

TRAITEMENT INFORMATIQUE DE L'IMAGE SATELLITAIRE

Gérard JOLY

INTRODUCTION

Les images recueillies par les satellites d'observation sont, dans leur quasi-totalité, diffusées à la fois sous forme de reproductions photographiques et sous forme de données numériques. Cette seconde forme de diffusion est produite sur des supports magnétiques et elle bénéficie du perfectionnement actuel de la technologie des matériels d'affichage et de visualisation en couleur, ainsi que de l'abondance des logiciels de traitement informatique qu'a notamment suscité l'implantation massive de la micro-informatique.

A la différence des satellites géostationnaires qui sont destinés à fournir des informations d'ordre météorologique, ou à retransmettre des signaux ou des émissions de radio et de télévision, les satellites de télédétection défilent autour de la terre et assurent une couverture périodique de sa surface. Les signaux recueillis par leurs capteurs sont transmis à des stations de réception où, entre autres traitements, sont effectués les codages des données et leur découpage en scènes successives. Une scène associe toujours plusieurs images superposables relevant de banques de longueurs d'ondes distinctes et l'ensemble des informations spectrales relatives à une même tache élémentaire varie dans une large proportion (actuellement de 100 m² à 1 Km²) selon les capacités du matériel optique qui équipe le système d'acquisition du satellite. Cette dimension constitue l'un des critères déterminant le choix des données satellitaires pour une application scientifique définie ; l'autre critère consistant à sélectionner les missions en fonction des bandes observées dans le spectre.

1. LES TRAITEMENTS DE L'IMAGE

Les données numérisées sont enregistrées sur un ou deux octets, selon que leur codage a été effectué avec une dynamique maximale de 256 ou de 65 536 niveaux. Toutes les valeurs radiométriques d'une scène diffusée sur bande magnétique, sont contenues dans des fichiers -images consécutifs, souvent à raison d'un enregistrement par ligne.

Le procédé de visualisation rapide d'un image (ou quick-look) consiste à affecter des intensités de lumière ou des densités de gris proportionnelles à ses valeurs radiométriques ; ce type de représentation est assimilable à une photographie monochrome. En revanche, un traitement de données implique certaines transformations correctives préalables et la recherche d'informations spécifiques à l'aide d'algorithmes de filtrage : par exemple amélioration de la lisibilité de l'image, renforcement des contrastes ou encore combinaison d'informations recueillies dans plusieurs bandes.

Si une visualisation de fichier-image présente quelques défauts réguliers comme des rayures horizontales ou verticales, celles-ci sont dues à un déphasage entre des capteurs opérant dans une même bande spectrale. La correction de tels défauts s'effectue directement sur les données originelles en appliquant un algorithme de régularisation fondé sur un calcul de moyenne, ou ultérieurement sur la classification en lissant son fichier avant de la visualiser.

1.1 Traitements préliminaires

La différenciation des paysages reposant sur la dissimilitude de leur signature spectrale, il convient de contrôler la distribution des données pour éventuellement la rectifier. De même qu'il convient de rapporter à un même ordre de grandeur les dynamiques respectives de différents fichiers-images avant de les comparer. Ces transformations facultatives ne modifient pas l'information mais elles sont de nature à améliorer les visualisations et la pertinence des traitements ultérieurs.

D'autres traitements préliminaires sont envisageables selon les exigences de l'exploitation. Ainsi, la compression des données qui résulte d'une transformation orthogonale se justifie dans le cadre d'une gestion importante, tout comme le rééchantillonnage intéresse les études portant sur l'évolution temporelle des paysages.

La nécessité de renforcer les contrastes d'une image se détermine en observant l'étalement de la distribution des valeurs sur l'histogramme.

- 1/9 - 1/9 - 1/9

- 1/9 - 1/9 - 1/9

- 1/9 - 1/9 - 1/9

Un renforcement des contrastes consiste à additionner à chaque valeur numérique l'écart à la moyenne dans son voisinage immédiat. Le matrice de transformation ci-contre caractérise ce traitement.

La normalisation des fichiers est indispensable à tout traitement faisant intervenir des données provenant de plusieurs bandes spectrales et a fortiori des données issues de plusieurs satellites. Sous une forme élémentaire, ce traitement égalise les moyennes des distributions des fichiers. Les valeurs radiométriques sont alors multipliées par un coefficient inversement proportionnel à la valeur moyenne du fichier. Par extension, la normalisation est applicable aux moyennes et aux écart-types des différents fichiers.

