

5 . Traitement d'image

5.2 Filtres

PLAN

5.2.1 Définition et utilité

5.2.2 Principe général des filtres

5.2.3 Flou

A Flou moyenneur

B Flou gaussien

5.2.4 Accentuation du contraste (sharpening)

A Accentuation par différence

B Accentuation par max/min

5.2.5 Débruitage : filtre médian

5.2.6 Filtres de convolution

5.2.7 Filtres adaptatifs

A Principe

B Critères de sélection

C Exemples

Accentuation par différence

Lissage avec protection des contours

Antipoussière

Traitements sur les contours

5.2.1 Définition et utilité



Un filtrage est un traitement qui s'applique globalement à toute l'image.

Pour chaque pixel de l'image, **le filtre calcule sa nouvelle valeur en tenant compte du voisinage** du pixel.

Les effets des filtres sont très variés :

Filtres "esthétiques"

Beaucoup de filtres ont pour but un effet visuel. Leur nom et leur paramètres se comprennent intuitivement .

Par exemple : "effet loupe", avec comme paramètres le rayon et la force de la loupe.

Dans ce cas, leur utilisation est simple et intuitive.

Filtres de traitement

Par contre, les filtres destinés à l'amélioration de l'image (débruitage, lissage), sont moins intuitifs.

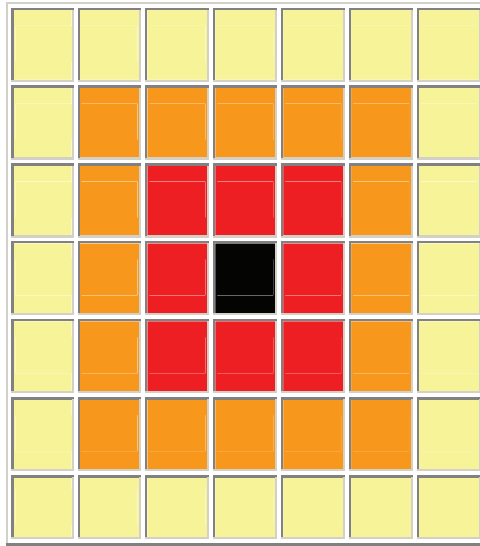
Pour les utiliser efficacement, il faut comprendre l'algorithme utilisé et ses paramètres.

On s'attache donc à ce deuxième type de filtre.

5.2.2 Principe général des filtres



Pour chaque pixel, le filtre utilise les valeurs des pixels voisins pour calculer la valeur finale du pixel.



Dans l'exemple ci-contre le voisinage du pixel central est :
de 3x3 (rayon 1) si on considère les pixels rouges,
de 5x5 (rayon 2) si on considère aussi les pixels oranges
de 7x7 (rayon 3) si on considère également les pixels jaunes.

Un filtre est donc caractérisé par :

1. la forme du voisinage (généralement un carré centré sur le pixel)
2. la taille (ou rayon) du voisinage,
3. l'algorithme de calcul de la valeur finale

Exemples de calcul sur les valeurs du voisinage:

1. somme ou différence des valeurs, avec ou sans pondération
2. max ou min de valeurs
3. calcul conditionnel : incluant des tests sur les valeurs

5.2.3 Flou



Les filtres de flou consistent à modifier la valeur du pixel pour qu'elle se rapproche de celle des pixels voisins. Les différences entre pixels voisins sont donc réduites ; le bruit, les contours et les détails sont atténués ; l'image est "lissée".

A - Flou moyeneur



Ce filtre attribue au pixel la moyenne des valeurs dans le voisinage.

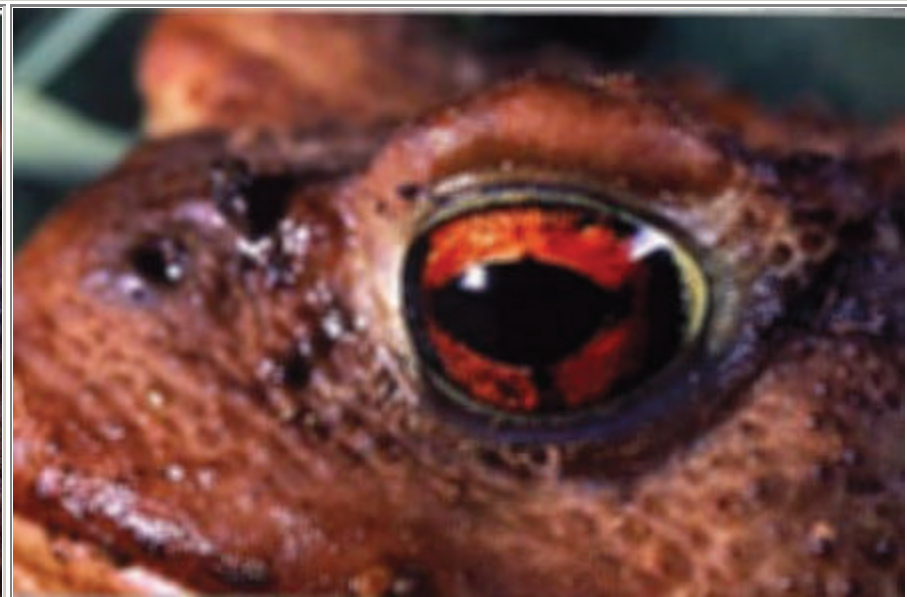
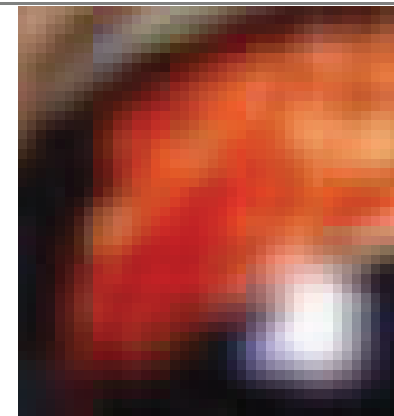


image avant application du filtre



flou moyeneur avec un voisinage 5x5, (obtenu sous Photoshop)

B - Flou gaussien



Ce filtre réalise une moyenne pondérée des valeurs dans le voisinage, avec un poids fort au centre du voisinage et faible à la périphérie. (la pondération suit une forme de gaussienne, i.e. en cloche)

