Projet de Traitement du Signal
Segmentation d'image SAR
Rapport

Philippe Tran Ba & Élie Bouttier

11 juin 2012

Résumé

This report deals with a way to detect the edge using the normalized Ratio Of Exponentially Weighted Average (ROEWA) on opposite sides of the central pixel. It thus produces a map of edge with their intensity. In order to improve the result, it can be use in both direction horizontal and vertical, and the magnitude of the two components are then averaged quadratically.

This edge detector can cope with the presence of speckle, which can be modeled as a strong multiplicative noise. So, It should be used for instance on SAR image (Synthetic Aperture Radar — SAR). This report describe step by step the processus used in order to simulate a segmentation with MatLab.

Résumé

Ce rapport traite d'une méthode de détection de rupture utilisant le rapport des moyennes pondérées exponentiellement (ROEWA) normalisé sur chaque côté d'un pixel central. Elle permet ainsi d'obtenir une carte des ruptures en intensité. Pour améliorer son efficacité, le processus peut-être appliqué suivant plusieurs directions, par exemple horizontalement et verticalement, les différentes composantes étant ensuite moyennées quadratiquement.

Ce détecteur de rupture est particulièrement adapté pour traiter les signaux avec présence de bruit speckle multiplicatif, tel que les images radars à synthèse d'ouverture (Synthetic Aperture Radar — SAR). Ce rapport décrit étape par étape la simulation d'une segmentation sous MaltLab.

Table des matières

1 Introduction

1.1 Préface

En analyse d'images, la segmentation est une étape essentielle, préliminaire a des traitements de haut niveau tels que la classification, la détection ou l'extraction d'objets. Elle consiste à décomposer une image en régions homogènes. Les deux principales approches sont l'approche région et l'approche contour. L'approche région cherche à regrouper les pixels présentant des propriétés communes tandis que l'approche contour vise à détecter les transitions entre régions. Des détecteurs efficaces ont été développés dans le cadre de l'imagerie optique, mais s'avèrent inadaptés aux images SAR de par la présence d'un bruit speckle multiplicatif.

1.2 Objectif du projet

L'objectif de ce projet est d'effectuer la segmentation d'une image radar a synthèse d'ouverture (image SAR) à l'aide d'une méthode originale de détection de ruptures appliquée successivement sur les lignes et colonnes de l'image. La méthode est issue d'une publication intitulée "An Optimal Multiedge Detector for SAR Image Segmentation" publiée en mai 1998 dans la revue IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.

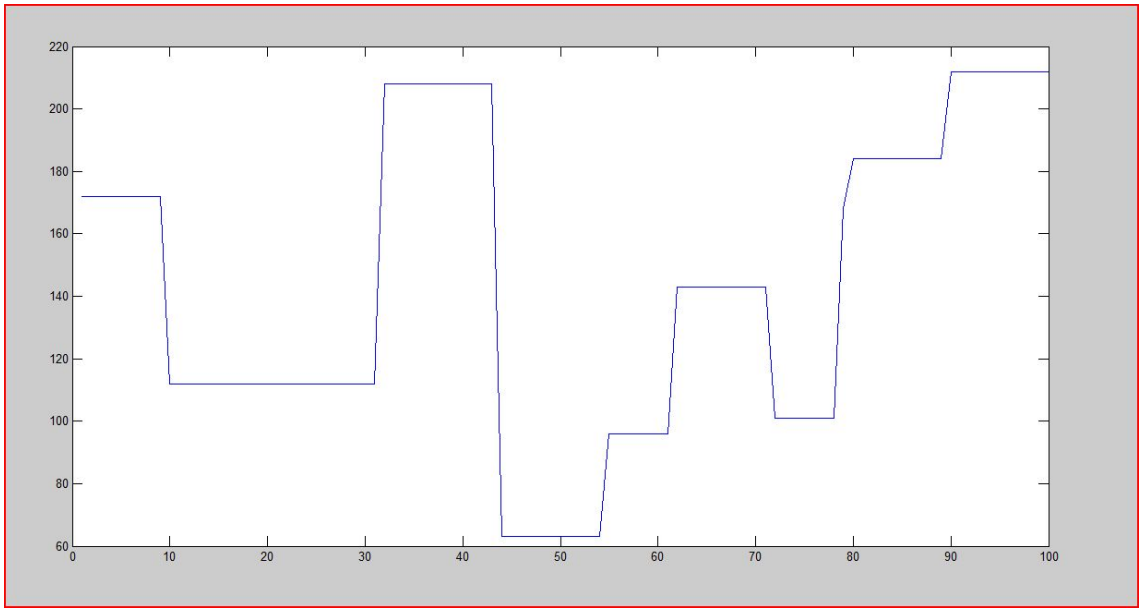
2 Génération d'une ligne d'image SAR

Cette partie consiste a générer des lignes d'image radar conformément au modèle proposée par l'article. La méthode de segmentation choisie sera d'abord testée sur ces lignes avant d'être appliquée a des images entières.

