

Egalisation des gains de détecteurs CCD en imagerie satellitaire

Yassine Jamoud, Samy Haffoudhi

20 décembre 2021

Introduction

Dans ce TP, l'objectif est d'étudier l'estimation des réponses des détecteurs de façon non supervisée, c'est-à-dire seulement à partir des images observées. On adoptera le modèle suivant :

$$W_{m,n} = g_n Z_{m,n}$$

avec g_n le gain de la colonne n , $W_{m,n}$ le pixel mesurée en ligne m et colonne n , et $Z_{m,n}$ le pixel idéal. Pour simplifier les calculs, on adoptera le modèle logarithmique :

$$\ln W_{m,n} = \ln Z_{m,n} + \ln g_n$$

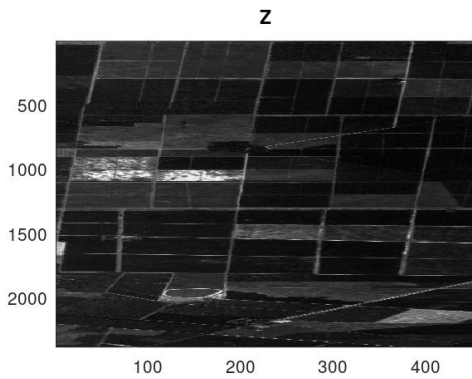
On utilisera alors la notation : $V_{m,n} = Y_{m,n} + f_n$

1 Partie Théorique

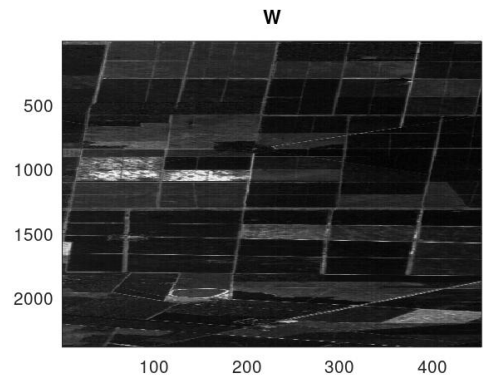
La partie théorique a été corrigée en cours et une correction a été donné.

2 Partie Pratique

1. Commençons par simuler une image observée W à partir de l'image Z et des gains g fournis.



(a) Image idéal Z



(b) Image simulée W

On peut alors afficher la différence pour se rendre bien compte de l'effet de colonage.

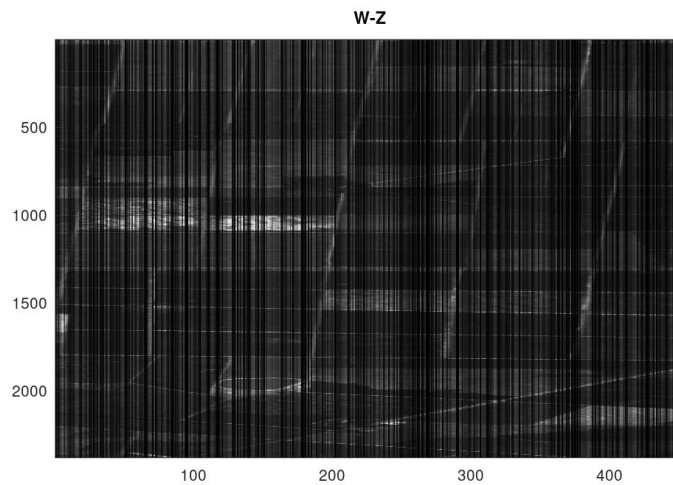


FIGURE 2 – Différences W et Z

Pour la méthode 0 qui consiste à ne pas corriger l'image, on peut calculer la *RMSE* des gains - f_0 soit tout simplement de f_0 . Pour la méthode 1, il s'agit tout simplement d'utiliser la *RMSE* des vraies gains centrés et d'un estimateur du gain centré. Ici on choisit d'après la question 1, la moyenne des intensités V .