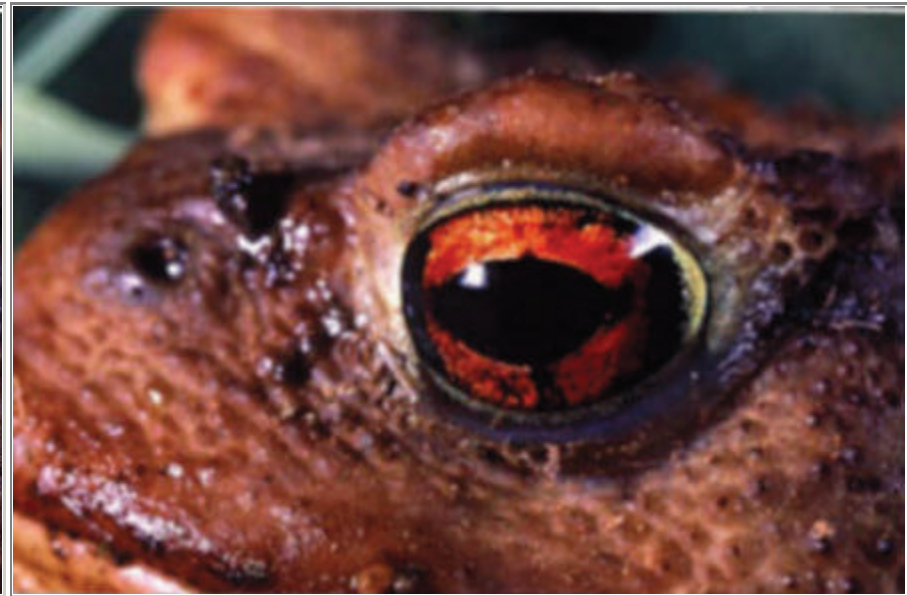
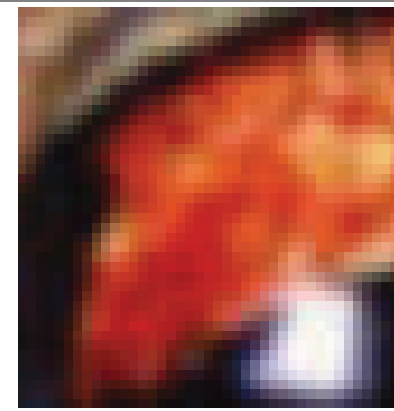


image avant utilisation du filtre



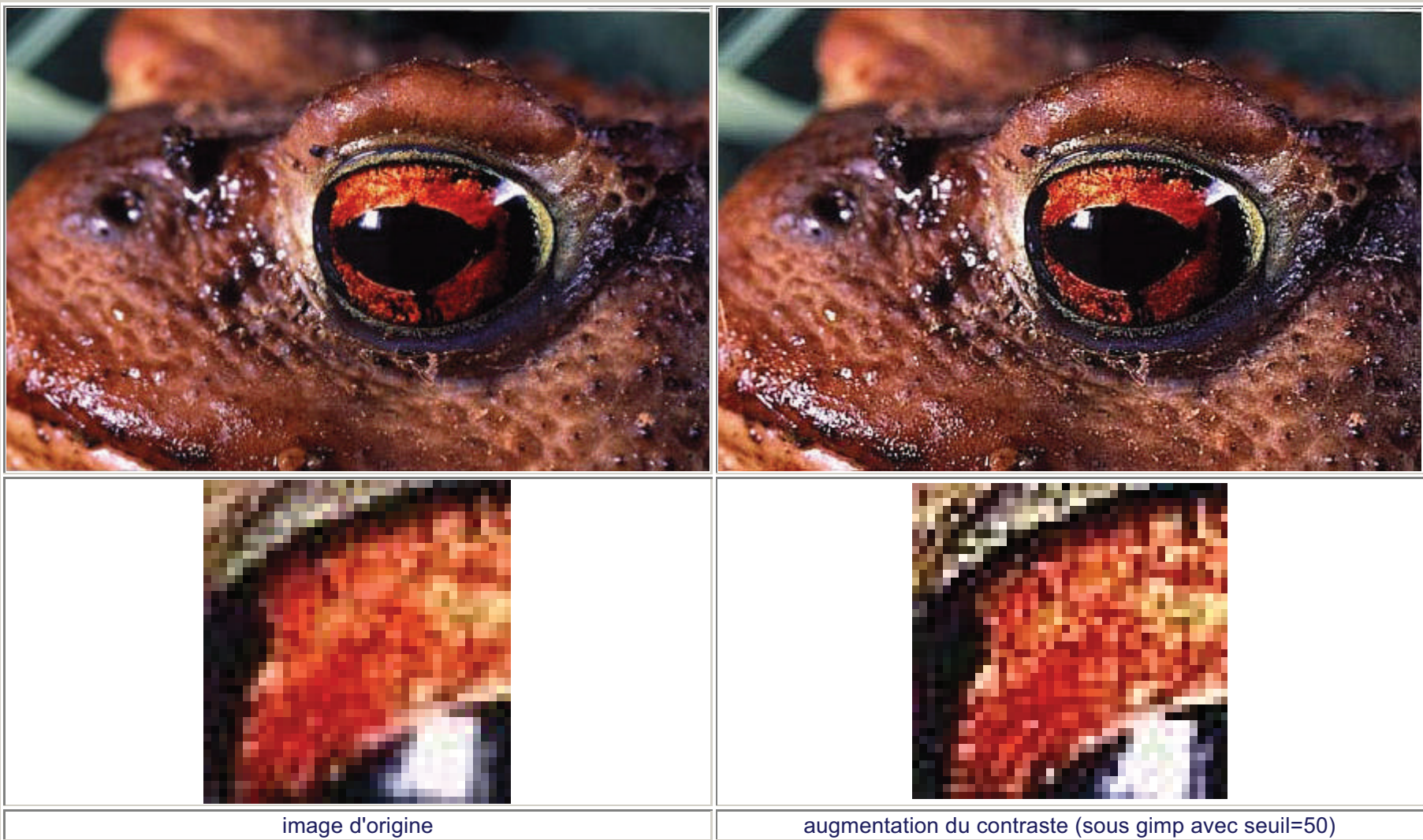
après passage du filtre gaussien 5x5
(réalisé avec Photoshop)

5.2.4 Accentuation du contraste (sharpening)



Principe : assombrir les pixels sombres et éclaircir les pixels clairs.
Les contours, les détails et le bruit sont renforcés ; les zones uniformes sont inchangées.

Remarque : Ici "sombre" et "clair" se comprennent par rapport au voisinage, et non pas à toute l'image comme c'était le cas du traitement par histogramme : l'effet est donc plus local. 2 pixels de même niveau dans l'image initiale ne subissent pas la même modification.



