Détection de changement sur des images sar de résolutions et de mode polarimétrique différents

E. Colin-Koeniguer, F. Janez

▶ **To cite this version:**

E. Colin-Koeniguer, F. Janez. Détection de changement sur des images sar de résolutions et de mode polarimétrique différents. XXVIème Colloque GRETSI, Sep 2013, BREST, France. hal-01059598

HAL Id: hal-01059598
https://onera.hal.science/hal-01059598

Submitted on 8 Sep 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Détection de changement sur des images SAR de résolutions et de mode polarimétrique différents

Elise Colin-Koeniguer,Fabrice Janez,

Onera, Centre de Recherche Aérospatial
Chemin de la Hunière et des Joncherettes, BP 87, FR-91123 Palaiseau Cedex, France
elise.koeniguer@onera.fr,fabrice.janez@onera.fr

Résumé – Aujourd'hui, la variété des satellites de télédétection suscite un intérêt croissant à combiner des images de différents types afin de répondre plus largement aux besoins de renseignement rapide. Dans ce cadre, cet article vise à démontrer la faisabilité d'une détection de changement entre une image SAR haute résolution et une image polarimétrique de résolution inférieure. Il met en évidence l'intérêt de cette configuration à assurer la fonction de base qu'est la détection des changements mais aussi la fonction d'interprétation des changements grâce à l'apport de l'information polarimétrique. L'approche est appliquée au cas d'une image en zone urbaine.

Abstract – Today, the variety of remote sensing satellites increases the interest to combine images of different types to meet broader needs of intelligence and rapid reaction. In this context, this article aims to demonstrate the feasibility of change detection between a high resolution polarimetric SAR image and a lower resolution image. It highlights the interest of this configuration to enable change detection but also the analysis of changes thanks to polarimetry. The approach is applied to the case of urban areas.

1 Introduction

En imagerie satellitaire, la détection de changements est une fonctionnalité d'intérêt pour de nombreuses applications, comme celui du suivi de croissance urbaine. L'objectif est de repérer et d'analyser les changements dans une scène à partir d'images acquises à différentes dates. Dans ce cadre, l'imagerie radar apparaît comme l'un des moyens les plus pertinents. En effet, grâce à sa capacité d'observation à tout moment du jour et de la nuit, elle constitue un moyen d'observation indispensable en situation d'urgence où les conditions météorologiques sont défavorables à une acquisition dans le domaine optique. Par ailleurs, pour certaines configurations d'acquisition, elle permet d'obtenir de très bonnes performances de détection, y compris dans des contextes difficiles tels qu'en milieu urbain comme le montre l'article [1]. La configuration la plus favorable est celle où l'on dispose de données de même type, issues d'un même capteur, avec les mêmes conditions d'acquisition (incidence, résolution, fréquence). Cependant, l'obtention de telles données n'est pas toujours possible à court terme si le temps de revisite d'un même capteur est trop grand, ou bien si ses caractéristiques (incidence) lors de son passage ne sont pas suffisamment proches. En particulier, le contexte actuel tend à favoriser l'utilisation d'images provenant de différentes sources (TerrarSAR-X, CSK, RadarSAT, etc). De récents travaux [2] ont montré que la détection de changement peut rester efficace pour des capteurs différents, où résolutions, incidences et fréquences diffèrent. Toutefois, il s'agit du cas d'images à basse résolution pour lesquelles les écarts sur les autres paramètres deviennent négligeables. Par ailleurs, la résolution des capteurs actuels ne cesse de s'améliorer et dans ce cas, les effets sur les autres caractéristiques comme l'incidence peuvent rendre très complexe la comparaison des données, notamment en présence d'éléments du sursol [3]. Il convient donc de privilégier les configurations présentant peu ou pas d'écart sur ces caractéristiques pour assurer la fonction de détection. La difficulté réside alors toujours dans l'interprétation des changements détectés. Aujourd'hui, les modes polarimétriques, qui permettent d'améliorer les capacités d'analyse, se déploient de plus en plus couramment sur les satellites (ALOS PALSAR en 2006, TerraSAR-X et RADARSAT-2 en 2007). Malheureusement, les acquisitions polarimétriques se font toujours au détriment d'une perte en résolution spatiale. Ici, nous allons donc nous intéresser au cas d'un même capteur (TerraSAR-X) où seule la résolution va varier, comme c'est le cas lorsque le capteur bascule dans un mode polarimétrique. Dans le cadre de cette étude, nous utilisons des données sur une zone bien renseignée et déjà étudiée dans ce contexte, sur le site de San Francisco. Comme souligné dans [4], la principale difficulté de la détection en elle-même réside dans les prétraitements qui vont aider à rendre les images comparables. Ces prétraitements font l'objet de la section 2. Puis en section 3, nous présen-

tons deux critères envisagés pour la détection : un critère classique de ratio d'intensité, calculé de manière élastique, ayant déjà montré son efficacité dans un contexte proche, et un critère moins usité dans ce cadre, celui du Structural SIMilarity ou SSIM. Les résultats de détections sont ensuite présentés et analysés de manière polarimétrique en section 4, tout en étant confrontés aux éléments de vérité terrain en notre possession. Une synthèse de ces résultats est donnée en section 5.

