

# Image Denoising - TP1

Thomas Chabal

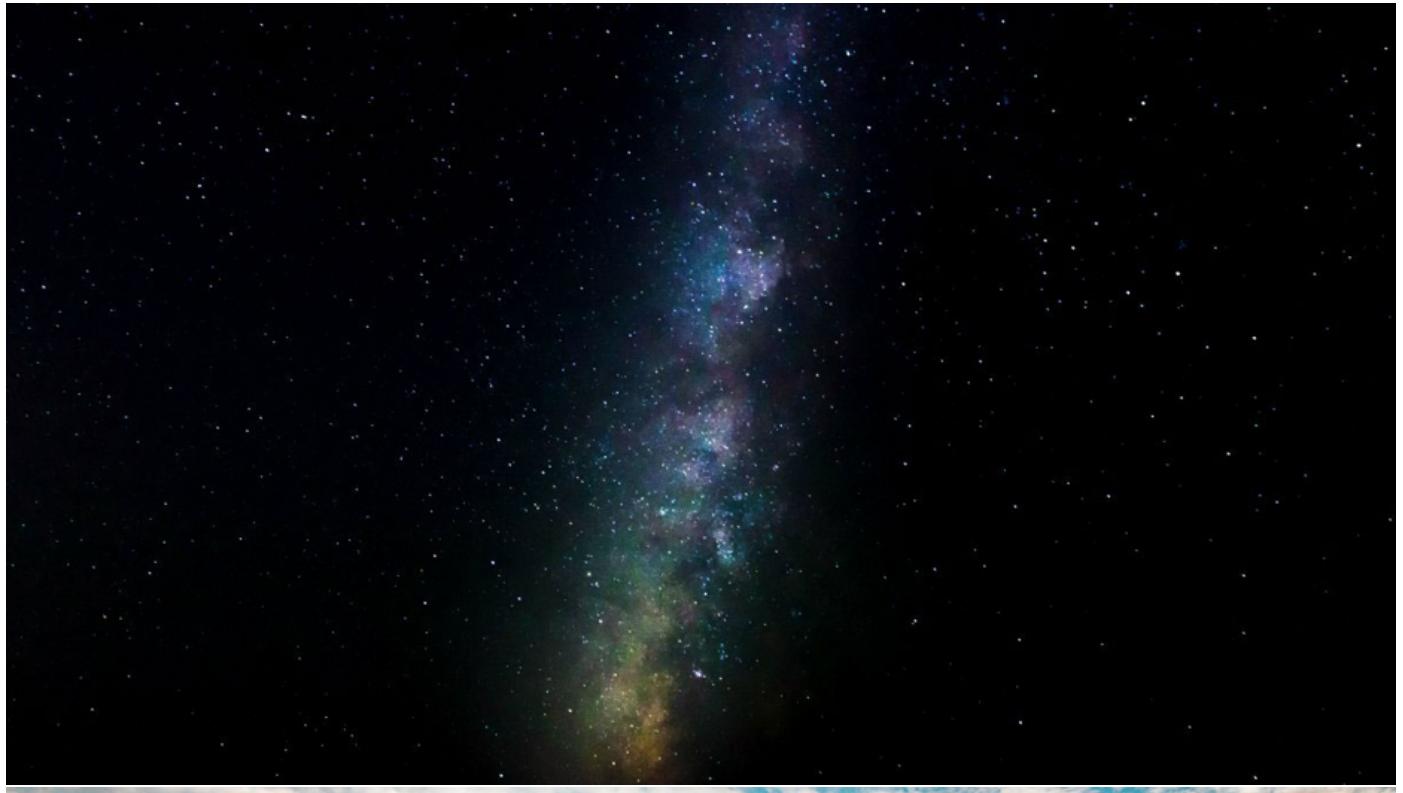
16 Octobre 2020

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DCT Image Denoising : a Simple and Effective Image Denoising Algorithm</b>	<b>5</b>
2.1	Image sombre . . . . .	5
2.2	Image lumineuse . . . . .	6
2.3	Analyse . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Multi-Scale DCT Denoising</b>	<b>8</b>
3.1	Image sombre . . . . .	8
3.2	Image lumineuse . . . . .	9
3.3	Analyse . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Analysis and Extension of the Ponomarenko et al Method, Estimating a Noise Curve from a Single Image</b>	<b>13</b>
4.1	Image sombre . . . . .	13
4.2	Image lumineuse . . . . .	14
4.3	Analyse . . . . .	16

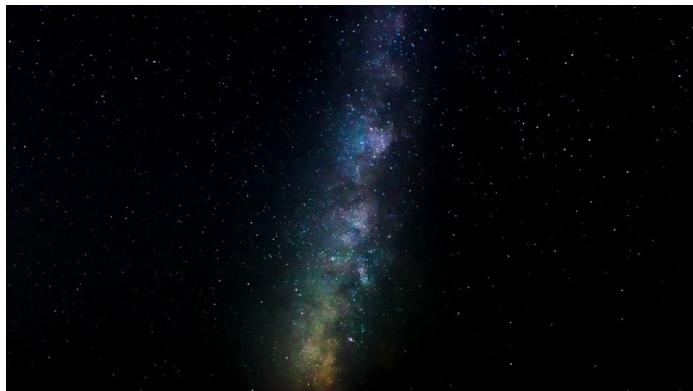
## 1 Introduction

Nous utilisons deux images pour nos expériences : l'une spatiale étant très sombre et permettant donc d'évaluer chaque modèle dans des conditions de faible luminosité, l'autre du Golden Gate Bridge, très lumineuse et avec des détails permettant d'évaluer les algorithmes dans des conditions usuelles d'utilisation.