2.1 Ligne d'image non bruitée R(x)

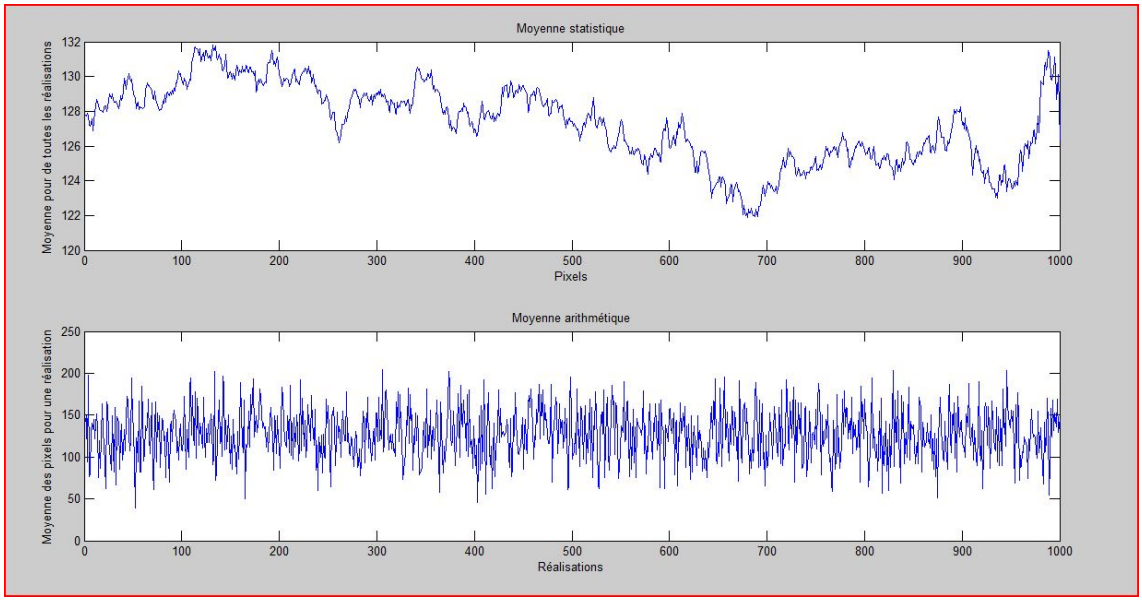
Une ligne d'image apparaît comme une juxtaposition de segments de réflectivité constante. Elle est correctement modélisée comme un processus constant par morceaux dont les sauts d'intensité obéissent a un processus de Poisson de paramètre λ. La largeur des segments obéit alors à une loi exponentielle de paramètre λ, $\frac{1}{\lambda}$ représentant le nombre moyen de pixels séparant deux sauts d'intensité. Ainsi, un paramètre λ plus grand donnera lieu à des segments de longueur plus importante. La fonction suivante nous permet de générer une ligne d'image SAR, `largeur` étant sa largeur en pixel, et `profondeur`, le nombre de niveaux d'intensités.

```
1  function [ ligne ] = genligne( lambda, largeur, profondeur )
2      % Generation d'une ligne de pixel
3
4      ligne = zeros(1, largeur); % Preallocation de la ligne
5
6      i = 1; % Position du pixel courant
7      k = 1; % k-ieme intensite
8
9      while(i <= largeur)
10         valeur = randi(profondeur); % Generation de l'intensite
11         poisson = ceil(exprnd(1/lambda)); % Largeur de l'intensite
12         j = 0;
13         while j <= poisson && i <= largeur
14             ligne(1, i) = valeur;
15             i = i + 1;
16             j = j + 1;
17         end
18         k = k + 1;
19     end
20 end
```



Exemple d'une ligne de pixel généré suivant le procédé précédant

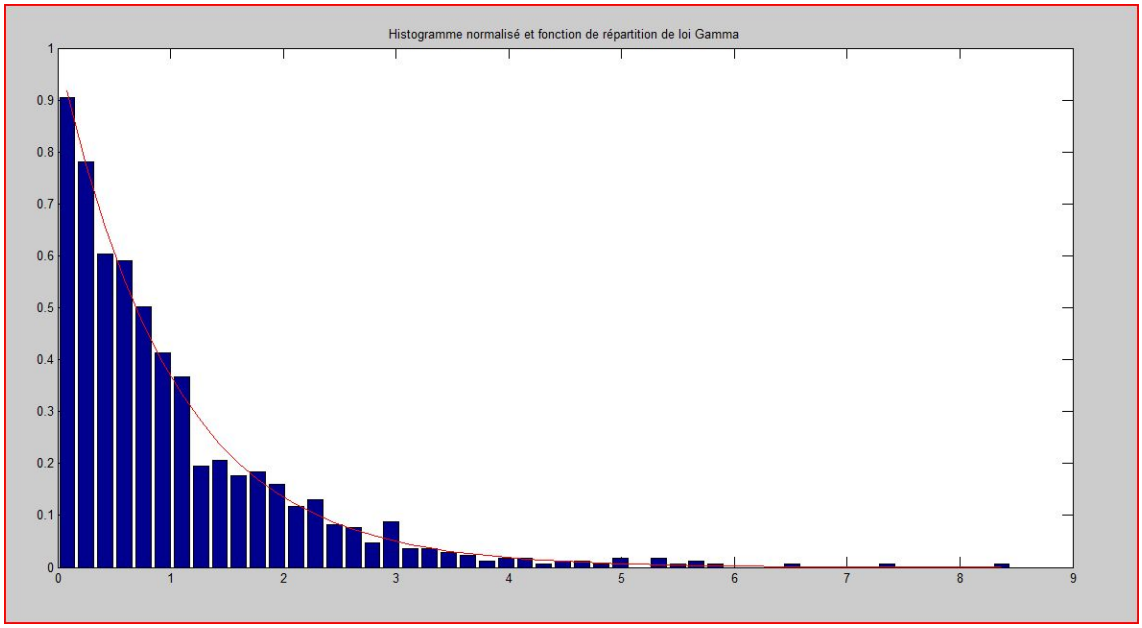
On peut vérifier que le signal ainsi généré est bien ergodique.



2.2 Bruit Speckle Multiplicatif n(x)

Pour modéliser le bruit speckle, on utilisera une suite de variables aléatoires indépendantes suivant une loi Gamma de moyenne $\mu_n = 1$ et de variance $\sigma_n^2 = 1/L$, où L correspond au nombre de vue moyennée.

```
L = 1; %nombre de vues moyennees
N = 500; %nombre de valeur
Nc = 80; %nombre de classe

%Generer l'histogramme normalise
bruit_mult = gamrnd(L, 1/L, 1, N);
[hist abs] = hist(bruit_mult,Nc);
bruit_th = gampdf(abs, L, 1/L);
Nc = 50;
dx = (max(bruit_mult)-min(bruit_mult))/Nc;
%Affichage de l'histogramme normalise
figure('name', 'Bruit multiplicatif n(x)')
bar(abs, hist/(dx*length(bruit_mult)));
title('Histogramme normalise et fonction de repartition de loi Gamma')
hold on
%Affichage de la fonction de repartition theorique
plot(abs, bruit_th, 'r');

n = bruit_mult;
```

