

## LA REGISTRATION DES IMAGES EN TELEDETECTION; PROCEDES COMPARATIVES

Nicolaiu OPRESCU                      Florea ZAVOIANU  
Ecole Supérieure de Génie Civil et du Bâtiment  
Bucarest - Roumanie

Commission III

### RESUME

L'utilisation et la mise en valeur des données de télédétection prélevées de façon répétitive en vue de la détection des changements, impose l'élaboration de techniques de registration des images.

On présente les résultats obtenus dans le cas de la registration de deux prises de vue selon une méthode projective, en utilisant des points d'appui dans les deux plans et des points d'appui en combinaison avec les formes linéaires. La méthode projective colinéaire appliquée au cas des images MSS de balayage donne des résultats comparables à ceux obtenus à l'aide d'un algorithme de corrélation des deux images en utilisant un modèle de transformation linéaire.

L'exposé inclut la présentation des algorithmes de calcul, les résultats expérimentaux portant sur la réalisation de la registration ainsi que des considérations sur les avantages et les limites des deux méthodes.

### ABSTRACT

Change detection techniques using multitemporal remote sensing data require the elaboration of techniques for the relative images registration.

Are presented the acquired results for registration of two aerial photographs according to a transforming projective method, using control points in the two plans of the photographs and the control points alongside with linear forms. The colinear projective method used in MSS cases offer comparative results with those obtaining by an correlation algorithm using a linear transformation model.

The presentation includes the description of the computation techniques, correlability aspects and experimental results regarding the performance of registration as well as some considerations about the advantages and limits of the two methods.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Verwendung und Verwertung von wiederholentlich übernommenen Fernerkundungsdaten für Veränderungserkundung, erfordert die Erarbeitung von Techniken der relativen Aufnahmenregistrierung. Es werden die Ergebnisse von zwei Luftaufnahmenregistrierung durchgeführt die durch eine projektive Methode erhalten wurden, in zwei Varianten: unter Benützung von Kontrollpunkten und unter Benützung von Kontrollpunkten in Zusammenhang mit Linearformen. Die kolineare Methode in Falle der MSS-Aufnahmen, führt zu Ergebnissen die vergleichbar sind mit denen die erhalten wurden unter Benützung eines Korrelationsalgorithmus von den zwei Aufnahmen in Zusammenhang mit einem Lineartransformiertemodel.

Die Darstellung schliesst die Beschreibung von Rechnungsprogrammen, die experimentellen Ergebnisse betreffend der Ausführung des Registrierung als auch Betrachtungen zu Vorteilen und Grenzen beider Methoden ein.

## 1. INTRODUCTION

La mise en évidence des changements intervenus dans le plan objet se réalise par la comparaison de l'image à exploiter avec une image de référence. A cet effet les deux images doivent avoir les mêmes caractéristiques, ce que réalise notamment le processus de régistation. On peut considérer comme image de référence une image quelconque, ou une image dont on a éliminé l'influence des paramètres physiques - M.Ehlers et B.Wrobel (11) - et qui a été géométriquement corrigée, une série de telles images constitue une banque de données pour la régistation. La nécessité de telles images pour certaines longueurs d'onde optimales s'impose dans la régistation pour l'étude du phénomène donné.

L'étalonnage radiométrique des images est ainsi réalisé à partir des observations effectuées sur le terrain au même moment que le prélèvement de l'enregistrement, certains auteurs comme: N.Oprescu et E.Măndescu (26), Haralick R.M. (17), Craig R.G.(9), Crane R.B. (10), Krigler F.J.(19), Jeansoulin R.(18), indiquent la manière dont les observations sur le terrain doivent être intégrées au traitement préliminaire des images.

La normalisation de l'image est spécifique à chaque type de traitement; ainsi Vicent K.R.(31) indique une méthode de normalisation spécifique au traitement d'images à de fins géologiques; Kropatsch W. et F.Leberl (20) ont recours à d'autres types de traitement préliminaire, qu'on peut interpréter comme un filtrage de l'image.