2. On peut alors tracer ces gains estimés par la méthode 1 en fonction des vraies gains.

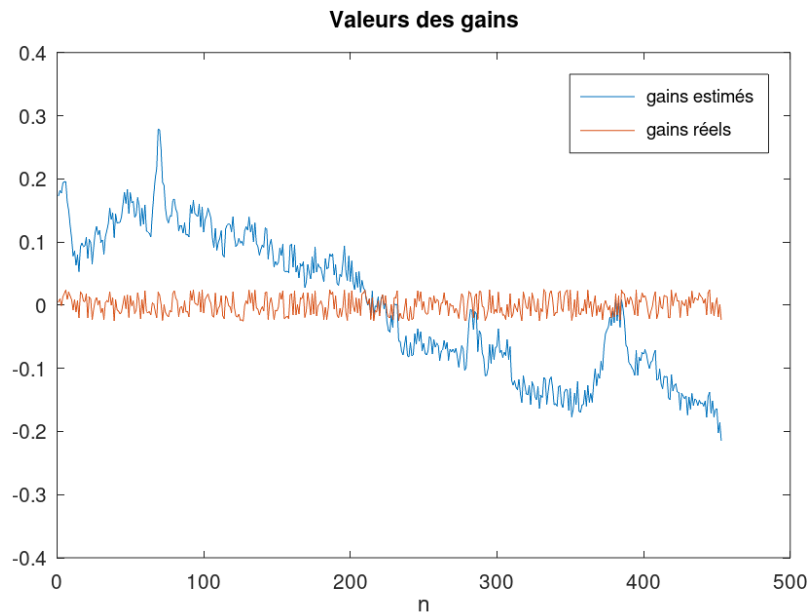
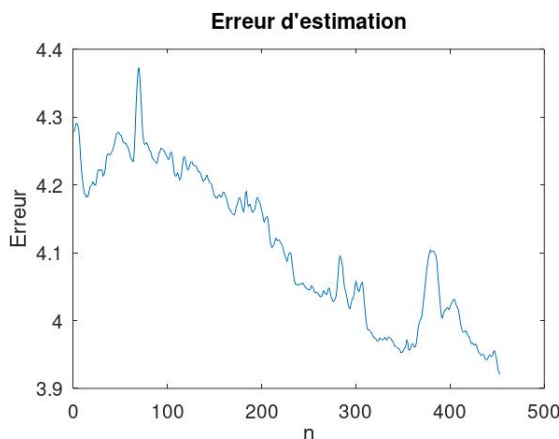
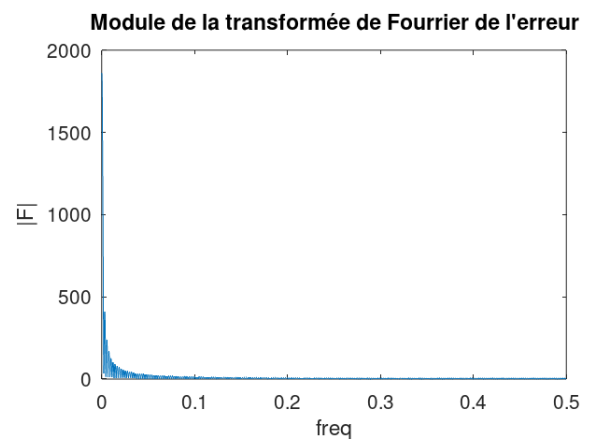


FIGURE 3 – methode 1

Traçons également l'erreur d'estimation et le module de la transformée de Fourier :



(a) Image idéal Z



(b) Image simulée W

On remarque à l'aide des valeurs de gains réels et estimés que la méthode est bonne pour détecter les petites variations. En revanche les variations de plus faible fréquence sont très mauvaise. De même dans la transformée de Fourier on retrouve beaucoup de basse fréquences et ce n'est pas proche d'un bruit blanc. Le problème étant que le nombre de données est clairement insuffisant pour mesurer proprement les hautes fréquences et les basses fréquences. En effet on a un paysage avec beaucoup de variations donc les hautes fréquences sont assez simple a retrouver. En revanche les basses fréquences sont difficile à récupérer en utilisant cette moyenne sur un faible nombre de pixels.

