



Non-Local Means Filter

Débruitage d'image



27 Octobre 2022
UE Vision

BELKHITER, STORAÏ

Sommaire

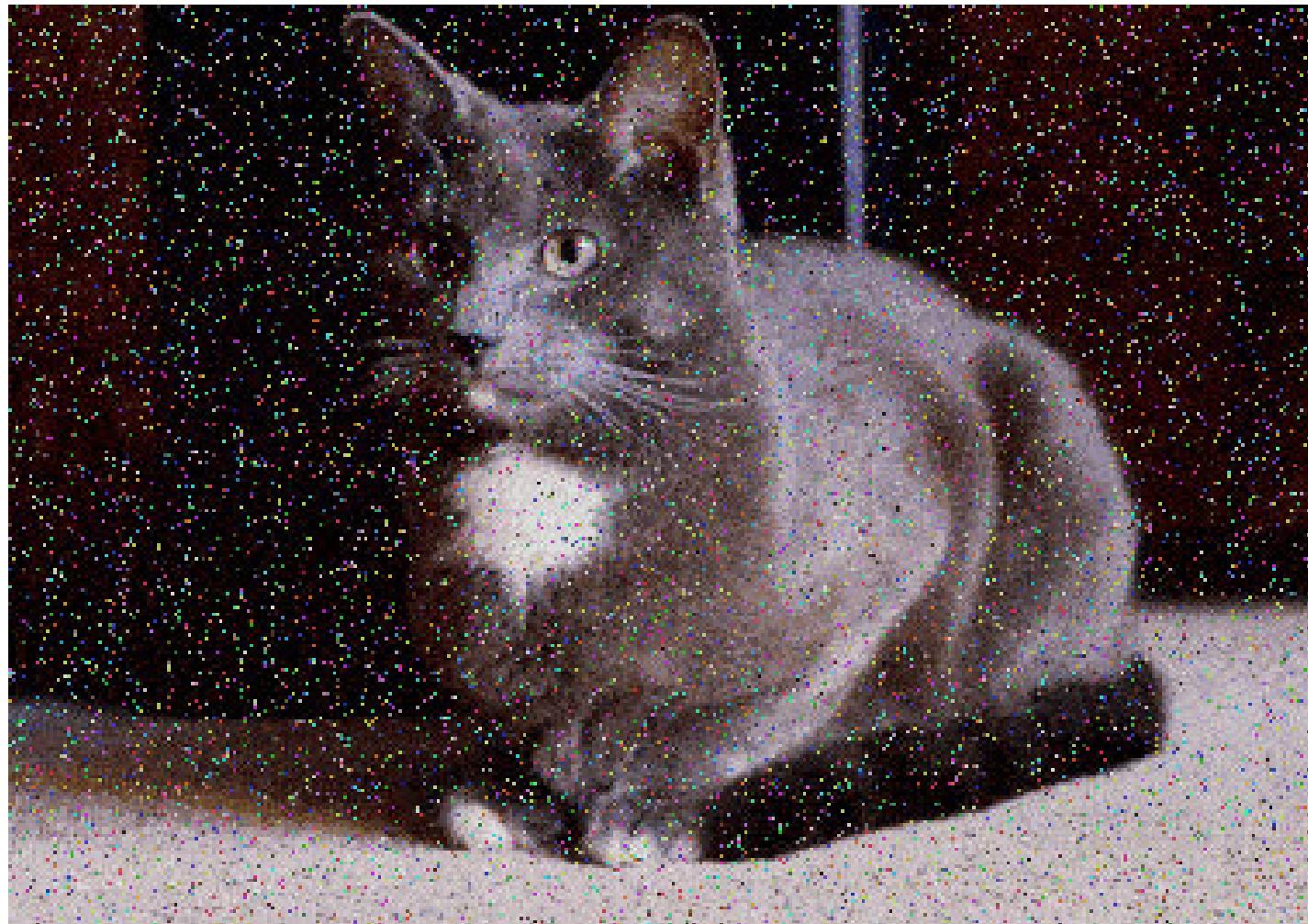
1. Le bruit, et le débruitage
2. Le NL-Means Filter
3. L'algorithme
4. Résultats obtenus





I. Le Bruit, et le Débruitage

Pourquoi débruiter un image ?



- Mieux voir les détails les plus fins de l'image
- Avoir une meilleure qualité
- Pouvoir travailler sur l'image (détection de contours, ...)



I. Le Bruit, et le Débruitage

Il existe de nombreux filtres de débruitage



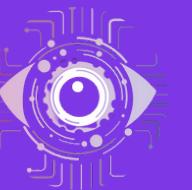
FILTRE MIN

FILTRE MAX

FILTRE MEDIAN

FILTRE NLMEANS





III. Le NL-Means Filter

Plusieurs régions similaires
(appelées Patches)

$$w(p, q) = \exp\left(-\frac{\max(d^2 - 2\sigma^2, 0)}{h^2}\right)$$

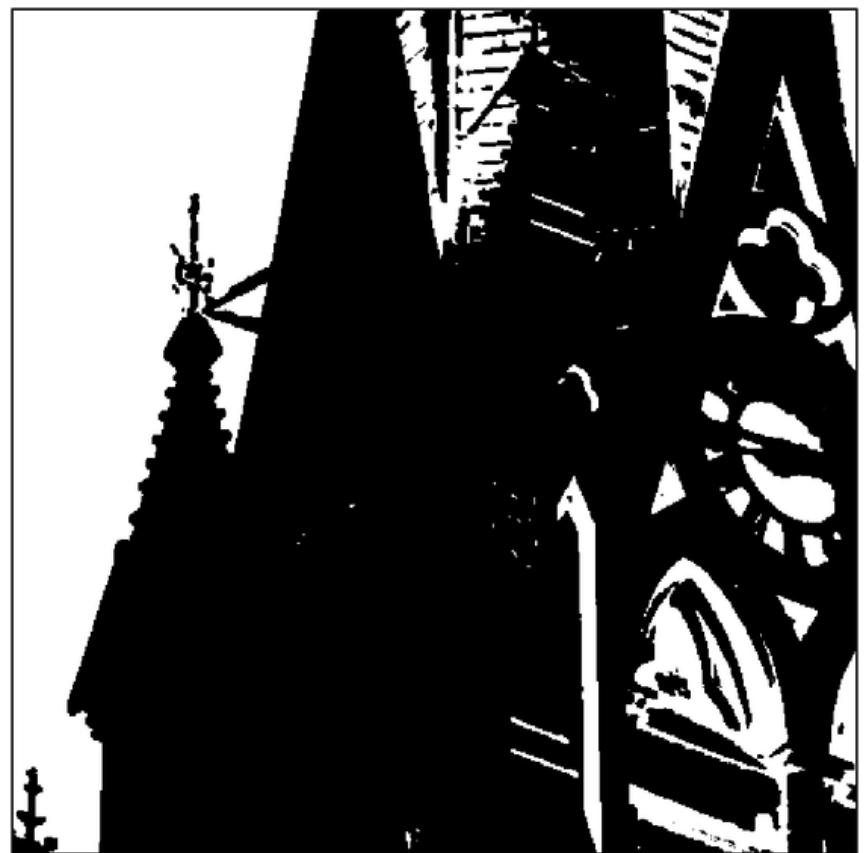
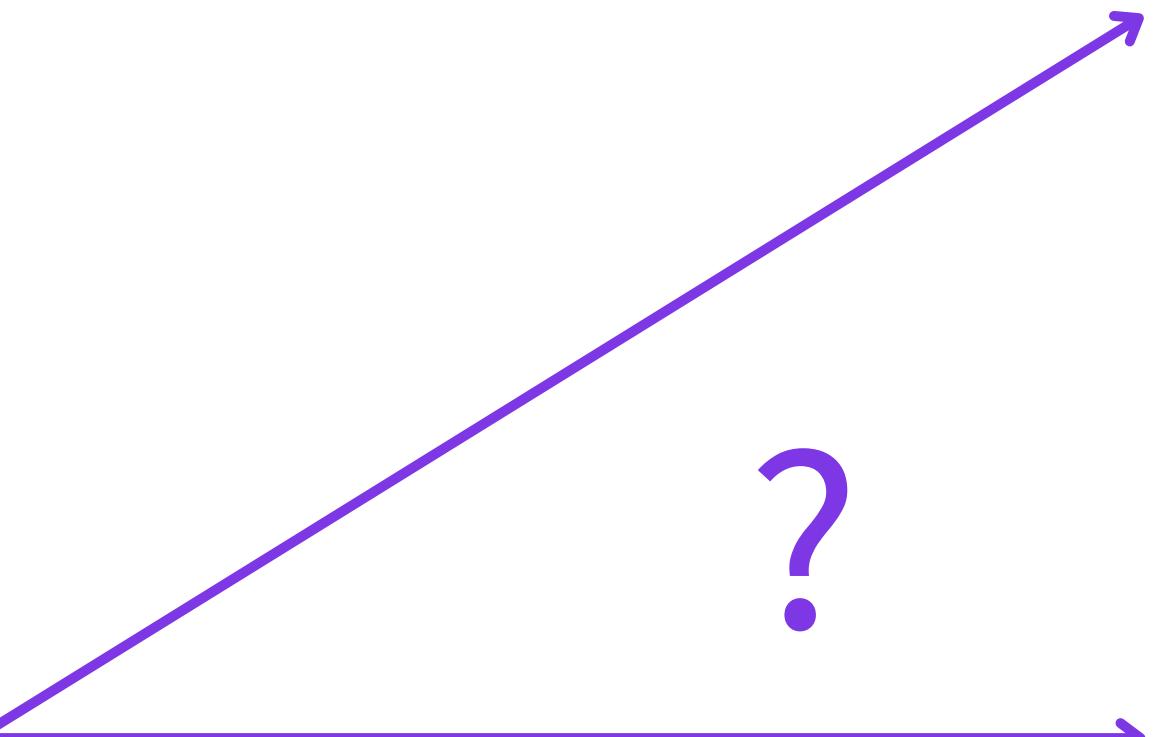
Poids (similitude entre les régions p et q)
avec $h = k\sigma$
et d^2 la distance Euclidienne carrée



III. Le NL-Means Filter

**Représentation du poids de chaque pixel
pour 2 patches donnés**

Blanc : poids élevé





III. Le NL-Means Filter

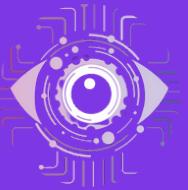
$$NLu(p) = \frac{1}{W} \sum_{q \in I} w(P(p), P(q)) \times q$$