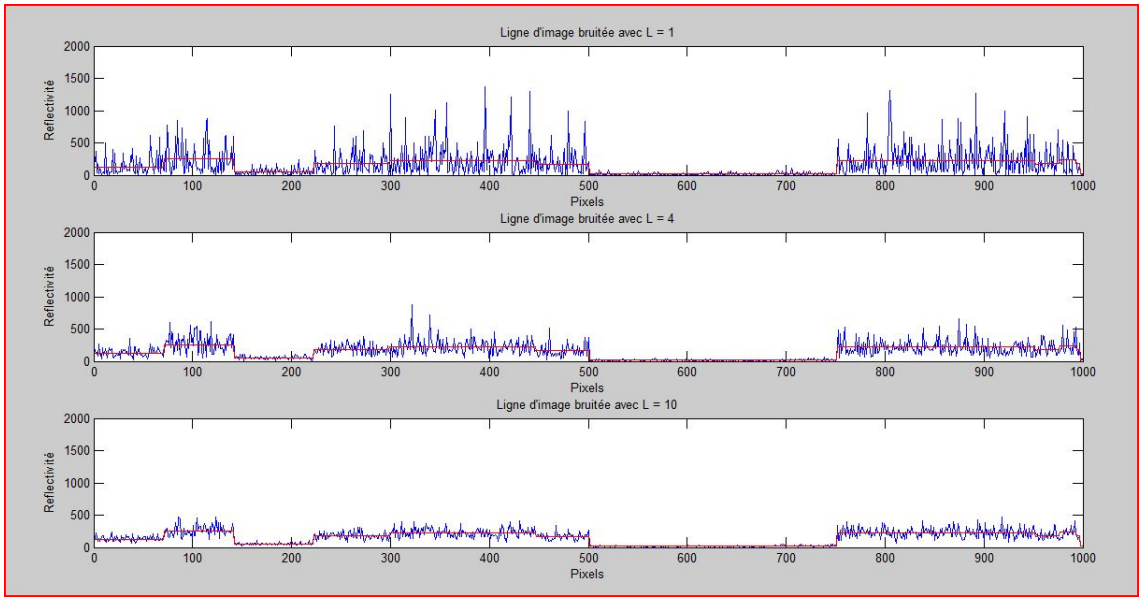


2.3 Ligne d'image bruitée I(x)

Pour obtenir une ligne d'image altérée par une bruit multiplicatif, il suffit de multiplier la ligne d'image et le bruit. Soit :

$$I(x) = R(x) * n(x)$$

.



Observation de l'influence du paramètre L sur la ligne bruité

3 Analyse Spectrale d'une ligne d'image SAR

Dans cette partie, le signal synthétique est étudié à l'aide des outils classiques d'analyse spectrale (corrélogramme, périodogramme).

3.1 Périodogramme

La fonction ci-après permet de générer un périodogramme de notre signal. On peut spécifier le type de fenêtre à utiliser et le paramètre L du bruit à utiliser. Si le dernier argument n'est pas spécifié, la fonction génère le périodogramme d'un signal non bruité.

```
function [ perio ] = periodogramme( lambda, largeur, profondeur, fenetre, bruit)
    % Generation du periodogramme

    % Generation d'une ligne
    if nargin < 5
        ligne = genligne(lambda, largeur, profondeur);
    else
        ligne = genlignebruite(lambda, largeur, profondeur, bruit);
    end

    % On rend la moyenne nulle
    % (Pour supprimer le terme constant dans le periodogramme)
    ligne = ligne - mean(ligne);

    % Fenetrage
    ligne = ligne .* fenetre;

    % Generation du periodogramme
    perio = (abs(fft(ligne)).^2)./largeur;

end
```

3.2 Périodogramme cumulé

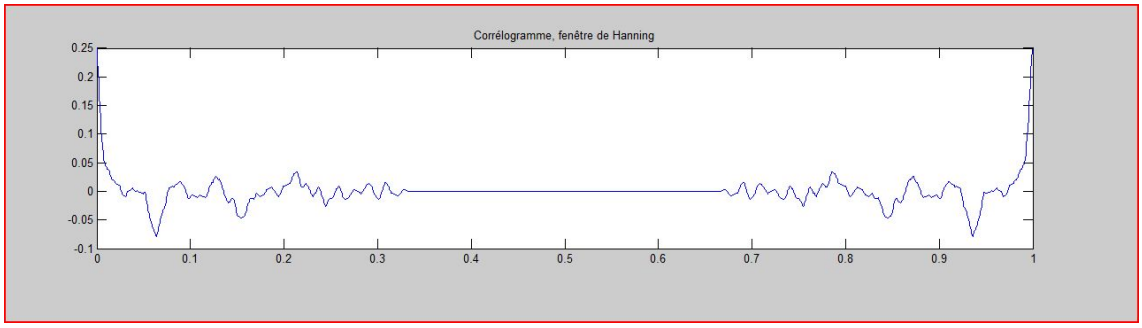
La fonction ci-dessous permet de générer un périodogramme cumulé de notre signal, en utilisant la fonction de génération de périodogramme précédant. Il est possible de spécifier le nombre d'accumulation voulu.

```
function [ p ] = periocumule( lambda, largeur, profondeur, fenetre, cumule, bruit )
    % Creer un periodogramme cumule

    p = zeros(1, largeur); % Preallocation de la memoire
    for i = 1:cumule;
        % Ajout d'un nouveau periodogramme
        if nargin < 6
            p = p + periodogramme(lambda, largeur, profondeur, fenetre);
        else
            p = p + periodogramme(lambda, largeur, profondeur, fenetre, bruit);
        end
    end

    % Moyennage
    p = p ./ cumule;

end
```

3.3 Corrélogramme

Le corrélogramme est généré par la fonction ci-après.

```
function [ corr_sym ] = correlogramme( lambda, largeur, profondeur, fenetre, zlargeur )

    % Generation d'une ligne
    ligne = genligne(lambda, largeur, profondeur);

    % Fenetrage
    ligne = ligne .* fenetre;

    % Fonction d'autocorrelation
    corr = xcov(ligne, 'biased');

    % Symetrisation de la fonction d'autocorrelation
    part1 = corr(1, largeur:end);
    part2 = zeros(1, zlargeur);
    part3 = 0;
    part4 = part2;
    part5 = corr(1, end-1:-1:largeur);

    corr_sym = [part1 part2 part3 part4 part5];

end
```