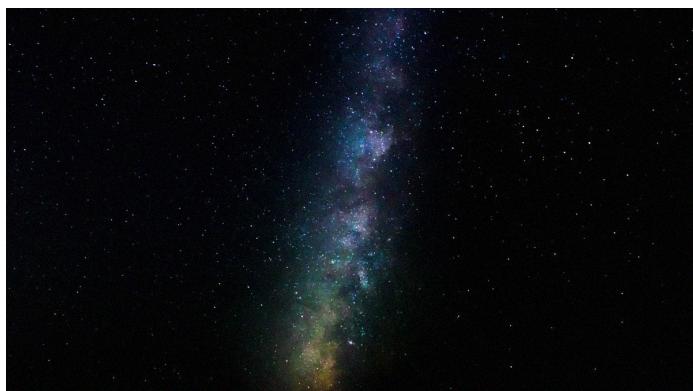


Les images bruitées sont les suivantes :

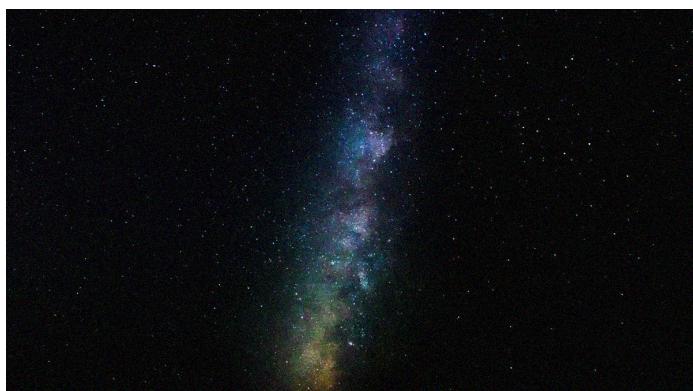
**Sigma = 2 ou 5**



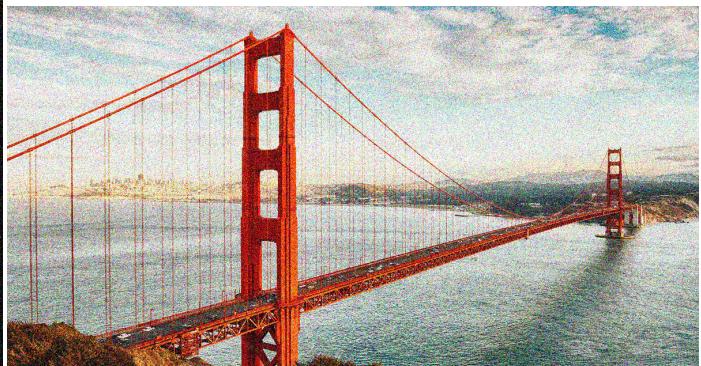
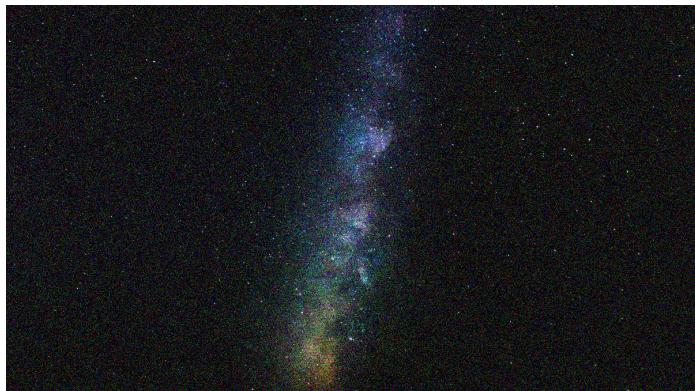
**Sigma = 10**



**Sigma = 20**



**Sigma = 50**



Dans la suite, on affiche sur chaque ligne l'image débruitée à gauche et la différence entre les images bruitée et débruitée à droite.