Non-Local Means

Remplacer un pixel par la moyenne des couleurs des pixels similaires





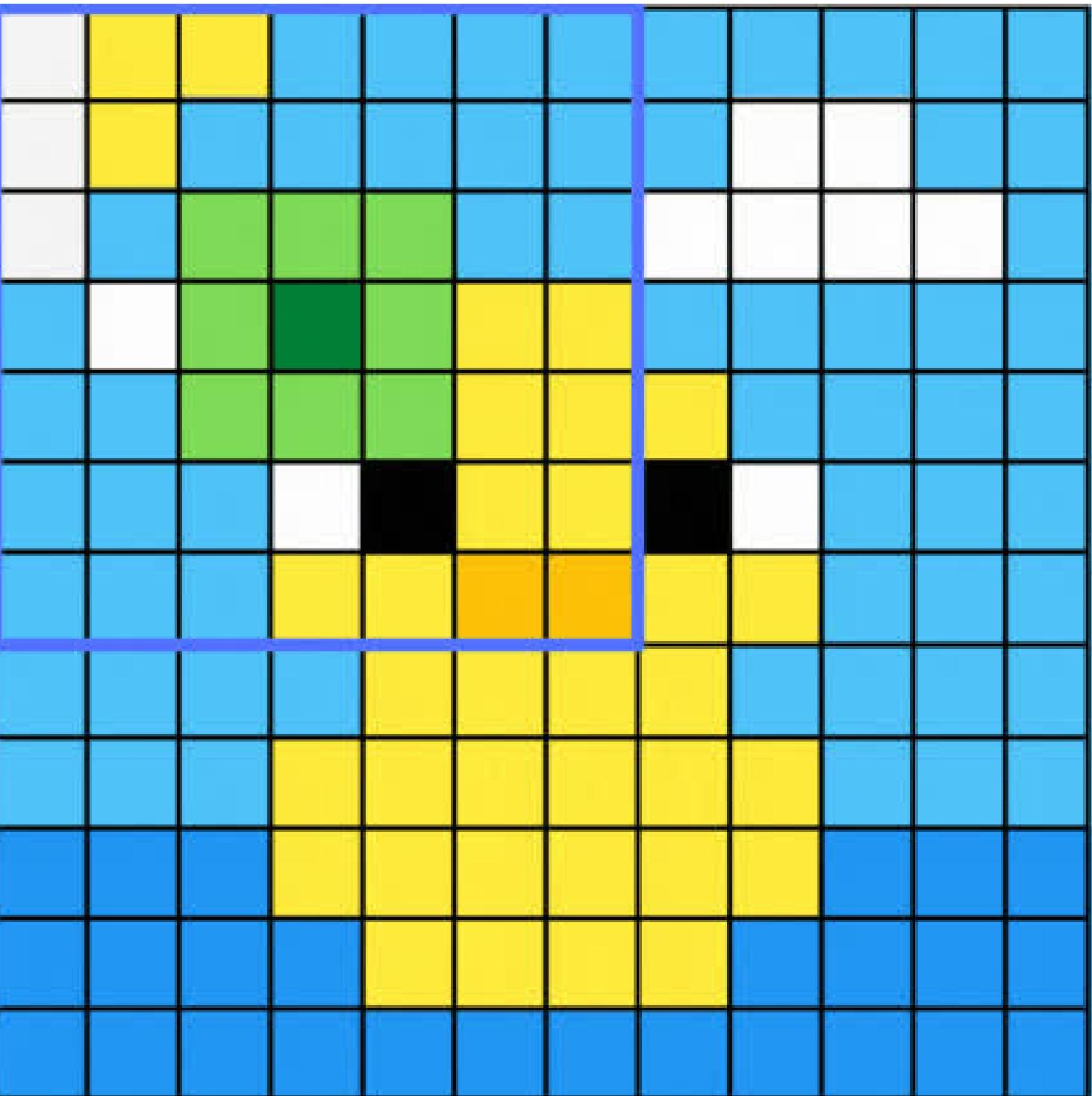
III. L'algorithme

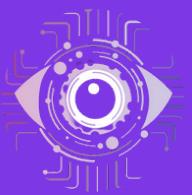
Principe de fonctionnement

Pour chaque pixel

1. Définir le patch de référence
2. Définir la fenêtre de recherche
3. On balaye les patchs de la fenêtre de recherche

$$NLu(p) = \frac{1}{W} \sum_{q \in I} w(P(p), P(q)) \times q$$



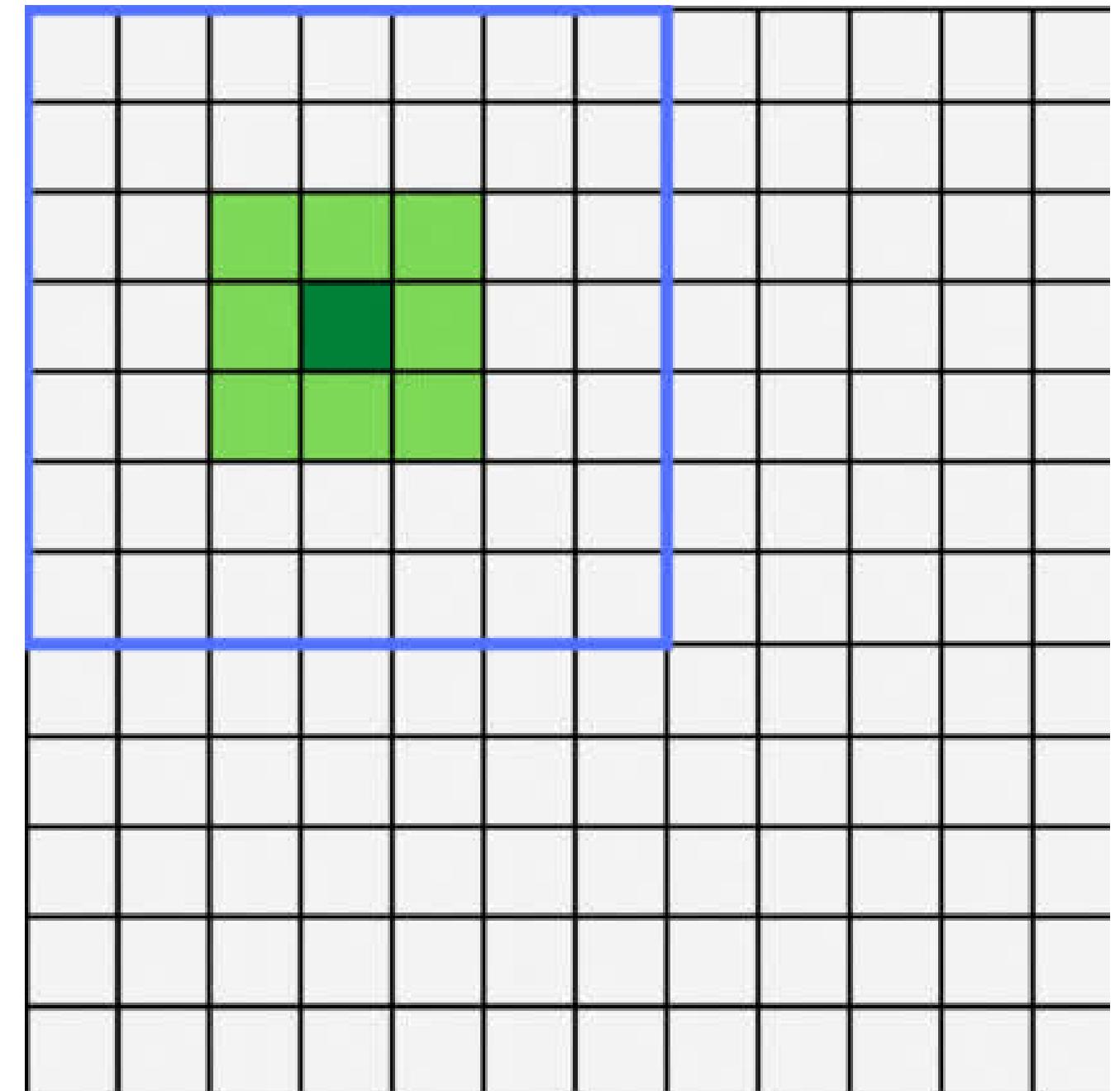


III. L'algorithme

Beaucoup de paramètres à déterminer

- 1 *taillePatch*
- 2 *formePatch*
- 3 *tailleFenetre*
- 4 *tailleImage*
- 5 h
- 6 σ

$$w(p, q) = \exp\left(-\frac{\max(d^2 - 2\sigma^2, 0)}{h^2}\right)$$



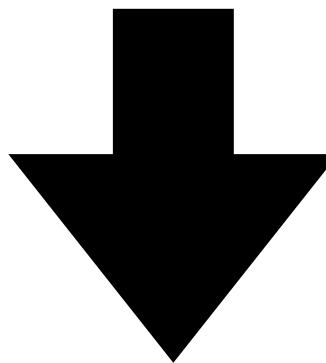


III. L'algorithme

Beaucoup de paramètres à déterminer...



Antoni Buades , Bartomeu Coll , Jean-Michel Morel. Non-Local Means Denoising
Published in Image Processing On Line on 2011-09-13



Gray				Color					
σ	Comp.	Patch	Res. Block	h	σ	Comp.	Patch	Res. Block	h
$0 < \sigma \leq 15$		3×3	21×21	0.40σ	$0 < \sigma \leq 25$		3×3	21×21	0.55σ
$15 < \sigma \leq 30$		5×5	21×21	0.40σ	$25 < \sigma \leq 55$		5×5	35×35	0.40σ
$30 < \sigma \leq 45$		7×7	35×35	0.35σ	$55 < \sigma \leq 100$		7×7	35×35	0.35σ
$45 < \sigma \leq 75$		9×9	35×35	0.35σ					
$75 < \sigma \leq 100$		11×11	35×35	0.30σ					

Table 1: Parameters of the patchwise implementation of the method.