3. Mettons en œuvre la méthode 2. On utilise donc la médiane $\delta \hat{f}_n$ de $\delta v_{1n}, \dots, \delta v_{Mn}$. On peut alors centrer et afficher les gains de la méthode 2 $\hat{f}_n = \sum_{l=2} n \delta \hat{f}_n$

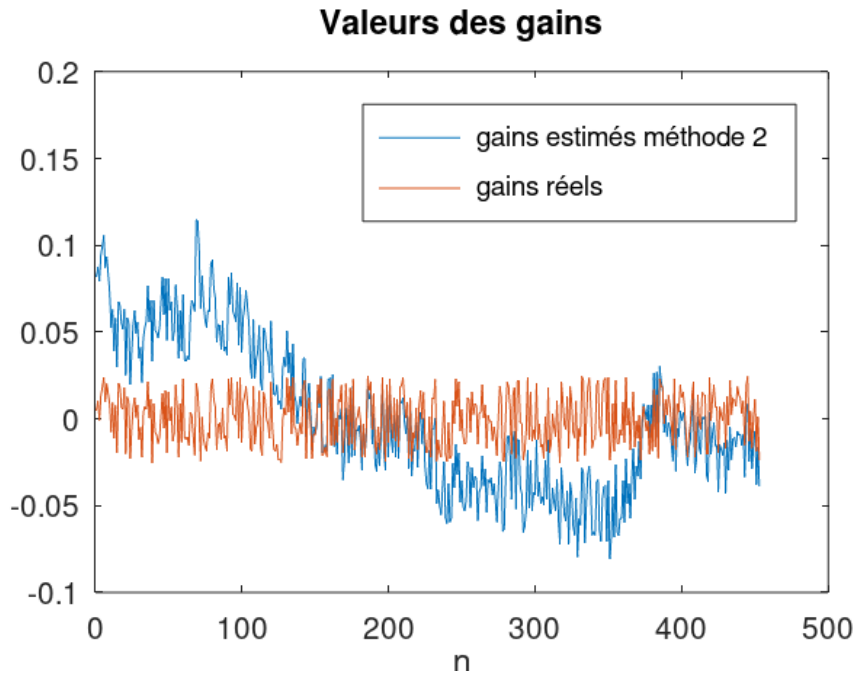


FIGURE 5 – methode 2

Ensuite mettons en œuvre les solutions *MAP* des questions 5 et 6. On utilise notamment les fonctions *spdiags* pour coder D et *speye* pour utiliser le codage creux. Pour la méthode 3, on utilise la solution $\hat{f}_n = (D^t D + \mu I)^{-1} D^t D s$ avec $s = \sum_m v_m / M$. Pour la méthode 4, on utilisera la fonction *MAPL1* pour résoudre le système $\min J(f) = \sum_m \|D(v_m - f)\|_1 + \mu \|f\|_2^2$.

4. Pour les deux solutions MAP, on choisit de tracer l'erreur en fonction de plusieurs μ pour choisir de manière optimale le bon paramètre.