Les valeurs de luminance recueillies dans des bandes spectrales disjointes comportent souvent une redondance qui est subordonnée à la proximité spectrale et à la saison de la prise de vue. A ce sujet , la représentation d'un histogramme croisé renseigne sur la corrélation effective : celle-ci correspond à la proximité des points avec la diagonale principale du diagramme. Or, la corrélation entre les données de plusieurs images se traduit par une complexité accrue des traitements et une augmentation de la taille des fichiers. Cette constatation suggère de développer le signal-image sur la base de fonctions orthogonales entre elles. A la différence des bandes spectrales initiales qui sont toutes porteuses d'informations, les nouveaux axes orthogonaux se caractérisent par une répartition inégale de l'information : les premières composantes réunissant un maximum de variance, tandis que les dernières contiennent essentiellement du bruit. Dès lors, il est rationnel de réduire le volume de données en ne conservant que les premières composantes principales.

L'algorithme de transformation orthogonale conduit à construire la matrice de covariance puis à calculer une matrice orthogonale avec ses vecteurs propres. Les différentes lignes de cette matrice orthogonale sont utilisées pour exprimer les valeurs selon les nouvelles composantes.

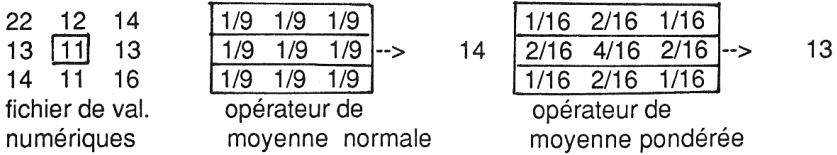
La comparaison d'images satellitaires, entre elles ou avec des cartographies traditionnelles, exige que tous les documents soient superposables. Cette condition nécessite des transformations géométriques fondées sur un référentiel cartographique commun et le rééchantillonnage des données de chaque image. Tous les amers terrestres dont la localisation en ligne et en colonne est établie précisément, servent à écrire les polynômes de correspondance. Il convient cependant que la disposition spatiale des amers soient régulière pour assurer l'uniformité du recalage. La résolution du système de polynômes détermine les équations de transformations à utiliser pour construire l'image dans la nouvelle projection.

1.2 Opérateurs mathématiques

De nombreuses transformations sont réalisées à l'aide d'opérateurs mathématiques qui mesurent des phénomènes locaux ou qui redéfinissent les valeurs d'un fichier en relation avec le contenu des données voisines.

Le lissage est un opérateur modifiant chaque pixel de l'image en fonction de ceux qui sont présents dans un voisinage déterminé par l'utilisateur. On distingue les lissages effectués sur des quantités numériques pour lesquelles les opérations d'addition et de moyenne ont une signification et les lissages appliqués à des classifications dont les éléments sont des numéros de classes pour lesquels le comptage et la réaffectation sont des opérations appropriées. Quant à la délimitation du voisinage, elle est déterminée par l'assiette de travail ; généralement elle contient des nombres impairs de lignes et de colonnes afin de faire coïncider le pixel traité avec le centre de l'assiette. Dans l'hypothèse où la taille de l'assiette est importante, il convient de pondérer ses éléments de manière à réduire l'interactivité de ceux qui sont les plus éloignés du pixel central.

Les lissages sont employés pour corriger des images et des classifications lignées, pour supprimer des auréoles résultantes de valeurs radiométriques intermédiaires recueillies en limite de plusieurs unités géographiques, ainsi que pour accroître l'homogénéité des paysages dans les classifications.



4	3	1	classe n°1 : 2 occurrences		
3	1	2	classe n°2 : 1 occurrence	nouvelle	
3	4	3	classe n°3 : 4 occurrences	--> affectation =	classe n°3
fichier de classification			classe n°4 : 2 occurrences		

Un gradient est un opérateur mesurant le contraste local ; il s'applique toujours à un fichier unibande. La visualisation des statistiques résultantes exprime les contours et les directions privilégiées des structures de l'image. Ainsi, un paysage homogène se caractérise par un gradient nul, tandis qu'un milieu hétérogène se manifeste par des valeurs plus ou moins élevées et qu'en limite de plusieurs paysages l'opérateur prend également des valeurs élevées. Un gradient est donc à la fois un détecteur de limites et un indicateur de texture du paysage. Il est employé dans ces deux déterminations mais plus souvent sous des formes dérivées. C'est ainsi que les systèmes de traitement d'images proposent divers calculs de convolutions dans leur menu. La détection automatique des limites révélées par un fort gradient sont particulièrement bien mis en évidence avec divers filtres non-linéaires : filtres de Kirsch, de Roberts, de Sobel.