A - Accentuation par différence



Principe : calculer la différence entre le niveau du pixel et celui de ses voisins.
et lui ajouter cette différence.

pixel clair -> différence positive -> pixel éclairci
pixel sombre -> différence négative -> pixel assombri

Remarque : la différence peut être pondérée par un coefficient multiplicatif pour régler la force de l'accentuation

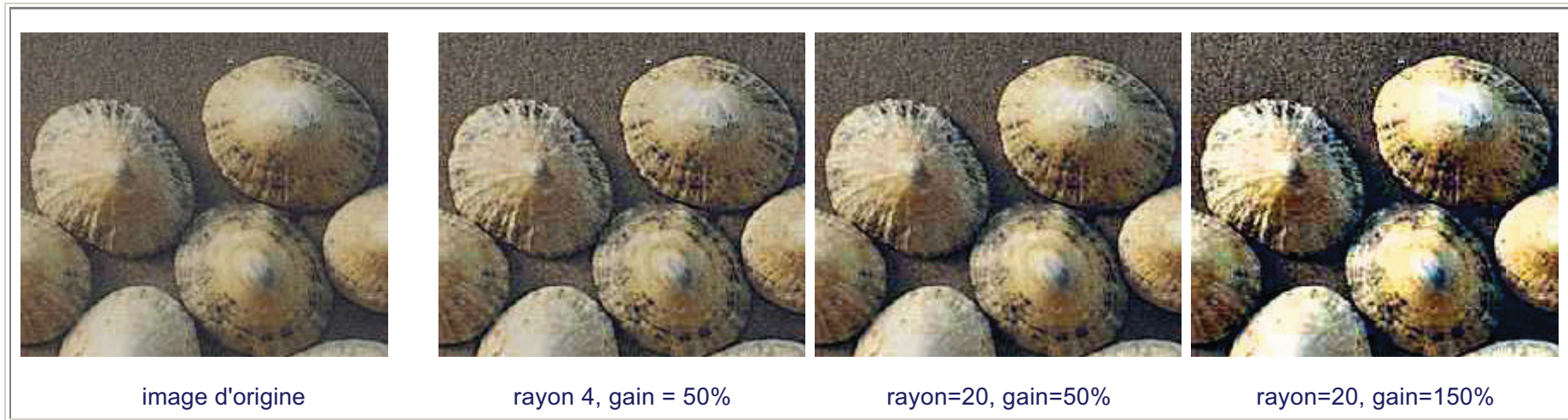


Figure: sous Photoshop, filtre Accentuation (avec un seuil nul). Pour éviter une transformation des couleurs, il est conseillé de passer en mode Lab.

B - Accentuation par max/min



Principe : ramener le niveau du pixel au min de ses voisins pour les pixels sombres ou au max de ses voisins pour les pixels clairs.

Calcul :

si $\text{niveau} > (\text{min} + \text{max})/2$
niveau de sortie = max
sinon
niveau de sortie = min



5.2.5 Débruitage : filtre médian



Ce filtre permet de supprimer les pixels isolés.

Remarque : Contrairement au flou, ce filtre conserve la netteté des contours; le bruit n'est pas étalé mais supprimé.

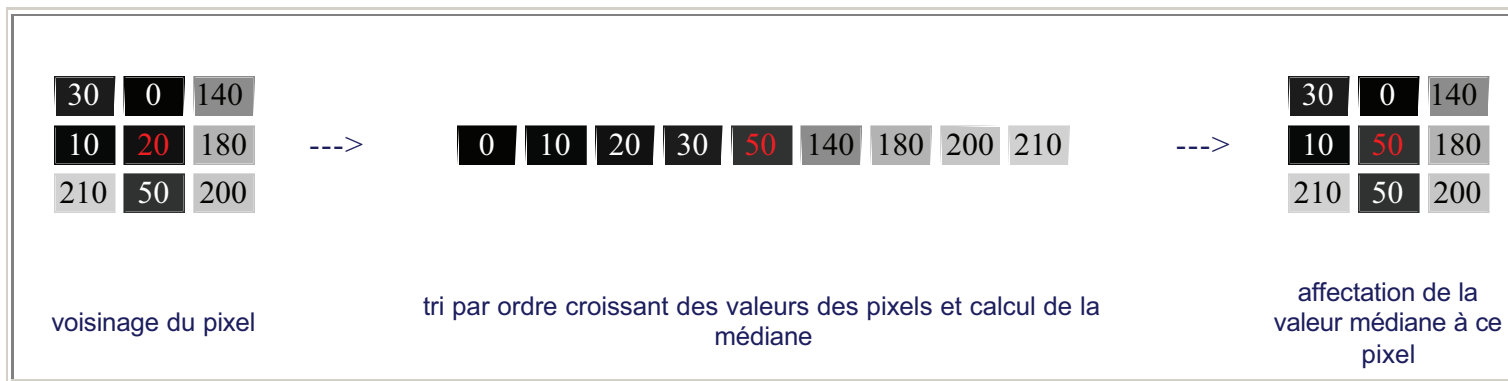
Principe : Un pixel isolé, de niveau très supérieur ou très inférieur à ses voisins, est remplacé par un pixel du même niveau que l'un de ses voisins.

Calcul :

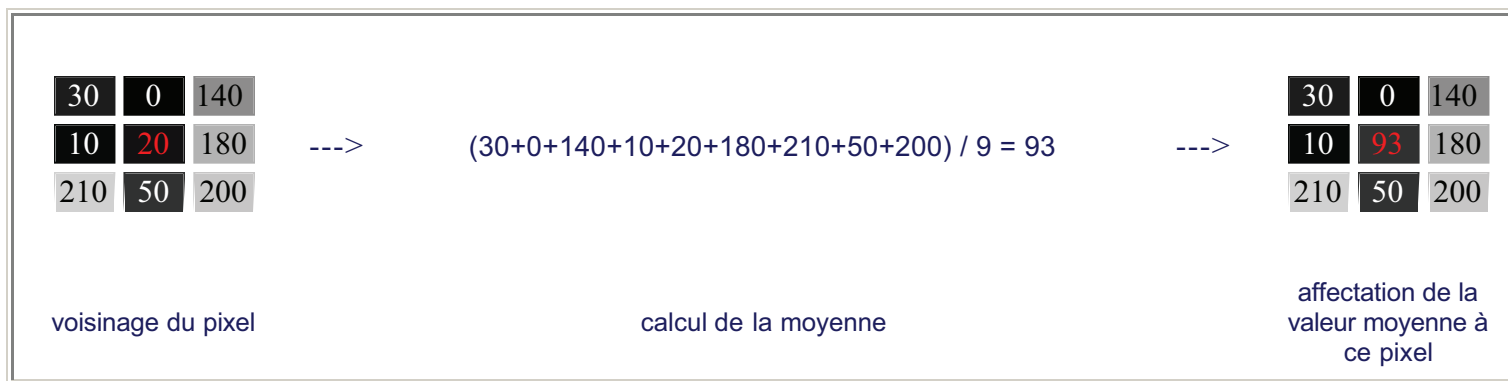
1. trier les valeurs du voisinage par ordre croissant.
2. sélectionner la médiane des valeurs