## 2 DCT Image Denoising : a Simple and Effective Image Denoising Algorithm

2011-10-24 · Guoshen Yu, Guillermo Sapiro

### 2.1 Image sombre

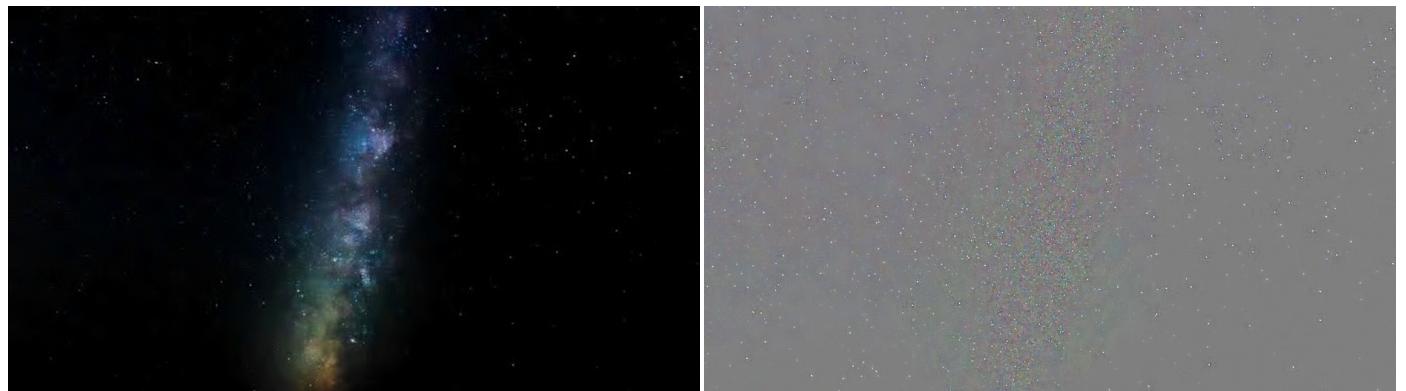
**Sigma = 2**



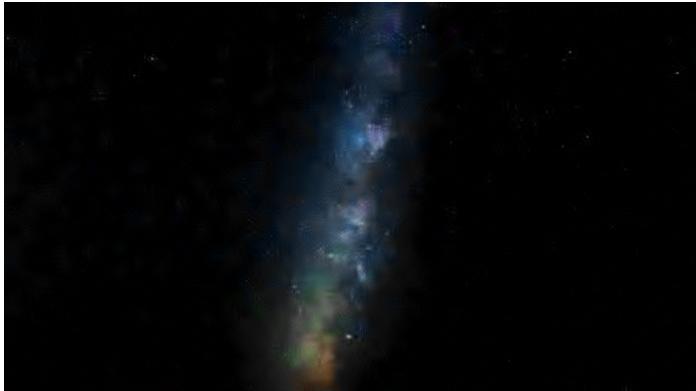
**Sigma = 10**



**Sigma = 20**



**Sigma = 50**

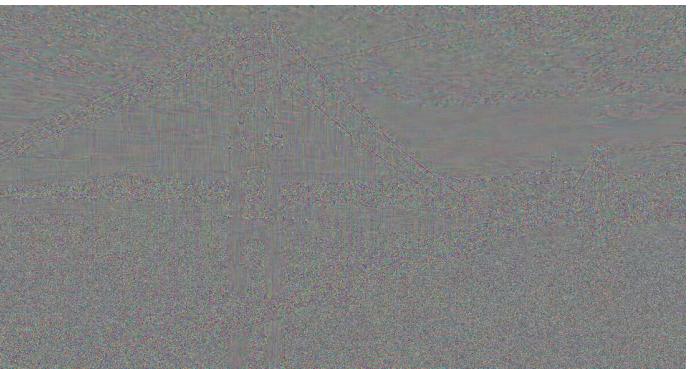


## 2.2 Image lumineuse

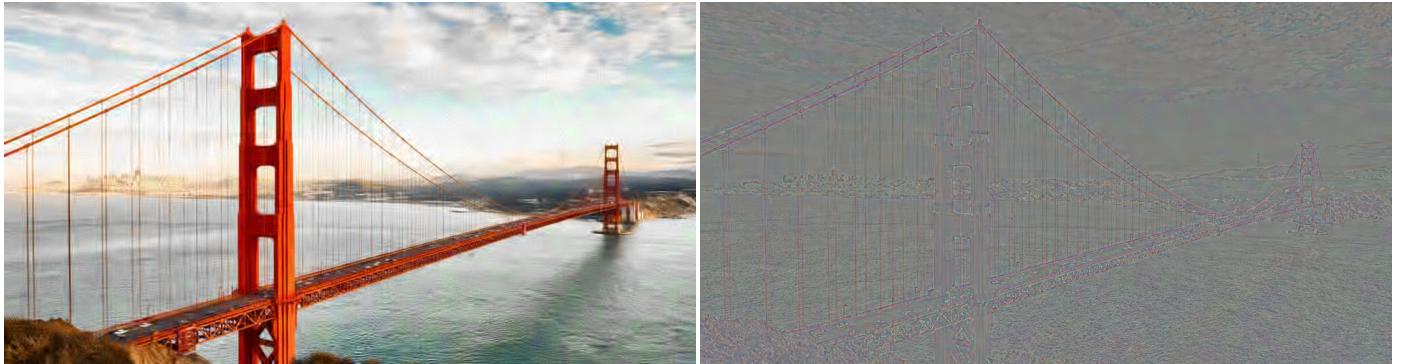
**Sigma = 5**



**Sigma = 10**



**Sigma = 50**



### 2.3 Analyse

Dans le cas d'une image sombre, un bruit Gaussien de variance 2 semble relativement imperceptible et l'image débruitée semble identique à celle originale. Lorsque le bruit est de variance 10, les étoiles commencent à perdre en intensité et à disparaître. On remarque aussi sur la différence entre l'image bruitée et celle nettoyée que la DCT s'est concentrée sur les parties plus lumineuses de l'image. Pour  $\sigma = 20$ , le nettoyage est encore plus important que précédemment et une grande partie des étoiles ont été assimilées à du bruit et donc retirées. Pour  $\sigma = 50$ , les étoiles ont été retirées dans leur grande majorité et le centre plus lumineux a été fortement uniformisé, retirant au passage les hautes fréquences correspondant à quelques pics lumineux. Dans le cas d'une image sombre, cette méthode a tendance à uniformiser les images quitte à leur donner un effet lisse et laiteux ou flou.

Pour l'image lumineuse, le bruit de  $\sigma = 5$  est très peu perceptible. La différence d'images montre d'ailleurs qu'un bruit plutôt aléatoire a été retiré de l'image, et on remarque au passage que la zone de ciel bleu au-dessus du pont a été peu