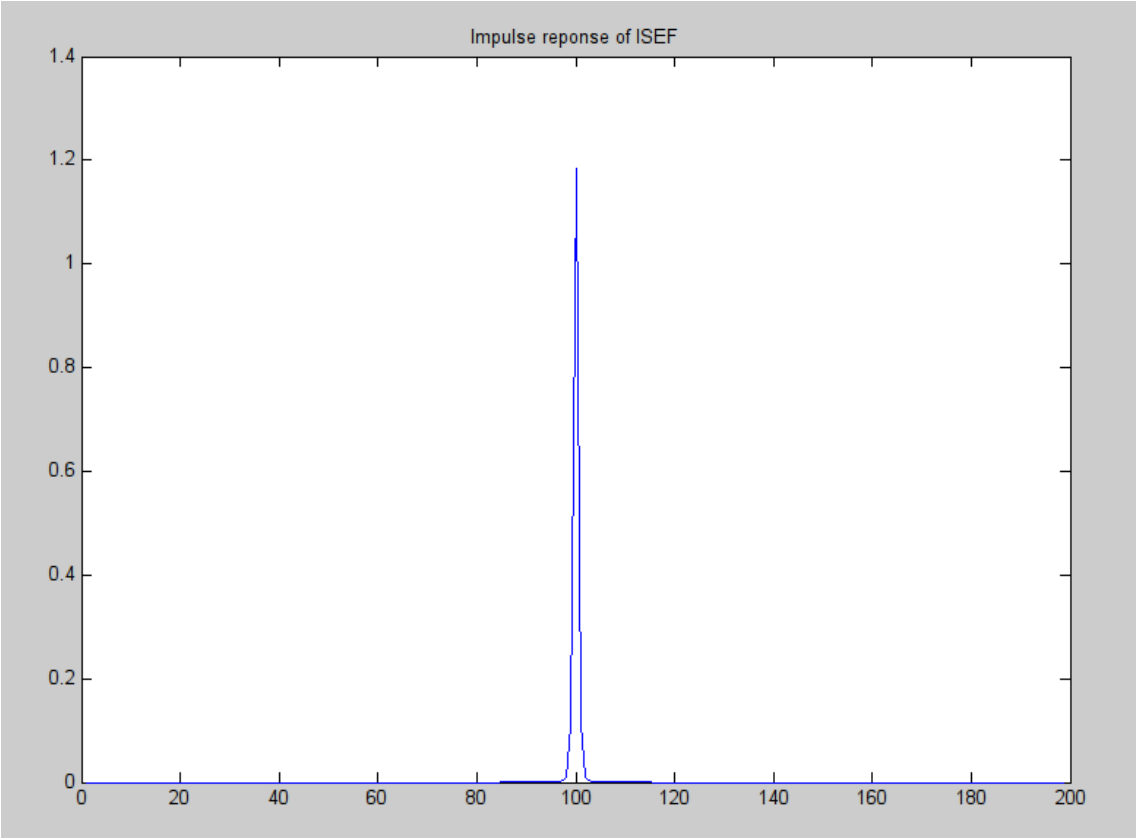
4 Détection de Ruptures sur une ligne d'image SAR

Le détecteur ROEWA est appliqué au signal simulé. Il est basé sur des contrastes locaux de niveau radiométrique moyen.

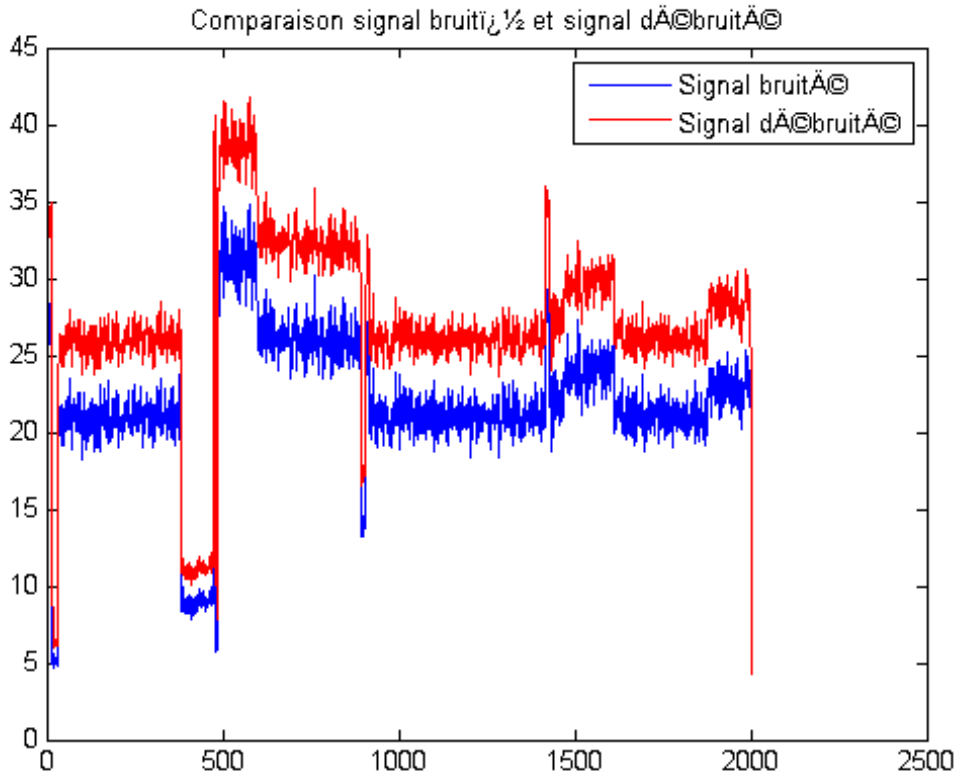
La détection s'effectue au moyen d'une fenêtre d'analyse glissante. Une forte différence de réflectivité moyenne de part et d'autre d'un pixel permet de repérer un contour. Cette méthode, bien adaptée aux images optiques, est mise en défaut pour l'imagerie radar. La présence d'un bruit multiplicatif augmente en effet le taux de fausses détections dans les régions de forte réflectivité. Pour pallier cette limitation, l'article propose un détecteur basé non plus sur des différences, mais sur des rapports de réflectivité moyenne. En outre, les moyennes arithmétiques sont remplacées par des moyennes pondérées exponentiellement pour traiter les cas de contours multiples (présence de plusieurs contours dans la fenêtre d'analyse). Les plus proches voisins du pixel central sont ainsi favorisés aux dépens de pixels plus éloignés pouvant correspondre a un nouveau contour.