(la médiane est la valeur "milieu" : 50 % des valeurs sont plus sombres, et 50% sont plus claires)

3. attribuer cette valeur médiane au niveau de sortie



comparaison avec un filtre moyenneur :



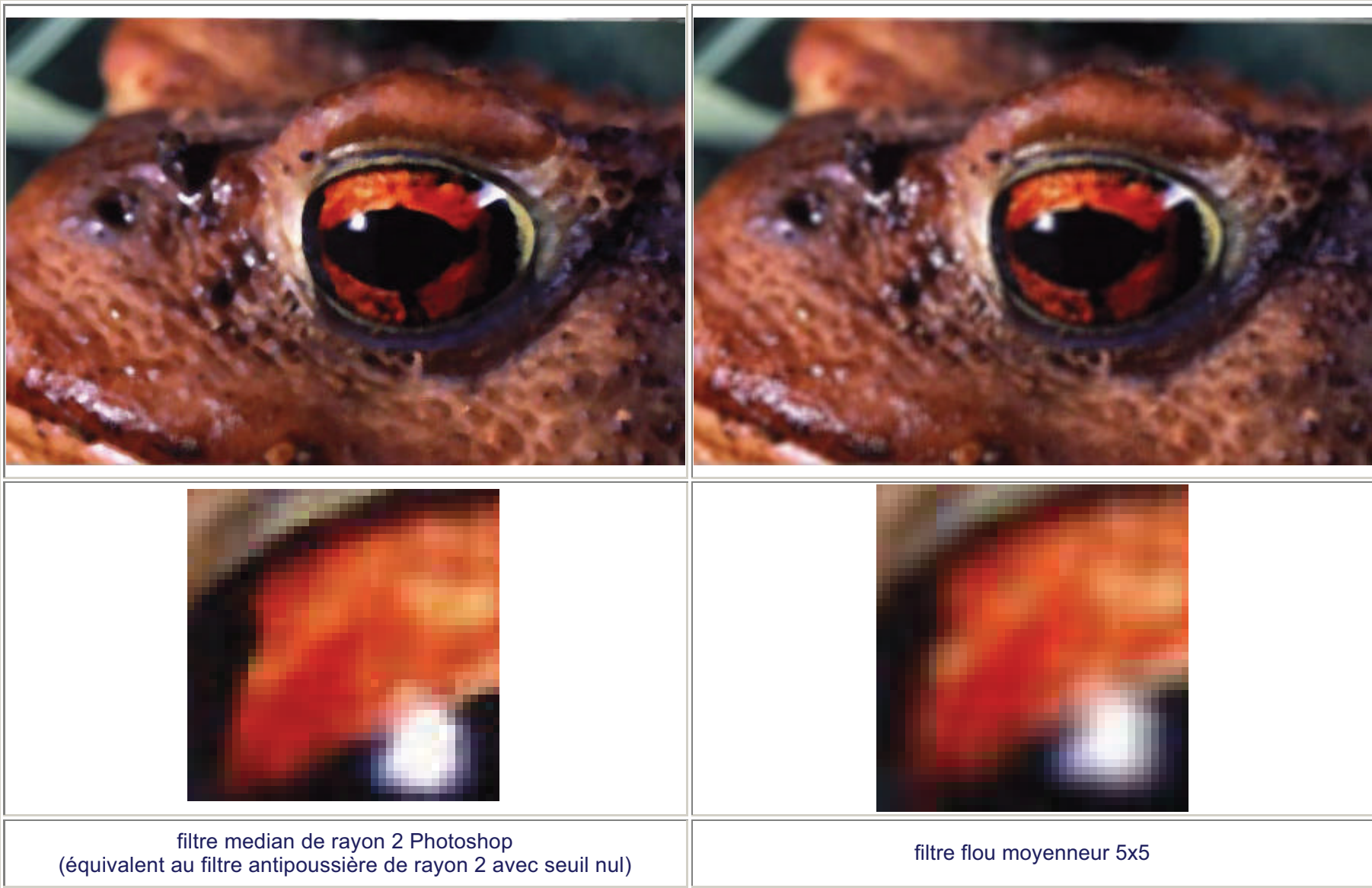


Figure : comparaison de 2 filtres flous

image d'origine :