III. L'algorithme

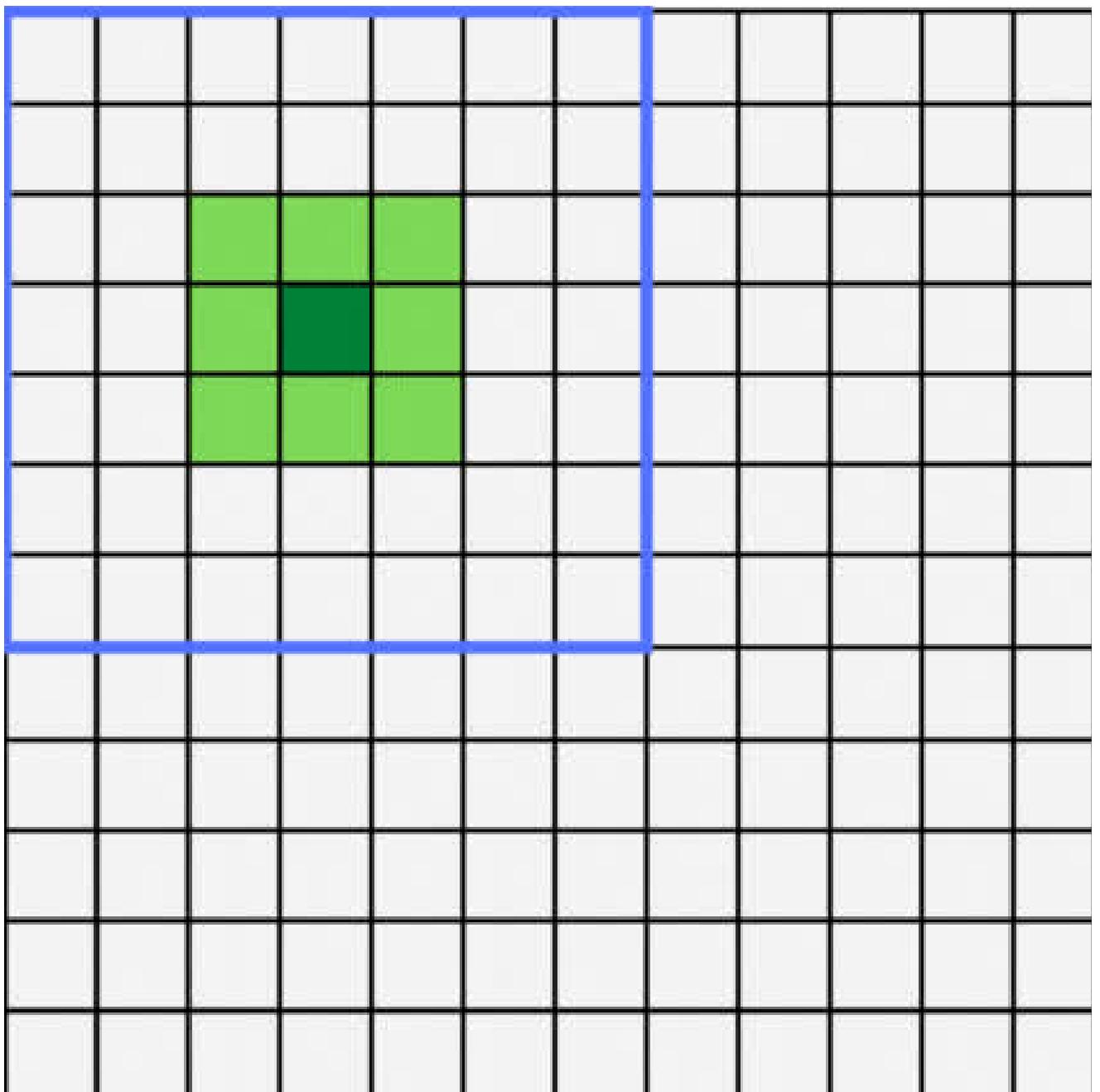
Notre objectif :

1. Déterminer l'influence des différents paramètres.
2. Estimer le sigma en fonction du bruit.
3. Étudier l'impact de la forme du patch.
4. Une nouvelle métrique : SSIM.



But de notre étude :

1. Déterminer de façon autonome les paramètres pour obtenir la meilleure restauration d'image.
2. Élaborer une méthode efficace pour (1), en minimisant les calculs.



III. L'algorithme

Méthode de notation

Le **SNR** est défini par rapport au signal, tandis que le **PSNR** est défini par rapport à la plage dynamique de pointe.

SNR

Signal-to-Noise Ratio

$$\text{SNR} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{\sum_{x=0}^{n_x-1} \sum_{y=0}^{n_y-1} [r(x,y)]^2}{\sum_{x=0}^{n_x-1} \sum_{y=0}^{n_y-1} [r(x,y) - t(x,y)]^2} \right]$$

reference image $r(x,y)$ with a test $t(x,y)$

Compare le niveau d'un signal souhaité au niveau du bruit de fond. Rapport entre la puissance du signal et celle du bruit, souvent exprimé en décibels.

PSNR

Peak signal-to-noise ratio

$$\text{PSNR} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{\max(r(x,y))^2}{\frac{1}{n_x \cdot n_y} \cdot \sum_{x=0}^{n_x-1} \sum_{y=0}^{n_y-1} [r(x,y) - t(x,y)]^2} \right]$$

reference image $r(x,y)$ with a test $t(x,y)$

Le rapport entre la puissance maximale possible d'une image et la puissance du bruit corrupteur qui affecte la qualité de sa représentation.

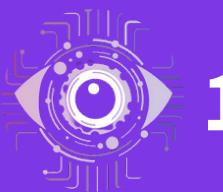
SSIM

Structural similarity index measure

$$\text{SSIM}(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)}$$

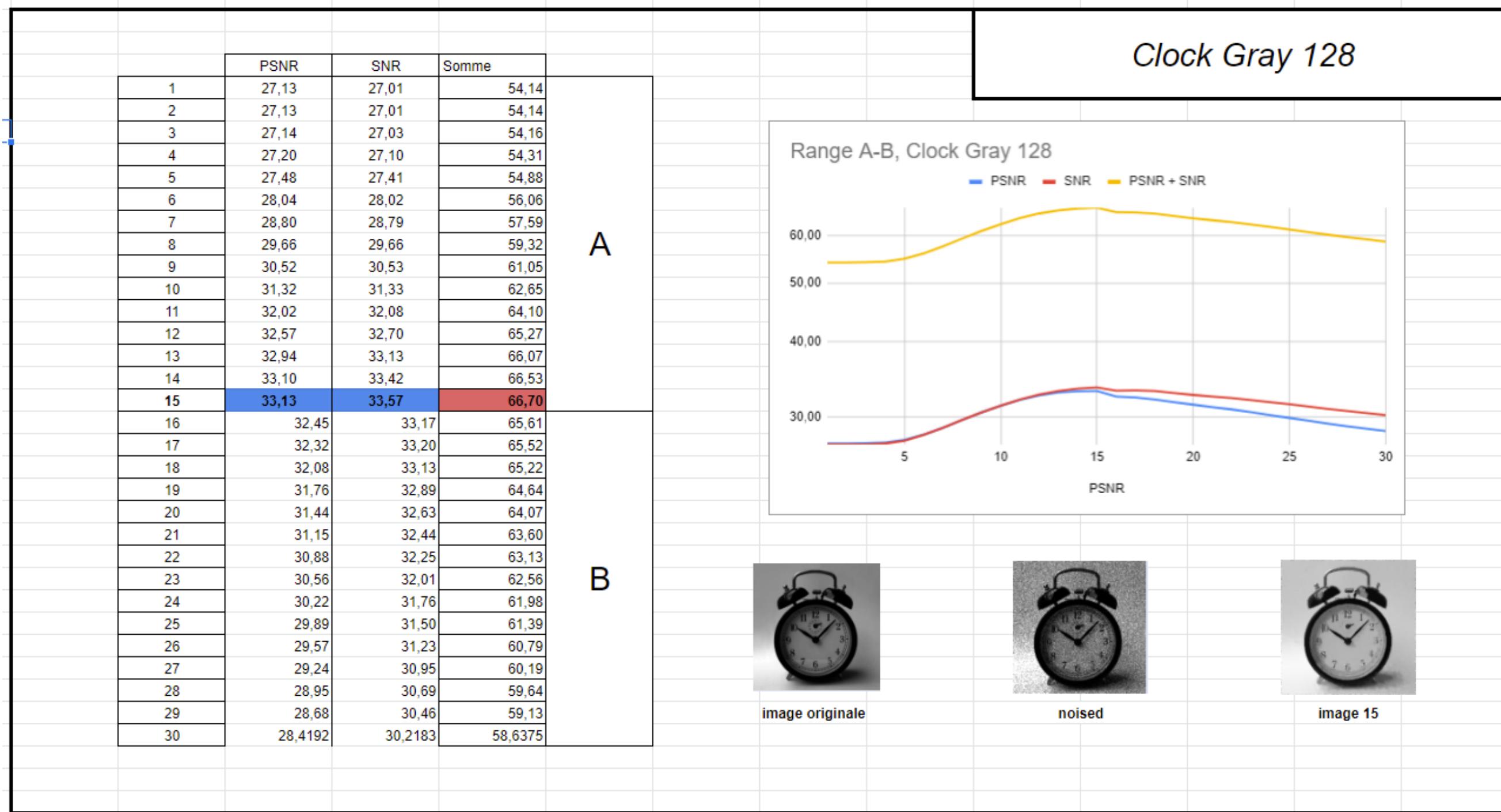
- μ_x the pixel sample mean of x ;
- μ_y the pixel sample mean of y ;
- σ_x^2 the variance of x ;
- σ_y^2 the variance of y ;
- σ_{xy} the covariance of x and y ;
- $c_1 = (k_1 L)^2$, $c_2 = (k_2 L)^2$ two variables to stabilize the division with weak denominator;
- L the dynamic range of the pixel-values (typically this is $2^{\text{#bits per pixel}} - 1$);
- $k_1 = 0.01$ and $k_2 = 0.03$ by default.

Prédiction de la qualité perçue des images numériques télévisuelles. Le SSIM est utilisé pour mesurer la similarité entre deux images.