2 Les prétraitements à la détection de changement

2.1 Présentation des données

Les données sont issues du satellite TerraSAR-X. Nous avons choisi un site bien connu dans cette problématique, qui est celui de San Francisco. Dans ce papier nous utilisons une image HR acquise en octobre 2011 en polarisation HH, avec une résolution de 1m x 1m dans un mode spotlight, et une image polarimétrique acquise en avril 2010, avec une résolution de 2m x 6m dans un mode stripmap.

Pour la détection des changements entre ces images de résolutions différentes, la difficulté essentielle se situe au niveau de la différence de radiométrie. Cette différence d'apparence est due à la fois :

- aux différences de calibration radiométrique. Cette dernière ne doit impacter que d'un facteur scalaire l'ensemble des intensités de l'image
- aux différences de texture, liées à la différence de résolution
- aux différences de Rapport Signal à Bruit. Dans le mode polarimétrique, les isolations et performances des antennes ne sont pas les mêmes qu'en mode HR.

Les pré-traitements consistent alors à ramener les images à une géométrie comparable et à les normaliser au niveau radiométrique. Cela suppose les opérations ci-dessous :

- Calculer les images sur une même grille d'échantillonnage
- Intervenir sur les histogrammes d'amplitudes et sur les formes des spectres employés

2.2 Coregistration des données

Dans une première étape, les images sont d'abord coregistrées, c'est à dire mise en conformité par une méthode classique où l'on recherche le maximum de corrélation des spectres. Cette mise en conformité peut se faire à l'aide d'un logiciel classique d'interférométrie comme [5] . Dans le même temps, il nous faut choisir une grille d'échantillonnage commune pour cette mise en conformité. Nous choisissons de nous mettre à la résolution la plus mauvaise, celle de l'image polarimétrique, en sélectionnant la portion de spectre commune à nos deux images. Ce choix est fait de manière à ne pas utiliser une information non physique issue d'un suréchantillonage pour l'une des images dans la comparaison.

2.3 Traitements sur images d'intensité

Une fois l'étape de coregistration réalisée, une comparaison brute des intensités nous révèle des différences visuelles importantes sur les deux images s'expliquant principalement par des distributions des intensités et des fonctions de speckle qui ne sont pas les mêmes entre les images. Pour pallier à ces phénomènes, différents traitements de normalisation sont appliqués.

Une première étape consiste à ajuster l'histogramme de l'image HR sur celui de l'image polarimétrique. Cependant, un ajustement global entre les deux images ne permet pas d'arriver à des répartitions parfaitement comparables, car le contraste entre la mer et la zone urbaine, par exemple, n'est pas le même sur les deux images. Cela peut être dû soit au changement de résolution, soit tout simplement au changement d'état de surface de la mer entre les deux acquisitions. Une solution consiste à effectuer cet ajustement entre les histogrammes de manière plus locale à l'aide d'une fenêtre glissante. Celle-ci ne doit pas être trop petite de manière à ne pas gommer les éventuels changements que nous voulons détecter : il faut donc que la taille de la fenêtre soit grande devant la taille d'un changement éventuel. Cette opération est très gourmande en temps de calcul, mais il est possible d'utiliser des méthodes plus rapides similaires à celles exposées dans [4].

Une seconde étape consiste à passer dans le domaine de Fourier. Une comparaison des spectres montre que la forme des spectres est différente en azimut entre les deux images. Le rapport entre ce spectre est alors modélisé par une fonction simple, et le spectre de l'image HR est repondéré par cette fonction. A l'issue de cette étape, les spectres des images polarimétrique et HR ont alors la même dynamique. En repassant dans le domaine image, la modification induite sur les amplitudes est recorrigée par une nouvelle adaptation d'histogramme. Des images avant et après ces prétraitements sont montrées sur la Fig. 1.