Pour effectuer la régistation d'une image avec l'image de référence on peut utiliser une transformation polynomiale - Anuta P. et M.Bauer (1), Rifman S. (28) - les paramètres de celle-ci aboutissant à deux étapes: après la transformation approximative, à partir d'un nombre restreint de points, le modèle de la transformation est optimisé en utilisant des points de contrôle supplémentaires. La régistation de l'image peut être réalisée avant le traitement proprement dit de l'image (des systèmes opérationnels existent déjà pour les images Landsat aux USA et au Canada) ou pendant le traitement proprement dit - Anuta P.(2). La transformation entre les deux plans peut être effectuée en utilisant des points de contrôle, des directions, des distances de contrôle ou combinaisons entre ceux-ci. Les éléments de contrôle peuvent cependant être complétés aussi avec des formes linéaires, droites, en arc de cercle ou courbes quelconques. La transformation collinéaire projective pour laquelle les droites et les lignes courbes sont des invariants, peut être utilisée avec succès pour la détermination des paramètres de la transformation. Les paramètres de la transformation une fois déterminés, l'image à régister se transforme dans le système de l'image de référence, en calculant pour chaque nouvelle position de l'élément d'image la valeur de la réflectance spectrale à partir de l'image à régister.

Les algorithmes de rééchantillonnage, l'algorithme du point proche, l'algorithme de l'interpolation bilinéaire et l'algorithme de convolution cubique - R.Bernstein (4), Rifman S.S.(28) - servent au rééchantillonnage de l'image. L'adaptation de l'algorithme de convolution cubique au traitement séquentiel des données est présentée par D.E.Friedmann (12) ce qui convient mieux à la structure des données de télédétection.

## 2. DETERMINATION DES POINTS D'APPUI, TRANSFORMATION DE L'IMAGE

2.1 Corrélation de l'image. On peut utiliser: les algorithmes de corrélation qui opèrent dans le domaine spatial ou temporel - Anuta P.(3), Kropatsch W. et F. Leberl (20), Göpfert W.M.(14,15), ou dans le domaine de la fréquence - Bond P.D.(8) - ainsi que les algorithmes de détermination de la similarité, normalisés ou non - R.B. MacDonald et autres (21), T. Kaneko (30).

Dans le choix de l'algorithme de calcul les facteurs économiques sont prioritaires, parce que les temps requis diffèrent beaucoup, d'un algorithme à l'autre. Le principe de la méthode consiste en ce qui suit: deux fenêtres de dimensions différentes, soit la fenêtre S dans l'image à enregistrer, de dimensions L/L et W dans l'image de référence de dimension M/M où:  $L > M$  sont choisies, la fenêtre W est positionnée dans la fenêtre S en calculant chaque fois le coefficient de corrélation ou le coefficient de similarité. On retient la position pour laquelle le coefficient de corrélation est le plus grand. Dans la première étape les dimensions des fenêtres peuvent être plus grandes pour déterminer ainsi les zones qui sont des possibles centres de corrélation, et à partir des déplacements enregistrés entre les deux images on effectue une transformation approximative. La transformation de finesse s'effectue par des transformations itératives en revenant dans les zones trouvées avec des fenêtres de dimensions plus réduites pour déterminer des points d'appui supplémentaires et optimiser ainsi le modèle de la transformation. La fig.1 présente l'algorithme adopté en utilisant le coefficient de corrélation indiquée par Göpfert W.(15). Les paramètres de la transformation ont été déterminés compte tenu de tous les vecteurs  $\Delta x$  et  $\Delta y$ , trouvés et l'optimisation du modèle de la transformation a été réalisée par l'algorithme indiqué par T. Kaneko (30). Avec les paramètres ainsi obtenus on a commencé le rééchantillonnage de l'image à enregistrer.

2.2 La méthode projective. La méthode projective de transformation des images peut utiliser des points d'appui dans les deux plans - Haralick R.M.(17) - des distances de contrôle - Fligor D.P.(13) - ou des combinaisons entre ceux-ci.

Dans le processus de registration des images de télédétection on peut aussi envisager pour la transformation des formes linéaires comme éléments d'appui - Marsy S.E.(22) - pouvant être aisément identifiées et qui seront définies à partir de certains points caractéristiques qui doivent ne pas être identiques dans les deux plans. Dans ce cas on a besoin d'un nombre réduit de points d'appui qui sont identifiés et utilisés en combinaison avec les formes linéaires de contrôle. Les formes linéaires correspondantes sont identifiées sur les deux images, on procède à une segmentation de ces formes et chaque segment sera approximé par une fonction. Une partie des fonctions utilisées sont indiquées dans la fig.2. La fonction choisie doit correspondre au mieux aux données qu'elle représente: on peut ainsi déterminer plusieurs fonctions pour la même forme linéaire en retenant celle pour laquelle le critère de concordance Gauss  $\omega$  a la valeur la plus réduite. L'algorithme de l'introduction des formes linéaires dans le processus de la transformation est indiqué sur la fig. 2. L'algorithme s'adapte assez bien au cas des systèmes interactifs, l'indication des formes correspondantes se réalisant à la main, mais pouvant être également adaptée à un processus au-