IV. Les résultats

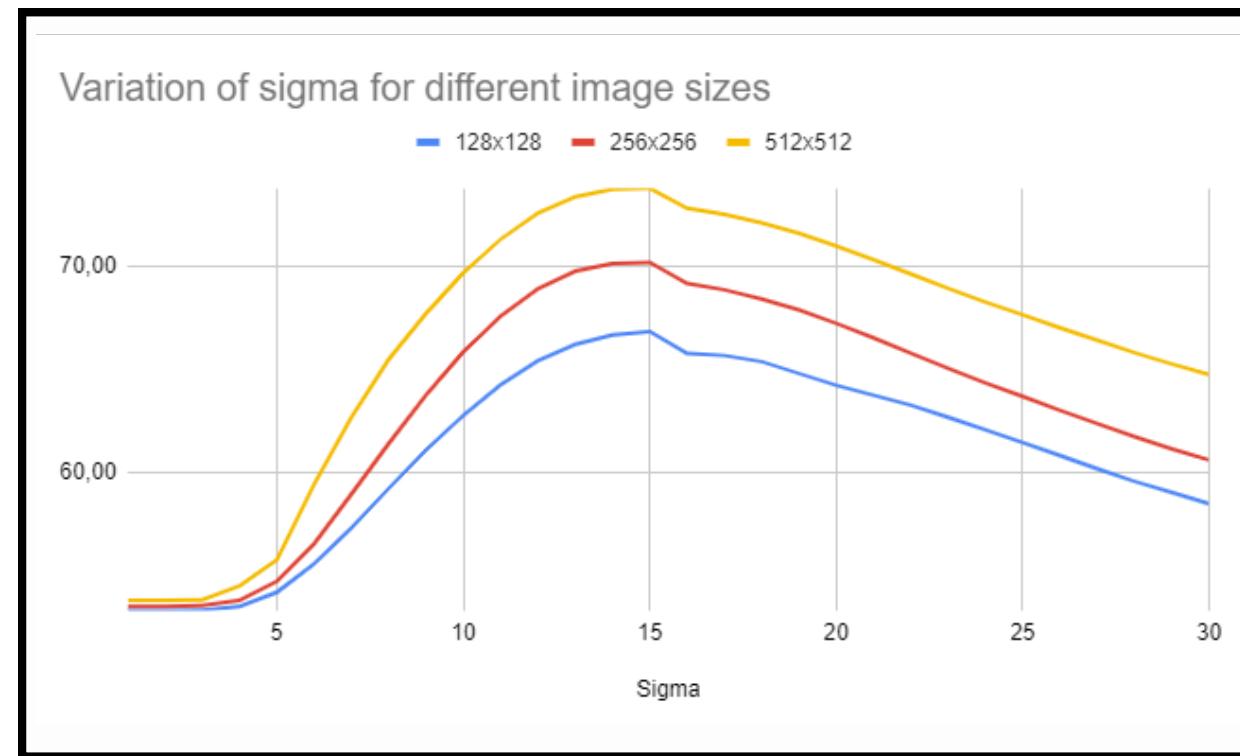
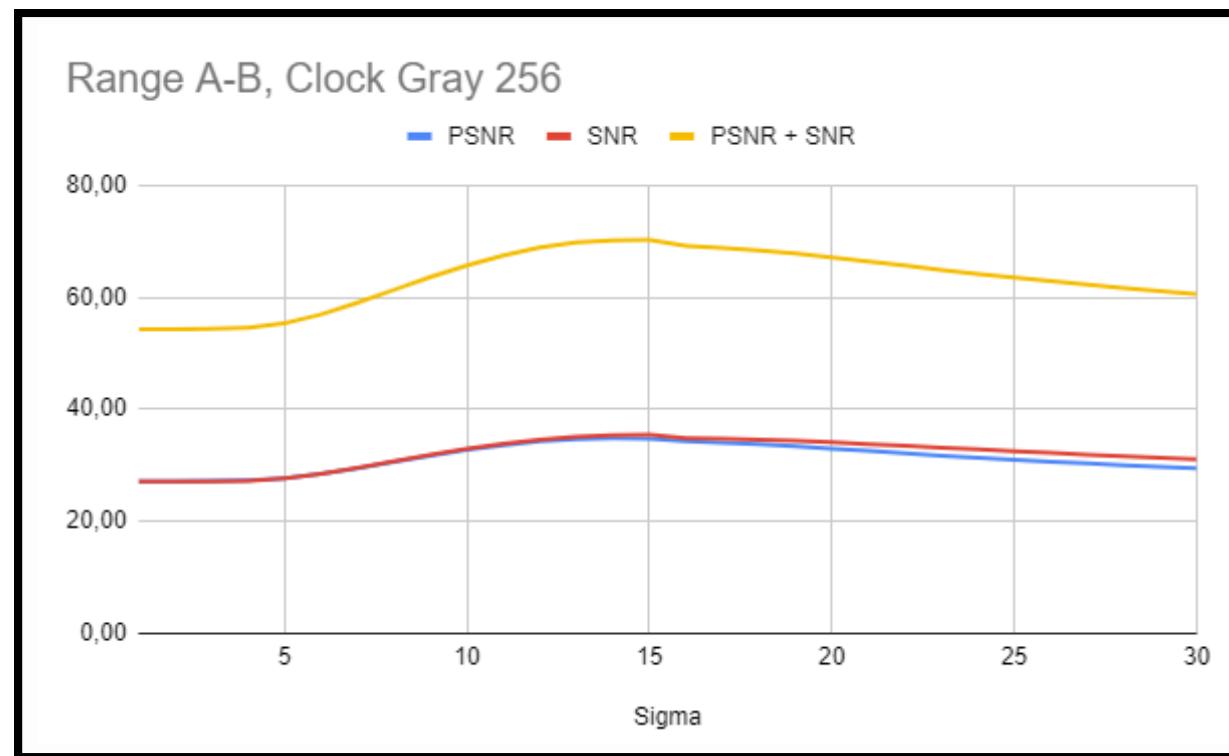
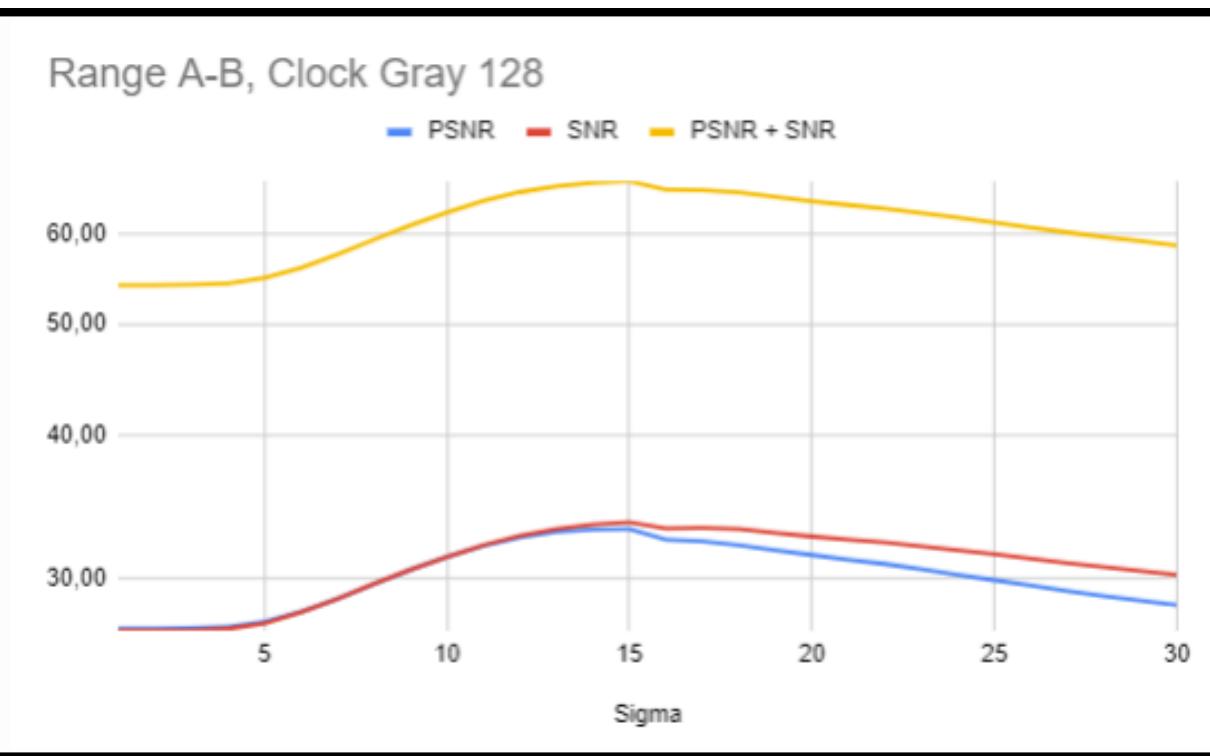
Influence de sigma et de h



Conclusion :
On détermine le sigma optimal pour les paramètres fixés, en trouvant les maximums locaux de SNR et PSNR

