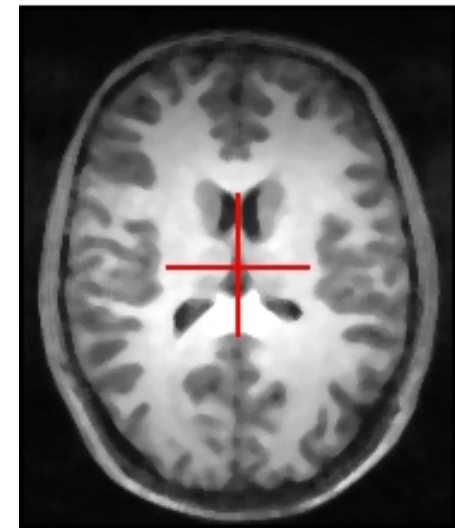
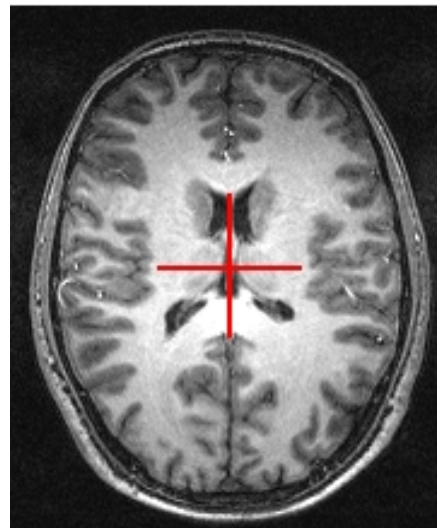


# Traitement d'Image

- Histogramme
- Filtrage linéaire
  - filtre moyen
  - Gradient et Laplacien
- Filtrage non linéaire
  - médian
  - nagao
  - morphologie mathématique



# 1. Généralité

Une image acquise est un ensemble de valeurs dépendant

- du capteur,
- du contexte d'acquisition.

➔ très grande quantité d'informations riches et variées.

**Objectif** : privilégier les informations recherchées

- en augmentant la dynamique du signal dans les zones d'intérêt,
- en sélectionnant à priori certaines classes d'événements.

# Préliminaire :

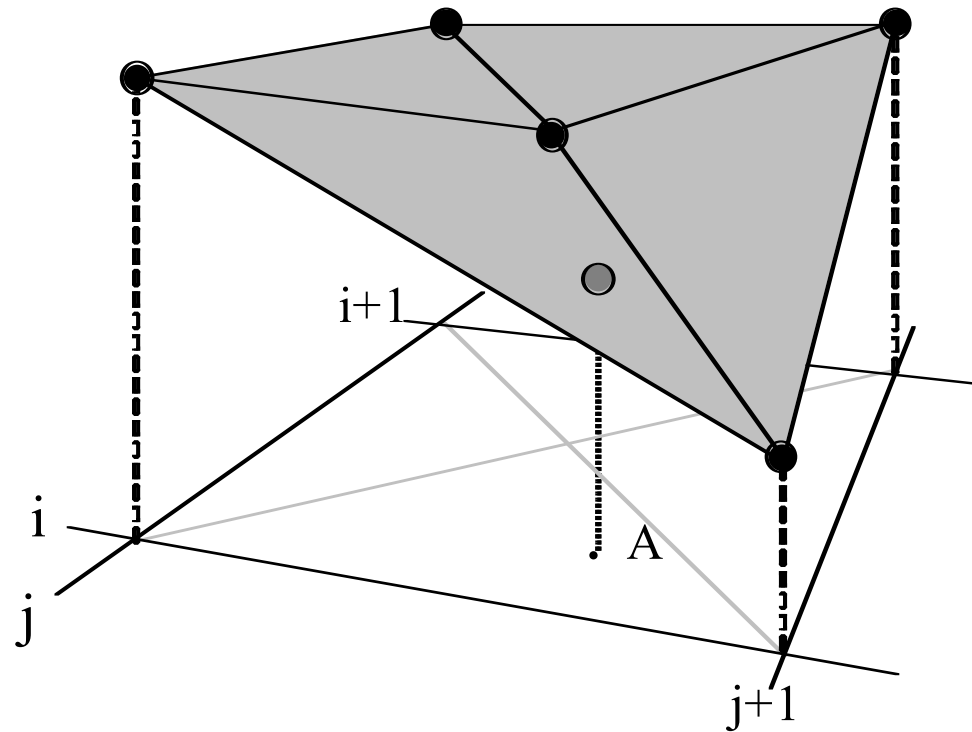
## Evaluation de la luminance d'un point réel

- Soit  $A$  de coordonnées  $(x, y)$  réelles
- $L(P)$  la luminance d'un pixel  $P$
- soient  $P_{i,j}$ ,  $P_{i+1,j}$ ,  $P_{i,j+1}$ ,  $P_{i+1,j+1}$  les quatre pixels qui encadrent  $A$
- $L(A)$  ?