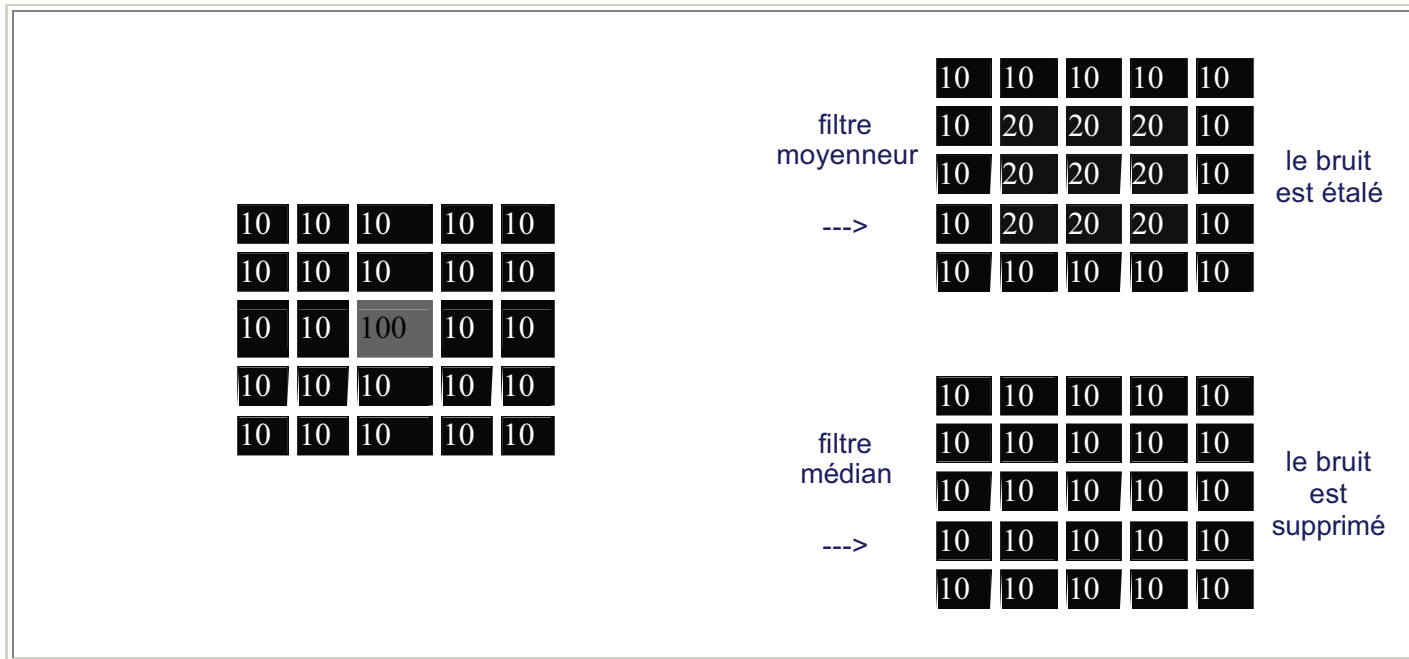


Figure : comparaison des filtres médian et moyenneur pour un bruit isolé

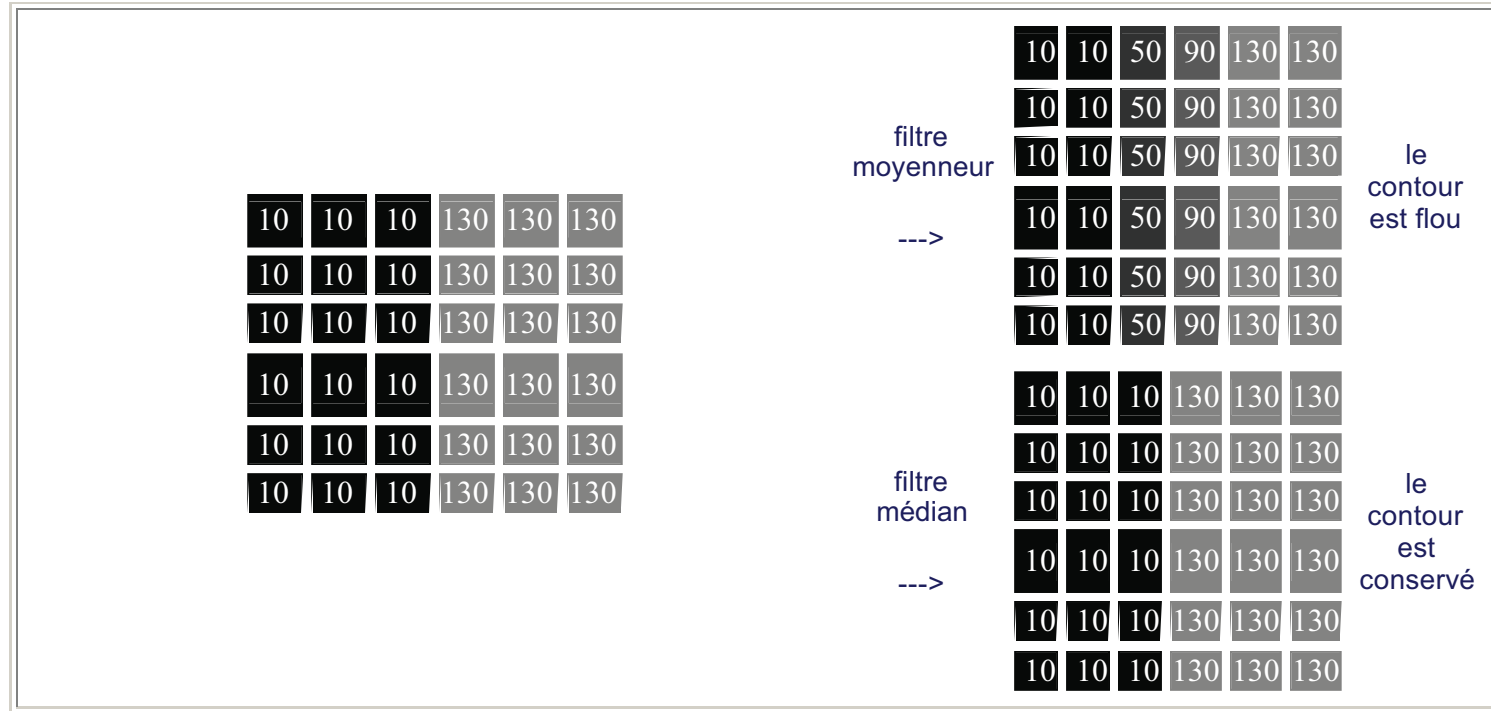


Figure : comparaison des filtres médian et moyeneur pour un contour : le filtre médian n'abime pas les contours.

5.2.6 Filtres de convolution



Ce sont tous les filtres qui calculent le niveau de sortie par une somme pondérée des niveaux du voisinage. Le masque de convolution donne le poids associé à chaque pixel du voisinage et définit le filtre.

<table border="1"><tr><td>30</td><td>0</td><td>240</td></tr><tr><td>120</td><td>60</td><td>180</td></tr><tr><td>210</td><td>150</td><td>105</td></tr></table>	30	0	240	120	60	180	210	150	105	\times	<table border="1"><tr><td>1/12</td><td>1/8</td><td>1/12</td></tr><tr><td>1/8</td><td>1/4</td><td>1/8</td></tr><tr><td>1/12</td><td>1/8</td><td>1/12</td></tr></table>	1/12	1/8	1/12	1/8	1/4	1/8	1/12	1/8	1/12	=	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>120</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>					120				
30	0	240																													
120	60	180																													
210	150	105																													
1/12	1/8	1/12																													
1/8	1/4	1/8																													
1/12	1/8	1/12																													
	120																														
voisinage du pixel		matrice de convolution		résultat du produit																											

$$C_{ij} = 30 \times 1/12 + 0 \times 1/8 + 240 \times 1/12 + 120 \times 1/8 + 60 \times 1/4 + 180 \times 1/8 + 210 \times 1/12 + 150 \times 1/8 + 105 \times 1/12 = 120$$

Parmi les filtres disponibles dans les menus, certains sont des filtres de convolution.
Exemple: les filtres flou moyenneur, flou gaussien, accentuation par différence.

Les filtres ci-dessous ont été réalisés en éditant la matrice de convolution sous PaintShopPro ("Image->Filtres Personnalisés->Nouveau"), les mêmes possibilités existent sous Photoshop ("Filtre->Divers->Autre") et Gimp ("Filtres->Génériques->Convolution par matrice").