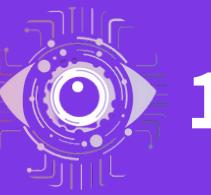
IV. Les résultats

Influence de la taille d'image



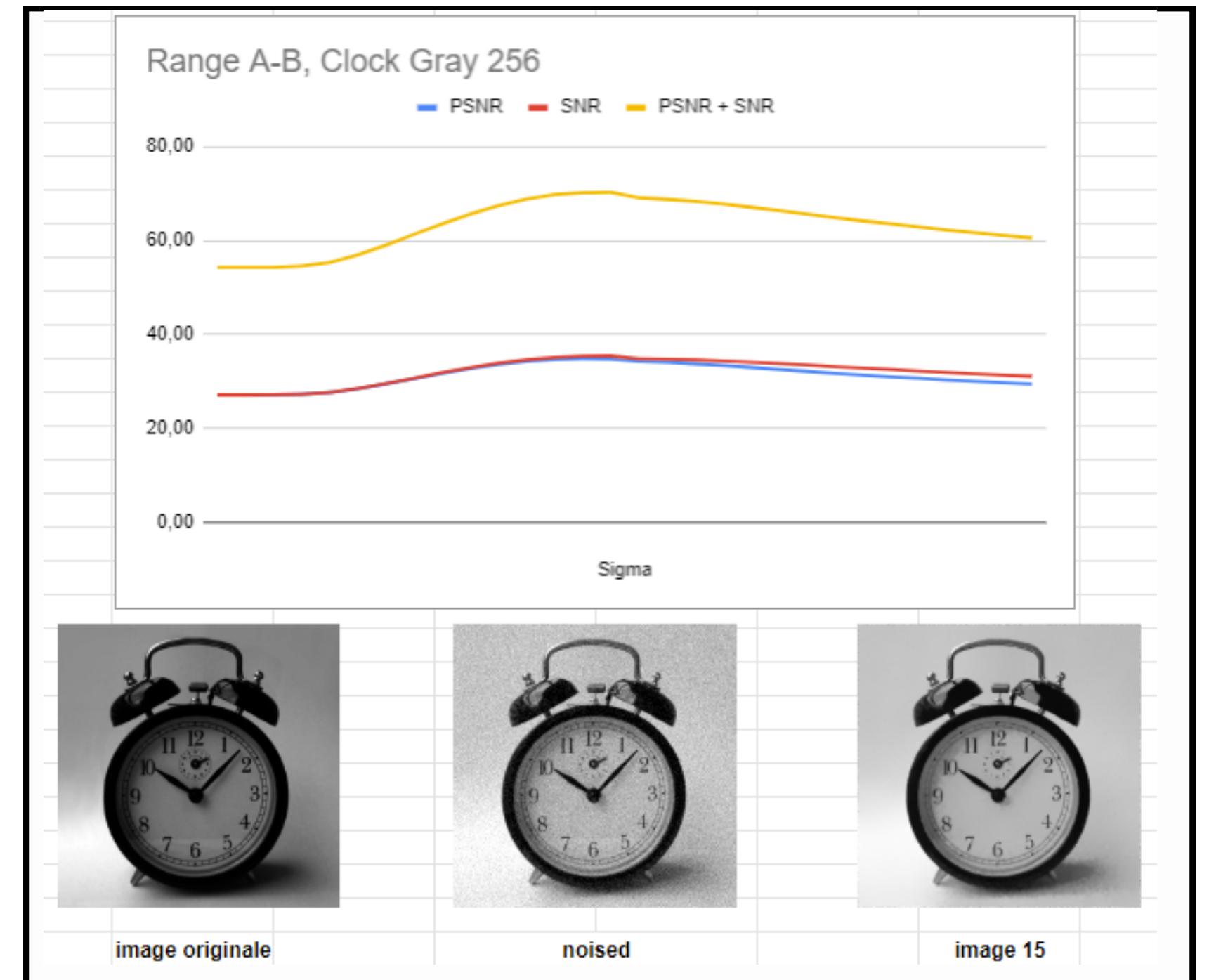
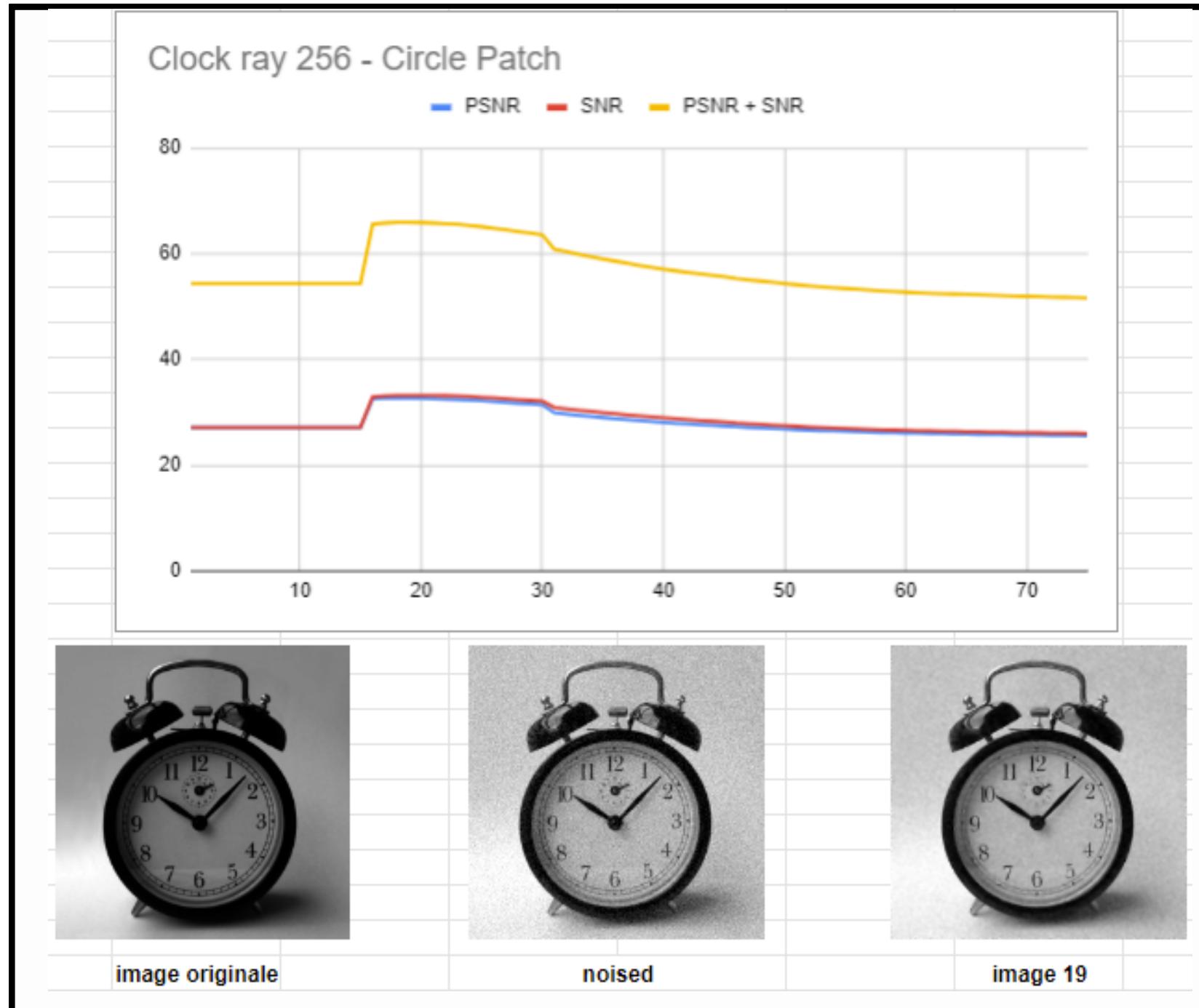
Conclusion :

Les images resized d'une image originale ont les mêmes valeurs de sigma optimale
(à paramètres fixés)



IV. Les résultats

Influence de la forme du patch



IV. Les résultats

Influence de la forme
du patch



ORIGINAL



CIRCLE PATCH



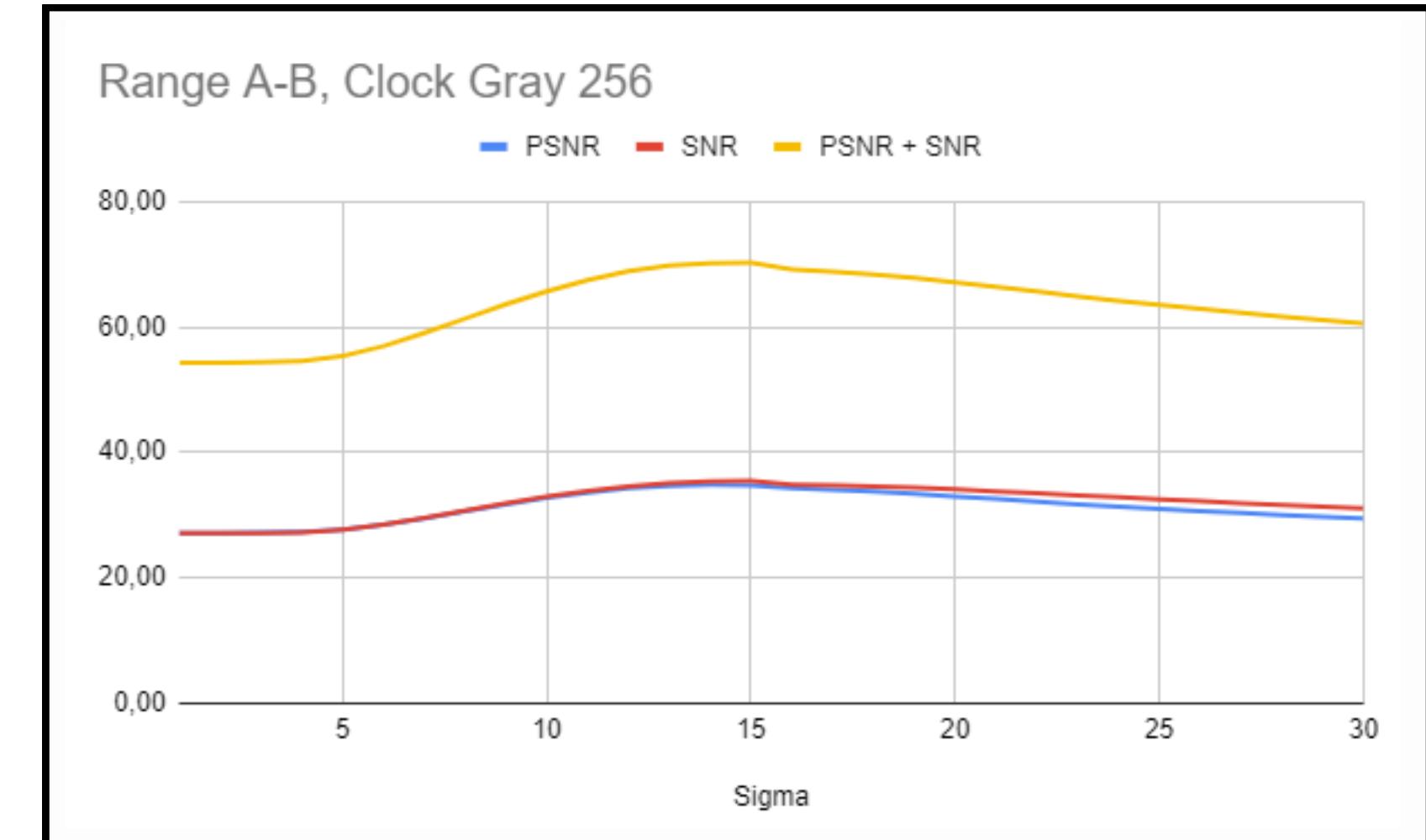
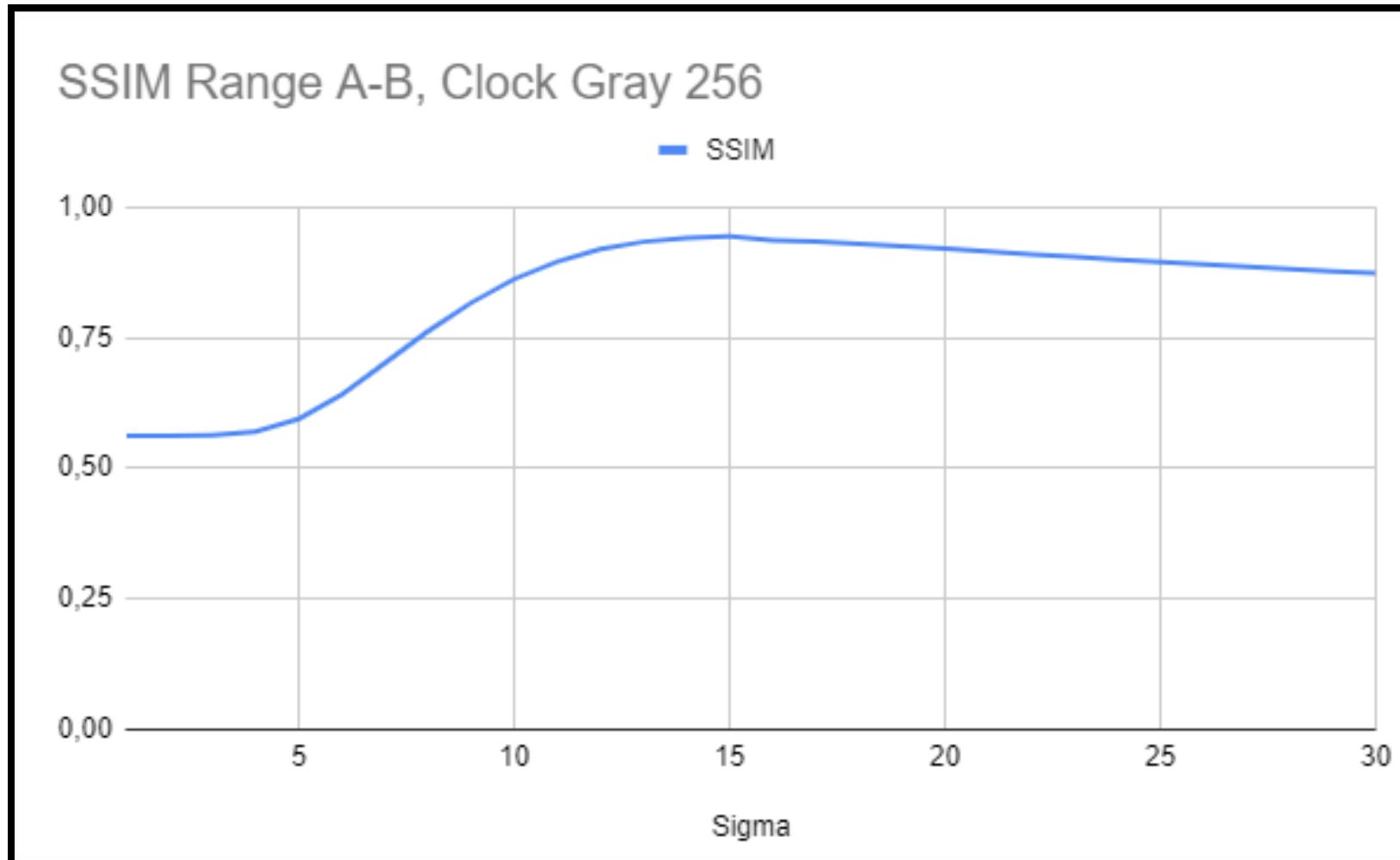
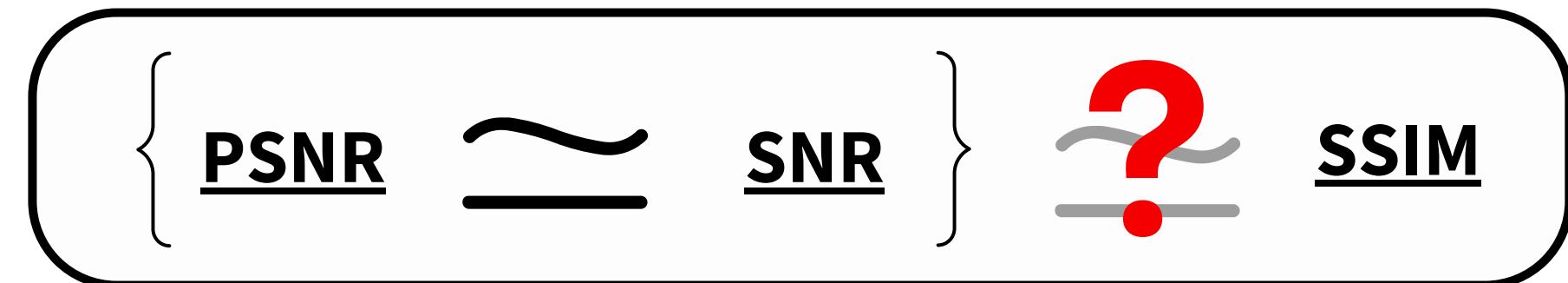
SQUARE PATCH



