

1022302

LA CORRECTION GEOMETRIQUE DES IMAGES LANDSAT AU CENTRE CANADIEN DE TELEDETECTION†

par F.E. Guertin, T.J. Butlin et R.G. Jones

Centre canadien de télédétection
Canada Centre for Remote Sensing

RESORS

RESUME

Pour faciliter l'intégration des images multi-spectrales LANDSAT avec d'autres banques informatisées de données à caractères géographiques, le Centre canadien de télédétection a développé un produit image de précision, en projection universelle transverse de Mercator (UTM), offert aux utilisateurs, sur bandes magnétiques pour ordinateur.

Les images sont corrigées géométriquement et une rotation est effectuée afin d'aligner les pixels sur la grille métrique de la projection UTM. Les pixels sont ré-échantillonnés à 50 m x 50 m. Afin d'offrir un cadrage compatible avec le système de référence cartographique national, les images sont découpées en rectangles de 0,5° de latitude par 1,0° de longitude ce qui correspond à quatre cartes au 1/50 000 ème ou un quart d'une carte au 1/250 000 ème.

Ces images corrigées sont produites à l'aide d'un système de correction numérique dont les composantes sont: un miniordinateur, des équipements standards, une console image servant au relevé des amers et un correcteur micro-programmable.

SUMMARY

To facilitate the integration of LANDSAT multi-spectral imagery with other geobase information systems, the Canada Centre for Remote Sensing has developed a precision processed image product in the Universal Transverse Mercator (UTM) projection, offered to the users on computer compatible tapes.

The images are geometrically corrected and rotated in order to align the pixels on the UTM metric grid. Pixels are resampled to 50 metres square. To be compatible with the National Topographic System, the LANDSAT images are divided into 0.5° latitude by 1.0° longitude quadrangles corresponding to four map sheets in the 1:50,000 series or one quarter of a map sheet in the 1:250,000 series.

These images are generated on a digital image correction system composed of a minicomputer, standard peripherals, an image display terminal for ground control points acquisition and a micro-programmed corrector.

† Communication présentée au 3ème Colloque International du GDPA, Toulouse, France, 19-22 juin 1979.

INTRODUCTION

Grâce à la nature globale et répétitive de leur couverture, les images multi-spectrales des satellites LANDSAT peuvent constituer un élément important dans la gestion des ressources terrestres. A cette fin, les données de télédétection peuvent servir à mettre à jour des banques de données informatisées qui présentent des caractéristiques propres et très diversifiées: grilles, polygones, points isolés. Une étude effectuée au Canada en 1976 a permis de déterminer qu'il existait à l'intérieur des différents organismes du gouvernement fédéral 29 banques à caractères géographiques stockées sur ordinateurs, McQuillan (1979).

Souvent les images LANDSAT, même corrigées et présentées sous forme numérique, ne peuvent pas être intégrées directement avec ces systèmes informatisés parce que les deux types d'information n'utilisent pas les mêmes références géographiques, c'est-à-dire que les pixels des images LANDSAT ne sont pas directement compatibles avec les données de la banque. Du point de vue de l'utilisateur, le coût de conversion est souvent prohibitif. Chaque image LANDSAT est constituée de $3,0 \times 10^7$ pixels, et dans le cas d'études multitemporelles les images subséquentes d'une région donnée exigent des conversions différentes à cause de légères variations dans les prises de vue. Donc, pour que la télédétection atteigne son plein potentiel, il faut que les problèmes de conversion et d'intégration aux banques de données déjà existantes soient réduits de façon substantielle, Simonett (1978).

Tenant compte du fait que le système de référence cartographique du Canada est utilisé de façon générale par les diverses banques de données servant à la gestion des ressources terrestres, le Centre canadien de télédétection a développé à partir des images multi-spectrales LANDSAT un produit utilisateurs corrigé et normalisé. Les images présentent une grande précision géométrique, et leur mise en format est établie à partir du système cartographique canadien. Les données ainsi corrigées sont offertes aux utilisateurs sous forme numérique sur bandes magnétiques pour ordinateur. Par ce traitement numérique, les images captées par les satellites LANDSAT sont recadrées en sous-images rectangulaires dont les dimensions sont établies à partir des cartes géographiques au 1/50 000 ème.