Figure : masque de convolution associé à un filtre moyeneur 3x3

Application d'un filtre moyeneur 3x3 :

$$\begin{matrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{matrix}$$

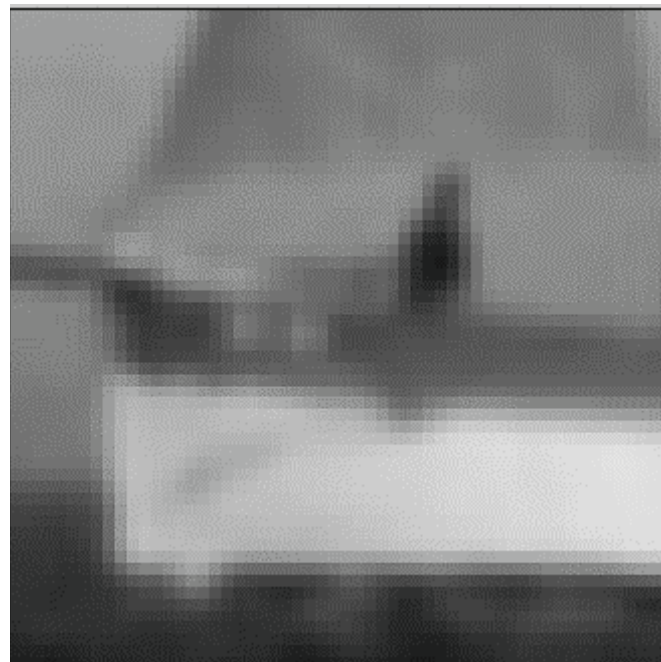
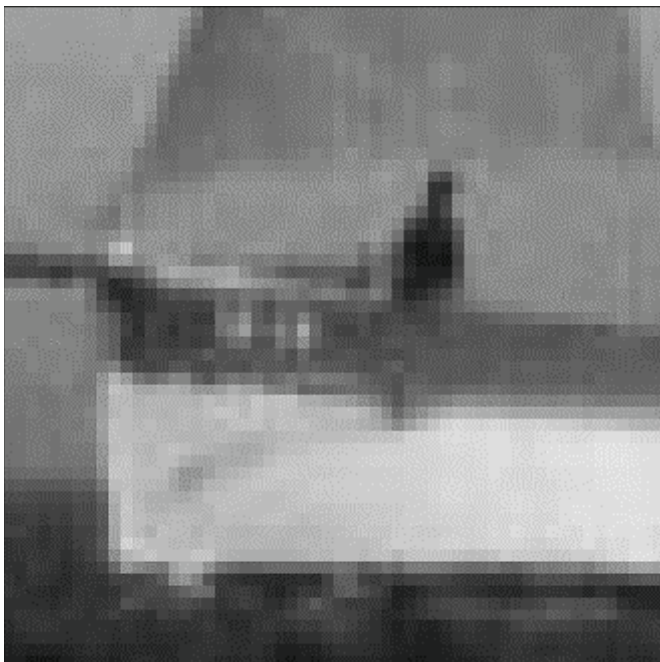


Figure : masque de convolution associé à un filtre moyeneur 5x5

Application d'un filtre moyeneur 5x5:

1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25

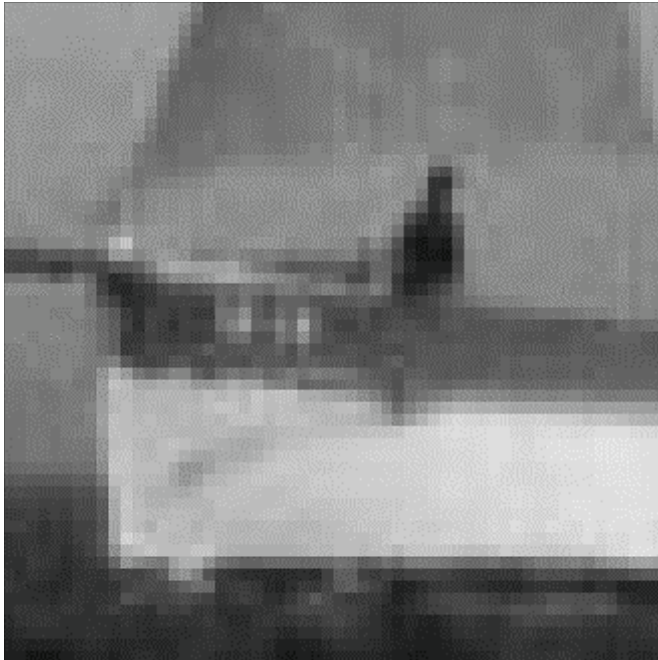


Figure : masque de convolution associé à un filtre gaussien 3x3

Application d'un filtre gaussien 3x3 :