➔ Extrapolation de  $L(A)$  suivant un modèle de surface :

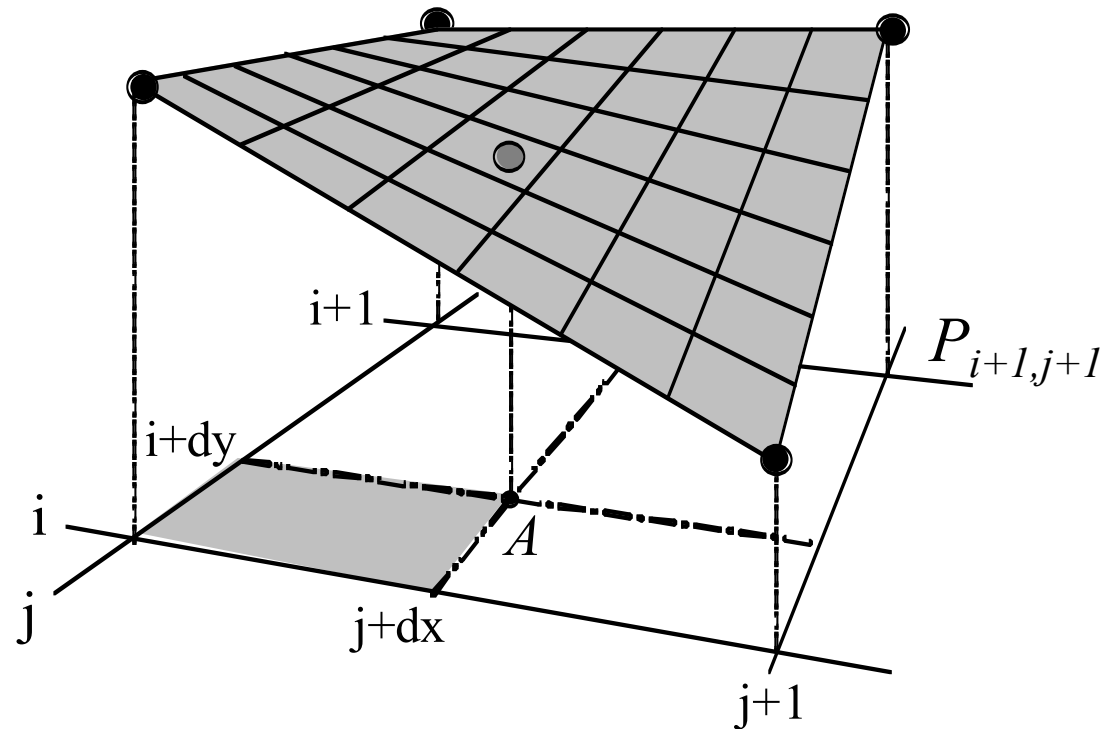
- triangulation de la surface,
- extrapolation bilinéaire,
- carreau de surface bi-cubique (B-spline, ...),
- ...