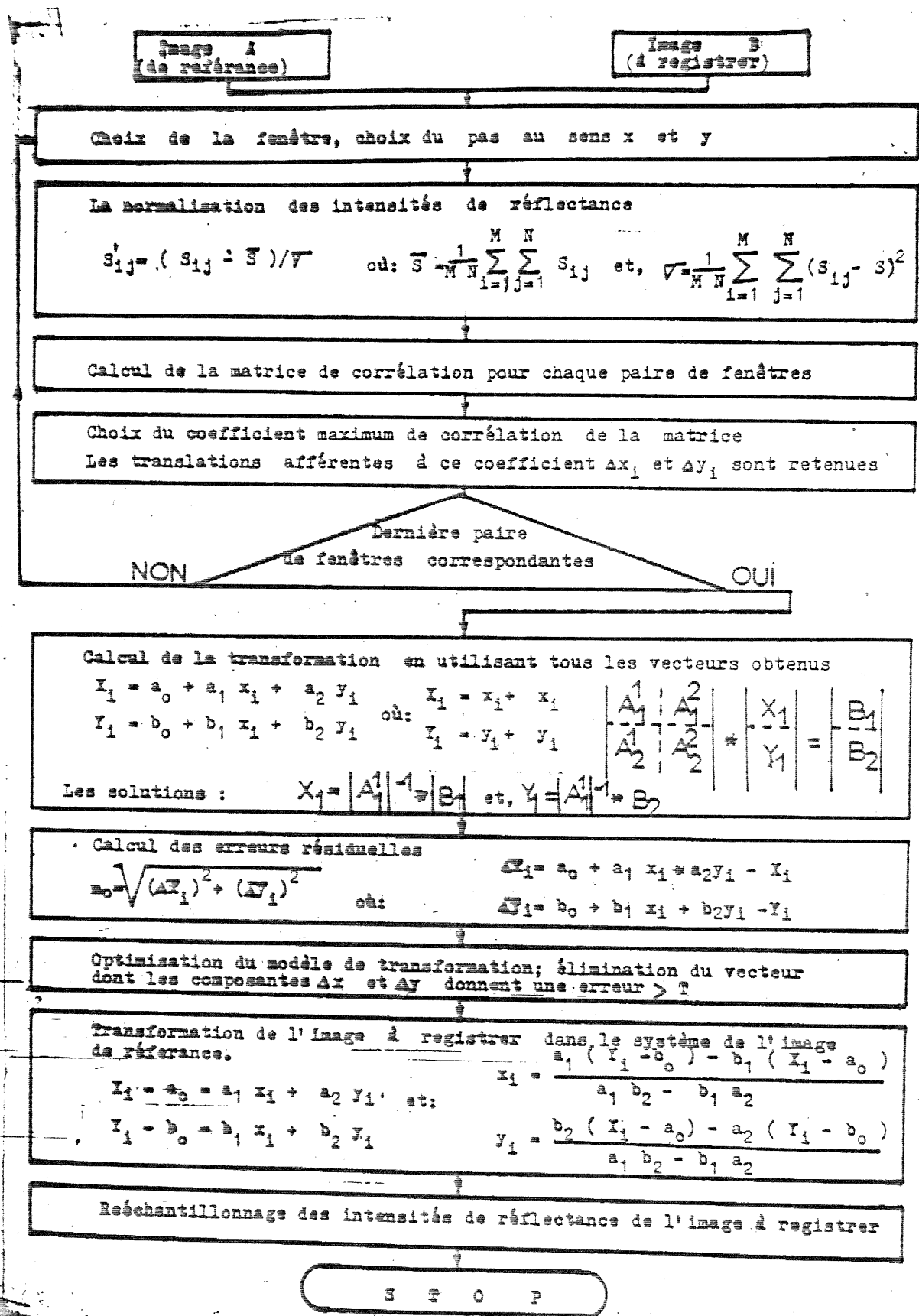


Fig.1 Algorithme de corrélation