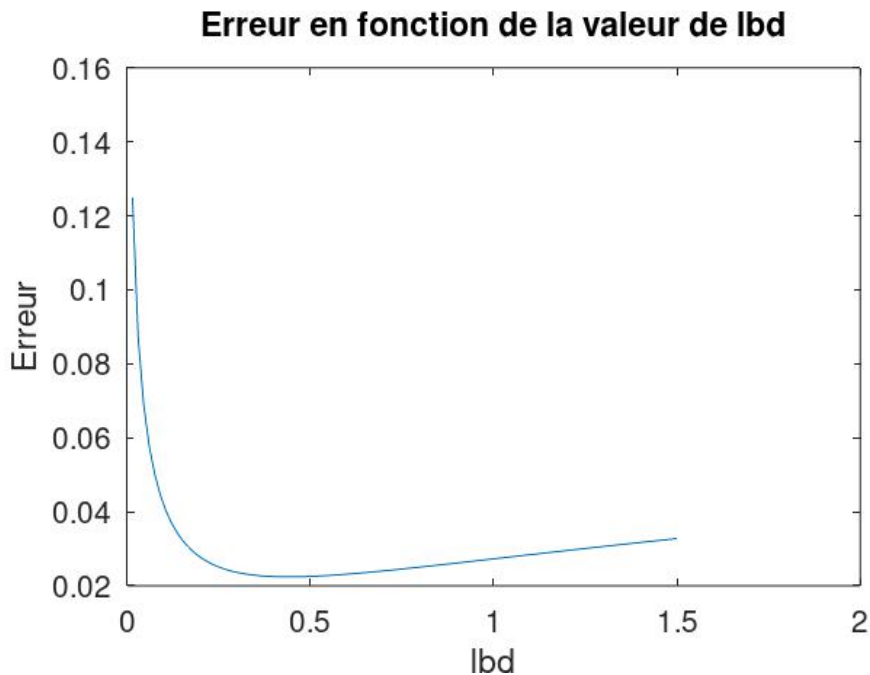


FIGURE 6 – différentes valeurs d'erreur pour plusieurs paramètres méthode 3

Matlab nous renvoie pour la méthode 3 une valeur de $\mu = 0.4394$ Pour la méthode 4, on retrouve :

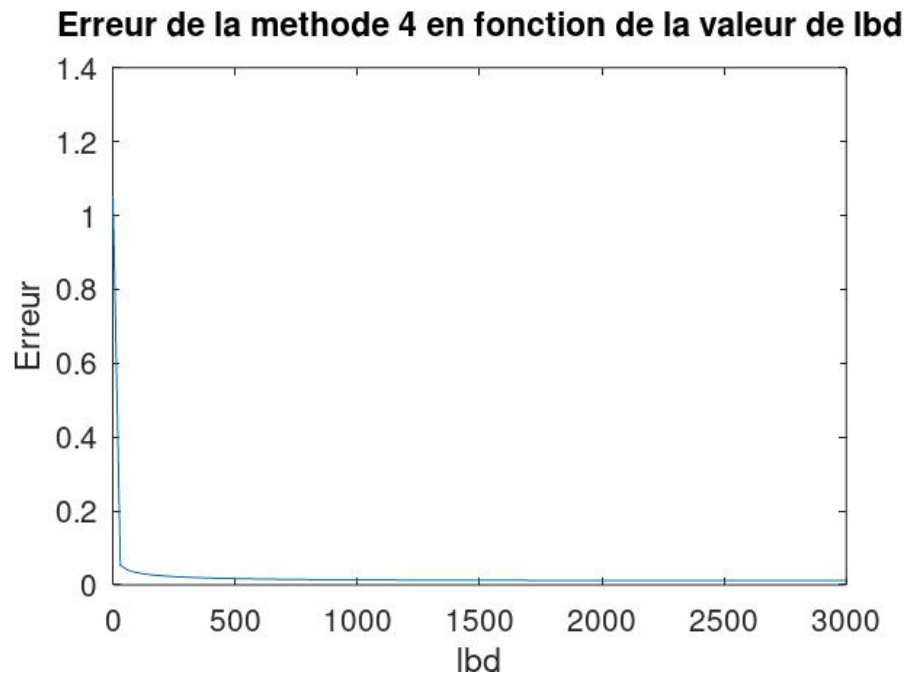


FIGURE 7 – différentes valeurs d’erreur pour plusieurs paramètres méthode 4

Matlab nous renvoie pour la méthode 4 une valeur de $\mu = 2484.8$ On peut donc tracer pour ces paramètres les valeurs de gains des méthodes 3 et 4 :