Afin d'effectuer ce traitement un système de correction digital (DICS: Digital Image Correction System) a été mis au point et il est entré en exploitation opérationnelle au printemps 1979. Les paramètres qui ont servi à la conception du système DICS ont été définis à partir de contraintes répondant aux besoins spécifiques du Centre. Dans sa configuration actuelle, le système permet de traiter les données acquises par le capteur multi-spectral, (MSS: Multi-spectral Scanner) des satellites LANDSAT 1,2,3,D. Il est modulaire et flexible dans son organisation afin de permettre des modifications telles que: nouveaux capteurs, nouvelles plateformes, développements méthodologiques, évolution des produits. Le système permet d'effectuer la correction des déformations géométriques avec une erreur résiduelle inférieure à un pixel. Les images peuvent être corrigées au fur et à mesure qu'elles sont commandées par les utilisateurs. La capacité de traitement anticipée est de cinq images LANDSAT par jour. Tenant compte du fait que le Canada reçoit quotidiennement 75 images MSS provenant de chaque satellite LANDSAT, un paramètre de capacité défini à partir de la demande réduit considérablement les contraintes et le coût d'exploitation. Les bandes magnétiques pour ordinateur constituent la seule interface entre le système DICS et les segments terriens aux stations de réception de Prince-Albert et de Shoe-Cove. Le système DICS effectue aussi la calibration radiométrique à partir des données d'étalonnage et de l'analyse statistique de l'image. Cette technique, décrite en détail dans Ahern (1978), ne sera pas présentée dans cette communication.

DONNEES BRUTES ET PROJECTION CARTOGRAPHIQUE

Avant de décrire le produit image traité sur le système DICS il est nécessaire de revoir brièvement les caractéristiques des données MSS brutes ainsi que le système de référence cartographique employé au Canada.

Chaque image captée par le MSS recouvre une superficie nominale de 185 km x 185 km. Elle comprend quatre bandes spectrales: (4,5,6,7) 500-600 nm, 600-700 nm, 700-800 nm et 800-1100 nm. Chaque bande est composée de 2340 lignes, chaque ligne contenant 3240 pixels. Le champ instantané de prise de vue est de 79 m x 79 m et un léger sur-échantillonnage le long de la ligne de balayage définit chaque pixel brut comme ayant 57 m x 79 m. La quantification radiométrique des pixels bruts permet 64 niveaux de gris. (La calibration radiométrique restitue les pixels sur une gamme de 256 niveaux).

Les images successives captées par le MSS sont indexées au moyen d'un système de référence universelle propre à LANDSAT, où à chaque image est assigné un numéro d'identification unique défini par les numéros de la trajectoire, de la scène et du cycle. Pour chaque cycle de 18 jours, chaque satellite effectue 251 trajectoires divisées en 240 scènes. La première scène de la première trajectoire est située au nord-est du Groënland. L'ordre ascendant de ces trajectoires est défini de l'est vers l'ouest.

Les déformations géométriques des images brutes sont caractérisées de la façon suivante: défauts associés à la plateforme, au capteur, à la scène observée et à la projection désirée. Ces déformations ont été étudiées et décrites dans plusieurs travaux, entre autre Bernstein (1976).

Au Canada, les cartes géographiques au 1/50 000 ème et 1/250 000 ème sont offertes dans la projection universelle transverse de Mercator (UTM). Dans cette projection la surface du globe est divisée en 60 zones de six degrés de longitude. Pour chaque zone, le système de coordonnées est cartésien et métrique: les axes est-ouest et nord-sud sont perpendiculaires et les coordonnées sont mesurées en mètres à partir du méridien central (500 000 m longitude est) et à partir de l'équateur (0 m latitude nord pour l'hémisphère septentrional).