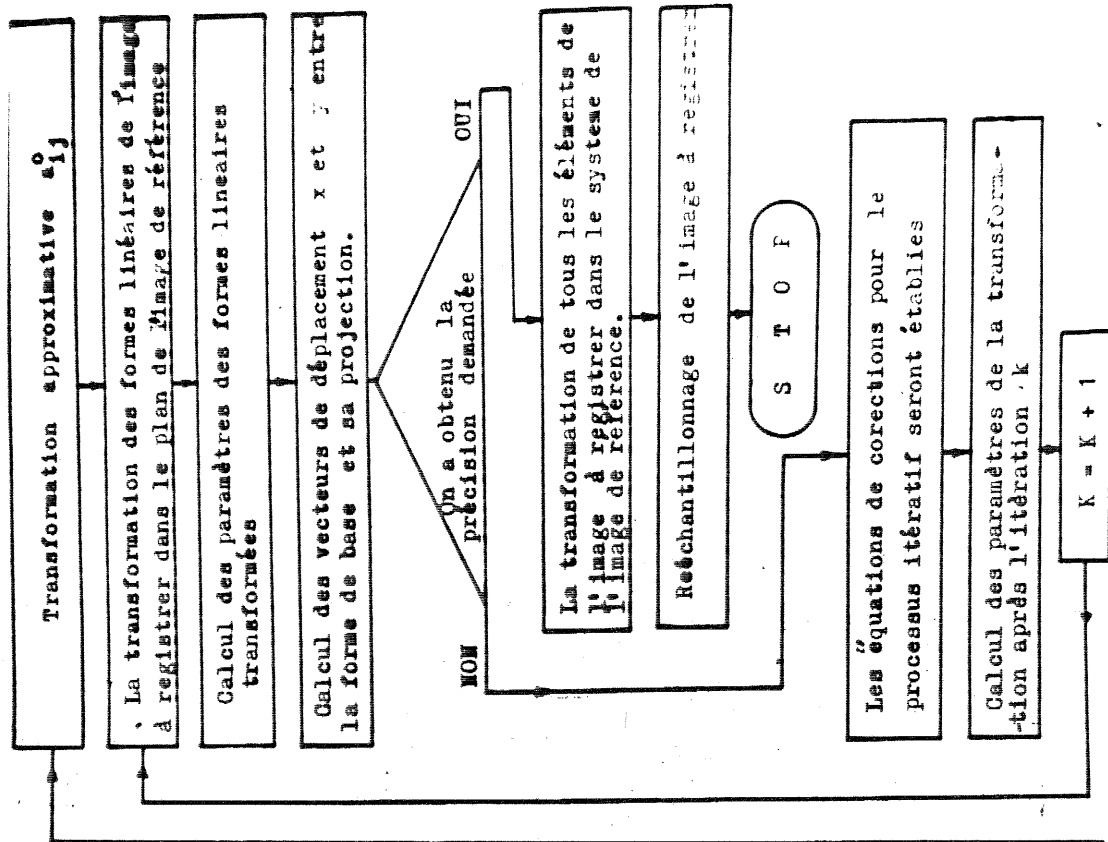
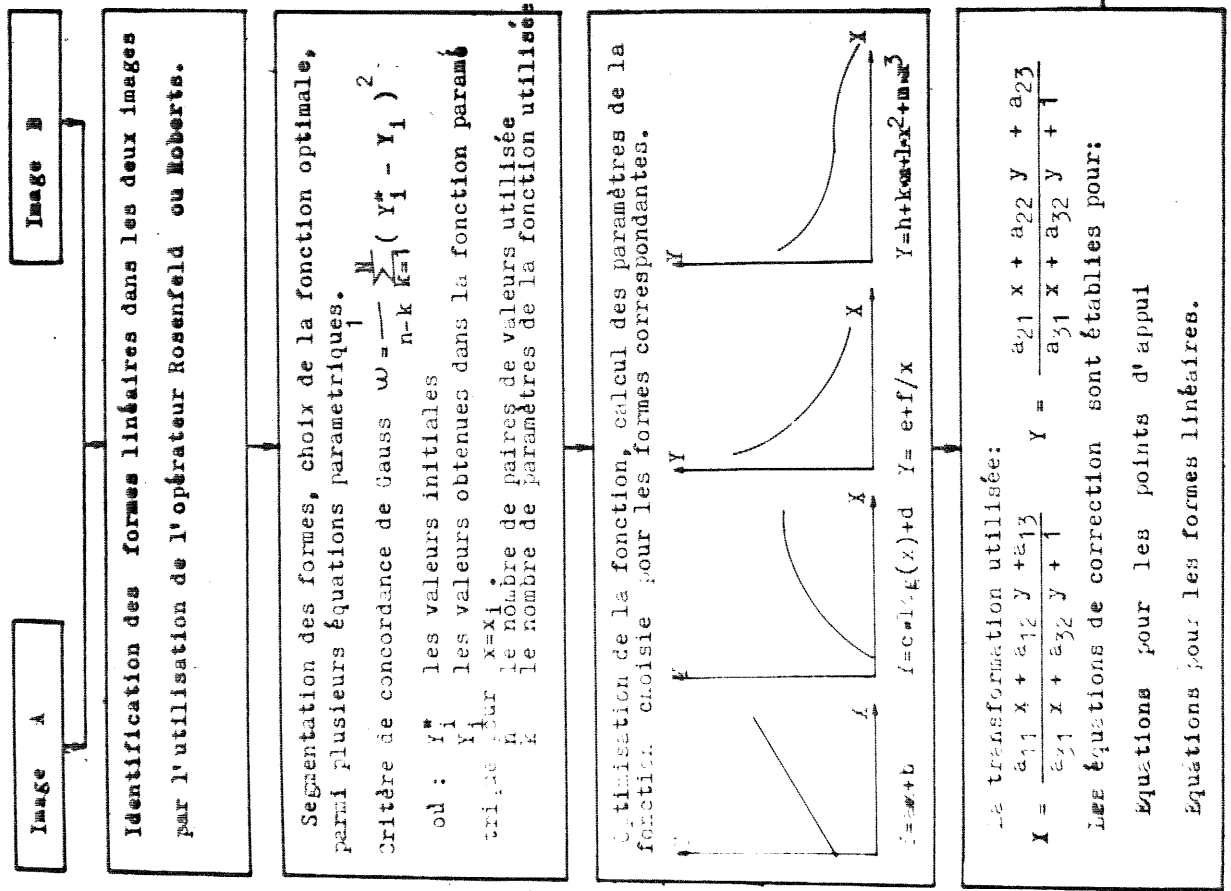