affectée et que le débruitage a presque été insensible à la structure fine des barres métalliques du pont. Pour  $\sigma = 10$ , on commence à remarquer des artefacts autour des éléments fins du pont et les nuages ont des bords moins marqués que précédemment. On ne remarque pas spécialement de bruit dans l'image mais celle-ci semble tout de même avoir perdu en netteté. Pour  $\sigma = 50$ , l'image originale est très bruitée et la tache de nettoyage semble compliquée. De fait, le résultat final est éloigné de l'image originale : le ciel est très uniformisé et ses détails ne ressortent plus beaucoup, les nuages semblent pixellisés, la mer a perdu en détails et seules quelques vagues sont encore clairement perceptibles en bas à droite de l'image, la végétation en bas à gauche est moins affectée mais peu nette, les tiges métalliques du pont ont été en partie effacées créant des composantes non connexes avec des halos bruités apparus autour et très visibles, et la ville au fond de l'image est maintenant impossible à identifier, devenue simple masse colorée. L'image différenciée correspondante montre clairement la structure de l'image originale en mettant en avant tous les contours des différents éléments, ce qui signifie que l'opération de débruitage a particulièrement insisté sur la suppression de ces contours.

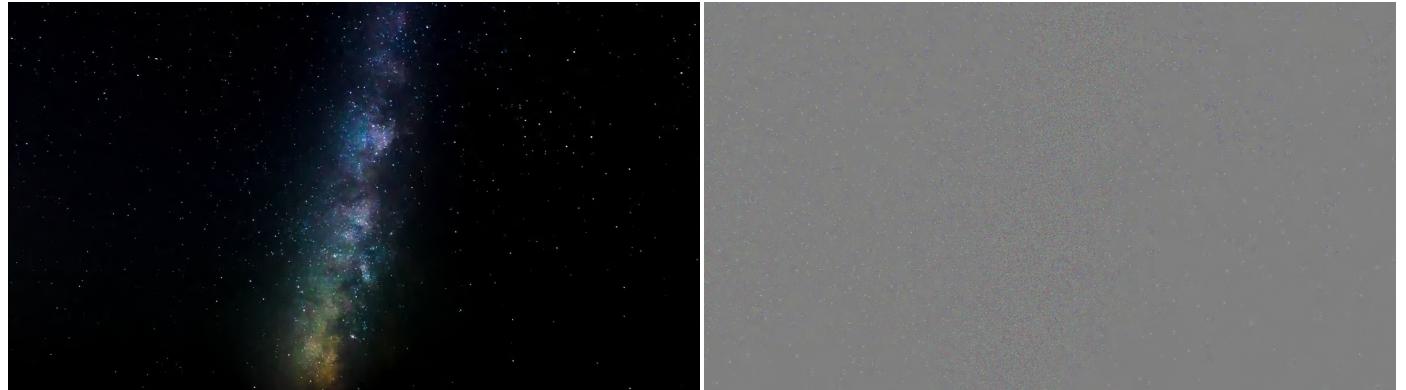
Cette opération de DCT permet donc de supprimer un bruit gaussien plutôt faible, et ce sans trop détériorer l'image, mais a tendance à flouter l'image d'autant plus que la variance du bruit est élevée, supprimant ainsi les hautes fréquences de l'image et donc ses détails.

