

---

# Conception d'un estimateur flou pour le filtre de Wiener

## Application à la restauration d'image

**Abida Toumi \***, **Abdelmalik Taleb-Ahmed \*\***, **Khier Benmahammed \*\*\***, **Naima Rechid \***, **Ahmed Betayeb \***, **Mekki Berbeche \***

\* *Université Mohamed Khidher Biskra  
BP 145, Biskra, Algérie*

\*\* *Laboratoire LAMIH UMR CNRS UVHC 8530 Le Mont Houy 59313 Valenciennes  
Cedex 9, France*

\*\*\* *Université Farhat Abbas Setif, Algérie*

***abida\_ba@yahoo.fr; taleb@univ-valenciennes.fr; khierben@yahoo.fr;  
ahmed\_bettayeb@hotmail.fr; b\_me\_kki@hotmail.fr***

*RÉSUMÉ. Dans cet article on présente un estimateur flou pour le filtre de Wiener (EFFW) dans le cadre de la restauration d'image. L'image utilisée est dégradée par un flou seul d'une part puis d'un flou plus un bruit additif d'autre part. Les résultats obtenus montrent clairement l'amélioration du comportement du filtre de Wiener dans ce cadre là.*

*MOTS-CLÉS : filtre de Wiener, estimateur flou, restauration d'image, EQM.*

### 1. Introduction

La restauration d'image dégradée par un flou est un problème de traitement d'image. Le flou peut avoir plusieurs causes (Bovik 2000). Plusieurs techniques ont été développées pour résoudre ce problème (Gonzalez 2002). Parmi ces techniques, le filtre de Wiener qu'on veut améliorer. Pour cela on propose l'utilisation de la logique floue. Celle-ci a été appliquée avec succès dans le domaine de traitement d'image (Toprak 2007, Van De Ville et al. 2003, Kerre et al. 2000, Nedeljkovic 2004). Pour améliorer ce filtre on propose l'utilisation d'un estimateur flou. Le modèle de dégradation d'image peut être défini par :

$$g = Hf + n \quad [1]$$

$g$  : l'image dégradée,  $f$  : l'image à restaurer,  $H$  : la dégradation,  $n$  : le bruit additif. L'objectif de la restauration d'image est d'obtenir une estimée  $\hat{f}$  de l'image originale  $f$  à partir de l'image dégradée  $g$  (Czoga et al. 2000).

Cet article est organisé comme suit : la deuxième partie présente en bref la logique floue, en troisième partie, l'algorithme proposé où est notre contribution, la quatrième partie, discussion des résultats obtenus, et enfin une conclusion avec perspectives.

## 2. La logique floue

La logique floue a prouvé sa puissance dans plusieurs domaines. En classification (Kerre et al. 2000), comme filtre flou (Toprak 2007, Bovik 2000) pour l'élimination de bruit. Dans ce travail on montre une application possible de la logique floue dans le domaine de la restauration d'image flouée.

### 2.1. Estimateur flou :

Il est destiné à estimer des valeurs sachant d'autres. Il est composé de : fuzzificateur, base des règles, logique de décision et défuzzificateur.

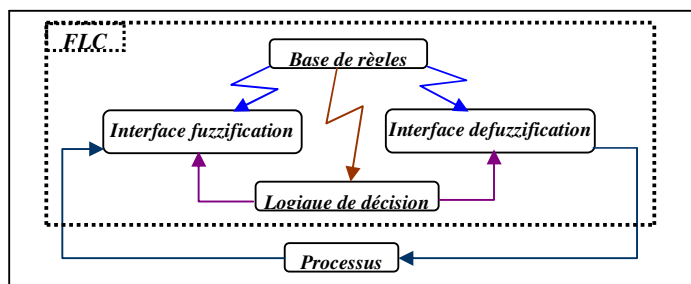


Figure 1. Schéma synoptique d'un FLC

#### 2.1.1. Fuzzificateur

Il effectue la conversion d'une donnée numérique en une donnée linguistique.

#### 2.1.2. Base des règles floues

Une collection de règles floues SI-ALORS.

#### 2.1.3. Moteur d'inférence

Il est chargé d'interpréter les règles pour calculer l'ensemble flou de sortie.

#### 2.1.4. Défuzzificateur

Il effectue la conversion linguistique / numérique.

### 3. Algorithme proposé (EFFW)

#### 3.1. Le filtre de Wiener

La fonction de coût du filtre de Wiener est une estimation de la moyenne statistique de l'erreur entre  $f$  et  $\hat{f}$  [2] :

$$J(\hat{f}) = E\{\|f - \hat{f}\|^2\} \quad [2]$$

L'image  $\hat{f}$  qui minimise [2] est donnée dans l'espace de Fourier par (Russ 1999) :

$$\hat{f} = \frac{1}{H} \cdot \frac{|H|^2}{|H|^2 - \frac{S_{nn}}{S_{ff}}} g \quad [3]$$

Où  $S_{ff}$  et  $S_{nn}$  représentent respectivement les densités spectrales de puissance de l'image originale  $f$  et du bruit  $n$ . Le filtre de Wiener exige des connaissances à priori sur ces deux grandeurs. Notre but est d'améliorer ce filtre pour la restauration des images dégradées par des flous convolutionnels.