# Extrapolation triangulaire



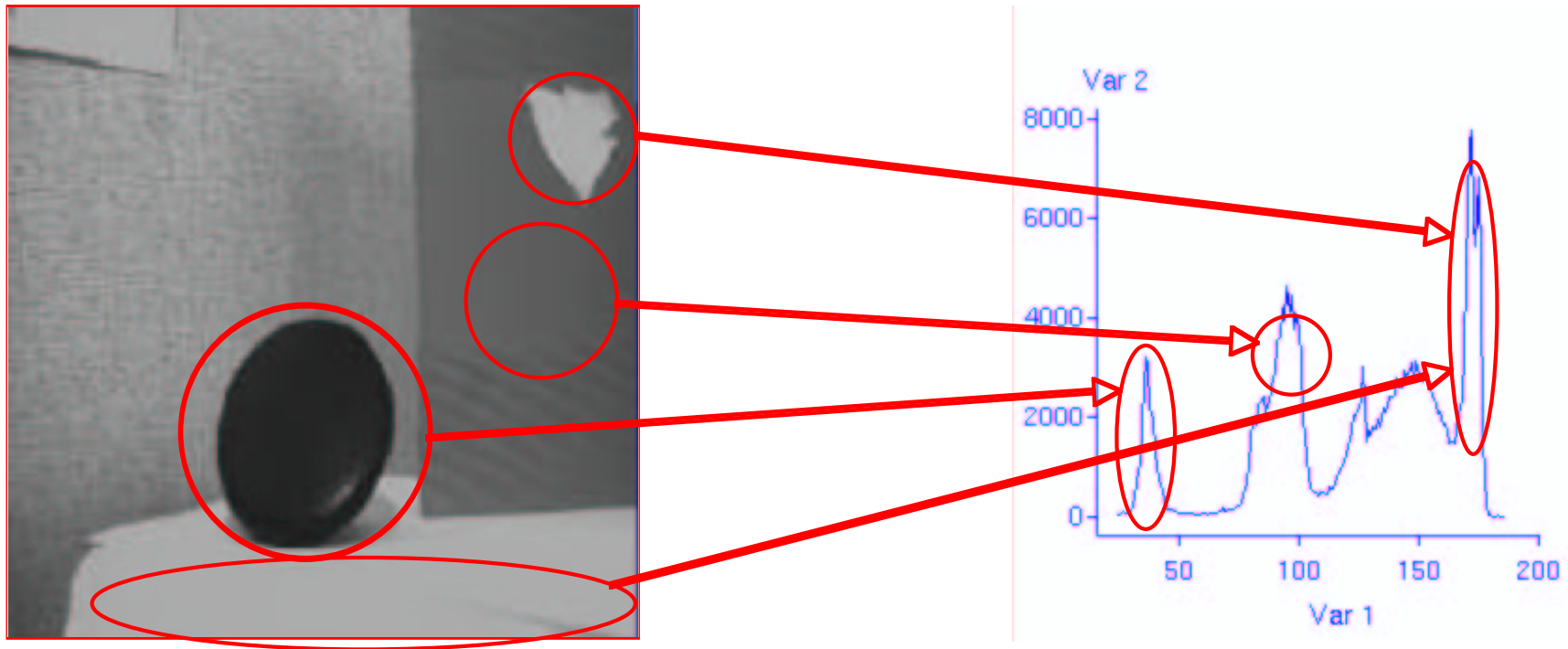
# Extrapolation bilinéaire

$$L(A) = (1-dx) (1-dy) L(P_{i,j}) + dx (1-dy) L(P_{i,j+1}) + \\ (1-dx) dy L(P_{i+1,j}) + dx dy L(P_{i+1,j+1})$$



## 2. Histogramme

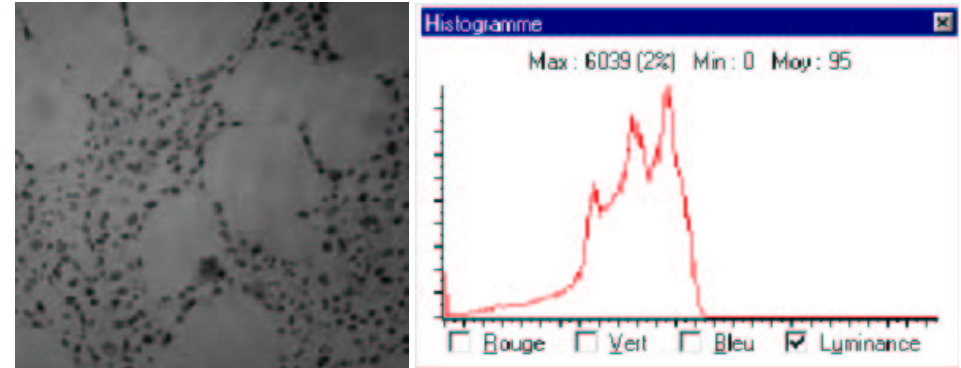
- Distribution des luminances dans l'image
- Première étude des objets qui composent la scène



# Modification d'histogramme

## Buts :

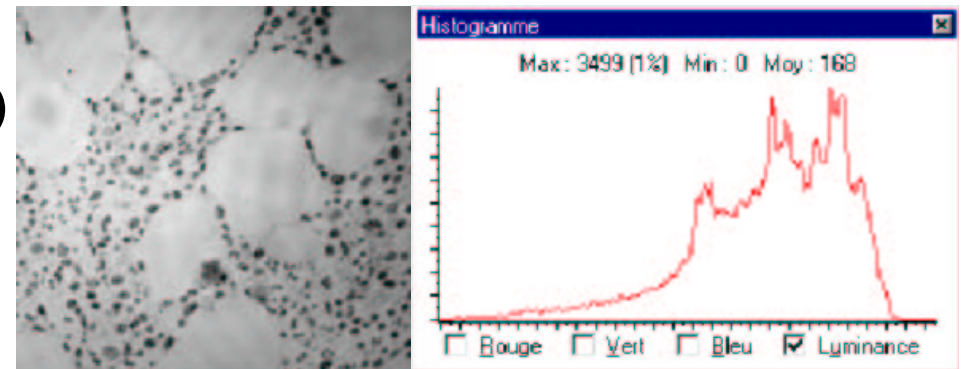
- améliorer la dynamique
- sélectionner des luminances d'événements