1.3 Méthodes de classifications

Une classification a pour but d'associer les pixels d'une image à des unités de paysage. Certaines méthodes classificatoires nécessitent la participation d'un opérateur, d'autres sont entièrement automatiques.

Une classification assistée se pratique en étudiant successivement les histogrammes des valeurs radiométriques. Chaque fois que la distribution présente plusieurs populations espacées (histogramme bi-modal, tri-modal, etc.), l'opérateur délimite des classes caractérisées par des réponses spectrales différentes. Pour chacune des populations

associées à ces classes, il étudie pareillement les réponses radiométriques dans les autres bandes et détermine toutes les subdivisions possibles.

Des méthodes entièrement automatiques réalisent des affectations dynamiques fondées sur les signatures multispectrales en utilisant une norme et des critères d'actions. Une norme est nécessaire pour mesurer les distances entre les pixels et les centres de gravité des classes ; les critères déterminent divers seuils et les actions conséquentes. Après avoir défini des centres de gravités initiaux, le processus général comporte trois étapes

- 1 - affectation de chaque pixel au centre de gravité le plus proche,
- 2 - test des objectifs (poursuite de l'agrégation ou fin),
- 3 - calcul des nouveaux centres de gravité et retour à l'étape 1.

2. LES MATÉRIELS DE TRAITEMENT

2.1 Les systèmes de traitement d'image

La configuration minimale du poste de travail d'un système de traitement d'images comporte une unité centrale, un moniteur couleur, un logiciel intégré et une unité de stockage des fichiers. Ce type de système a l'avantage d'être équipé de mémoires-images structurées en plans qui sont adressables comme des images distinctes et affichables individuellement en monochrome ou associés aux trois couleurs fondamentales : rouge, bleu, vert. A ces plans-mémoires, dont la capacité moyenne autorise 256 graduations d'intensité par couleur de base, s'ajoutent un ou plusieurs plans graphiques codés sur un bit et pouvant être affichés individuellement ou en superposition à une image.

Le logiciel intégré gère en principe un grand nombre de traitements (filtrages, histogrammes, contourage, combinaison d'images, calculs d'indices, etc.), ainsi que des fonctions graphiques (tracés de lignes et de courbes, remplissage de polygones, fonction de zoom, etc...). Les différentes fonctions exécutables sont proposées dans un menu actualisé au cours de l'évolution du traitement. Des équipements complémentaires peuvent être connectés au système pour introduire ou reproduire les images.

2.2 Les équipements de restitution

Ils servent à effectuer des photographies, des hardcopy ou des impressions et des animations vidéo. Des documents graphiques

Gérard JOLY LE BULLETIN DE L'EPI

instantanés sont obtenus avec un appareil polaroïd, la taille de l'écran étant suffisamment grande pour être photographiée. Mais, l'évolution récente des imprimantes à laser et des imprimantes couleur à jets d'encre sont capables de produire 256 couleurs, voire davantage, dans une maille carrée mesurant 0,4 mm de côté ; une résolution satisfaisante pour reproduire des images satellitaires ou des classifications.

La connexion d'un magnétoscope ou d'un vidéodisque à un système de traitement d'images ouvre la voie à de nouvelles possibilités, notamment dans la constitution des banques d'images. Grâce à l'utilisation conjointe d'un matériel de visualisation sophistiqué et d'images satellitaires superposables dont les acquisitions ont été échelonnées dans le temps, les évolutions des paysages peuvent être reproduits sous la forme d'une animation vidéo.

Gérard JOLY

Ingénieur CNRS, Laboratoire de Géographie,
CNRS UA 910 Ecole Normale Supérieure, Montrouge

BIBLIOGRAPHIE

Verger (F.), 1982, L'observation de la Terre par les satellites, Collection Que sais-je?, Paris, PUF.

Joly (G.), 1985, Les données-images, Collection Télédétection satellitaire, Caen, Paradigme, 134 p.

Collectif, 1985, Les nouvelles images et l'information, BRISES, n°6, Editions du CDSH/CNRS, 88 p.

Joly (G.), 1985, ATILA, Logiciel sur disquette 5 1/4 pouces, E.S.I. - Masson, N. Nicaise, 12, rue de Seine, 75006 Paris.

Joly (G.), 1986, Traitements des fichiers-images, Collection Télédétection satellitaires, Caen, Paradigme, 138 p.

Foin (P.), 1986, Cartographie topographique et thématique, Collection Télédétection satellitaire, Caen, Paradigme, 120 p.