Au sud du 68 ème parallèle, chaque carte au 1/50 000 ème renferme un quadrilatère de 0,25° de latitude par 0,5° de longitude. Au nord du 68 ème parallèle, ce quadrilatère s'étend sur 1,0 de longitude. A 45° de latitude (sud de Montréal), chaque carte couvre une superficie de 28 km x 39 km. Environ les deux-tiers du territoire canadien ont été cartographiés à cette échelle. Les cartes au 1/250 000 ème représentent un regroupement de 16 cartes (4 x 4) à l'échelle précédente et elles sont disponibles pour toutes les régions du Canada.

IMAGES NORMALISEES

Les caractéristiques principales des images LANDSAT traitées sur le système DICS sont les suivantes:

- correction géométrique et recadrage compatible avec le système de référence cartographique,
- sur-échantillonnage à 50 mètres,
- enregistrement sur bandes magnétiques en format standard.

Afin d'être compatibles avec le système de référence cartographique, les images MSS LANDSAT sont corrigées géométriquement et projetées sur la grille UTM. Une rotation est aussi effectuée, permettant un alignement des pixels avec le système de coordonnées métriques de la grille. Les images sont subdivisées et recadrées en rectangles dont les dimensions sont définies afin de contenir un quadrilatère de 0,5° de latitude par 1,0° de longitude ce qui représente quatre cartes au 1/50 000 ème ou un quart de carte au 1/250 000 ème pour des latitudes inférieures à 68°. Dans le but d'éviter des variations mineures de format, les limites de ces images rectangulaires dites normalisées, sont repoussées légèrement vers l'extérieur afin d'être encadrées par des coordonnées UTM de 1000 m. Par exemple, l'image normalisée de Montréal et de la région environnante comprend les cartes suivantes au 1/50 000 ème: 31H5, 31H6, 31H11 et 31H12, Figure 1. Les coordonnées UTM sont: longitude ouest = 577 000 m, longitude est = 657 000 m, latitude sud = 5 010 000 m et latitude nord = 5 068 000 m.

Les dimensions précises de chaque image normalisée sont fonctions de la latitude, et de la longitude de l'image relative à la zone UTM. Dans la direction nord-sud, la longueur est de l'ordre de 57 km alors que dans la direction est-ouest la largeur, au Canada, varie de 85 km à 20 km. Par définition, les images normalisées qui sont adjacentes présentent une étroite bande commune dont la largeur est d'au moins 1 km. Lorsque deux images adjacentes sont dans des zones UTM différentes, ces zones sont prolongées de façon respectueuse afin d'éviter un changement de zone à l'intérieur d'une image. Lorsqu'une image normalisée n'est pas entièrement à l'intérieur du champ de vue du MSS lors d'une trajectoire, les pixels de cette portion de l'image prennent la valeur zéro. Grâce au recouvrement important des trajectoires de LANDSAT 1, 2 et 3 au-dessus du Canada, il est possible, pour des latitudes supérieures à 49°, d'obtenir une couverture complète à partir d'images normalisées entières. Entre 42° et 49°, une couverture complète exige la présence d'un nombre très limité d'images qui ne peuvent pas être entièrement captées lors d'une seule trajectoire. Comme les références géographiques des images normalisées sont fixes il est facile du point de vue géométrique de juxtaposer à l'intérieur d'une même image les données complémentaires de deux trajectoires adjacentes. Il faut cependant souligner que sans des corrections radiométriques de prise de vue, les données provenant de deux trajectoires différentes ne présenteront pas en général des caractéristiques radiométriques identiques.