3 Les critères pour la détection

3.1 La comparaison élastique des ratios d'intensité

Un critère déjà utilisé dans [1] pour la comparaison de deux images de la même zone en mode HR est ici appliqué à nos images. Il s'appuie sur deux constatations : ce sont surtout les variations d'intensité qui permettent de détecter le changement, et une comparaison cohérente serait inefficace dans le cas où la décorrélation temporelle est très importante et où les images ne sont pas en condition

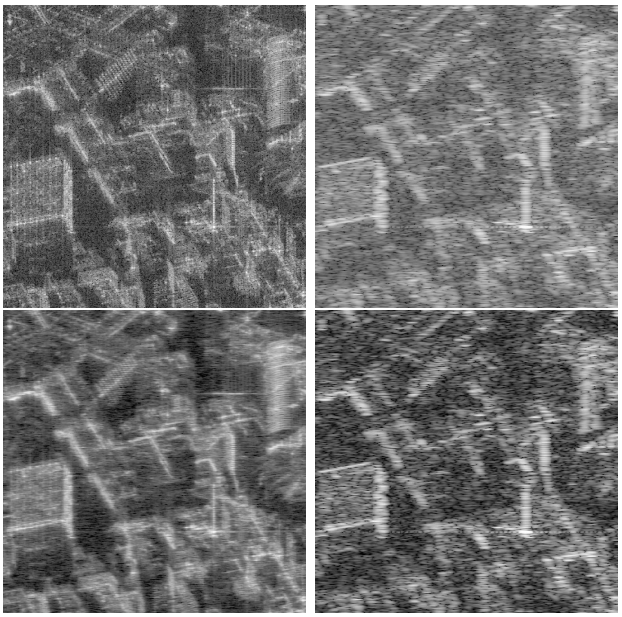

FIG. 1: *Images avant et après prétraitement - à gauche : HR, à droite : polarimétrique*

interférométrique.

De manière à rendre l'algorithme plus robuste, la détection de changement est faite de manière " élastique ". Il s'agit d'autoriser une petite différence entre les positionnements exacts des intensités. Le critère utilisé devient :

$$D(i) = \max(\min_{j \in V_2(i)} d(i,j), \min_{j \in V_1(i)} d(i,j))$$

où $V_k(i)$ est un voisinage du pixel i dans l'image k, et $d(i,j)$ la mesure de similarité entre le pixel i de l'image 1 et le pixel j de l'image 2 (exemple : ratio d'intensité). Le choix de la taille du voisinage permet d'ajusté le niveau d'élasticité. Les résultats de ce critère obtenu sur nos images seront montrés au cours de la présentation. Ils sont similaires à ceux obtenus par le second critère présenté maintenant.

3.2 Vers un critère peu dédié : le SSIM (*Structural SIMilarity*)

Malgré les prétraitements, il s'avère que la correspondance des images en intensité n'est pas toujours parfaite. L'enjeu est alors de trouver un critère qui s'affranchisse de ces changements éventuels de texture, pour ne mettre en lumière que les changements de structure du contenu de l'image elle-même. C'est précisément l'idée du Structural SIMilarity [6], qui est de mesurer la similarité de structure entre les deux images, plutôt qu'une différence pixel à pixel. A l'origine, ce critère est utilisé pour quantifier la qualité d'une image après une transformation telle qu'une compression. Il peut néanmoins être utilisé à des fins de détection de changements [7], même si c'est rarement rencontré en SAR. Les cartes obtenues de ce critère, ainsi que celles obtenues sur le critère de ratio élastique, sont montrées avant et après les prétraitements précédents sur la Fig. 2. Elles démontrent l'intérêt des prétraitements pour s'affranchir des erreurs de contraste provenant de la comparaison des amplitudes entre mer et zone urbaine par exemple. Par ailleurs, l'efficacité de ce paramètre nous a incité à envisager ses variantes comme le CW-SSIM [8], en cours d'investigation.

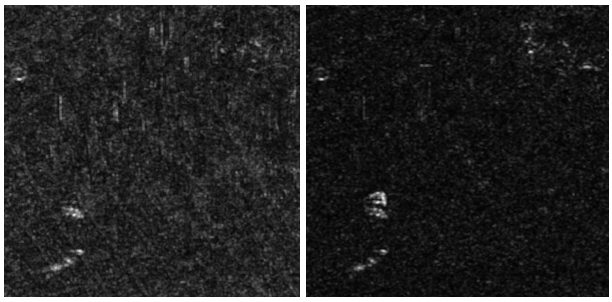

FIG. 2: *SSIM index avant et après les prétraitements*

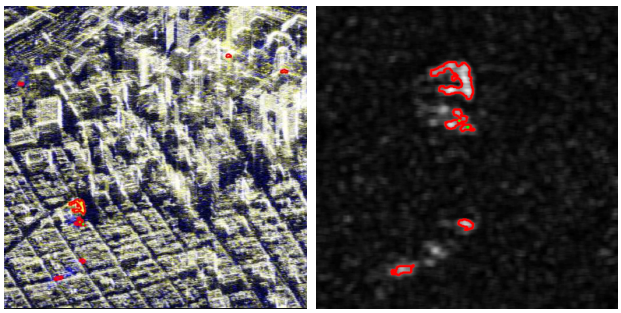

FIG. 3: *Image RGB de détection de changement et seuillage à hysteresis sur l'index de SSIM*