Le code MatLab ci dessous nous permet de synthétiser un filtre ISEF.

```
%
% Parametres
mu = 150 % Nombre moyen de pixel entre deux ruptures d'intensite
lambda = 1/mu

muI = mean(ligne);
sigmaI = sqrt(var(ligne_bruite));

muR = muI;
sigmaR = (L*sigmaI^2 - muI^2) / (L + 1);

alpha = sqrt(((2*L*lambda) / (1 + (muR/sigmaR)^2)) + lambda^2);
C = alpha/2;

order = 199

% Generation de la reponse impulsionnelle
ISEF = C * exp(-alpha*abs([-(order-1)/2:1:order/2]));
plot(ISEF);
title('Impulse reponse of ISEF');
```



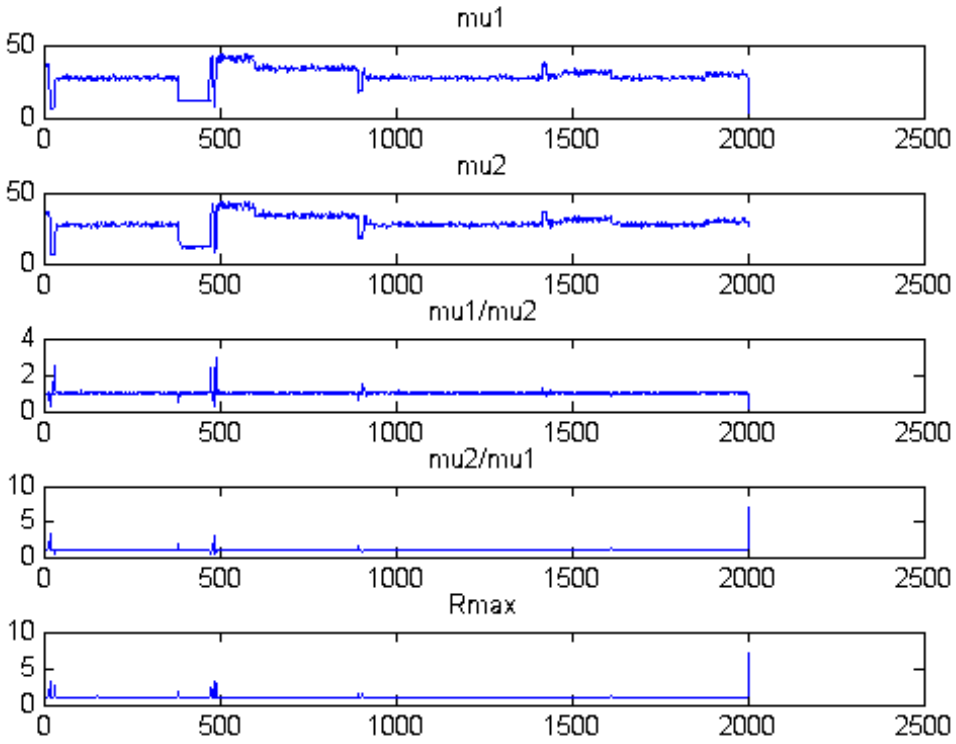

```
% Filtrage du signal. Celui-ci est alonge de la longueur du retard afin
% de pouvoir effectuer le filtrage jusqu'au bout.
ligne_debruite = filter(ISEF, 1, [ligne_bruite zeros(1, ceil(order/2))]);
ligne_debruite = ligne_debruite(1, ceil(order/2):end); % Suppression du retard
figure
plot(ligne_bruite, 'b');
hold on
plot(ligne_debruite, 'r');
title('Comparaison signal bruite et signal debruite');
legend('Signal bruite', 'Signal debruite');
```



Le bruit ne semble pas atténué de manière flagrante. Cependant, il n'est pas amplifié alors que le signal l'est. Il en résulte une augmentation du rapport signal sur bruit. Nous allons donc pouvoir procéder à la détection de rupture par l'opérateur ROEWA noté r_{max}. Nous utilisons donc la suite du programme suivante afin de calculer le résultat de l'opérateur ROEWA :