**Moyen :** modifier les luminances par une fonction  $f$  croissante (conservation des contrastes relatifs)

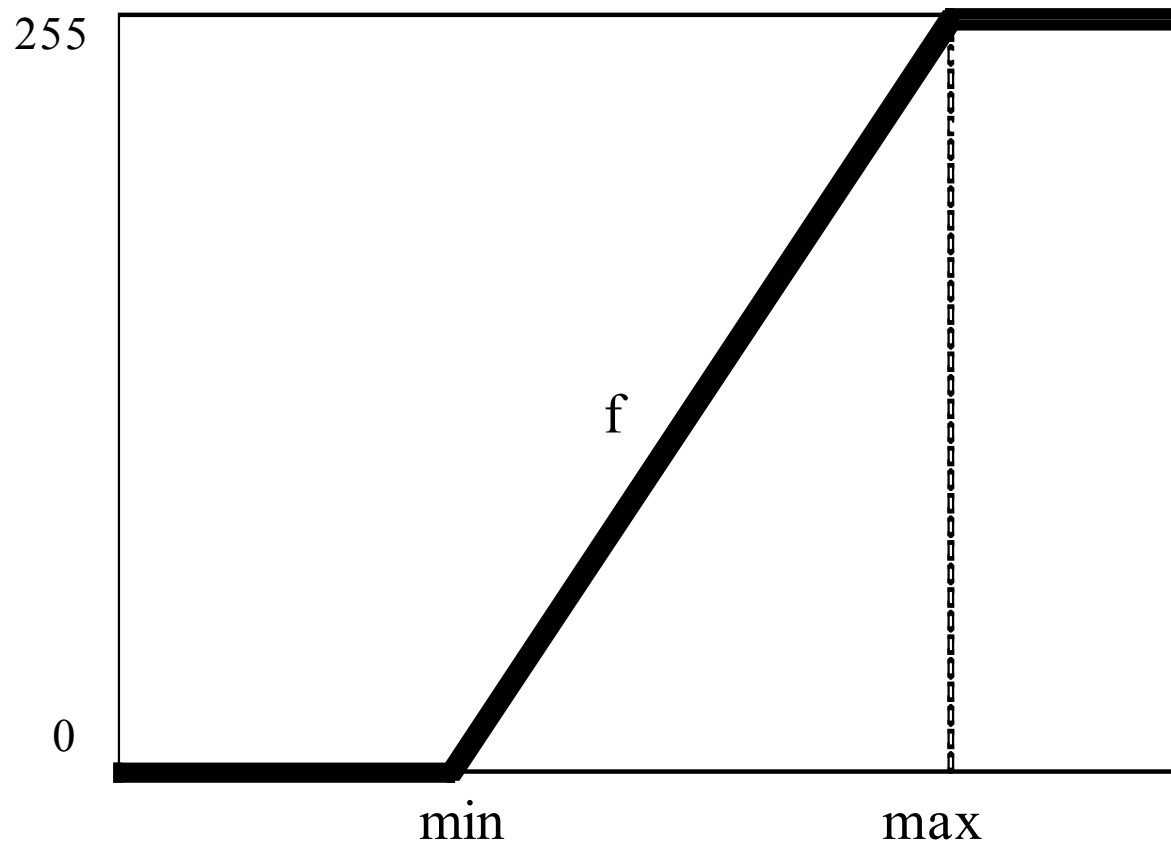
*Pour la suite, on supposera que*

- *$f$  est défini dans  $[0, 255]$*



# Expansion dynamique

$$f(x) = \max(0, \min(255, (x-x_{\min}) * 255 / (x_{\max} - x_{\min})) )$$

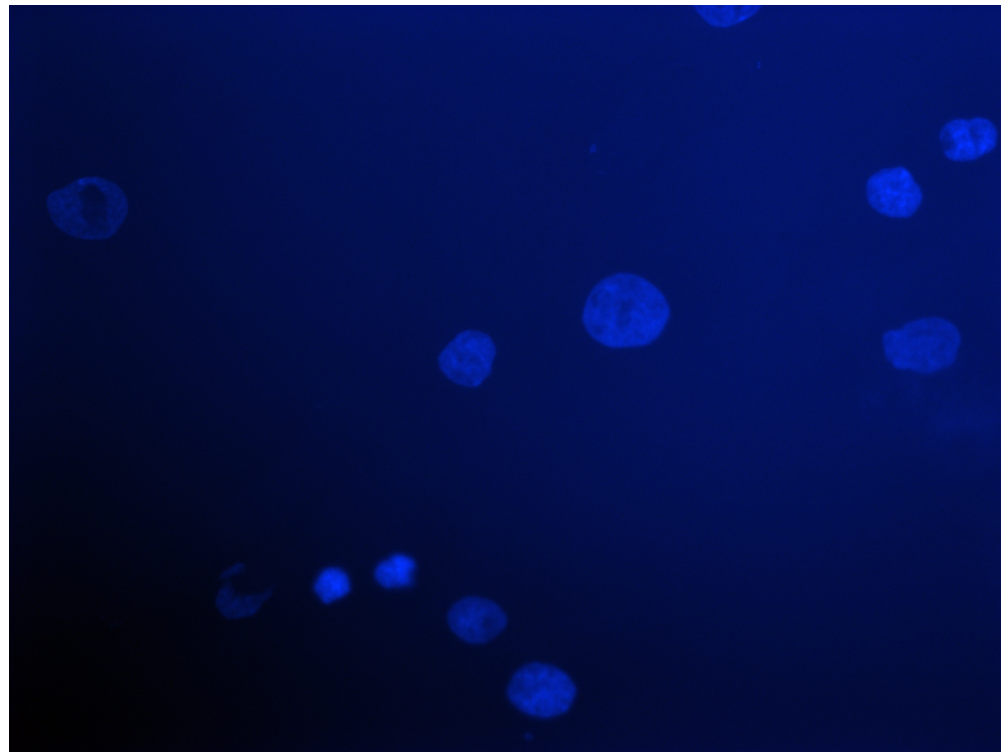




# Expansion adaptative

**Situation** : sur- ou sous-exposition d'une partie de l'image