Fig.2 Algorithme de détermination des paramètres de la transformation par la méthode projective.



tomatique de régistration. La méthode peut connaître un développement plus important dans la régistration absolue et la cartographie des images, basées sur la banque numérique de données où les formes linéaires numérisées sont précisément définies par numérisation.

3. EXEMPLE APPLICATIF, RESULTATS. La méthode projective a été testée pour deux photogrammes aériennes prises à des échelles différentes, 1:19200 et 1:8700. La différence maximale de niveau au sol de 8-9 m. dans la zone représentée sur les deux photogrammes, influe sur la position des points de photogrammes provoquant une déformation d'environ 0,13 mm et 0,1 mm respectivement, déformations dont on n'a pas pu tenir compte dans la transformation. On a calculé les paramètres de la transformation à partir de certains points de contrôle ainsi que de formes linéaires combinées à deux points de contrôle, en utilisant l'algorithme indiqué dans la fig.2. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau I - fig.3, le calcul des paramètres s'est arrêté après trois itérations, les erreurs résiduelles ayant dans leur composante principale les déformations dues aux différences de niveau au sol.

Les formes linéaires ont été identifiées et définies par un grand nombre de points caractéristiques n'étant retenues que les formes qui n'ont pas subi de modifications d'un prélèvement à l'autre, constituant des détails significatifs.

L'algorithme établi a été appliqué à deux segments d'image Landsat MSS, bande 5, photographiées mois de juin et respectivement d'avril 1981. Comparativement la régistration a été réalisée par l'algorithme de corrélation indiqué, la dimension des fenêtres étant de 19/19 éléments d'image dans l'image à enregistrer et de 11/11 dans l'image de référence. De la matrice de corrélation de 9/9 éléments on a retenu la valeur donnée par le coefficient maximum de corrélation, par ses composantes  $\Delta x$  et  $\Delta y$ .

Pour optimiser le modèle de la transformation on a éliminé les vecteurs pour lesquels les erreurs résiduelles ont été supérieures à un élément d'image. Les formes linéaires ont été mises en évidence au moyen de l'opérateur Rosenfeld. Les points définissant ces formes ainsi que les points d'appui ont été identifiés de façon manuelle et ont été indiqués par ligne-colonne. L'application de l'algorithme indiqué dans la fig.2 montre un bon comportement assurant la précision obtenue à l'aide de l'algorithme de corrélation des images.