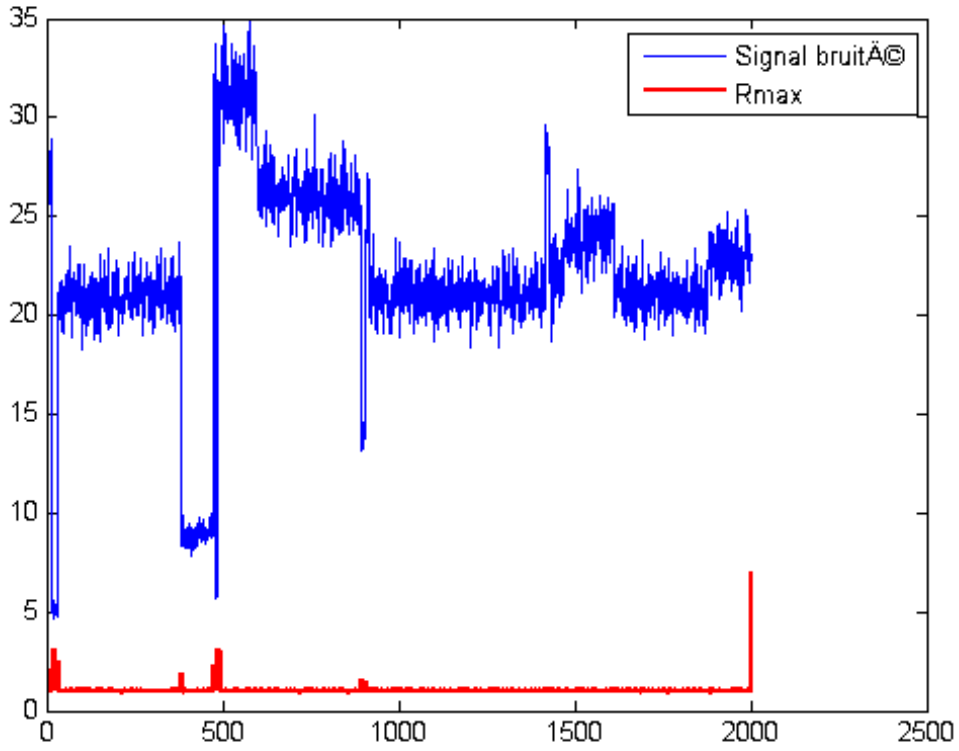
```
%
% Separation des parties droite et gauche du filtre ISEF
ISEF1 = [ISEF(1, 1:ceil(order/2)) zeros(1, ceil(order/2))];
ISEF2 = [zeros(1, ceil(order/2)) ISEF(1, ceil(order/2):end)];

% Filtrage du signal par les deux filtres
mu1 = abs(filter(ISEF1, 1, [ligne_debruite zeros(1, floor(order/2))]));
mu1 = mu1(1, floor(order/2):end); % Suppression du retard
mu2 = abs(filter(ISEF2, 1, [ligne_debruite zeros(1, floor(order/2))]));
mu2 = mu2(1, floor(order/2):end); % Suppression du retard

figure;
subplot(5, 1, 1);
plot(mu1);
title('mu1');
subplot(5, 1, 2);
plot(mu2);
title('mu2');
subplot(5, 1, 3);
plot(mu1./mu2);
title('mu1/mu2');
subplot(5, 1, 4);
plot(mu2./mu1);
title('mu2/mu1');
subplot(5, 1, 5);
% Calcul de Rmax
rmax = max(mu1./mu2, mu2./mu1);
plot(rmax);
title('Rmax');
```

Nous utilisons à la fois la partie droite et la partie gauche du filtre afin de détecter les ruptures d'intensité de type front montant et celles de type front descendant. On retient finalement le maximum des deux afin de détecter toutes les ruptures.



Calcul de $r_{\max}$ à partir de μ_1 et μ_2

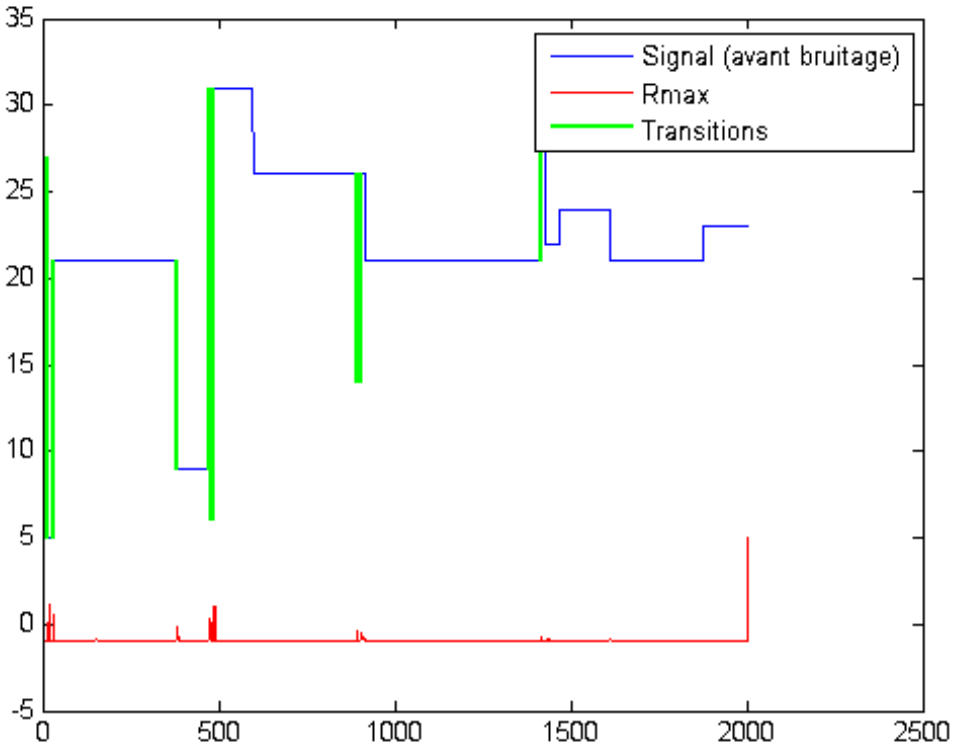
```
% Observation de Rmax supperpose avec le signal bruite
figure;
plot(ligne_bruite, 'b');
hold on;
plot(rmax, 'r', 'LineWidth', 1.5);
legend('Signal bruite', 'Rmax');
hold off
```



Observation des corrélations entre $r_{\max}$ et le signal

Enfin, pour terminer, nous déterminons les ruptures à partir d'un seuil de ROEWA. Nous affichons suite au programme MatLab une figure présentant ROEWA, les ruptures détectées ainsi que le signal non bruité pour vérification.

```
%
seuil = 1.2 %Seuil de detection des transitions

p = 0;
trans = [];

figure
plot(ligne, 'b', 'LineWidth', 1); %Signal non bruite
hold on
plot(rmax-2, 'r'); %Rmax (-2 pour eviter les superpositions)

for i = 2:N-1;
    %Detection des maximums locaux
    if rmax(i-1)<rmax(i) && rmax(i)>rmax(i+1);
        %Verification que le maximum depasse le seuil
        if rmax(i) > seuil;
            p = p+1;
            trans(p) = i-1;
            x = [trans(p);trans(p)];
            y = [min(ligne(i-2:i+2)), max(ligne(i-2:i+2))];
            line(x, y, 'color','g', 'LineWidth', 2)
        end
    end
end
legend('Signal (avant bruitage)', 'Rmax', 'Transitions');

trans
```