### 3 Multi-Scale DCT Denoising

2017-10-29 · Nicola Pierazzo, Jean-Michel Morel, Gabriele Facciolo

#### 3.1 Image sombre

**Sigma = 10, Patch size = 8**



**Sigma = 20, Patch size = 4**



**Sigma = 20, Patch size = 8**



**Sigma = 20, Patch size = 16**



**Sigma = 50, Patch size = 8**

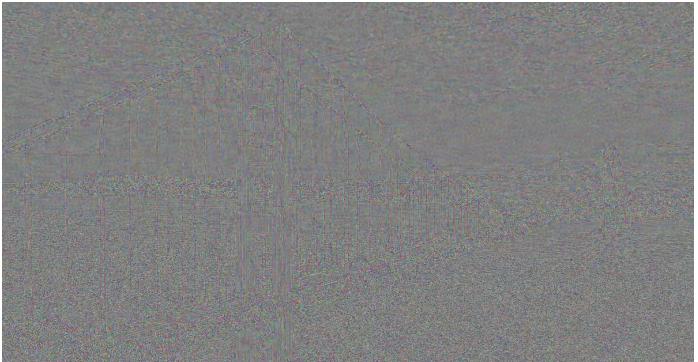


### 3.2 Image lumineuse

**Sigma = 10, Patch size = 8**



**Sigma = 20, Patch size = 4**



**Sigma = 20, Patch size = 8**



**Sigma = 20, Patch size = 16**



**Sigma = 50, Patch size = 8**



### 3.3 Analyse

Considérons d'abord un patch de taille constante égale à 8 et étudions l'évolution du débruitage avec la variance du bruit ajouté.

Pour un bruit plutôt faible  $\sigma = 10$ , les détails de l'image de faible luminosité semblent conservés : les étoiles sont toujours visibles et les détails de la partie lumineuse sont encore très présents. Le bruit retiré visible à droite est cependant plus concentré sur les zones lumineuses où il peut être assimilé à un bruit gaussien, mais on note tout de même qu'une légère suppression de bruit a été effectuée sur les parties noires de l'image. Lorsque  $\sigma = 20$ , les étoiles des contours ont été en grande partie supprimées et le centre de la galaxie commence à paraître flouté. Il est intéressant d'observer sur la différence d'images que des zones plus étendues ont été affectées autour des étoiles isolées, semblable à la suppression de gaussiennes en dimension 2, et que des zones très colorées sont présentes autour de la galaxie centrale, semblables à des aberrations chromatiques, comme si le débruitage avait plus affecté certains canaux chromatiques que d'autres. Pour  $\sigma = 50$ , l'opération a également été destructive, effaçant une partie des étoiles et donnant des effets pixellisés à la galaxie centrale où semblent s'enchaîner des zones orange, verte, bleu et violet avec rupture entre elles. Cependant, en comparant ce résultat avec celui de la Simple & Efficient DCT, on remarque que le débruitage a été plus efficace ici puisque l'on a tout de même conservé quelques dizaines d'étoiles sur les bords et que la galaxie est plus nette, l'entremêlement de bleu et de violet en haut étant clairement visible ce qui n'était plus le cas précédemment. La différence de la droite est également très expressive : de fortes variations chromatiques ont été retirées au centre de la galaxie tandis que les bords ont été autant affectés que pour  $\sigma = 20$ .

Pour une image lumineuse, le bruit faible ( $\sigma = 10$ ) est retiré sans particulièrement affecter l'image. La carte de différences montre d'ailleurs que les pixels ont été affectés indépendamment les uns des autres puisque les différentes couleurs n'y sont présentes que sur de très petites zones, ce qui est très proche d'un bruit gaussien. Avec un bruit plus important ( $\sigma = 20$ ), le résultat est toujours très satisfaisant : les nuages et le ciel semblent légèrement uniformisés mais la mer et la végétation ne paraissent pas avoir été touchées, le pont se détache très nettement du fond de l'image et peu d'aliasing est distinguable. La qualité de l'image semble toujours très bonne, bien que manquant globalement de netteté. Enfin dans le cas d'une image très bruitée ( $\sigma = 50$ ), l'image est plus perturbée : la structure du pont est bien moins nette, certaines barres ayant été effacées, la ville au fond de l'image est toujours distinguable par ses contours mais très floutée, la mer a beaucoup perdu en détails sur ses zones plus claires et le ciel semble avoir subi des opérations par patch carrés car il apparaît plus pixellisé que précédemment. La différence d'images fait très nettement ressortir les bords fins dans l'image qui sont par conséquent ceux qui ont été très affectés.

Concernant l'évolution du débruitage à variance constante ( $\sigma = 20$ ) et taille de patch croissante, on observe sur l'image sombre que plus la taille de patch augmente, plus l'on perd en détails sur l'image, les étoiles sur les bords disparaissant et la galaxie centrale perdant en netteté. En revanche, lorsque les patchs sont petits (de taille 4), tout le bruit n'est pas supprimé et on observe toujours des inhomogénéités dans les parties obscures de l'image ainsi qu'aux bords de la galaxie. Dans le cas de l'image lumineuse, un patch trop petit laisse toujours beaucoup de bruit sur l'image (une impression de grains comme sur des photos argentiques persiste), visible sur toutes l'image et plus marqué dans les zones claires. Lorsque le patch est très grand (taille 16), la mer ne semble pas affectée mais le pont commence à avoir des artefacts sur ses contours fins et le ciel semble très irrégulier et bien moins net que précédemment.