1/16	2/16	1/16
2/16	4/16	2/16
1/16	2/16	1/16

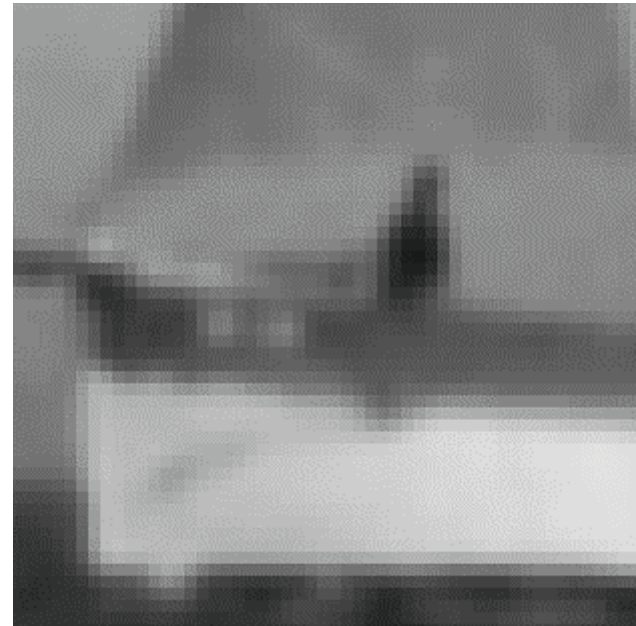
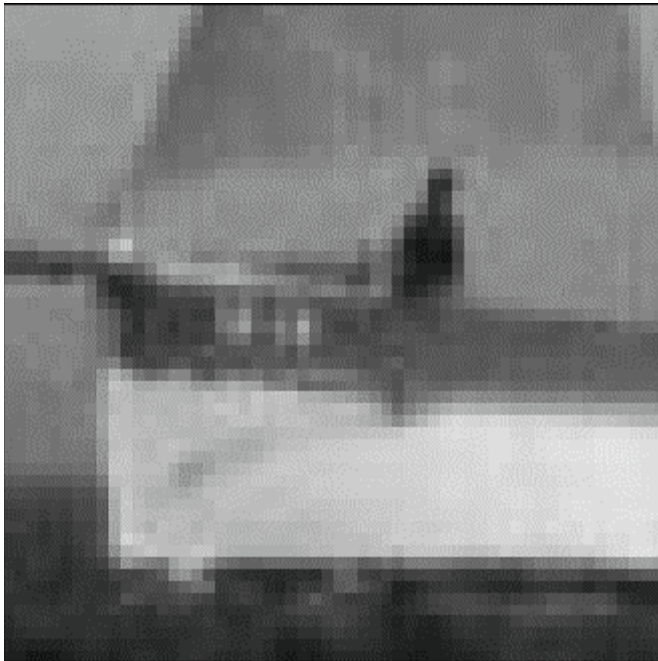
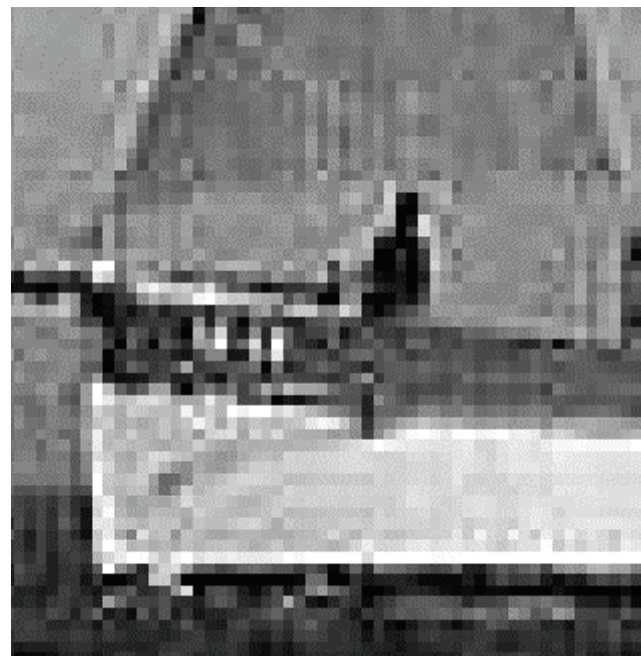
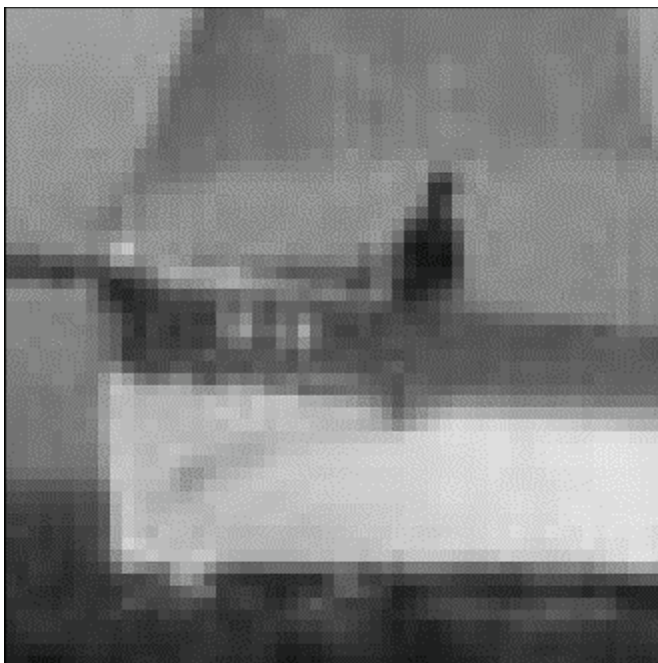


Figure : masque de convolution associé à un filtre accentuation par différence

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

Application d'un filtre accentuation par différence :



5.2.7 Filtres adaptatifs



A Principe :



Le filtre comprend une étape de sélection des pixels. Seuls les pixels sélectionnés sont filtrés, les autres sont inchangés.

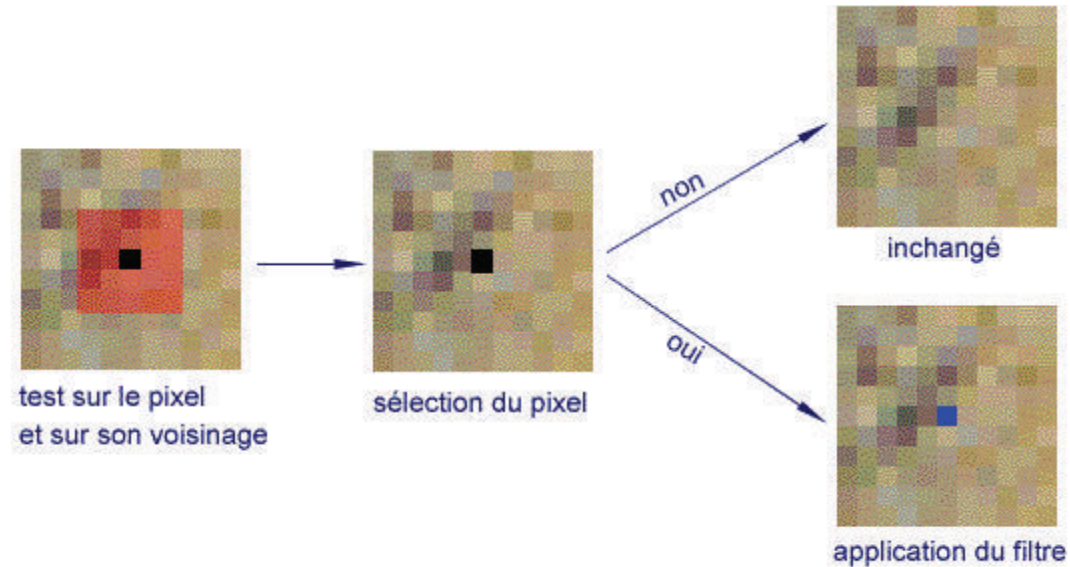


Figure : mode de fonctionnement d'un filtre adaptatif

Les filtres adaptatifs sont très intéressants, car ils permettent d'agir localement dans l'image et de conserver intactes les autres zones. Ils sont aussi plus délicats d'utilisation car il faut également régler les paramètres pour l'étape de sélection (généralement un seuil). Les filtres disponibles dans les logiciels proposent en général un paramètre "seuil" qui permet de les utiliser en version adaptative.

B Critères de sélection :



La sélection est souvent basée sur un seuil à fournir.