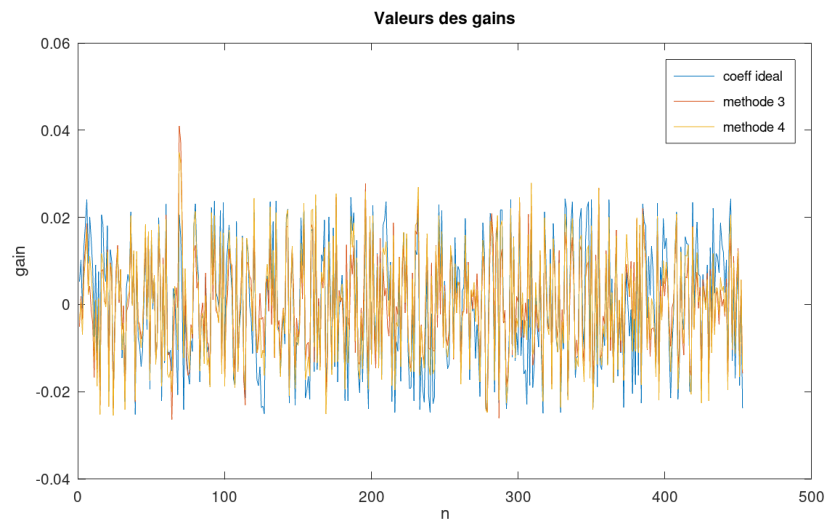


FIGURE 8 – valeurs de gains pour la méthode 3 et la méthode 4

5. On peut alors comparer les 4 méthodes :

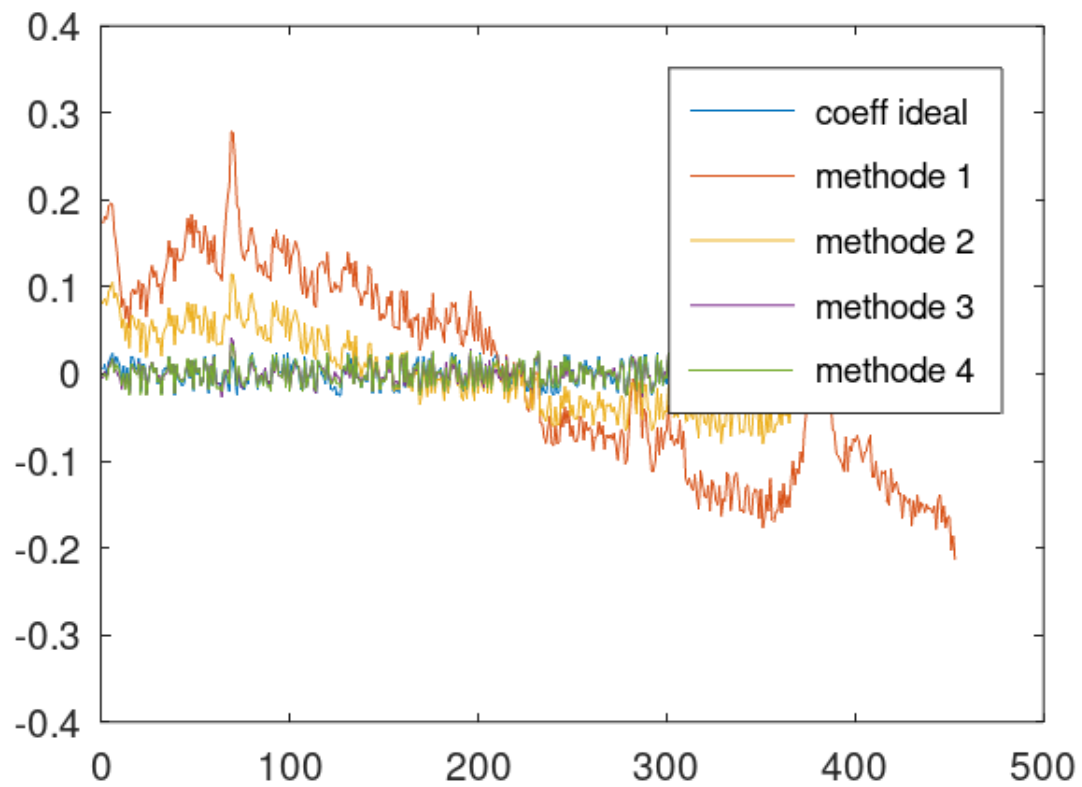


FIGURE 9 – Valeurs de gains de toutes les méthodes

On remarque que les méthodes 3 et 4 sont clairement plus performantes que les méthodes 1 et 2. La méthode 4 est sensiblement meilleur mais le temps de calcul est beaucoup plus long.