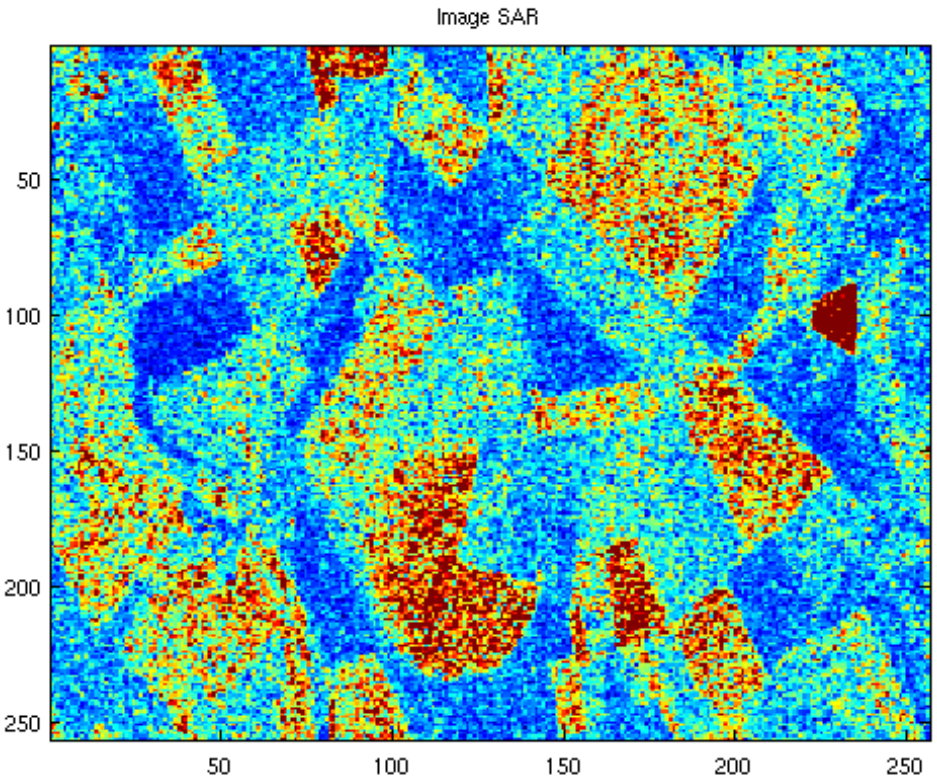

Signal (avant bruitage)
Rmax
Transitions
35
30
25
20
15
10
5
0
-5
0
500
1000
1500
2000
2500

5 Détection de Ruptures sur une image TEST

La segmentation d'une image est réalisée en plusieurs étapes. Les ruptures sont détectés successivement en ligne et en colonne de façon a créer une carte des contours délimitant les régions de radiométrie différente.

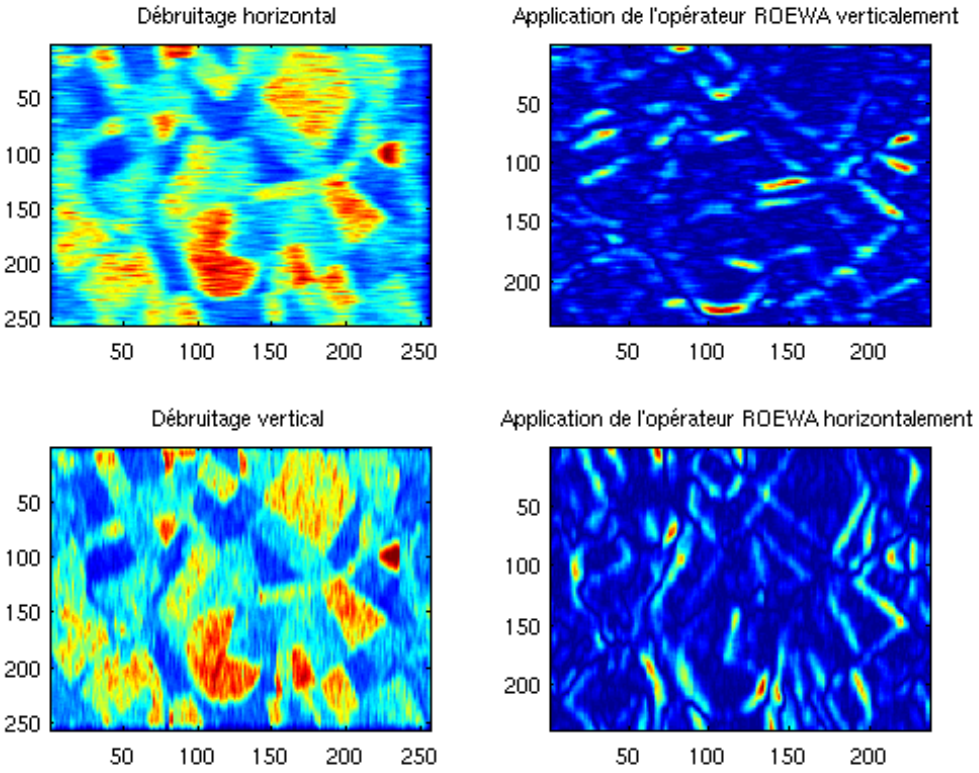
La détection de contours sur une image est réalisée en deux temps. Le détecteur ROEWA est d'abord appliqué successivement a chaque ligne de l'image, préalablement lissée dans la direction opposée, pour obtenir la carte horizontale des contours $r_X(x, y)$. En opérant de façon similaire dans la direction verticale, la carte verticale des contours est construite. Ces deux composantes peuvent alors être combinées pour former la carte des contours en relief : $r_{2D}(x, y) = \sqrt{r^2{}_X + r^2{}_Y}$

```
%mu = 100 lambda = 1/mu
L = 10 % Paramètre du bruit
bord = 10 % Largeur des bords ignoré (pour rétablir une échelle correcte)
seuil = 1.7 % Seuil de segmentation
order = 15 % Ordre du filtre

%load 'Bourges.mat'; image = y;
imagesc(image);
title('Image SAR');
```