Les dimensions des pixels constituant l'image normalisée ont été fixées à 50 m x 50 m, ce qui constitue un léger sur-échantillonnage par rapport aux pixels bruts dont les dimensions sont 57 m x 79 m. La position des pixels corrigés est fixe et ils sont alignés sur le quadrillage de référence métrique de chaque zone UTM. Ceci permet d'obtenir exactement 400 pixels au kilomètre carré, soit quatre pixels par hectare. Etant donné que la position exacte des pixels par rapport à la zone UTM est fixe, les images normalisées se prêtent tout particulièrement aux études multitemporelles où plusieurs images doivent être superposées. Le format de 50 m x 50 m présente aussi l'avantage de permettre une intégration éventuelle avec des images ou autres données dont la dimension des points élémentaires est: 5, 10, 20, 25, 100, 250, 500, 1000, . . . mètres.

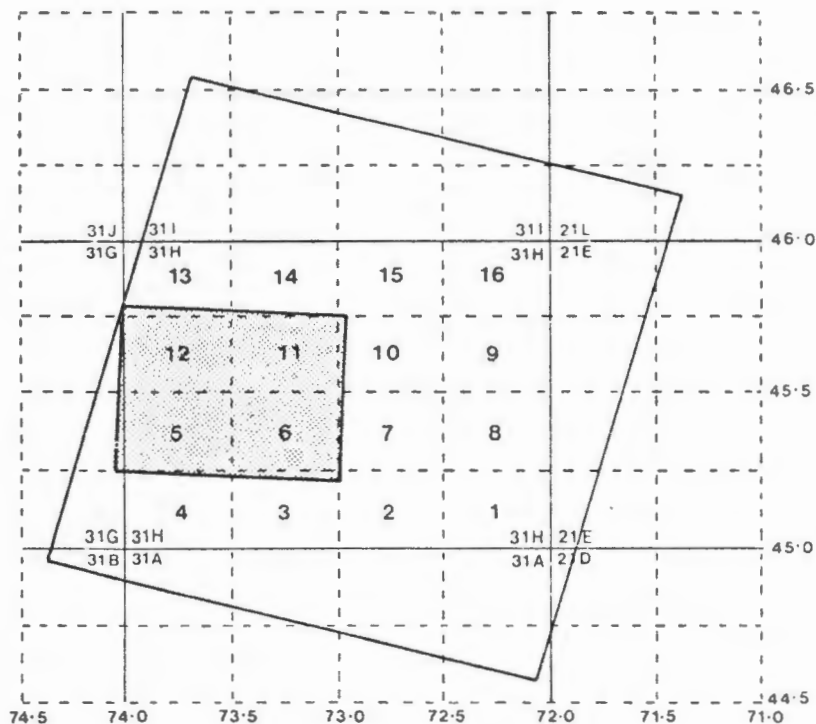


Figure 1
Image normalisée 31H5, 31H6, 31H11, 31H12 (Montréal) extraite de l'image 015-028-004 de LANDSAT 3

Ce léger sur-échantillonnage n'augmente pas la résolution intrinsèque des données originales. Cependant, il a été observé que pour des fins d'interprétation visuelle il permet une meilleure reconnaissance des formes. L'échantillonnage d'après le critère de Nyquist est suffisant pour préserver l'information spatiale, mais une image constituée de tels échantillons offre une qualité d'interprétation réduite.

Les images normalisées sont offertes aux utilisateurs sur bandes magnétiques pour ordinateur. Le format de ces enregistrements appartient à la famille de formats universels utilisés par le Centre pour toutes les données images LANDSAT quel que soit le type de correction. Chaque bande magnétique est constituée de trois fichiers: fichier en-tête universel, fichier en-tête LANDSAT et fichier image.

Le fichier en-tête universel contient une seule fiche dont le format est identique pour tous les produits LANDSAT offerts sur bandes magnétiques: mission, capteur, identification de la scène originale, identification de l'image normalisée et paramètres décrivant le format spécifique du fichier image.

Le second fichier comprend: une fiche en-tête LANDSAT, une fiche de transformation géométrique et cinq fiches de calibration radiométrique. L'entête LANDSAT identifie l'image normalisée, les cartes correspondantes et le traitement numérique facultatif effectué. La seconde fiche fixe le cadrage de l'image normalisée en degrés, en coordonnées métriques dans la zone UTM et en pixels dans l'image brute. Les quatre fiches suivantes contiennent les tables de substitution qui ont servi à effectuer la calibration radiométrique de chacune des bandes spectrales. (La dernière fiche, réservée pour la bande thermique, n'est pas utilisée.)