- **zone claire**

moyenne (voisinage) > seuil

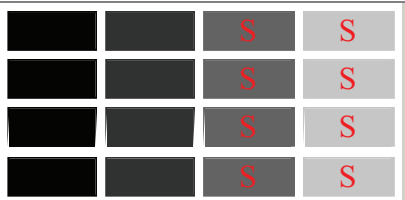
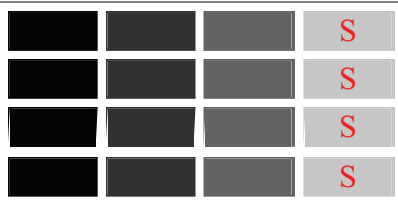






0	50	100	200	25	50	117	150				
0	50	100	200	50	50	117	150				
0	50	100	200	50	50	117	150				
0	50	100	200	25	50	117	150				
valeur des pixels				calcul de la moyenne du voisinage 3x3				seuil = 80		seuil = 128	
				ici 8 voisins et pixel inclus				zone claire		zone claire	
								moyenne(voisinage) > 80		moyenne(voisinage) > 128	

Figure : sélection des pixels en zone claire pour différents seuils sur un carré de pixels donné. La lettre **S** désigne les pixels sélectionnés.

- **zone sombre**

moyenne (voisinage) < seuil

- zone de fort contraste

max (voisinage) - min (voisinage) > seuil

- zone de faible contraste

max(voisinage) - min(voisinage) < seuil

- pixel isolé

niveau - moyenne(voisinage) > seuil

- point de contour

sortie d'un filtre de détection de contours > seuil

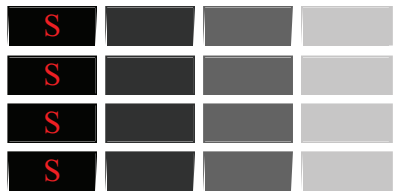
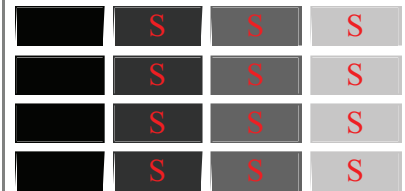






0	50	100	200	50	100	150	100					
0	50	100	200	50	100	150	100					
0	50	100	200	50	100	150	100					
0	50	100	200	50	100	150	100					
pixels d'origine					seuil = 75				seuil = 75			
				calcul du seuil pour chaque pixel	zone de faible contraste				zone de fort contraste			
				max(voisinage) - min(voisinage)	max(voisinage) - min(voisinage) < 75				max(voisinage) - min(voisinage) > 75			

Figure : exemple de sélection des pixels sur un critère de contraste. La lettre **S** désigne les pixels sélectionnés.

C Exemples de filtres adaptatifs:



Tous les filtres peuvent exister en version adaptative. On mentionne quelques exemples couramment proposés.

- **Accentuation par différence**



pixel clair -> $\text{différence} > \text{seuil}$ -> pixel éclairci
pixel sombre -> $\text{différence} < \text{seuil}$ -> pixel assombri

Remarque : la différence peut être pondérée par un coefficient multiplicatif pour régler la force de l'accentuation

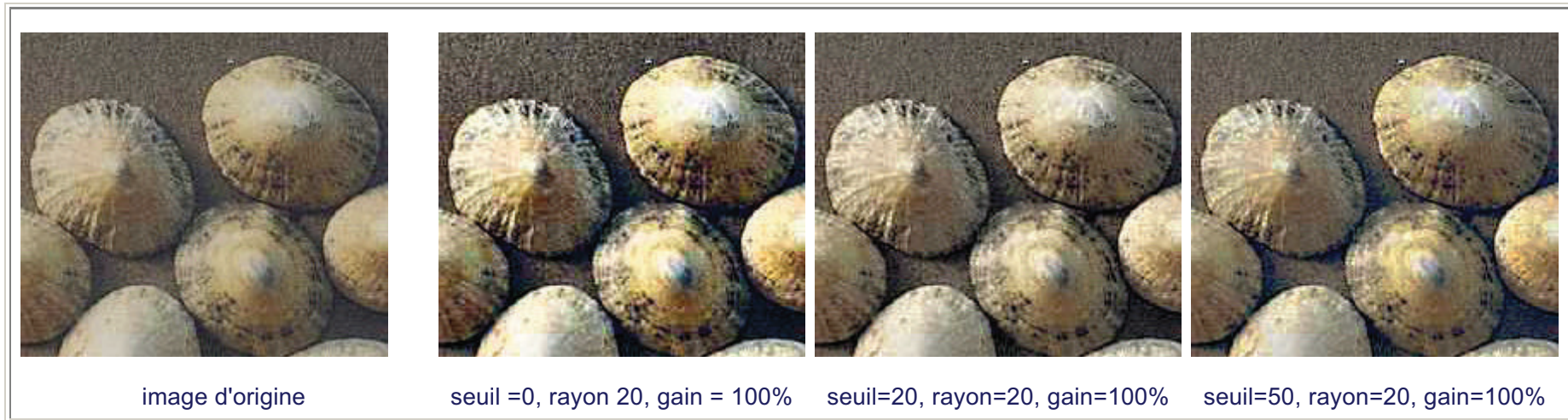


Figure: sous Photoshop, filtre Accentuation avec variation de la valeur du seuil. Plus le seuil est élevé, moins il y a d'effet granuleux; plus le seuil est bas et plus l'accentuation est forte. Pour éviter une transformation des couleurs, il est conseillé de passer en mode Lab.

- Lissage avec protection des contours



Le filtre de lissage est appliqué uniquement en dehors des points de contour. On conserve ainsi la netteté des contours tout en lissant l'image.
(réalisé avec Photoshop sur l'image [cimetiere1](#))



Figure : Sélection des pixels en fonction du seuil (ici seuil=50), puis application du filtre avec un rayon identique (rayon=5), l'exemple a été réalisé sous Photoshop sur l'image [cimetiere1](#) à l'aide du filtre "Filtre->Atténuation->Flou optimisé"

- **Antipoussière**



Pour éviter de supprimer les détails, on utilise le filtre médian en sélectionnant uniquement les pixels à très fort contraste.



Figure : traitement sous Photoshop : sélection des pixels dont la différence est supérieure au seuil (ici de 64) et application du filtre antipoussière avec un rayon de 7 (pour visualiser l'image en grand, cliquez dessus. Sur l'image de détail on note que seulement les 2 pixels clairs du centre ont été modifiés.

Si vous observez attentivement les bords de coquillages, vous noterez que les pixels de fort contraste ont été remplacé par des valeurs moyennes. Il faut donc sélectionner d'abord la zone de la poussière avant d'appliquer le filtre.

- Traitements sur les contours



Image d'origine, cliquez sur les images pour les voir en taille réelle.



Sous Photoshop, utilisation du filtre "Flou optimisé", mais en mode contour seul (puis inversion). Le seuil fixé à 80 sélectionne les pixels sur lesquels va opérer le filtre, autrement dit sélectionne les contours à conserver.

Figure : filtre de sélection des contours