→ La fonction de transformation varie suivant la position dans l'image



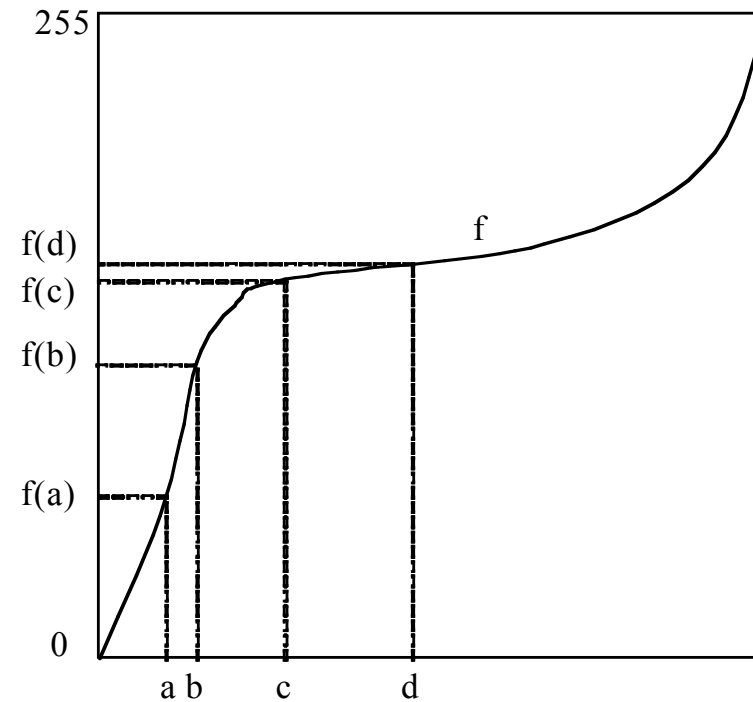
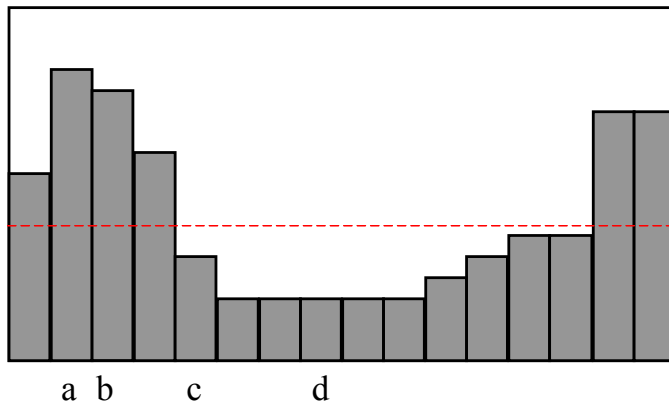
*Étude de cellules par fluoroscopie*

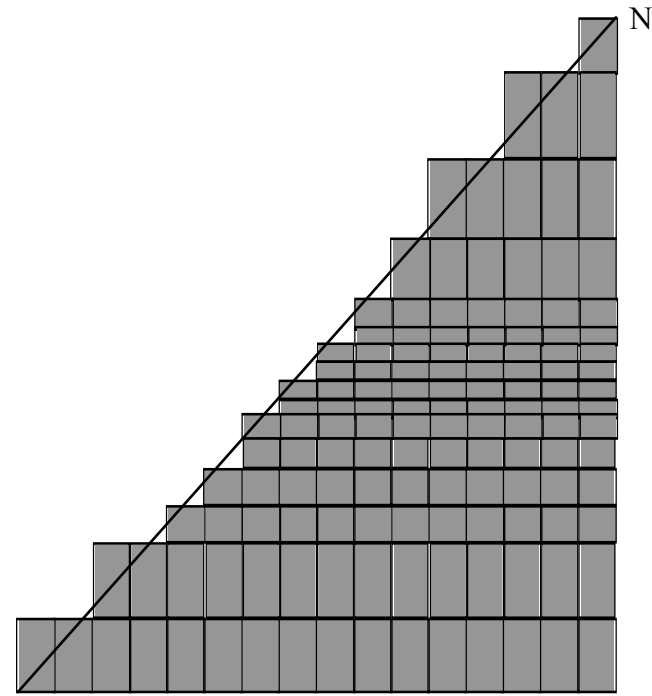
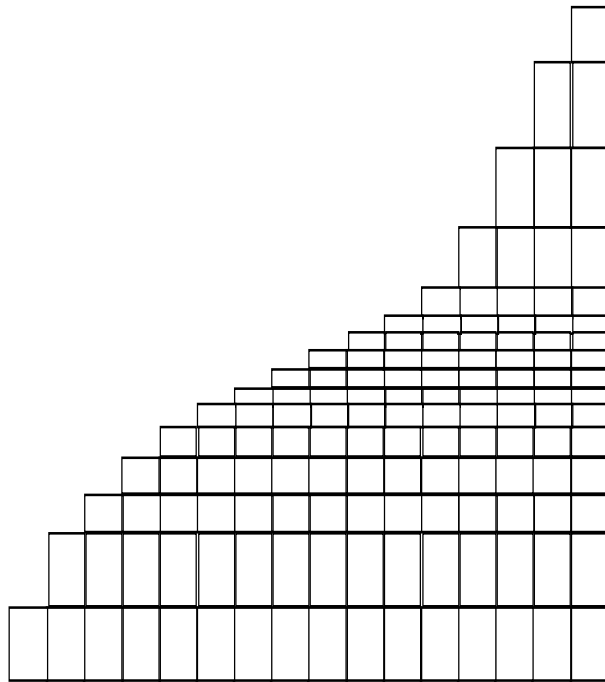
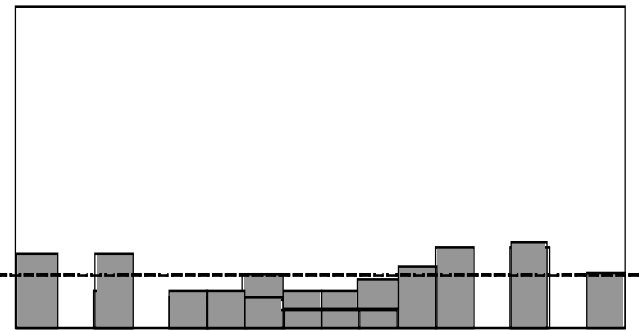
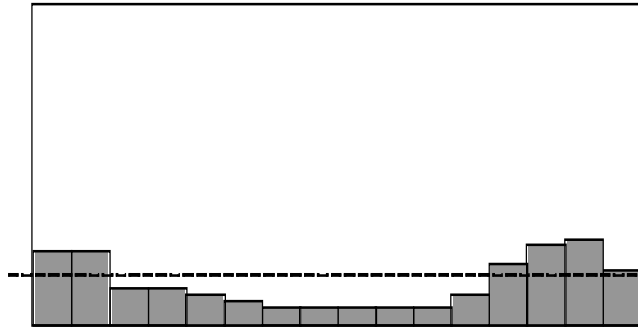
**Solution** : expansion dynamique avec un min et un max qui varie suivant la position dans l'image

