

Traitement d'image avancé

Examen Module M6, Master ISSI

Durée 2h00,

Documents autorisés, appareils communiquant interdits.

Filtrage d'image « Non Local Means »

Présentation

Le but de cet exercice est de concevoir et d'étudier les performances d'un filtre de débruitage d'image (*image denoising*) tirant avantage de la redondance présente dans l'image à traiter.

Ce filtre a été publié sous le nom de *Non Local Means (NL-means)* par *Buades et al* en 2005 (« *A review of image denoising algorithms, with a new one* », A. Buades, B. Coll and J.M. Morel. *Multiscale Modeling & Simulation*, 4(2) :490-530, 2005).

Principe

Soit $v(i)$, l'intensité du pixel i de l'image I . La valeur filtrée par l'approche NL-means du pixel i , noté $NLv(i)$, est la moyenne des intensités des autres pixels j , d'intensité $v(j)$, de l'image, pondérée par la ressemblance entre le voisinage du pixel i et celui du pixel j :

$$NLv(i) = \sum_{j \in I} w(i, j) \cdot v(j) \quad (1)$$

Le poids $w(i, j)$ dépend de la similarité entre les voisinages des pixels i et j .

Par exemple, sur la *Figure 1*, les voisinages centrés sur les pixels p , $q1$, $q2$ et $q3$ sont étudiés.

Les poids $w(p, q1)$ et $w(p, q2)$ sont grands à cause de la similarité des niveaux de gris qu'il existe entre le voisinage de p et $q1$, puis de p et $q2$. Ainsi les intensités $v(q1)$ du pixels $q1$ et $v(q2)$ du pixel $q2$ seront fortement prises en compte pour calculer $NLv(p)$.

En revanche $w(p, q3)$ est plus faible, car les niveaux de gris dans les voisinages de p et de $q3$ sont très différents. Donc la valeur de $v(q3)$ n'influera pas sur le filtrage de p .

Cette illustration détaille l'influence de seulement 3 des voisinages utilisés pour le filtrage du pixel p . Le filtrage NL-mean complet du pixel p fait intervenir tous les voisinages (centrés sur chaque pixel de l'image I).

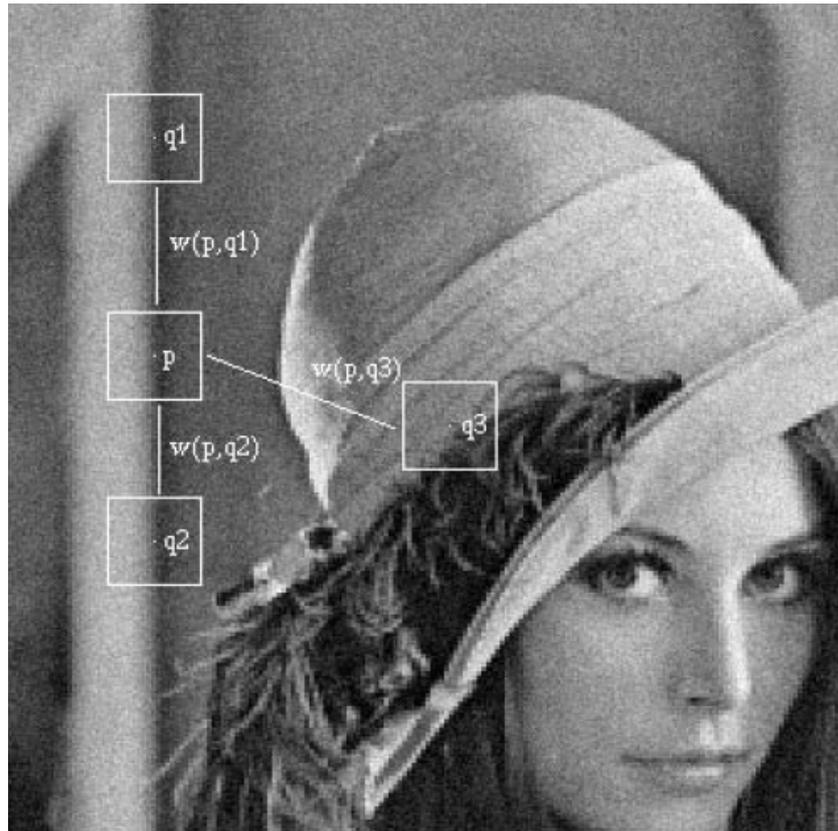


Figure 1 : Illustration des NL-Means (Buades, 2005).