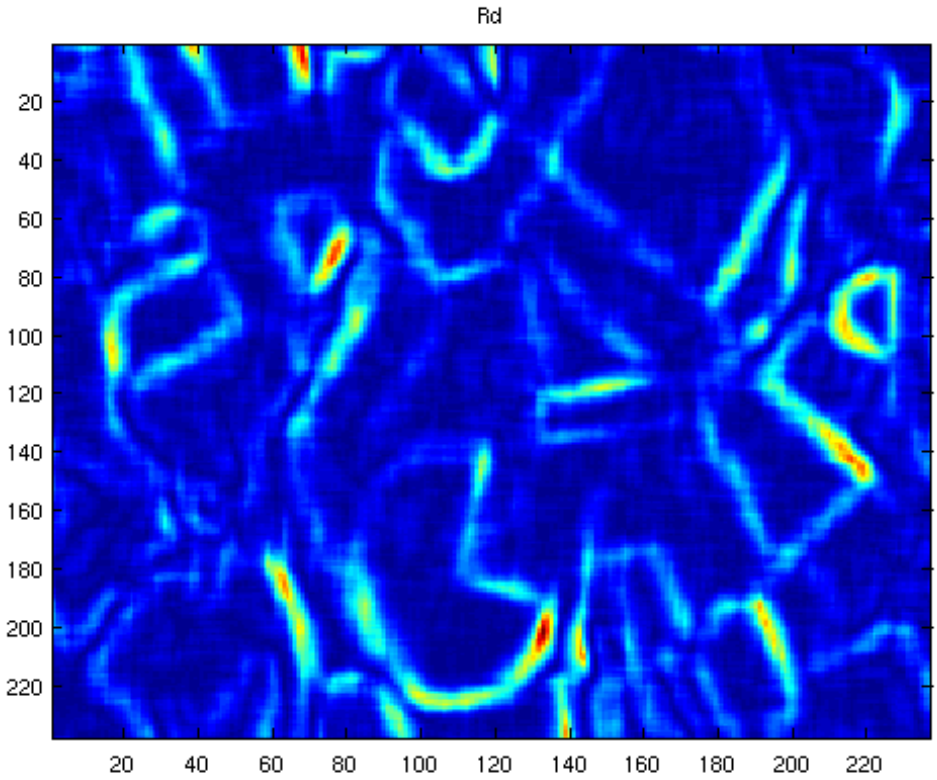

```
% Création du filtre ISEF
isef = isef(image, lambda, order, L);

% Direction 1
% Debruitage
im1_debruite = debruite(image, isef);
figure;
subplot(2, 2, 1);
imagesc(im1_debruite);
title('Debruitage horizontal');

% Application de l'operateur roewa
roewa1 = roewa(im1_debruite', isef)';
subplot(2, 2, 2);
```

```
imagesc(roewa1(bord:end-bord, bord:end-bord));
title('Application de l''operateur ROEWA verticalement');

% Direction 2
% Debruitage
im2_debruite = debruite(image', isef)';
subplot(2, 2, 3);
imagesc(im2_debruite);
title('Debruitage vertical');

% Application de l'operateur roewa
roewa2 = roewa(im2_debruite, isef);
subplot(2, 2, 4);
imagesc(roewa2(bord:end-bord, bord:end-bord));
title('Application de l''operateur ROEWA horizontalement');
```



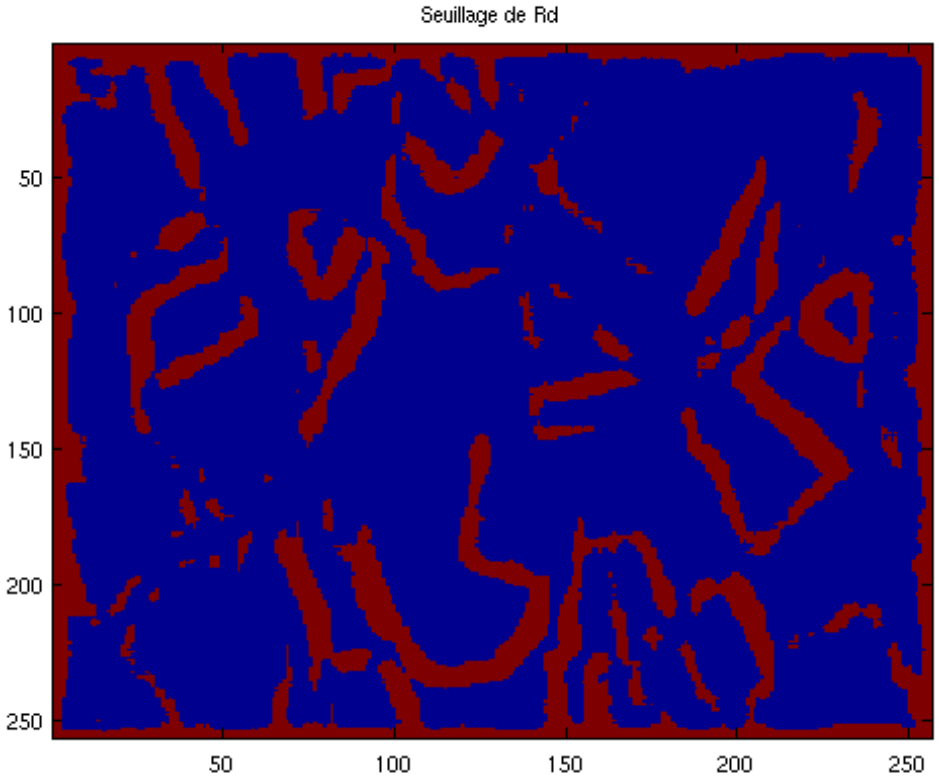

```
% Traitement final
pow = 2;
roewa = (roewa1.^pow+roewa2.^pow).^1/pow;
figure; imagesc(roewa(bord:end-bord, bord:end-bord));
title('Rd');
```

Ce traitement final consiste à combiner les deux résultats précédant au moyen de la moyenne quadratique. On obtient alors le résultat suivant :




```
% Seuillage
roewa = roewa > seuil;
figure; imagesc(roewa);
title('Seuillage de Rd');
```

La carte des contours obtenue précédemment étant en relief, ce seuillage permet d'obtenir une carte des contours en deux dimensions.



6 Conclusion

Nous avons pu voir dans ce rapport une méthode de détection de contours pour les images SAR. Celle-ci, basé sur l'opérateur ROEWA, est particulièrement efficace pour ce type d'image grâce à son moyennage pondéré exponentiellement.