Figure 2
Exemple de tracé sur film. Bande 7 de l'image normalisée de Montréal à une échelle réduite

Le fichier image est enregistré dans un format du type bandes entrelacées par ligne. L'image est constituée d'environ 1140 lignes, chaque ligne comprenant entre 1700 et 400 pixels par bande spectrale selon la latitude de l'image. Pour chaque ligne, l'information suivante est aussi fournie: numéro de la ligne, latitude et longitude en degrés au centre de la ligne, latitude nord de la ligne en mètres, longitude est du premier et du dernier pixel de la ligne en mètres, nombre de pixels dans la ligne, nombre de pixels au début et à la fin de la ligne dont la valeur est zéro, hauteur et azimut du soleil par rapport au centre de la ligne.

Les images normalisées présentent de nombreux avantages. Des mosaïques peuvent être assemblées de façon systématique et à peu de frais. Les images sont directement superposables, ce qui permet des études multitemporelles. Les coordonnées géographiques de chaque pixel sont fixes et peuvent être déterminées sans difficulté. Une banque d'images normalisées peut être utilisée plus facilement avec d'autres types de données parce que le format des images est indépendant de la trajectoire de la plateforme et de la résolution nominale du capteur. Ceci permet de prévoir la création de banques intégrées d'images provenant de capteurs ayant des résolutions diverses, ainsi que l'intégration de ces données à des banques de données géographiques. Finalement, lorsqu'elles sont restituées sur film ces images sont compatibles avec les cartes géographiques. Un exemple de tracé sur film représentant Montréal et la région environnante en bande infrarouge (800-1100 nm) est illustré à la Figure 2. L'image normalisée a été obtenue à partir des données LANDSAT 3 acquises le 24 mai 1978; l'index de référence universelle de l'image brute est 015-028-004.

EQUIPEMENTS ET LOGICIELS

Le système DICS est articulé autour d'un ordinateur PDP-11/70 auquel est attaché:

- une mémoire de 256 K mots de 16 bits;
- deux dérouleurs de bandes magnétiques à 800/1600 bpi permettant de lire les bandes contenant les images brutes et d'enregistrer les produits images normalisées;
- une unité de disque de 88 M octets contenant tout le logiciel exécutable, la banque de données géographiques provenant de la numérisation des amers sur les cartes, l'inventaire des images traitées, et des fichiers servant au stockage temporaire des paramètres de correction;
- une unité de disque de 88 M octets où peuvent être stockées deux images brutes et deux images normalisées ou une image brute et cinq images normalisées;
- deux consoles alphanumériques et une console alphanumérique-graphique à partir desquelles se déroule le dialogue nécessaire à l'exploitation. La console graphique sert aussi à tracer diverses représentations: dispersion des amers, erreurs résiduelles sur les amers, coupes de corrélation numérique des amers images.
- une imprimante servant de matériel de soutien à l'exploitation;
- une table de numérisation couplée à une console alphanumérique permettant la mesure des coordonnées géographiques des amers sur les cartes;
- une console image interactive servant à la reconnaissance visuelle des amers et à l'inspection des images brutes et normalisées;
- un correcteur micro-programmable effectuant les transformations géométriques et radiométriques des images.

La console image est une unité Ramtek GX-100A composée d'un écran de visualisation couleur, d'un écran secondaire en noir et blanc et d'une boule de désignation. Elle permet l'affichage d'images (512 x 256 points), ainsi que des données graphiques et alphanumériques. L'unité est constituée d'une mémoire de 512 x 256 x 12 bits, de quatre curseurs asservis à la boule de désignation, et de trois tables de substitution inscriptibles. Des fonctions câblées permettent un zoom de rapport, 1, 2, . . . , 8 ainsi qu'une translation d'image. La mémoire peut être répartie en un, deux ou trois canaux respectivement de huit, six et quatre bits.