Ainsi, cette méthode corrige des bruits faibles ou intermédiaires sur des images mais est peu efficace sur des bruits forts. On note également que le débruitage sur un bruit  $\sigma = 20$  avec cette méthode donne le même résultat que pour  $\sigma = 10$  avec la Simple & Efficient DCT : on a donc gagné en tolérance par rapport au bruit et on peut retirer des bruits plus importants. Enfin, la taille des patchs considérés influe directement sur le résultat final : des patchs trop petits laisseront du bruit dans le résultat tandis que des patchs trop grands

couperont plus massivement des hautes fréquences. Il est donc important de trouver un juste milieu sur cette taille.

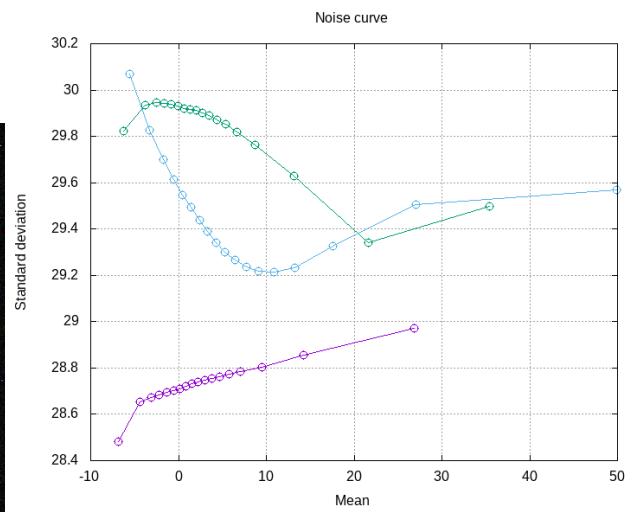
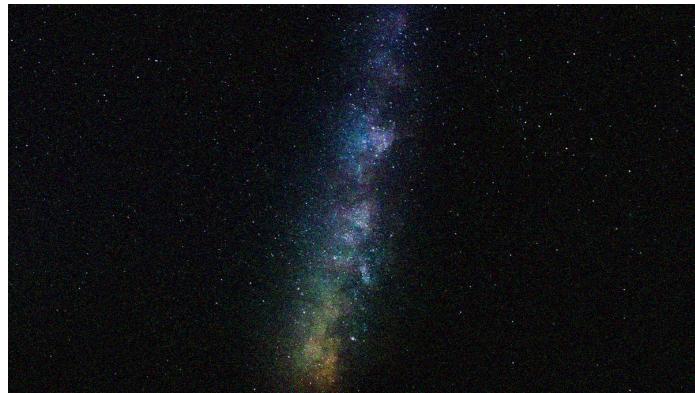
## 4 Analysis and Extension of the Ponomarenko et al Method, Estimating a Noise Curve from a Single Image

2013-07-23 · Miguel Colom, Antoni Buades

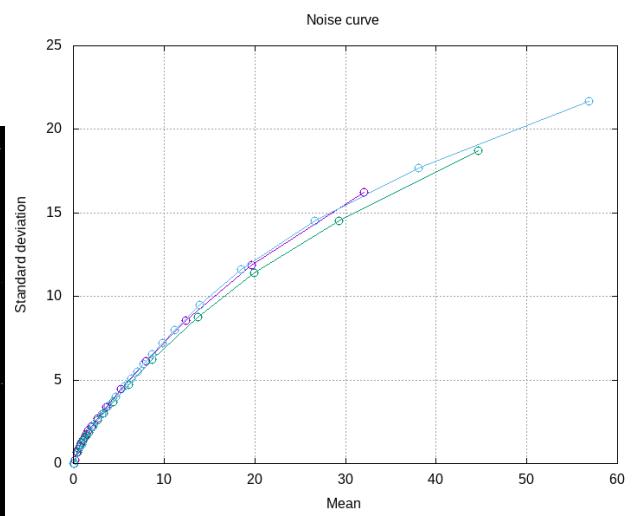
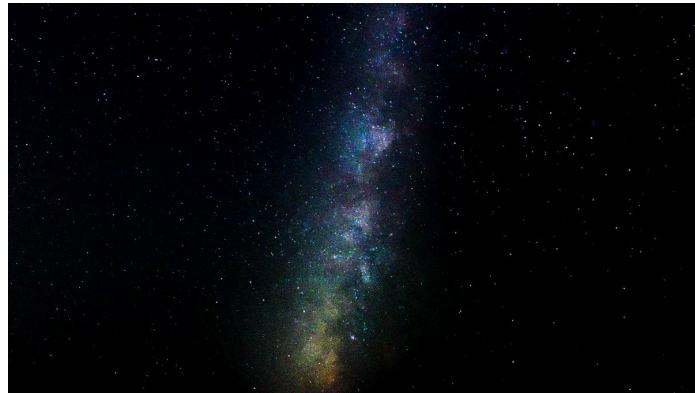
On affiche dans la suite, pour chaque modèle de bruit, l'image bruitée à gauche et le graphique d'évolution de son écart-type en fonction des valeurs de l'image à droite.