- définition d'un maximum pour chacun des quatre coins de l'image.
- pour chaque pixel, extrapolation bilinéaire d'un maximum à partir des quatre maxima.
- de même pour le minimum.

# Egalisation d'Histogramme

→ Rendre les luminances équiprobables





# Algorithme pour l'égalisation

```
Soit N le nbre de pixels ;
Soit f[256] la fonction de transform. des luminances ;
évaluer l'histogramme cumulé : histoCumule[256] ;
cumulIdéal = N/256 ;
y = 0 ;
pour x=0 à 255
    f[x] = y ;
    tant que histoCumule[x] > cumulIdéal
        y = y +1 ;
        cumul idéal = cumul idéal + N/256 ;
    fin tant que
fin pour
```

# Spécification d'histogramme

- Généralisation de l'égalisation d'histogramme
- Obtenir une distribution des luminances proche d'une distribution spécifiée à l'avance.

La distribution de référence peut-être :

- soit fixée à priori,
- soit obtenue sur une image qui sert d'apprentissage.

# Algorithme pour la spécification

```
Soit N le nbre de pixels ;  
Soit f[256] la fonction de transform. des luminances ;  
soit l'histogramme de référence: histoCumuleRef[256] ;  
évaluer l'histogramme cumulé : histoCumule[256] ;  
y = 0 ;  
pour x=0 à 255  
    f[x] = y;  
    tant que histoCumule[x] > histoCumuleRef[y]  
        y = y +1 ;  
    fin tant que  
fin pour
```

# 3. Filtrage

- ➔ **Filtrage** : modification des valeurs de l'image par application d'un opérateur.
- ➔ **Objectifs** :
  - réduire le bruit
  - rehausser des contours
  - calculer certaines caractéristiques de l'image (gradient, laplacien)
- ➔ **Catégories** :
  - passe-bas / passe-haut
  - linéaire / non-linéaire
- ➔ **Forme** : *Filtre(image d'entrée, ..., image de sortie)*