Le correcteur micro-programmable, conçu par la société OVAAC8 International, est composé d'un microprocesseur en tranches de 32 bits, d'un interpolateur à 16 points (16 x 1) programmable permettant le stockage de 64 tables de coefficients, et de trois mémoires rapides: 8 K octets pour la mémoire de commande inscriptible, 4 K octets pour la mémoire bloc-notes et 1,5 M octets pour la mémoire image tampon. Cette unité effectue les corrections géométriques et radiométriques de calibration et de prise de vue à une cadence de 28 K pixels par seconde. Le microprocesseur commande l'interface, et aiguille les paramètres de correction et les données vers la mémoire bloc-notes, la mémoire tampon ou l'interpolateur. Il effectue la gestion de la mémoire tampon en fonction des déformations et calcule les positions de ré-échantillonnage avec une précision de 1/32 ème de pixel. Il accepte les paramètres de correction suivants: retard de balayage en fonction de la bande et de la ligne, fluctuation de la vitesse de balayage de ligne en ligne, et déformations globales telles que celles décrites par une paire de polynômes d'un certain degré et pouvant être représentés par deux groupes de fonctions linéaires réparties sur 64 intervalles. Le ré-échantillonnage se fait à l'aide de deux interpolations directionnelles de 16 points: la première est effectuée parallèlement aux lignes de balayage de l'image brute alors que la seconde est appliquée perpendiculairement aux lignes de l'image normalisée. Entre les deux interpolations, les données sont stockées dans la mémoire tampon dont l'accès aléatoire permet la rotation de l'image.

A ces matériaux est associé le logiciel opérant sous le moniteur multitâche RSX-11D, et dont les fonctions principales sont:

- prise en compte des demandes d'images normalisées avec options de traitement désirées;
- numérisation des amers sur les cartes géographiques, mise à jour de la banque des amers et sélection en fonction d'une image donnée;
- transfert sur disque des images brutes stockées sur bandes magnétiques en format universel;
- calibration et contrôle de la qualité radiométrique;
- manipulation, présentation et mesure des amers sur la console image;
- manipulation, corrélation digitale des amers, mesure des déplacements entre deux images brutes dont l'une a une référence géographique connue (image de référence);
- modélisation des déformations géométriques à partir des défauts connus et d'une paire de polynômes de degrés 1, 2 ou 3 établis par régression multiple;
- commande du correcteur durant la correction et le ré-échantillonnage des images;
- mesure des erreurs résiduelles de modélisation et dans les images corrigées;
- production des bandes magnétiques en format universel contenant les images normalisées et l'information auxiliaire;
- mise en archives des transformations géométriques ainsi que les paramètres principaux du traitement.

Une description plus détaillée du logiciel est présentée dans Butlin (1978). Ce logiciel a été conçu à partir de divers travaux de recherche et en particulier d'une étude de Shlien (1979) sur la rectification, la superposition et le ré-échantillonnage des images LANDSAT.

En particulier, cette étude démontre comment la corrélation digitale des amers de deux images brutes peut être utilisée pour déterminer la correction des images subséquentes une fois que la transformation est connue pour une image dite de référence.

CARACTERISTIQUES OPERATIONNELLES

Tenant compte du fait que l'exploitation opérationnelle du système vient de débiter, il est quand même possible d'extraire certaines caractéristiques concernant la sélection des amers, la transformation géométrique et le ré-échantillonnage.

Les amers sont des points de référence géographique pouvant être localisés dans les images LANDSAT et sur les cartes géographiques. Ils servent à modéliser avec précision les déformations géométriques. A cette fin, le système DICS utilise les cartes au 1/50 000^{ème}. Les cartes au 1/250 000^{ème} sont employées seulement lorsque les premières ne sont pas disponibles. Habituellement, ces dernières ne permettent pas de maintenir les mêmes normes de précision.