### 4.1 Image sombre

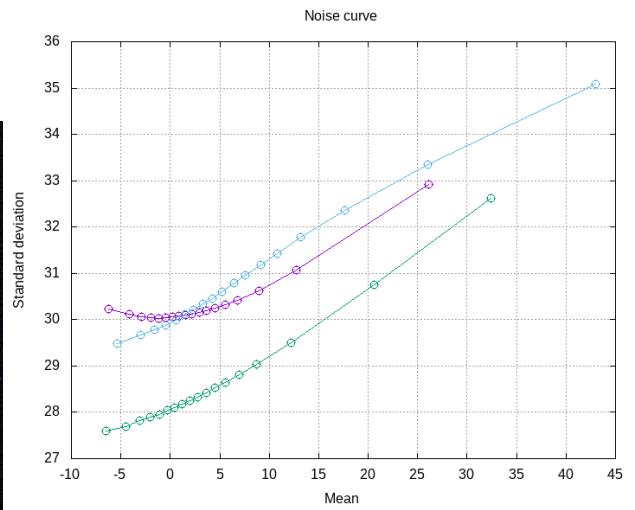
**Bruit**  $n = 900$



**Bruit**  $n = 9u$

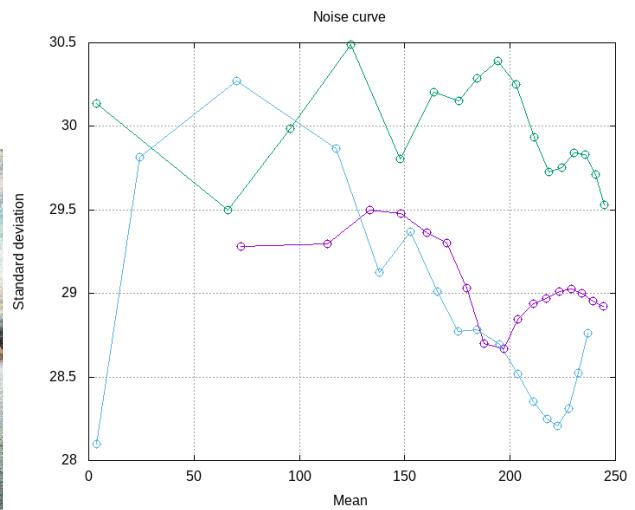


**Bruit**  $n = 900 + 9u$

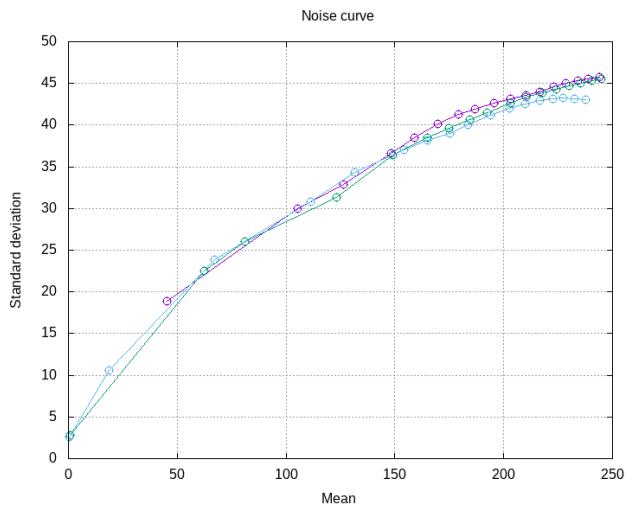


## 4.2 Image lumineuse

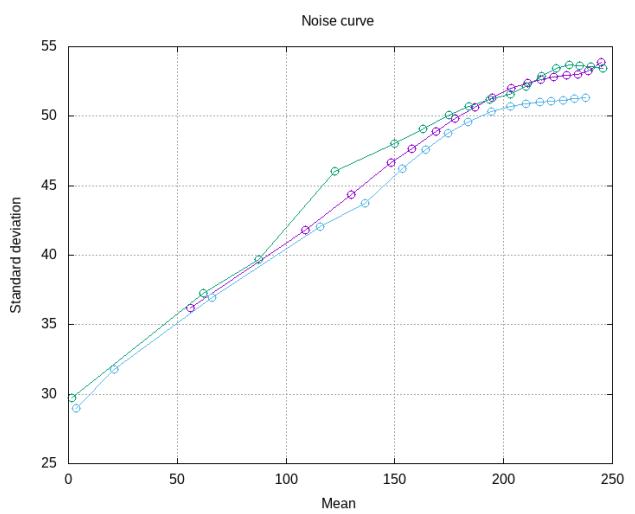
**Bruit**  $n = 900$



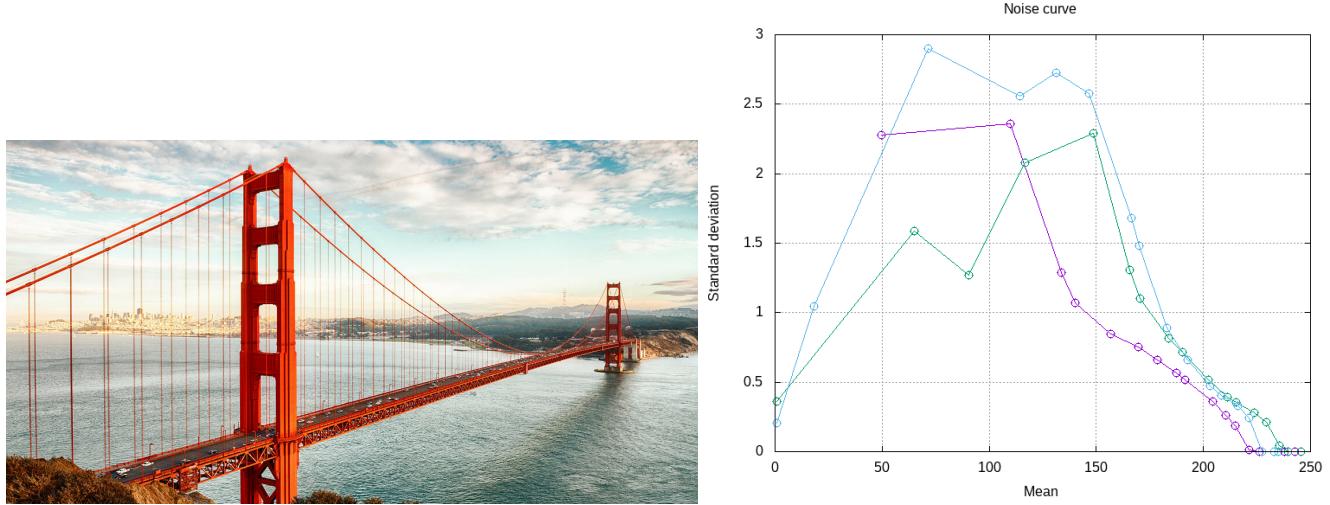
**Bruit**  $n = 9u$



**Bruit**  $n = 900 + 9u$



## Bruit $n = 0$



### 4.3 Analyse

Cet article donne une méthode pour évaluer le bruit dans une image. Dans le cas d'une image lumineuse, on remarque que le bruit est bien croissant en racine carrée lorsqu'on l'a défini comme linéaire avec l'image, et ce pour tous les canaux de couleur. Cela est logique puisque la variance est définie comme linéaire avec l'image et que l'écart-type est la racine de la variance donc aussi racine de l'image. Lorsque l'on rajoute une valeur constante de bruit ( $n = 900 + 9u$ ), la courbe est simplement décalée de  $30 = \sqrt{900}$  vers le haut mais on perd une partie du caractère racine-carrée de la courbe, qui devient plutôt linéaire pour les basses lumières. On note ensuite que, pour un bruit constant dans l'image ( $n = 900$ ), l'écart-type est centré en 30 mais oscille considérablement en fonction des valeurs de l'image et n'est même pas le même selon les canaux : le rouge a une variance