#### 3.2. L'estimateur flou

Il s'agit d'estimer la valeur de  $B(S_{nn}/S_{ff})$  à partir de  $e_1$  et  $e_2$  qui sont :

$e_1$  : L'erreur quadratique moyenne (EQM) entre l'image Originale  $f$  et l'image restaurée  $\hat{f}$  :

$$e_1 = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [f(i, j) - \hat{f}(i, j)]^2 \quad [4]$$

$e_2$  : l'EQM entre l'image dégradée  $g$  et l'image restaurée :

$$e_2 = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [g(i, j) - \hat{f}(i, j)]^2 \quad [5]$$

##### 3.2.1. Fuzzification

On a déterminé les entrées floues de l'inférence à partir des valeurs de  $e_1$  et  $e_2$ . Les variables linguistiques correspondantes aux valeurs de  $e_1$  et  $e_2$  sont Tableau 1 :

Nom	Signification	Valeurs de $e_1$	Valeurs de $e_2$
NG	Négatif Grand	[0, 1.25]	[0, 2.5]
NM	Négatif Moyen	[0, 2.5]	[0, 5]
ZO	Zéro	[1.25, 3.75]	[2.5, 7.5]
PM	Positif moyen	[2.5, 5]	[5, 10]
PG	Positif Grand	[3.75, 5]	[7.5, 10]

**Tableau 1.** Les variables linguistiques utilisées

On a choisi d'utiliser des fonctions d'appartenance triangulaires.

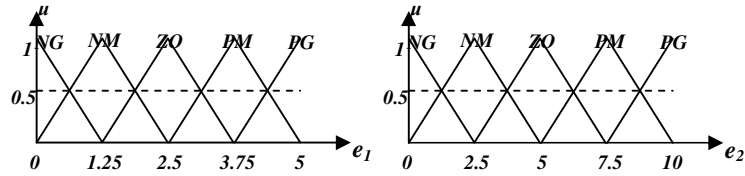


Figure 2. Fonctions d'appartenance des variables d'entrées

### 3.2.2. Inférence

Le mécanisme d'inférence utilisé est celui de Mamdani (Czoga et al. 2000).

### 3.2.3. Déffuzification

La sortie d'inférence sera numérisée selon la fonction d'appartenance suivante :

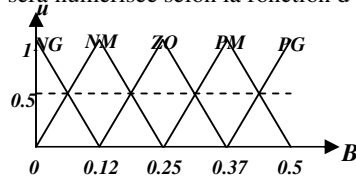
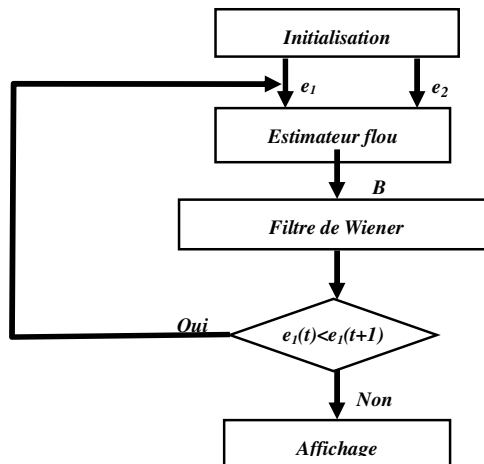


Figure 3. Fonctions d'appartenance de sortie

### 3.2.4. L'organigramme de l'algorithme proposé (EFFW)



Organigramme 1. L'algorithme EFFW proposé

### 3.3. L'implémentation de l'estimateur flou

Implémenté sous Matlab7, pc Intel (R) pentium 4, CPU 3.06 GHz, 608 Mo de RAM.

#### 3.3.1. Notre expérience

Pour valider l'algorithme proposé (EFFW), on a choisi deux types d'images: image synthétique Figure 4. a, et image réelle Figure 4. b. Elles ont été dégradée par un flou gaussien de moyenne  $\mu_f=11$  et de variance  $\sigma_f^2=5$ , et bruitée par un bruit gaussien de moyenne  $\mu_b= 0$ , et de variance  $\sigma_b^2=0.01$ . On a effectué des tests pour voir le fonctionnement de notre proposition. La base des règles utilisée est obtenue après plusieurs tests de restauration effectués avec le filtre de Wiener en variant  $B$ .



