de piste et des différents marquages au sol permettrait d'éliminer un bon nombre de mauvaises détections (grandes routes rectilignes par exemple) et de réaliser une reconstruction plus précise des aéroports.

### Références :

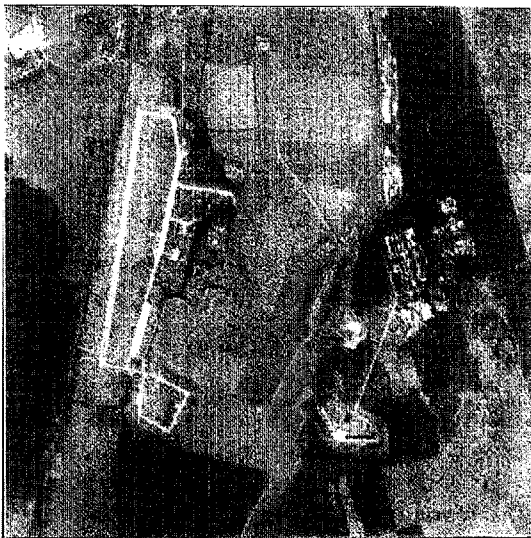
- [1] Canny J. : "A computational approach to edge detection", *IEEE Trans. on PAMI*, Vol.8, n°6, pp. 679-698, Novembre 1986
- [2] Castan S., Zhao J., Shen J. : "Une famille de détecteurs de contours basée sur le filtre exponentiel optimal", *7ème Congrès AFCET-INRIA*, pp. 23-36, Paris, Novembre 1989
- [3] Daoud M., Roux C., Hillion A. : "Une application de la théorie des graphes à l'extraction automatique des réseaux de communication dans les images du satellite SPOT", *12ème Colloque GRETSI*, pp. 699-702, Juan-Les-Pins, Juin 1989
- [4] Deriche R. : "Fast algorithms for low-level vision", *IEEE Trans. on PAMI*, Vol.12, n°1, pp. 78-87, Janvier 1990
- [5] Garnesson P., Giraudon G., Montesinos P. : "MESSIE : Un système multi spécialistes en vision. Application à l'interprétation en imagerie aérienne", *7ème Congrès AFCET-INRIA*, pp. 817-831, Paris, Novembre 1989
- [6] Graffigne C., Herlin I. : "Modélisation de réseaux pour l'imagerie satellite SPOT", *7ème Congrès AFCET-INRIA*, pp. 833-842, Paris, Novembre 1989
- [7] Harwood D., Chang S., Davis L.S. : "Interpreting aerial photographs by segmentation and search", *Proceedings of Image Understanding Workshop sponsored by DARPA*, pp. 507-520, Février 1987
- [8] Huertas A., Cole W., Nevatia R. : "Using generic knowledge in analysis of aerial scenes : a case study", *11th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 1642-1648, Août 1989
- [9] McKeown D.M., Harvey W.A., McDermott J. : "Rule-based interpretation of aerial imagery", *IEEE Trans. on PAMI*, Vol.7, n°5, pp. 570-585, Septembre 1985
- [10] Nagao M., Matsuyama T. : "A structural analysis of complex aerial photographs", 1980



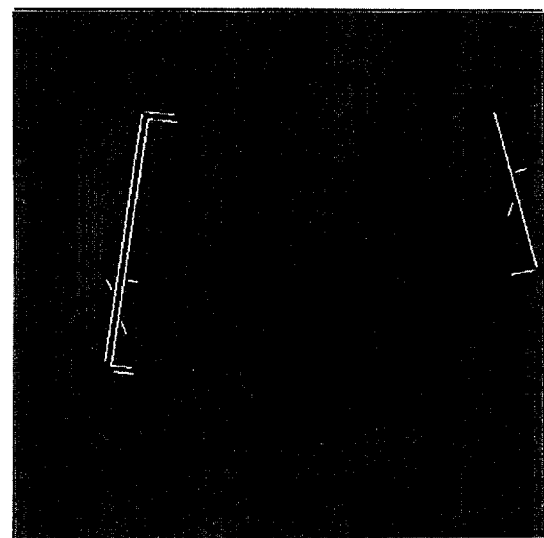
**Figure 1** : Image d'origine  
©CNES 1990 - Distribution SPOT IMAGE



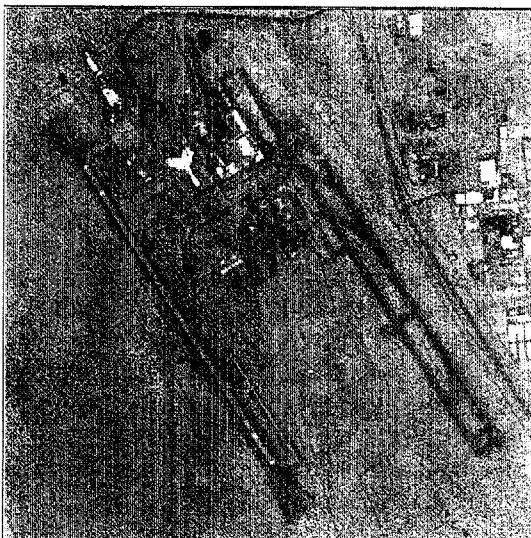
**Figure 2** : Résultats de l'extraction automatique (1 seule alarme)



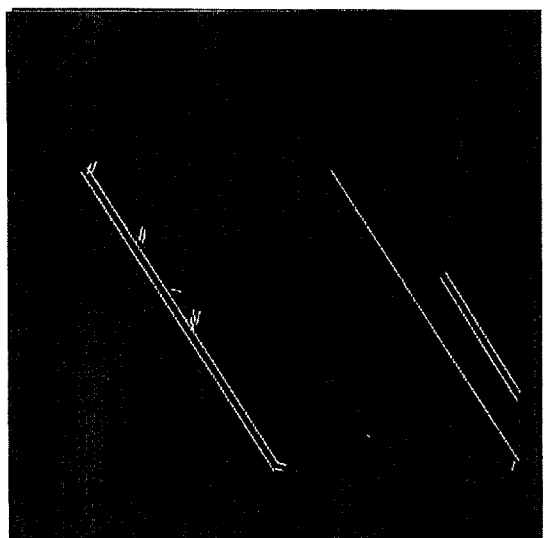
**Figure 3** : Image d'origine  
©CNES 1990 - Distribution SPOT IMAGE



**Figure 4** : Résultats de l'extraction automatique (2 alarmes dont 1 fausse)



**Figure 5** : Image d'origine  
©CNES 1991 - Distribution SPOT IMAGE



**Figure 6** : Résultats de l'extraction automatique (3 alarmes dont 1 fausse)