IV. Les résultats

<https://projet.liris.cnrs.fr/imagine/pub/proceedings/ICPR-2010/data/4109c366.pdf>

Une nouvelle métrique : SSIM



Conclusion :

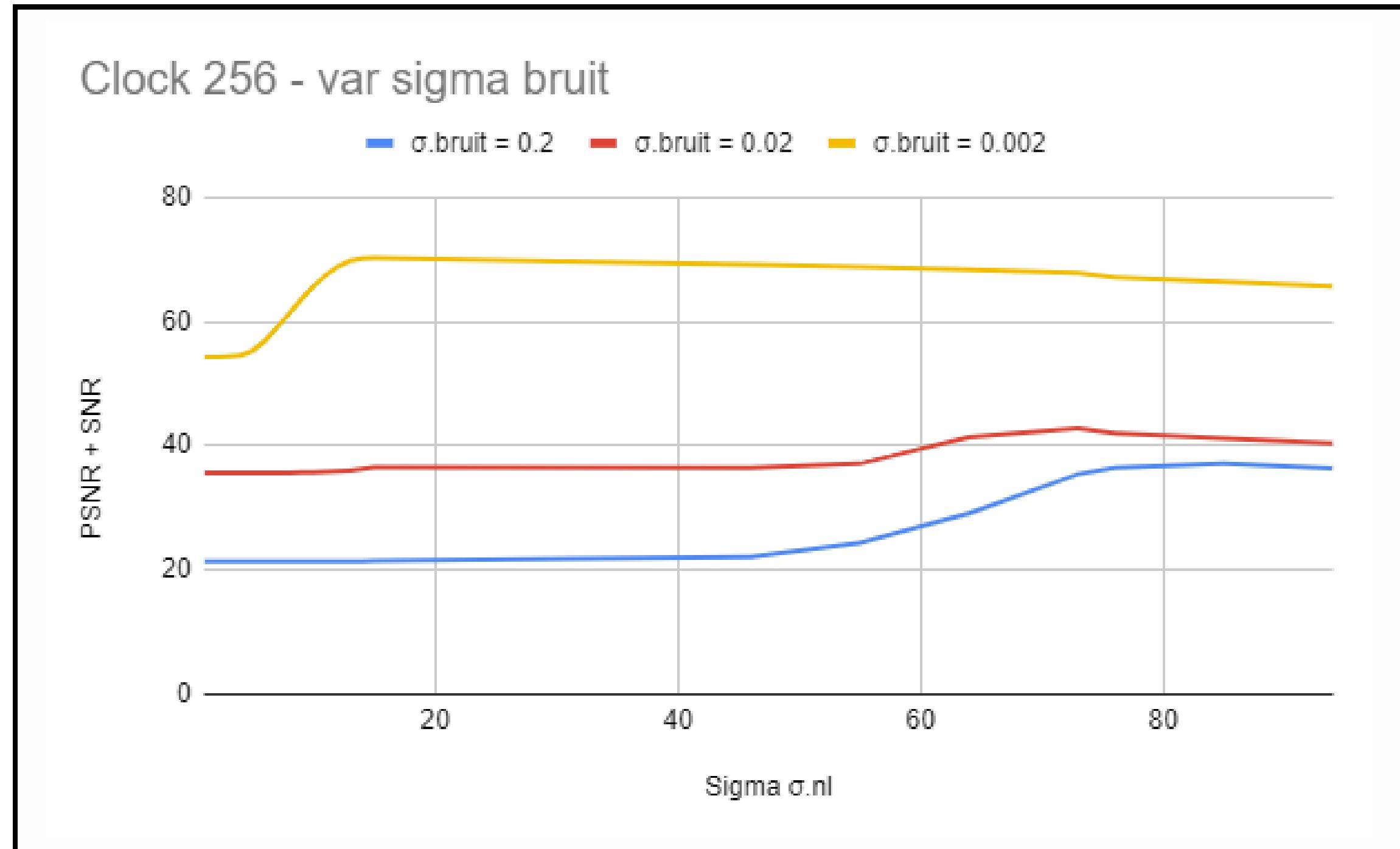
La métrique SSIM conforte le résultat obtenu avec le PSNR et le SNR.

C'est une nouvelle méthode d'évaluer la qualité de la restauration de notre image.

IV. Les résultats

Influence du bruit de l'image sur la valeur de sigma

$$\sigma_{\text{bruit}} \xleftarrow[?]{} \sigma_{\text{nlmeans}}$$



Conclusion :

La valeur de paramètre sigma de notre fonction nlmeans dépend de la quantité de bruit que l'on insert dans notre image originale

IV. Les résultats



Image Bruitée (bruit gaussien)



PSNR : 27,34

SNR : 25,94

Image Débruitée (*nlmeans*)



PSNR : 33,49

SNR : 32,43

IV. Les résultats

Image Originale



Image Débruitée (*nlmeans*)



Différence



IV. Les résultats

PSNR: 19,29
SNR: 15,172

PSNR: 19,79
SNR: 15,682

PSNR: 30,83
SNR: 26,723

PSNR: **33,68**
SNR: **29,395**



FILTRE MIN

FILTRE MAX

FILTRE MEDIAN

FILTRE NLMEANS

IV. Les résultats

Image Originale



Image bruitée (*nlmeans*)



Image débruitée (*nlmeans*)