#### 4. CONCLUSIONS

Les formes linéaires peuvent être bien utilisées dans le processus de transformation de l'image lorsque les points d'appui ne peuvent être identifiés. La géométrie interne du détecteur et la différence d'échelle entre les deux images ont une importance particulière pour assurer la correspondance des formes linéaires. Si l'on connaît la géométrie interne du détecteur on peut mieux maîtriser les lois de déformation des formes linéaires. Les différences d'échelle font que les deux images contiennent des quantités d'information différentes ce qui peut conduire à l'approximation des mêmes formes correspondantes par des formes paramétriques différentes. Dans une première étape cet inconvénient peut être surmonté par la segmentation de ces formes complexes par une succession de formes simples. Pour les images prises avec le même détecteur à des échelles

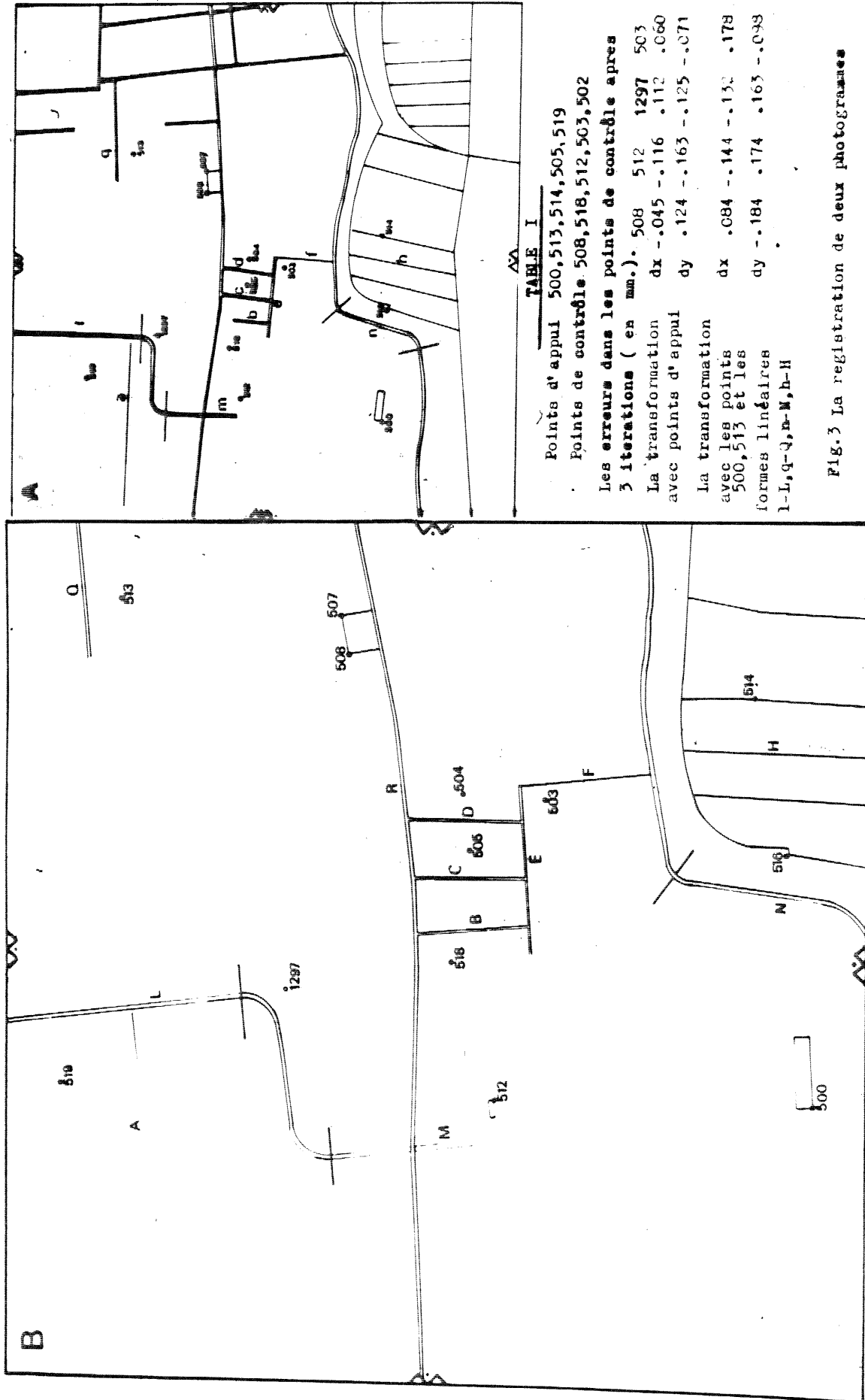