La banque des amers est créée au fur et à mesure que de nouvelles images sont traitées sur le système DICS. Pour chaque amer, elle contient l'information suivante: identification et date de mise à jour de la carte, numéro de référence, latitude nord, longitude est, élévation, bruit de mesure, type d'amer, description (32 caractères), date et instant de la numérisation, date et instant d'entrée dans la banque, identification de l'opérateur et indicateurs d'accès. Sauf pour les indicateurs d'accès, la banque des amers est indépendante du capteur et de la plateforme et elle pourra servir à la correction des données images autres que celles de la série LANDSAT.

Les amers qui sont le plus souvent utilisés sont les suivants: intersection de routes ou de voies ferrées, ponts, barrages, pistes d'aérodrome, flots, contours singuliers des rives. Il n'y a pas de règles absolues permettant de faciliter le repérage et de prévoir la qualité des amers. Cependant il semble que les intersections de routes donnent les meilleurs résultats. Habituellement, de tels amers sont observés dans la bande 5 (600-700 nm) du MSS. Par contre il est à peu près impossible de prévoir quelles sont les routes qui peuvent être discernées dans les images LANDSAT; parfois des chemins secondaires sont bien délimités alors que les routes principales ne peuvent pas être reconnues. En général, dans les milieux urbains le réseau routier est très masqué et peu utilisable. Les amers constitués par les rives sont très faciles à reconnaître dans la bande 7 (800-1100 nm); par contre, ils sont souvent sujets à des aberrations dues aux variations des conditions hydrographiques. En observant le gradient des courbes de niveau sur la carte, il est parfois possible d'éliminer les points qui sont le plus sujets à ces déplacements. Les centres d'îlots, de ponts et de barrages donnent souvent de meilleurs résultats que des points sur la rive. Afin de permettre une identification rapide et sans ambiguïté, il est souhaitable de rechercher les amers constitués par l'intersection de deux routes et à proximité d'une étendue d'eau ayant une forme particulière. Habituellement, un seul amer est numérisé sur chacun des feuillets au 1/50 000^{ème} compris dans une prise de vue LANDSAT. Ceci permet la définition initiale de 30 à 35 amers bien répartis sur toute l'image.

La transformation par laquelle s'effectue la correction géométrique de l'image entière est définie par une paire de polynômes déterminés au moyen d'une régression multiple appliquée aux amers dont les coordonnées ont été corrigées des défauts connus tels que: vitesse de balayage, angle de visée et courbure de la Terre. Ceci permet d'alléger les coefficients des polynômes dont l'opérateur peut choisir le degré. Des polynômes du premier degré sont utilisés lorsque la répartition des amers n'est pas uniforme ou lorsque le nombre est très limité. Des polynômes du troisième degré sont réservés seulement aux images où les amers sont très nombreux et uniformément répartis sur toute l'image LANDSAT, y compris à la périphérie. Dans la majorité des cas, des polynômes du second degré sont préférés. Ils permettent la correction des déformations avec la précision désirée sans exiger un nombre aussi élevé d'amers.

Pour la correction de l'image 015-028-004, l'opérateur a relevé 35 amers sur la console image. De ce nombre, neuf furent éliminés parce qu'ils avaient été incorrectement identifiés ou qu'ils présentaient des erreurs résiduelles trop grandes. La transformation finale fut déterminée à l'aide de deux polynômes du second degré obtenus à partir des 26 amers qui avaient été retenus. L'écart type de l'erreur résiduelle calculée à partir des mêmes points était de 45 m, soit 33 m le long de la ligne de balayage et 31 m perpendiculairement à la ligne de balayage. Parmi les 26 points retenus, la plus grande erreur était de 63 m.

Le correcteur ré-échantillonne l'image au moyen de deux interpolations directionnelles de 16 points. Les coefficients sont chargés au début de la correction d'une image. Les fonctions de ré-échantillonnage qui sont offertes aux utilisateurs lors de la production des images normalisées sont:

- $\sin(\pi x) / \pi x$ amorti, Shlien (1979);
- interpolation par convolution cubique, Bernstein (1976);
- approximation par le point le plus proche.