Partie 1 : Etude de la fonction de pondération

- 1- Justifier que l'on doit avoir $\sum_{j \in I} w(i, j) = 1$ (on donne : $0 \leq w(i, j) \leq 1$).
- 2- Comment évolue $w(i, j)$ en fonction de la similarité entre le voisinage centré sur i et celui centré sur j ? Faire une courbe (on a toujours : $0 \leq w(i, j) \leq 1$).
- 3- La solution retenue par Buades *et al* pour $w(i, j)$ est la suivante :

$$w(i, j) = \frac{1}{Z(i)} e^{-\frac{\|v(Ni) - v(Nj)\|^2}{h^2}}$$

Où :

- $v(Ni)$ est un vecteur composé des intensités de chaque pixel autour du voisinage Ni de i et respectivement pour $v(Nj)$. Ces deux vecteurs ont autant de composantes que leurs voisinages ont de pixels.
- $\|\cdot\|^2$ est la norme Euclidienne au carrée.
- $Z(i)$ est une fonction à déterminer (question 3-c).
 - a. Quel est le rôle du scalaire h ?
 - b. Montrer que $w(i, j)$ dépend de la distance de Mahalanobis entre $v(Ni)$ et $v(Nj)$. Donner la matrice d'échelle \mathbf{H} utilisée.
 - c. Déterminer la fonction $Z(i)$. (cf. question 1).

d. Quel sens peut on donner à $Z(i)$? (que signifie un $Z(i)$ « grand », et un $Z(i)$ « faible »...)

4- On garde la solution des auteurs pour le calcul de $w(i,j)$. Donner pour chacune des trois images ci dessous l'ensemble des valeurs de $w(p,j)$, $j \in I$, sachant que le pixel de référence p est celui au centre de l'image (marqué en blanc). La taille du voisinage est indiqué sur l'exemple.

Exemple :

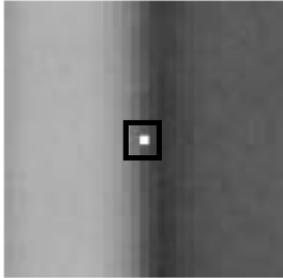
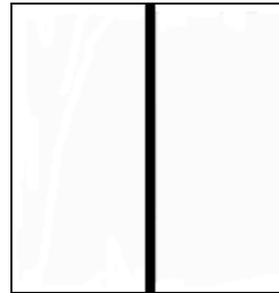


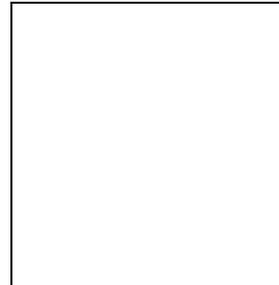
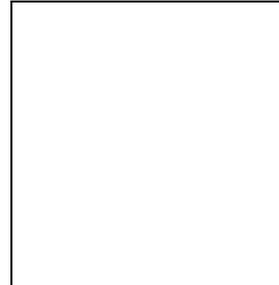
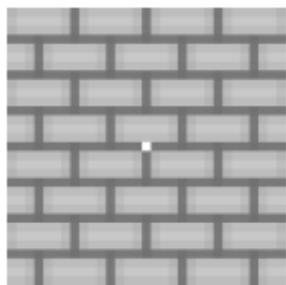
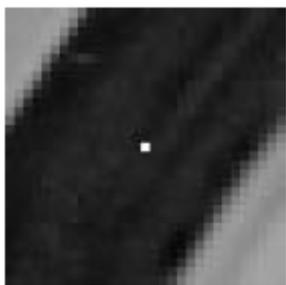
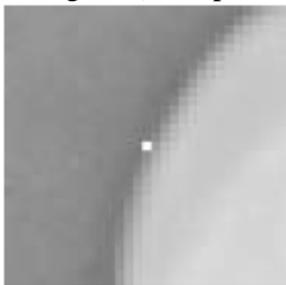
Image I avec p en blanc au centre et le voisinage en noir.

→



Poids $w(p,j)$ pour $j \in I$

Les trois images : (vous pouvez dessiner avec une couleur directement sur l'image)



Partie 2 : Quantification des performances et application

- 1- Proposer une démarche d'évaluation de la qualité du filtrage de cette méthode dans un cadre applicatif de débruitage d'image. Détailler vos choix aux différentes étapes.
- 2- Complexité algorithmique du filtrage NL-means.
 - a. Déterminer la complexité algorithmique du filtrage d'une image.
 - b. Est-ce une limitation à l'utilisation de cette méthode ?

Rem : Quantifier le temps de calcul ou comparer la complexité algorithmique avec une autre méthode de filtrage.

- c. Proposer une solution pour diminuer le temps de calcul. Si besoin, préciser l'approximation effectuée.
- 3- Proposer une extension permettant de traiter des images couleurs (RGB).
- 4- Modifier la fonction de pondération $w(i,j)$ pour prendre en compte l'éloignement spatial entre les pixels i et j .

Fin.



Exemple d'image bruitée, à gauche, et débruitée par filtrage NL-means, à droite.