Fig. 3 La registration de deux photogrammes

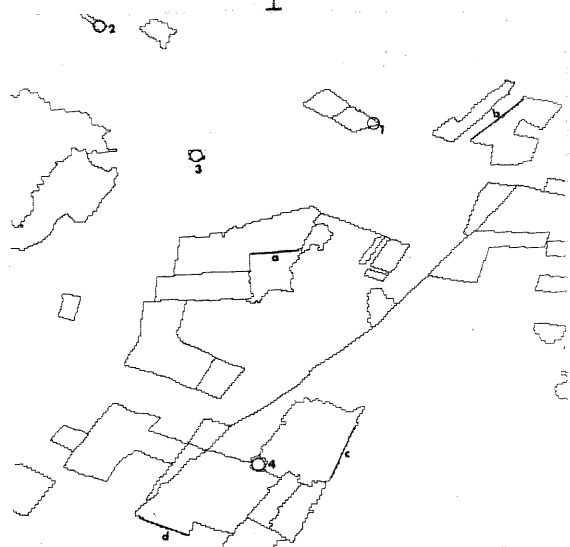
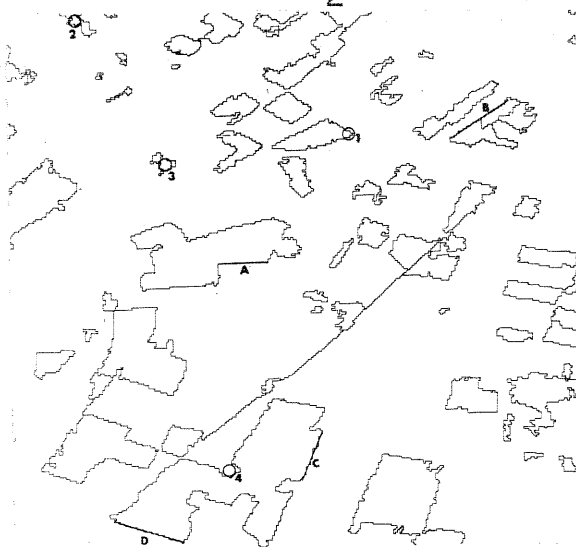
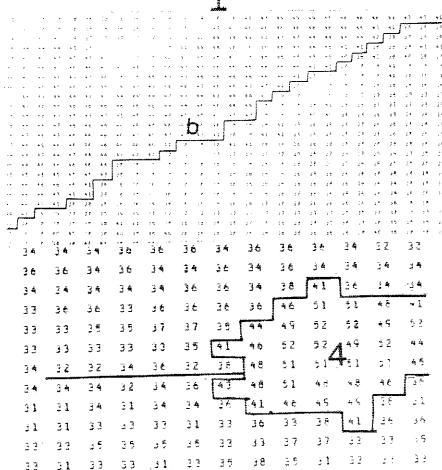
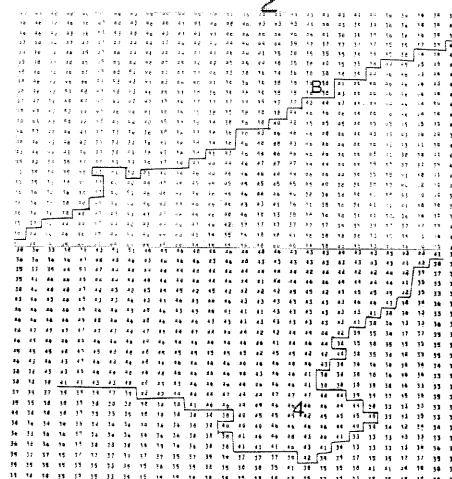
a<sub>1</sub>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>c<sub>2</sub>

Fig.4 Les fenêtres d'image LANDSAT  
 a<sub>1</sub>) la bande 6, avril 1981 a<sub>2</sub>) la bande 5, juillet 1981  
 b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>) les formes linéaires A, a; B, b; C, c; D, d; et les amers 1, 2, 3, 4<sup>2</sup> de contrôle.  
 c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>) l'identification des limites et d'amers de contrôle.



rapprochées, l'utilisation des formes linéaires si elles sont correctement définies, et n'ayant pas subi de changements entre les deux prises de vues successives étant ainsi bien identifiées, peuvent compléter les points d'appui dans le processus de régistration.

