

**Compte-rendu de la thèse de doctorat de troisième cycle**

**« ANALYSE MULTI-RESOLUTION PAR ONDELETTES EN TRAITEMENT DU SIGNAL. EXEMPLES  
D'APPLICATION EN TELEDETECTION ET EN GEOPHYSIQUE »**

**soutenue par RAKOTONIAINA S. le 30 juin 1999.**

Pour le traitement d'images de satellite et de données de géophysique, Rakotoniaina S. a appliqué et comparé, dans sa thèse de 132 pages, les méthodes classiques par rapport à la méthode d'analyse multi-résolution

Il a d'abord rappelé l'analyse de Fourier par laquelle on calcule la transformée de Fourier de l'image. Le spectre de la fonction ainsi obtenue permet de comprendre le comportement de l'image dans le domaine fréquentiel. Un filtre passe-bas permet d'éliminer les fréquences supérieures à la fréquence de coupure. L'image ainsi filtrée est construite par transformée de Fourier inverse. Une application a été faite pour une image satellitaire de la région du Cap Saint André.

La transformée en ondelettes permet d'obtenir une représentation locale d'une information contenue dans le signal. A partir de l'ondelette-mère d'un signal, encore appelée ondelette analysante, on définit une base de fonctions élémentaires par des opérations de dilatation ou de compression puis de translation. La transformée en ondelettes d'une fonction est définie par des coefficients d'ondelettes de la fonction. Le signal est construit à partir de ces coefficients. Cette décomposition correspond à l'analyse du signal.

L'analyse multi-résolution (AMR) permet de séparer les composantes d'un signal par analyse et synthèse. La synthèse comprend cinq étapes : dilatation des données de basse fréquence, filtrage passe-bas, dilatation des données, filtrage passe-haut et construction du signal.

Les méthodes classiques de fusion de signaux composant une image de satellite sont de deux types.

Il y a d'abord les méthodes qui tiennent compte simultanément de l'ensemble des bandes spectrales de l'image dans le processus de fusion, nous pouvons citer la méthode *Intensité-Teinte-Saturation* (ITS) et la méthode *Analyse en Composantes Principales* (ACP).

En ITS, l'espace des couleurs rouge, vert, bleu (RVB) est converti de façon à obtenir une image proche de la perception visuelle de l'homme. Les pixels d'une image sont d'abord dupliqués, l'espace des couleurs RVB est transformé en ITS, l'examen des histogrammes permet de paramétrer et réaliser la transformée inverse : ITS-RVB.

En ACP, les pixels d'une image SPOT-XS sont également dupliqués, on calcule ensuite les composantes du signal obtenu, l'examen des histogrammes permet la détermination de la première composante qui sera remplacée par l'image panchromatique, enfin on procède à la transformée inverse.

Dans le deuxième type de méthodes, on traite séparément l'information spatiale et la bande spectrale. La méthode Filtre Passe-Haut (FPH) est de ce type, elle comprend : un filtre passe-haut pour extraire l'information spatiale propre à l'image haute résolution, puis injection de cette information dans les bandes spectrales du signal à pixels dupliqués.

Dans l'AMR par ondelettes, trois approches ont été décrites pour la fusion d'une image de satellite: approche de Garguet, approche de Ranchin, approche de Zhou et al.

Dans l'approche de Garguet, on commence par la correction géométrique, les histogrammes permettent de déterminer la meilleure corrélation des luminances des images P et XS, pour cette corrélation on calcule les coefficients d'ondelettes de l'image panchromatique, enfin, on substitue chaque bande spectrale par cette image.

Dans l'approche de Ranchin, les coefficients d'ondelettes P sont transformés en coefficients d'ondelettes  $XS_i$ . L'image correspondante est ensuite construite en haute résolution.

L'approche de Zhou et al est analogue à celle de Garguet mais la décomposition est faite à des niveaux supérieurs à 1.

Les images de satellites que Rakotoniaina a traitées sont au nombre de deux, les

discussions sur les résultats sont basées sur les critères suivants : coefficients de corrélation entre image synthétique et image multi-spectrale, corrélation entre image synthétique et image de haute résolution spatiale, conservation de la radiométrie entre les images, qualité de la résolution visuelle.

Quand la zone étudiée comporte une végétation, les méthodes ITS et ACP modifient les valeurs radiométriques. La méthode FPH conserve les informations spectrales. Les résultats ont par ailleurs montré que le nombre de structures injectées augmente avec le niveau de décomposition, les zones urbaines sont les plus sensibles à ce facteur. La résolution visuelle est meilleure avec l'AMR par ondelettes.

Concernant la séparation des anomalies résiduelles et régionales en géophysique, Rakotoniaina S. a considéré les méthodes classiques suivantes : filtrage et cartes transformées.

La méthode de filtrage revient à : calculer le spectre d'anomalie par transformée de Fourier, choisir la fréquence de coupure, procéder à un filtrage passe-bas dans le domaine fréquentiel, revenir dans le domaine spatial par transformée de Fourier inverse.

Pour les cartes transformées, il est à noter que les dérivées première ou seconde font ressortir les effets superficiels, c'est-à-dire les

anomalies résiduelles tandis que le prolongement vers le haut fait ressortir les effets de plus grande longueur d'onde spatiale, c'est-à-dire les anomalies régionales.

Dans l'opération de prolongement vers le haut, il faut calculer le spectre, choisir la hauteur de prolongement, calculer le spectre correspondant pour en déduire la carte de la régionale.

Dans l'application de l'AMR, Rakotoniaina S. a effectué la décomposition sur la carte des données. L'évolution du filtrage a été estimée visuellement et le choix de la carte d'anomalies, résiduelles ou régionales, dicté par les contextes géologique et topographique. Rakotoniaina S. a obtenu les mêmes résultats par les méthodes classiques et l'AMR. Cette dernière méthode présente l'avantage de résoudre les problèmes d'effets de bord, rencontrés dans les autres méthodes.

Cette thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle en Sciences Physiques, option Géophysique, a été soutenue le 30 juin 1999 à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo devant un jury présidé par le professeur titulaire Rakotomahanina Ralaisoa E. Deux rapporteurs, les professeurs Collet C. et Ratsimbazafy B. et deux examinateurs, les professeurs Ramanantsizehana P. et Ranaivo-Nomenjanahary F. ont constitué le jury. A l'issue de la soutenance de sa thèse, Rakotoniaina S. a obtenu la mention « Très Bien ».

ANDRIAMAMPIANINA Claudine