4 Résultats de détection et analyse

La détection consiste en un seuillage par hystérésis. Celle-ci fait intervenir deux seuils, haut et bas, pour la décision. Les pixels situés entre les deux seuils sont détectés ou non en fonction de leur connexité à des régions de pixels supérieurs au seuil haut. Le résultat de ce seuillage est montré sur la Fig. 3, où les frontières des zones détectées sont superposées en rouge à une image RGB de détection de changement et à l'image du critère de Structural SIMilarity.

Le plus gros changement détecté correspond à la construction d'un bâtiment, comme on peut le voir sur les images optiques correspondantes de Google Earth aux dates d'acquisition SAR sur la Fig. 4, et comme on peut le retrouver sur le site http://skyscraperpage.com. Le bâtiment détecté correspond ainsi à un bâtiment construit entre 2009 et 2012 (City College of San Francisco).

FIG. 4: *Photographie de la zone de changement en Avril 2010 (en haut) et Octobre 2011 (en bas)*

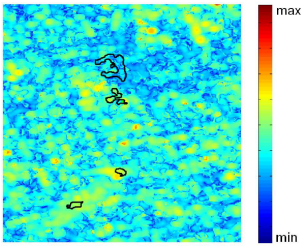

FIG. 5: *image du double-rebond, obtenu par un paramètre issu d'une décomposition polarimétrique de Yamaguchi*

Une analyse est alors possible en utilisant le contenu de l'information polarimétrique disponible ici avant le changement. Le paramètre de double-rebond issu de la décomposition de Yamaguchi [9], adaptée au cas des zones urbaines, montre que l'apparition constatée correspond à une zone de sol nu sans construction ni végétation (voir Fig. 4).

5 Conclusion

Il est montré dans ce papier que :

- la détection de changement entre une passe polarimétrique basse résolution et une passe non polarimétrique haute résolution est possible.
- dans ce cadre, l'utilisation d'un paramètre traditionnellement dévolu à l'évaluation de dégradations d'images classiques (cas de la compression) paraît prometteuse car peu sensible aux changements de speckle des deux images.
- l'information polarimétrique permet de mieux interpréter a posteriori les détections

Remerciements Les auteurs souhaitent remercier DigitalGlobe, Astrium Services, et USGS pour avoir fourni les images HR de cette étude, et le Comité Technique *IEEE GRSS Data Fusion* pour avoir organisé le *2012 Data Fusion Contest*. Nous remercions également Irena Hajnsek (DLR) pour avoir fourni les images polarimétriques, et Yves-Louis Desnos (ESA) pour le financement du projet associé "POLSARAp" .

Références

[1] F. Janez. Data fusion methodology in satellite remote sensing for an application of urban change detection. In *Data Fusion Contest IGARSS*, 2012.

[2] T. Kempf and H. Anglberger. Image fusion of different spaceborne sar sensors for change detection. In *Radarcon*, 2013.

[3] F. Janez. Détection de changements sur scène urbaine à partir d'un couple d'images sar. Technical Report RTO-MP-SET-169, 8th NATO Military Sensing Symposium, 2011.

[4] Lorenzo Bruzzone, Francesca Bovolo, and Silvia Marchesi. A multiscale change detection technique robust to registration noise. In *Pattern Recognition and Machine Intelligence*, pages 77–86. Springer, 2007.

[5] M Engdahl, A Minchella, P Marinkovic, L Veci, and J Lu. Nest: An esa open source toolbox for scientific exploitation of sar data. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International*, pages 5322–5324. IEEE, 2012.

[6] Zhou Wang, Alan C Bovik, Hamid Rahim Sheikh, and Eero P Simoncelli. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity. *Image Processing, IEEE Transactions on*, 13(4):600–612, 2004.

[7] Jim Thomas, Kevin W Bowyer, and Ahsan Kareem. Color balancing for change detection in multitemporal images. In *Applications of Computer Vision (WACV), 2012 IEEE Workshop on*, pages 385–390. IEEE, 2012.

[8] Mehul P Sampat, Zhou Wang, Shalini Gupta, Alan Conrad Bovik, and Mia K Markey. Complex wavelet structural similarity: A new image similarity index. *Image Processing, IEEE Transactions on*, 18(11):2385–2401, 2009.

[9] Yoshio Yamaguchi, Yuki Yajima, and Hiroyoshi Yamada. A four-component decomposition of polsar images based on the coherency matrix. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, 3(3):292–296, 2006.