IV. Les résultats

Conclusion de notre étude

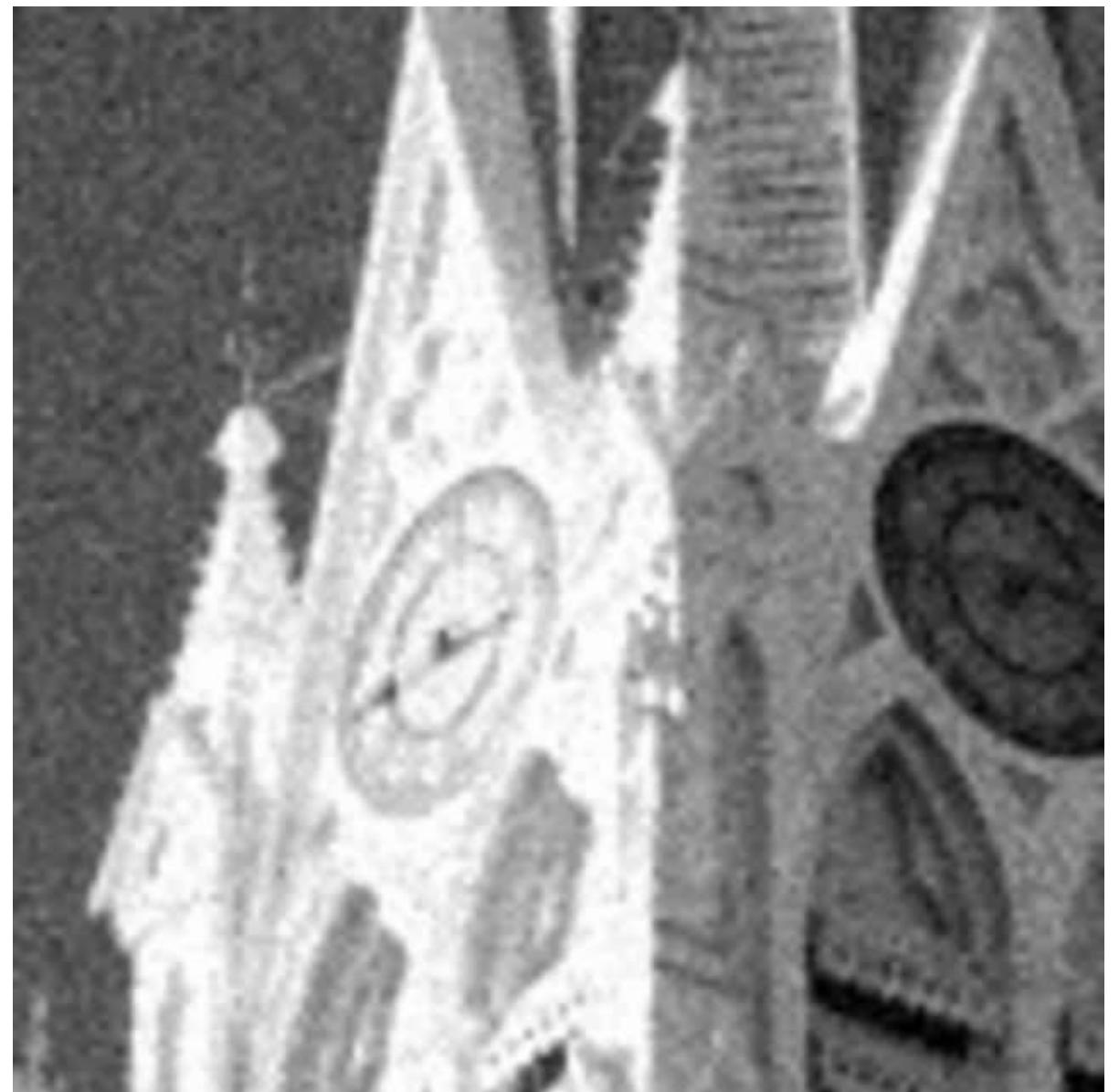
Les facteurs clefs :

Dans le cadre de notre étude, nous avons pu identifier les paramètres **les plus influents** de notre algorithme, et nous avons trouvé un moyen de déterminer les **paramètres optimaux** pour une image donnée.

Le sigma :

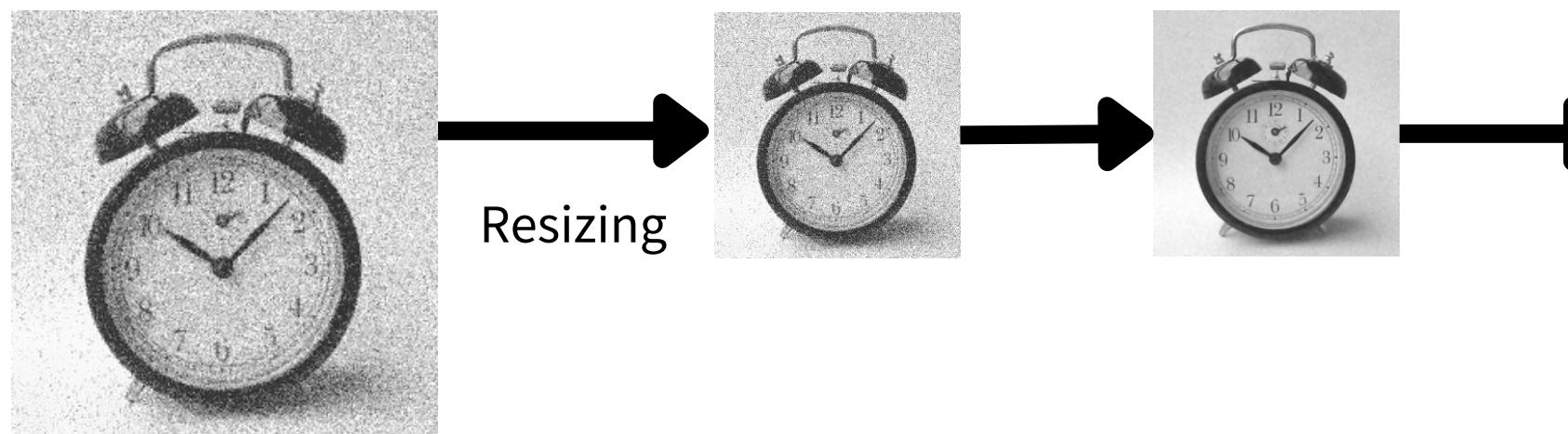
Le paramètre qui a le plus d'importance dans notre algorithme du NLMeans est le **sigma**

Pour une image donnée, on peut déterminer le **sigma optimal**, mais cela requiert **beaucoup de calculs...**



IV. Les résultats

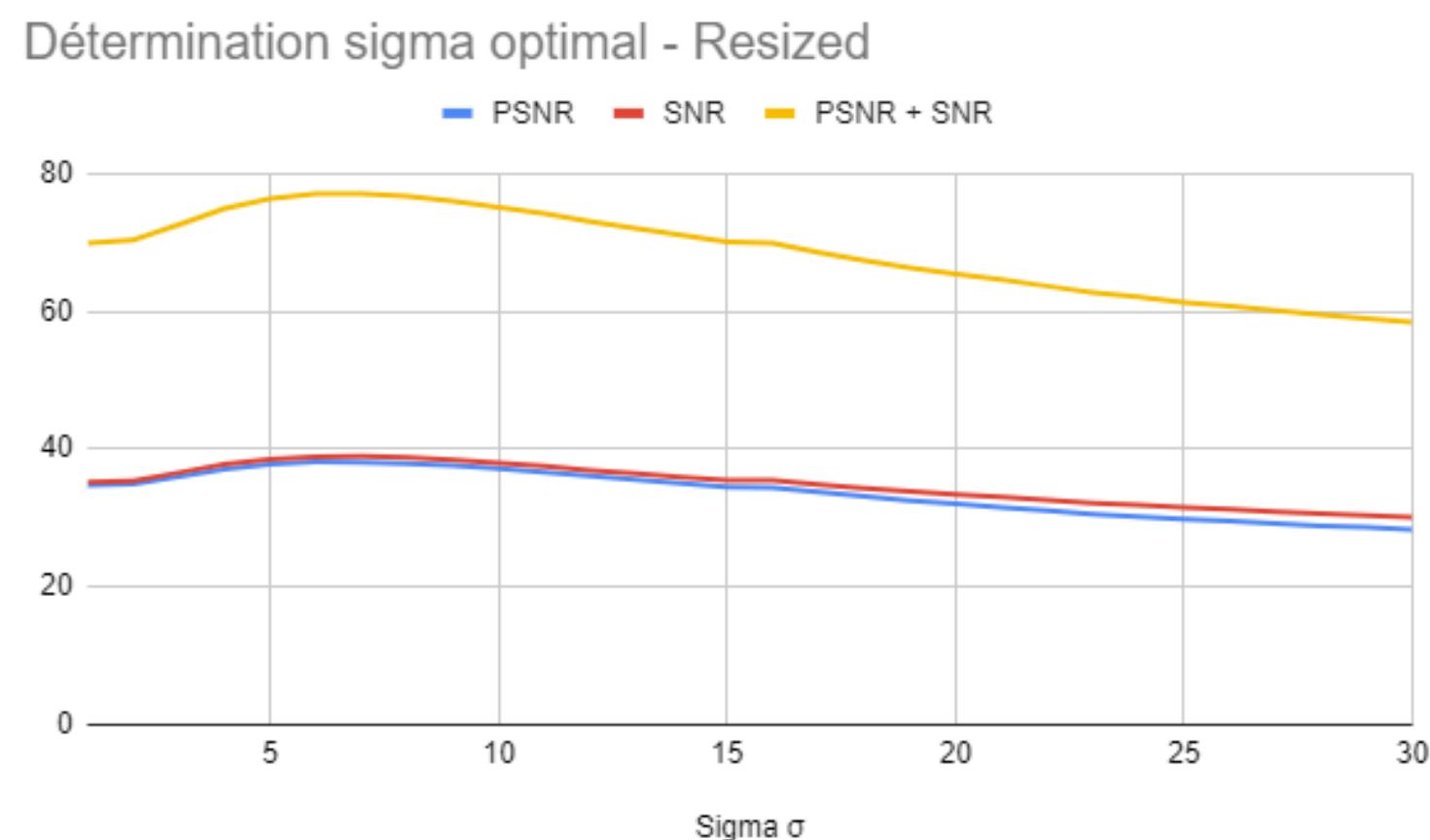
Ouverture 1 : Optimisation de l'estimation de sigma par méthode personnelle