plus faible que les autres canaux. L'estimation n'est donc pas parfaite et la suppression d'un tel bruit laisserait des résidus dans l'image. Enfin, on note que pour un bruit nul ( $n = 0$ ) ajouté à l'image d'origine, l'algorithme détecte tout de même un bruit avec variance non nulle pour les valeurs intermédiaires de l'image : dans ce cas, supprimer un tel bruit ne ferait que retirer des informations dans l'image.

Dans le cas d'une image sombre, le modèle linéaire avec l'image ( $n = 9u$ ) est bien restitué et ce pour tous les canaux. Pour un modèle affine ( $n = 900 + 9u$ ), le bruit est mal évalué pour les faibles lumières où il semble plutôt parabolique : il y a ici un risque de mal débruiter les basses lumières. Enfin, pour un modèle constant ( $n = 900$ ), le bruit est mal restitué par le modèle : les 3 canaux de couleur sont décorrélés avec des variances différentes les unes des autres et des profils d'écart-type qui baissent pour les basses fréquences avant de remonter sur des fréquences plus élevées. Le bruit est mal évalué et sa suppression selon ce modèle ferait perdre de l'information dans les basses lumières.

**Le modèle est donc robuste pour estimer un bruit qui est linéaire avec l'image mais ne parvient pas correctement à estimer l'écart-type dans les basses lumières, en particulier pour un bruit constant.**