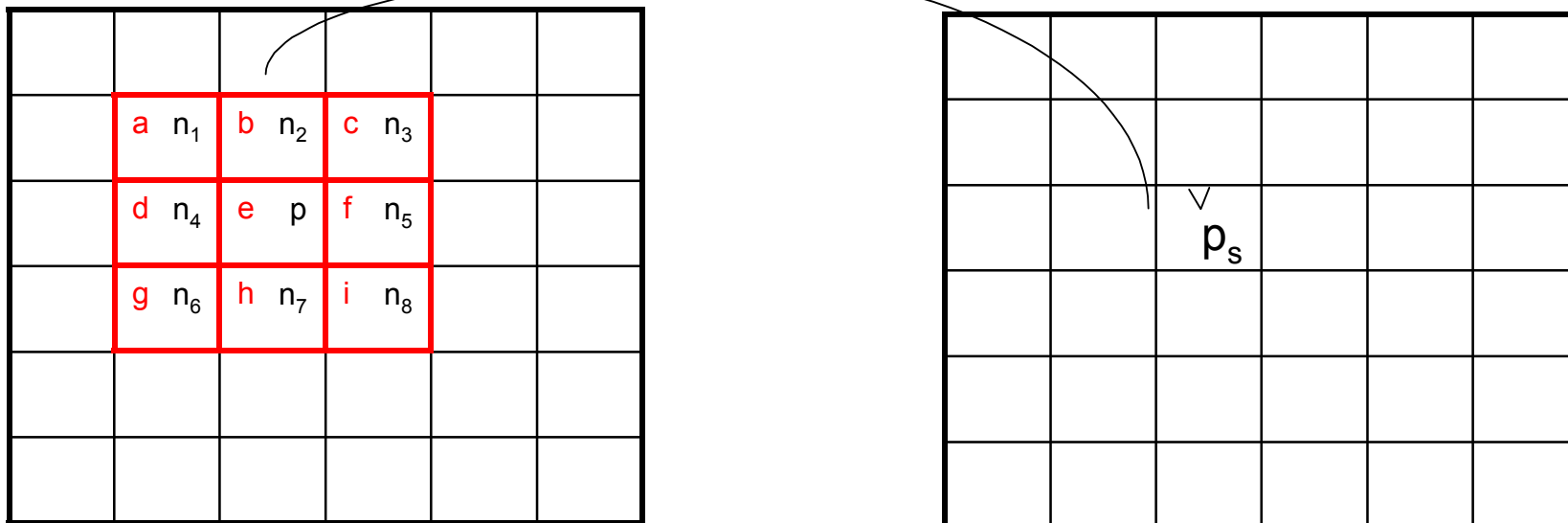
# 4. Filtrage linéaire

- Choix d'une fenêtre d'observation
- La « fenêtre » contient des poids

a	b	c
d	e	f
g	h	i

- Nouvelle valeur du pixel : somme pondérée de ses voisins

$$p_s = a.n_1 + b.n_2 + c.n_3 + d.n_4 + e.p + f.n_5 + g.n_6 + h.n_7 + i.n_8$$



# Filtre linéaire passe bas

Bruit : essentiellement des hautes fréquences, on souhaite les « enlever »

→ lissage : moyenne dans un voisinage

Le masque :

→ la somme des coefficients égale 1

→ la taille du filtre détermine l'importance de l'effet

→ effet : lissage des formes et régularisation de leurs contours

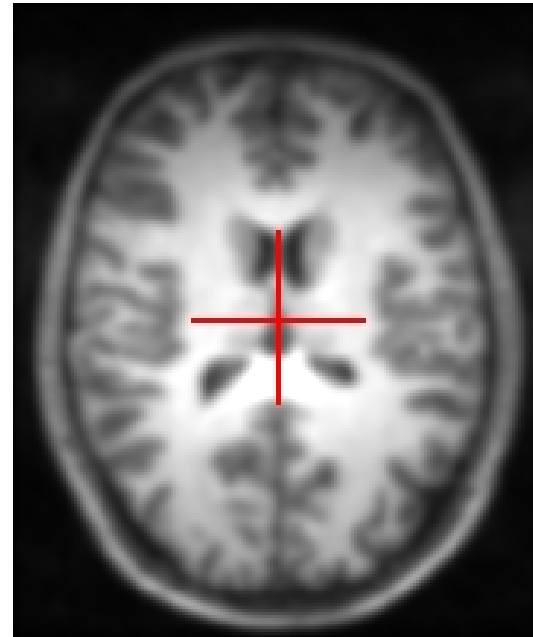
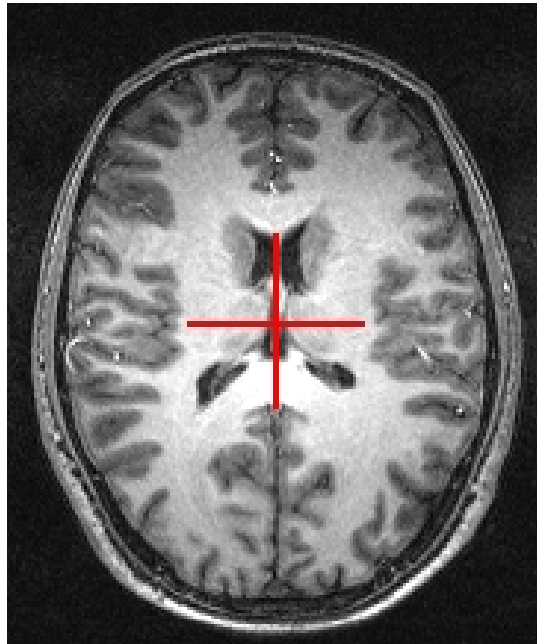
→ inconvénient : introduit du flou (contours moins marqués)

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

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

Filtre large :

- gros problèmes de bord, et gros coût de calcul
- mélange les structures voisines
- perte de contraste
- délocalisation des bords



# Filtre gaussien

1	4	7	10	7	4	1
4	12	26	33	26	12	4
7	26	51	71	51	26	7
10	33	71	91	71	33	10
7	26	51	71	51	26	7
4	12	26	33	26	12	4
1	4	7	10	7	4	1

filtre gaussien en représentation entière

dont la somme des coefficients vaut 1115

# Filtre passe-haut

- ➔ Mise en évidence des variations de luminance
  - Contours
  - Zone texturée (non homogène)
  
- ➔ Propriétés du masque : somme des coefficients nulle
  
- ➔ Deux filtres courants :
  - Le gradient
  - Le laplacien

# Filtre passe-haut : gradient

Comment approximer les dérivées partielles ?

0	0	0
-1	0	1
0	0	0

$$\partial I / \partial x$$

0	1	0
0	0	0
0	-1	0

$$\partial I / \partial y$$

→ Sensible au bruit...