A Codes des méthodes d'estimation

```
1 clear all
2 close all
3
4 load("TP1_Exemple")
5
6 [M N] = size(Z)
7 W = repmat(gth', size(Z,1),1).*Z;
8 V = log(W);
9 Y = log(Z);
10 f = log(gth);
11
12 figure(1)
13 imagesc(Z); colormap gray
14 title('Z')
15 figure(2)
16 imagesc(W); colormap gray
17 title('W')
18
19 figure(3)
20 imagesc(abs(W-Z)); colormap gray
21 title('W-Z')
22
23 % Methode 0
24 err = 1/sqrt(N)*norm(f)
25
26 % Methode 1
27 f_1 = mean(V)';
28 f_centree = f-mean(f);
29 err = 1/sqrt(M)*norm(f_centree-f_1)
30
31 figure(4)
32 plot(f, f_1, 'o')
33 title("Gains methode 1 en fonction des vraies valeurs")
34 xlabel('f')
35 ylabel('f_1')
36
37 figure(5)
38 plot(f_1-f)
39 title('Erreur d'estimation')
40 xlabel('n')
41 ylabel('Erreur')
42
43 figure(6)
44 nb_f = 8*2^nextpow2(length(f));
45 freq = linspace(0,1,nb_f);
46 plot(freq, abs(fft(f_1-f,nb_f)))
47 xlim([0 0.5])
48 title('Module de la transformee de Fourier de l''erreur')
49 xlabel('freq')
50 ylabel('|F|')
51
52 figure(7)
53 plot(f_1-mean(f_1))
54 hold on
55 plot(f_centree)
56 xlabel('n')
57 title('Valeurs des gains')
58 legend('gains estimates','gains reels')
```

```

59
60 %methode 2
61 dV = diff(V')';
62 df = zeros(N-1,1);
63 f_2 = zeros(N,1);
64 for n = 1:N-1
65     df(n) = median(dV(:,n));
66 end
67 for n = 1:N
68     f_2(n) = sum(df(1:n-1));
69 end
70
71 figure(11)
72 plot(f_2 - mean(f_2))
73 hold on
74 plot(f_centree)
75 xlabel('n')
76 title('Valeurs des gains')
77 legend('gains estimates methode 2','gains reels')
78
79 %methode 3
80 lbds = linspace(0,1.5,100);
81 err = zeros(length(lbds),1);
82 e = ones(N,1);
83 D = spdiags([-e e], 0:1, N-1, N);
84 s = sum(V) / M;
85 for i = 1:length(lbds)
86     f_3 = (D'*D+lbds(i)*speye(N)) \ D'*D*s';
87     err(i) = sum((f-f_3).^2);
88 end
89
90 [err_min1, ind_opti] = min(err);
91 lbds(ind_opti)
92 f_3 = (D'*D+lbds(ind_opti)*speye(N)) \ D'*D*s';
93
94 figure(8)
95 plot(lbds,err)
96 title('Erreur en fonction de la valeur de lbd')
97 xlabel("lbd")
98 ylabel("Erreur")
99
100 % methode 4
101 lbds = linspace(0,3000,100);
102 f_4 = zeros(N,1);
103 for i = 1:length(lbds)
104     f_4 = MAPL1(V',D,lbds(i));
105     err(i) = sum((f-f_4).^2);
106 end
107
108 [err_min, ind_opti] = min(err);
109 f_4=MAPL1(V',D,lbds(ind_opti));
110 lbds(ind_opti)
111 figure(9)
112 plot(lbds,err)
113 title('Erreur de la methode 4 en fonction de la valeur de lbd')
114 xlabel("lbd")
115 ylabel("Erreur")
116
117 % affichage resultats

```



```

118 figure(10)
119 plot(f_centree)
120 hold on
121 plot(f_1 - mean(f_1))
122 plot(f_2 - mean(f_2))
123 plot(f_3 - mean(f_3))
124 plot(f_4 - mean(f_4))
125 xlabel('n')
126 ylabel('gain')
127 title('Valeurs des gains')
128 legend('coeff ideal','methode 1','methode 2','methode 3','methode 4')
129
130 figure(12)
131 plot(f_centree)
132 hold on
133 plot(f_3 - mean(f_3))
134 plot(f_4 - mean(f_4))
135 xlabel('n')
136 ylabel('gain')
137 title('Valeurs des gains')
138 legend('coeff ideal','methode 3','methode 4')

```