## 5. REFERENCES

- /1/ Anuta P., Bauer M.: An analysis of temporal data for crop species classification and urban change detection; LARS Note No 873
- /2/ Anuta P.: Digital preprocessing and classification of multispectral earth observation data; LARS publication;
- /3/ Andrews H.: Computer techniques in image processing; Academic Press, 1970;
- /4/ Bernstein R.: Digital image processing of earth observation sensor data; I.B.M. Journal Res. develop., January 1976, pp. 40 - 55;
- /5/ Bernstein R.: Scene correction of ERTS sensor data using digital image processing techniques; Symp. XIII of Rem. Sens. pp. 1909 - 1927;
- /6/ Billingsley F.: Modeling misregistration and related effects on multispectral classification; Ph. Eng. and Rem. Sens., no. 3, 1982, pp. 421-430;
- /7/ Billingsley F.: Some digital techniques for enhancing ERTS imagery, Symp. Proceeding management and utilization of remote sensing data, 1973, South Dakota;
- /8/ Bond A.D.: Automatic information extraction for land use and agricultural applications; Symp. Proceedings Management of remote sensing data, 1973, South Dakota pp. 257-283;
- /9/ Craig R., Mark L.: Sources of variation in Landsat autocorrelation, XIV Congr. of Remote Sensing, April 1980, pp. 1755-1767;
- /10/ Crane R.B.: Preprocessing techniques to reduce atmospheric and sensor variability in multispectral scanner data, XIII Symp. of Remote Sensing;
- /11/ Ehlers M., Wrobel B.: Digital correlation of remote sensing imagery from tidal lands, XIV Congress ISPRS, Hamburg, 1980, tome B3, pp. 202-213;
- /12/ Friedman D.: Two-dimensional resampling of line scan imagery by one-dimensional processing, Ph. Eng. Rem. Sens. No. 10, Oct. 1981, pp. 1459-1467;
- /13/ Fligor D.P.: Resection without camera or station parameters, Ph. Eng., January 1968;
- /14/ Göpfert W.: Automatisiertes Erkennen von Objektveränderungen in multitemporalen Bilddaten, Nachricht. Karten & Verm., Heft. 78
- /15/ Göpfert W.: Image correlation and change detection, ISP, XIV, Hamburg 1980, tome B3, pp. 246-253
- /16/ Gonzalez R., Paul W.: Digital image processing, Addison-Wesley Publishing Company, London, 1977;
- /17/ Haralick R.M.: Automatic remote sensor image processing, Springer-Verlag, Berlin, 1976;
- /18/ Jeansoulin R.: Influence des paramètres physiques de prise de vue dans la rectification automatique d'image, ISP, XIV, Hamburg 1980, tome B3, pp. 340-348;
- /19/ Kriegler F.J., Malila W., Nalepka R., Richardson W.: Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition, XIII Symp. Rem. Sens., pp. 97-131;
- /20/ Kropatsch W., Leberl F.: Automated registration of scanned satellite imagery with a digital map data base, Publication DIBAG-1

- /21/MacDonald B., et al.: The use of Landsat data in a large area crop inventory experiment (LACIE), Proc. of Symp. on machine classification of Rem. Sens. data, LARS, June, 3, 1975;
- /22/Marsy S.E.: Digital mapping using entities; a new concept, Ph. Eng. & Rem. Sens., 1981, pp. 1561-1565;
- /23/Mikhail E.: Observations and least squares, New York, 1976;
- /24/Oprescu N.: Manual of Remote Sensing (Rom.), Bucharest, 1980;
- /25/Oprescu N.: Technological remote sensing, (Rom.), Bucharest, 1982;
- /26/Oprescu N., Măndescu E.: Expérience concernant les déterminations radiométriques et d'indicateurs des objets naturels en vue de l'application de corrections aux enregistrements satellitaires de télédétection, Col. intern. "Signatures spectrales d'objets en télédétection", Bordeaux, 12-16 sept., 1983;
- /27/Pessl P.: Kenntnissgestuetzte Liniensuche in digitalen Bildern, DIBAG, Bericht Nr. 7, 1983;
- /28/Riffman S.: Evaluation of digitally corrected ERTS imagery, Symp. Proceedings Manag. and Utilisation of Rem. Sens. Data, 1973, pp. 206-221;
- /29/Swain P.: Remote sensing-the quantitative approach, New York, 1978;
- /30/Kaneko T.: Evaluation of Landsat image registration accuracy, Ph. Eng. Rem. Sens., No. 10, 1976, pp. 1285-1299;
- /31/Vincent R.: Spectral ratio imaging methods for geological remote sensing from aircraft and satellites, Sym. Proc. Manag. and Utilisation of Rem. Sens. Data, 1973, pp. 377-397.
- /32/Wrobel B., Ehlers M.: Digitale Korrelation von Fernerkundungsbildern aus Wattgebieten, Bild und Luftb. Nr. 48, 1980, pp. 67-79.
- /33/Zăvoianu Fl.: Mise à jour des cartes topographiques et thématiques par télédétection. Thèse doctorat-manuscrit.