La fonction $\sin(\pi x) / \pi x$ amortie est un interpolateur de 16 points où $\sin(\pi x) / \pi x$ est multiplié par l'enveloppe $(1 - x^2/64)$. Cette enveloppe amortit la fonction aux extrémités et produit un interpolateur dont le spectre s'approche des caractéristiques théoriques recherchées.

Les utilisateurs préférant une interpolation sur quatre points seulement peuvent spécifier la convolution cubique. Dans le cas où l'interpolation est contre-indiquée, chaque pixel de l'image normalisée prend une amplitude égale au pixel de l'image brute le plus proche.

CONCLUSIONS

Le Centre canadien de télédétection offre maintenant aux utilisateurs la possibilité d'obtenir sur bandes magnétiques pour ordinateur des images MSS LANDSAT ayant subi une correction géométrique de précision au moyen du système DICS. Ces images dites normalisées présentent les caractéristiques suivantes: recadrage compatible avec le système de référence cartographique, précision supérieure à un pixel, alignement des pixels parallèlement aux axes de la projection UTM et en positions fixes, sur-échantillonnage à 50 m et enregistrement sur bande magnétique en format standard. Du point de vue de l'utilisateur, ce produit présente plusieurs avantages: réduction des coûts de prétraitement, études multitemporelles, mosaïques, compatibilité avec des données provenant de missions différentes et ayant subi un traitement semblable, superposition d'images ayant diverses résolutions, compatibilité avec d'autres banques de données à caractères géographiques. Le système est composé d'un miniordinateur auquel sont attachés des équipements standards, une console image et un correcteur micro-programmable. Les caractéristiques opérationnelles du système furent aussi présentées: choix des amers, modèles de déformations géométriques, ré-échantillonnage.

Les développements ultérieurs du système ne sont pas fixés de façon définitive mais les domaines suivants retiennent l'attention présentement: corrections radiométriques de prise de vue, ré-échantillonnage des données LANDSAT à 25 m, filtrage, modèle de mouvement de la plateforme recalé sur des mesures d'attitude et d'orbite pour LANDSAT-D. Etant donné que le logiciel d'application est écrit en langage évolué et que le correcteur est micro-programmable, le système DICS peut être modifié facilement afin d'effectuer de nouvelles tâches. Bientôt, un autre système du Centre servira à restituer les images normalisées sur des films de 203 mm x 254 mm au moyen d'un équipement à grande définition permettant des tracés en noir et blanc.

REFERENCES

- Ahern, F.J. and Murphy, J. (1978) — *Radiometric Calibration and Correction of LANDSAT 1, 2 and 3 MSS Data*, CCRS Research Report 78-4.
- Bernstein, R. (1976) — *Digital Image Processing of Earth Observation Sensor Data*, IBM Journal of Research and Development, Vol. 20, No. 1, pp. 40-57.
- Butlin, T.J., Guertin, F.E. and Vishnubhatla, S.S. (1978) — *The CCRS Digital Image Correction System*, 5th Canadian Symposium on Remote Sensing, pp. 271-283.
- McQuillan, A.K. (1979) — *Earth Observation Systems and Information Management, Report to Canadian Advisory Committee on Remote Sensing*, Arnprior, Ontario, April 1979.
- Simonett, D.S. et al. (1978) — *Geobase Information System Impacts on Space Image Formats*, SBRSU Technical Report 3, University of California.
- Shlien, S. (1979) — *Geometric Correction, Registration and Resampling of LANDSAT Imagery*, Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 5, No. 1, May 1979.

PLAN TO ATTEND THE SIXTH CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING

Hotel Nova Scotian, Halifax N.S.
21-23 May, 1980

General Chairman: Graham Doyle
Technical Program Chairman. T.T. Alfoldi

Interested persons should contact:

Mr. Graham Doyle
CBCL Ltd.
61 Young Street
HALIFAX, N.S.
B3K 2A4 Phone: (902) 455-7241