Figure 4. (a). Image synthétique, (b). Image réelle


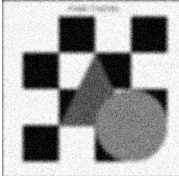


Image	Image Flouée	Flouée et bruitée
Image synthétique		
Image réelle		

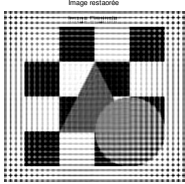
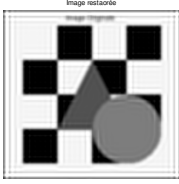


Tableau 2. Les images dégradées

3.3.2. *Test 1*

Dans ce test on a restauré des images flouées avec l'EFFW. Le but est de voir l'applicabilité de notre algorithme. La base de règles utilisée Tableau 3, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4.

$e_1 \backslash e_2$	NG	NM	ZO	PM	PG
NG	NG	NM	NM	NM	ZO
NM	NG	NM	PM	PM	PM
ZO	PM	PM	ZO	ZO	ZO
PM	PM	ZO	NM	NM	NG
PG	PG	NM	NG	NG	NG

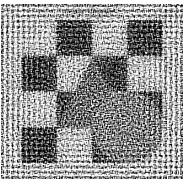
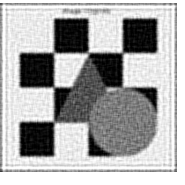
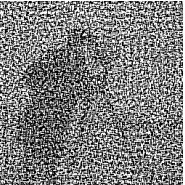

**Tableau 3.** Base des règles d'expert.

Image	Filtre de Wiener	EFFW
Image synthétique		
Image réelle		

**Tableau 4.** Résultats de la restauration des images flouées

3.3.3. *Test 4*

L'objectif visé par ce test est de voir le gain offert par l'introduction de notre algorithme dans la restauration des images flouées et bruitées Tableau 5.

Image	Filtre de Wiener	EFFW
Image synthétique		
Image réelle		

**Tableau 5.** Résultats de la restauration des images flouées et bruitées

La table suivante représente le résumé des résultats des SNR obtenus par les tests:

Les images	Restauration d'image flouée		Restauration d'image flouée et bruitée	
	Wiener	EFFW	Wiener	EFFW
Image synthétique	-13.678	<b>-5.827</b>	-21.900	<b>-7.043</b>
Image réelle	-12.055	<b>-1.768</b>	-26.166	<b>-3.554</b>

**Tableau 6.** Résumé des résultats de SNR obtenu de notre expérience.

#### 4. Discussion des résultats

Les images obtenues par le filtre EFFW Tableau 4 pour la restauration des images dégradées par le flou seul, sont bien plus claires que celles données par le filtre de Wiener. Du Tableau 6 les résultats de SNR des images données par l'EFFW sont meilleurs que ceux du filtre de Wiener. Ce filtre a bien prouvé son utilité dans le domaine de la restauration d'image. Pour la restauration des images dégradées par le flou plus un bruit additif Tableau 5, le filtre de Wiener a donné des images peu visibles et l'effet du bruit est notamment très présent, par contre l'EFFW a donné des images encourageantes. Le rapport SNR a renforcé les résultats du côté visuels, comme il est présenté sur Tableau 6. Par Ailleurs, ces résultats restent insuffisants car les images

obtenues restent éloignées de l'image originale. Une base des règles plus performantes peut donner des résultats encore meilleurs.

## 5. Conclusion

L'introduction de notre estimateur flou dans le processus de la restauration d'image a permis l'amélioration du comportement du filtre de Wiener pour la déconvolution entre le flou et l'image originale. Ainsi la restauration d'images flouées par un tel filtre permet de produire des images de meilleure qualité en terme de SNR et du côté aspect visuel. On note également que l'utilisation des règles d'inférences étudiées, permet à l'EFFW de produire des résultats meilleurs ce qui prouve l'efficacité de la méthode proposée. Néanmoins, des améliorations sur ce filtre sont à envisager, car il peut être modifié de telles sortes à être utilisé pour la restauration aveugle.

## Bibliographie

Bovik A., *Hand Book of Image and Video Processing*, Academic Press, (2000).

Czoga A. E., Eski J., *Fuzzy and Neuro-Fuzzy Intelligent Systems*, Studies in Fuzziness & Soft Computing, Springer, (2000).

Gonzalez R. C., Richard E. W., *Digital Image Processing*, Second Edition, Prentice Hall, (2002).

Kerre E. E. & Nachtgael M., *Fuzzy Techniques in Image Processing: Techniques and Applications*, Springer, (2000).

Nedeljkovic I., Image Classification Based On Fuzzy Logic. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 34, (2004).

Toprak A., Quantum Noise Suppression in X-ray Images using Fuzzy 2-D Wiener Filter, *Journal of Medical Systems*, Volume 31 , Issue 5 , Plenum Press New York, NY, USA, (October 2007).

Van De Ville D., Nachtgael M., Van der Weken D., Kerre E. E., Philips W., Lemahieu I., Noise reduction by fuzzy image filtering. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Volume 11, Issue 4, (2003).