Obtention du sigma optimal



Image débruitée
avec sigma optimal

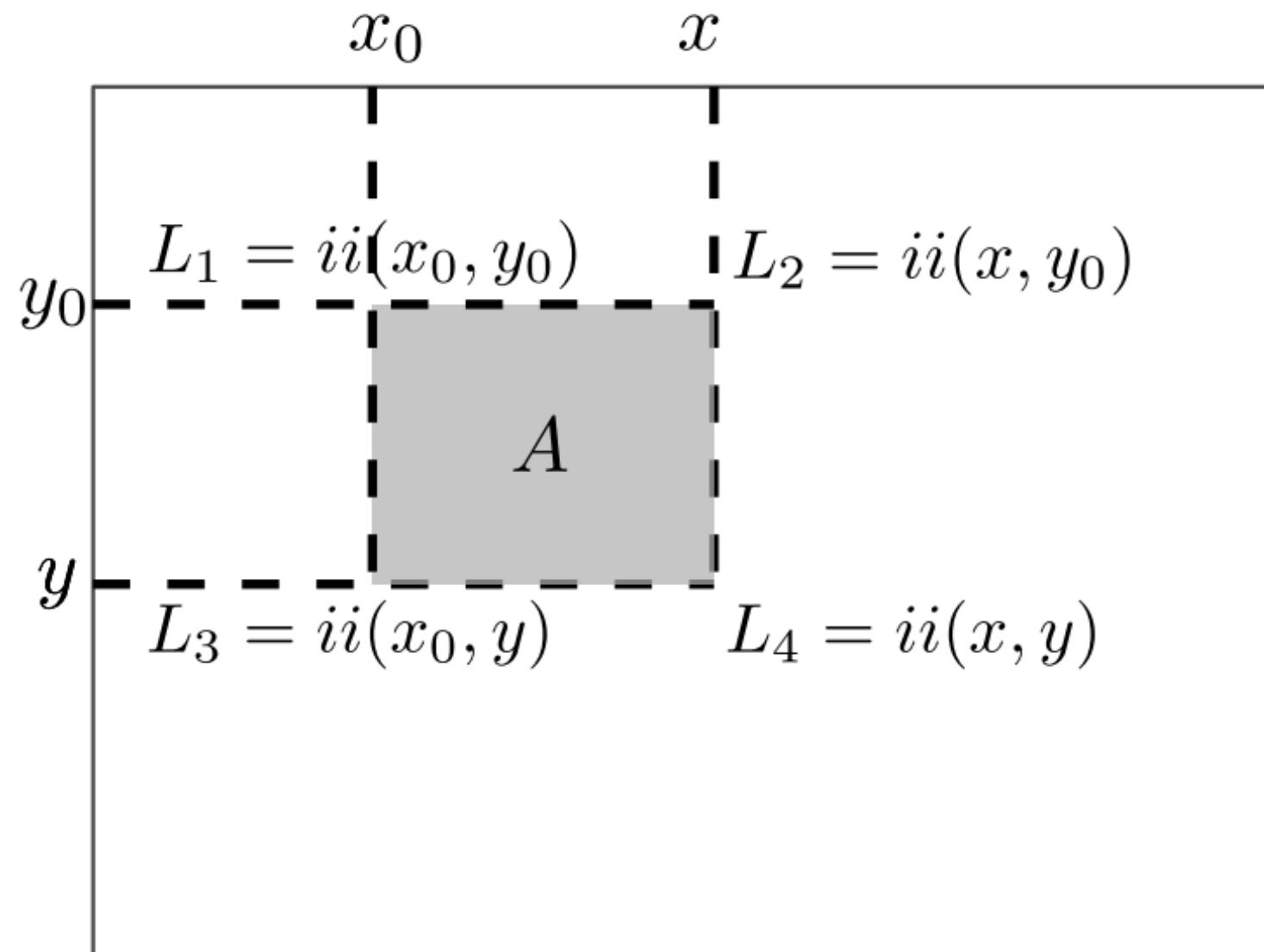


- Conclusion :**
- Resizing change la valeur du sigma
 - Resizing augmente le bruit sur l'image

Estimation du bruit :
Utilisation du **filtre de J. Immerkær** pour estimer le degré de lissage (**Degree Of Smoothing**) [7]

IV. Les résultats

Ouverture 2 : Réduction du temps d'exécution de l'algorithme NLMeans



Optimisation de l'algorithme :

Calcul de l'image intégrale (**Integral Images**) pour effectuer moins de boucles. [8]



V. Motivations Personnelles



VI. Bibliographie

- [1] A. Buades, B. Coll, J.M. Morel: "A non-local algorithm for image denoising" in IEEE Computer Vision and Pattern Recognition 2005, Vol 2, pp: 60-65, 2005.
- [2] A. Buades, B. Coll, J.M. Morel: "Image data processing method by reducing image noise, and camera integrating means for implementing said method", EP Patent 1,749,278 (Feb. 7), 2007.
- [3] Antoni Buades , Bartomeu Coll , Jean-Michel Morel. Non-Local Means Denoising
Published in Image Processing On Line on 2011-09-13
- [4] Vincent Duval, Jean-François Aujol, Yann Gousseau. On the parameter choice for the Non-Local Means
2010. fhal-00468856f
- [5] Khan, A. and El-Sakka. M. Non-local Means using Adaptive Weight Thresholding
In Proceedings of the 11th Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2016) - Volume 3: VISAPP, pages 69-78
- [6] Daniel Sage. SNR, PSNR, RMSE, MAE : ImageJ's plugin to assess the quality of images
30.07.2017 *Biomedical Image Group, EPFL, Switzerland*, <http://bigwww.epfl.ch/sage/soft/snr/>
- [7] John Immerkær, Fast Noise Variance Estimation, Computer Vision and Image Understanding, Volume 64, Issue 2, 1996
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1077314296900600>
- [8] Gabriele Facciolo, Nicolas Limare, and Enric Meinhardt-Llopis, Integral Images for Block Matching, Image Processing On Line, 4 (2014), pp. 344–369. <https://doi.org/10.5201/ipol.2014.57>

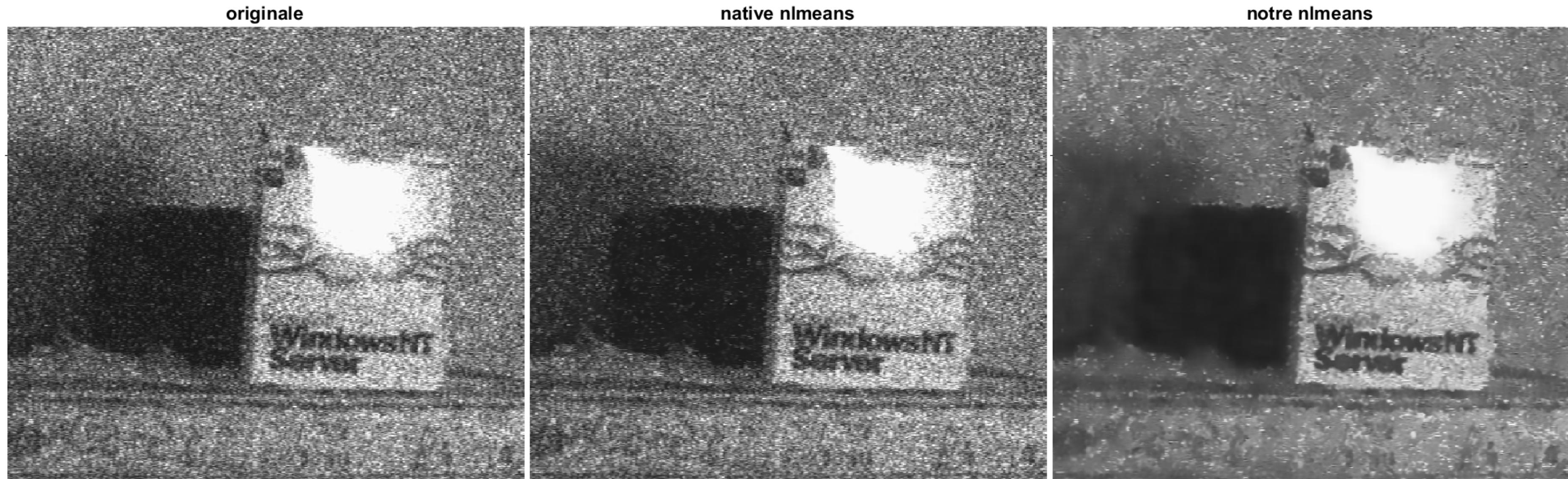


Merci de nous avoir écouté
Retrouvez notre projet !

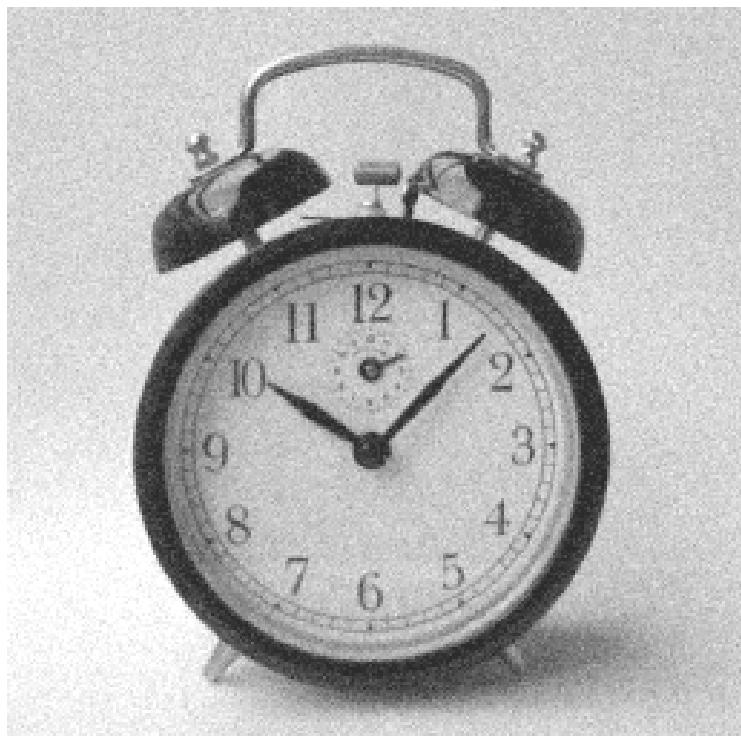
<https://github.com/RomainStorai/Non-Local-Means>



Application de notre filtre NLMeans sur une image fortement bruitée



Comparaison des images selon la valeur du paramètre sigma (Gray 256 - Gaussian Noise 0.002)



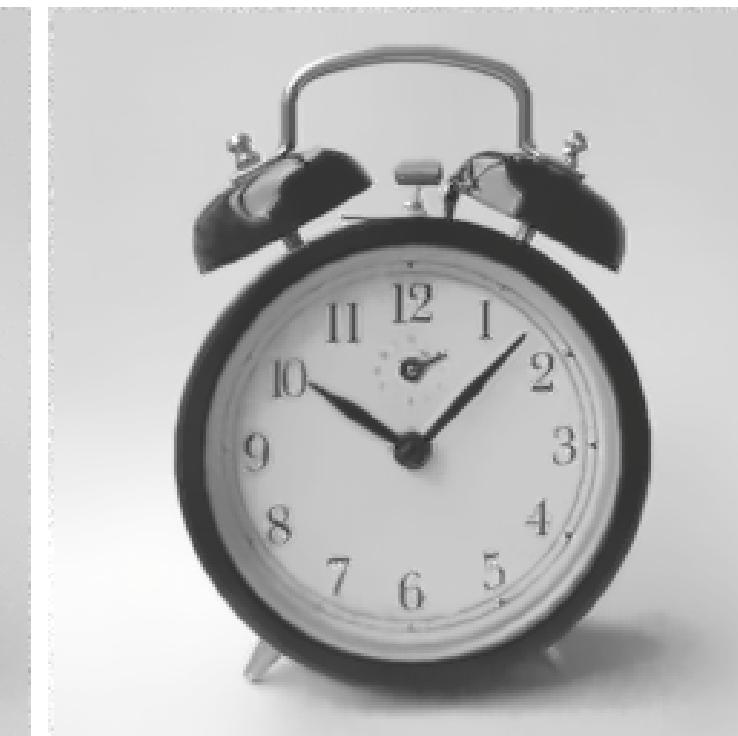
SIGMA 1



SIGMA 13



SIGMA 15



SIGMA 17



SIGMA 30