# Filtre passe-haut : gradient (Sobel)

→ Idée : mélanger un filtre « moyennneur » et gradient :

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

$\partial I / \partial x$

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

$\partial I / \partial y$

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

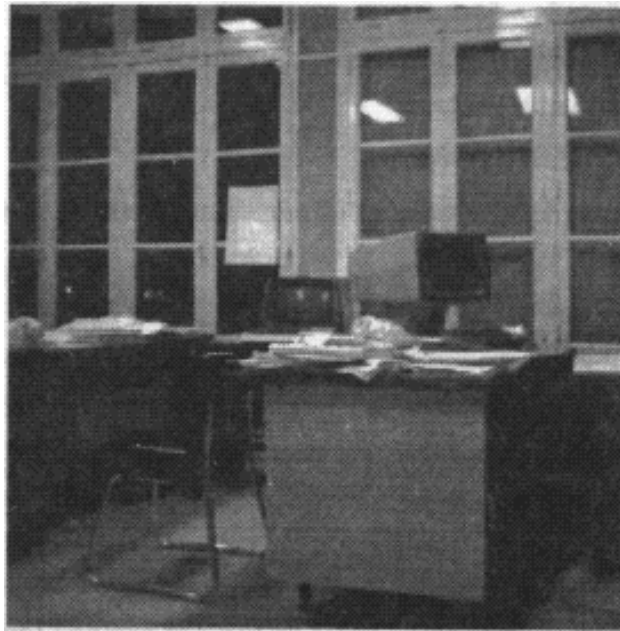
$\partial I / \partial x$

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

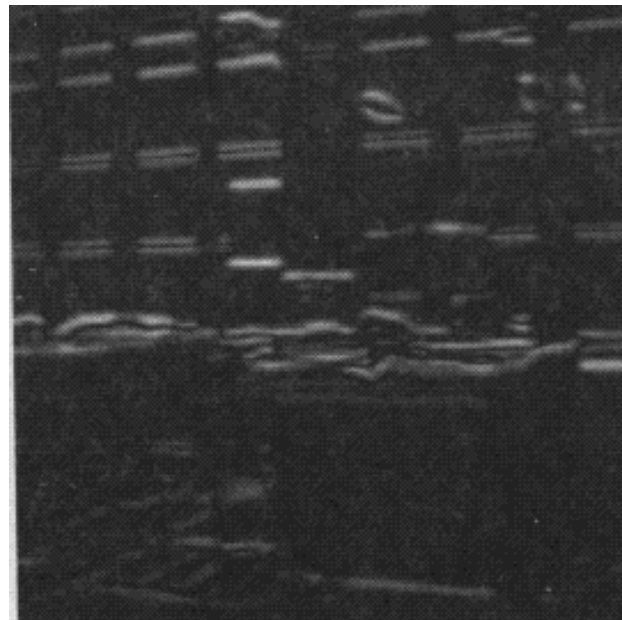
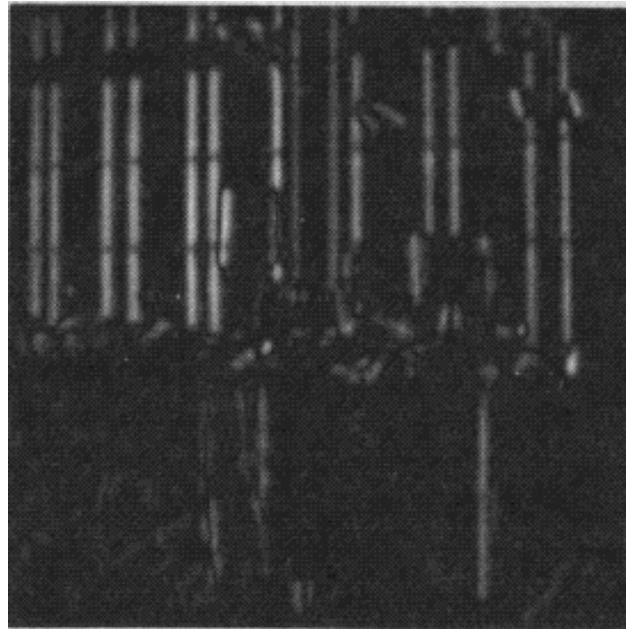
$\partial I / \partial y$

*Filtre de Sobel*

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

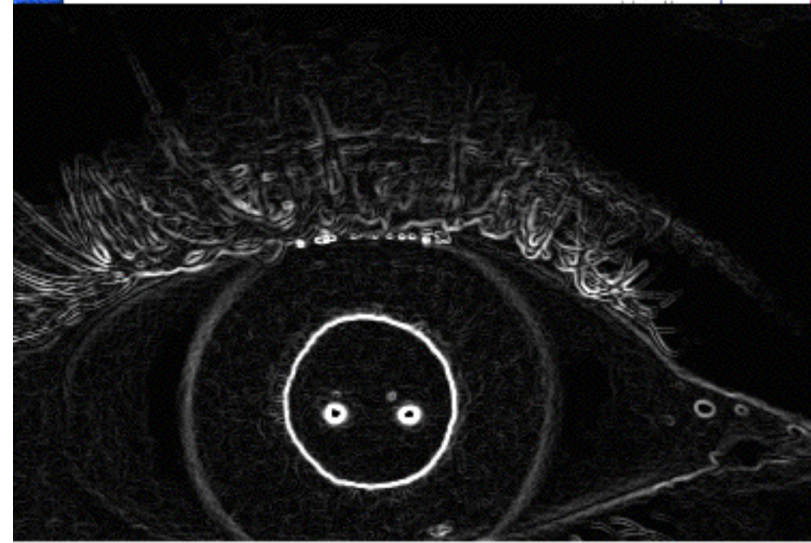
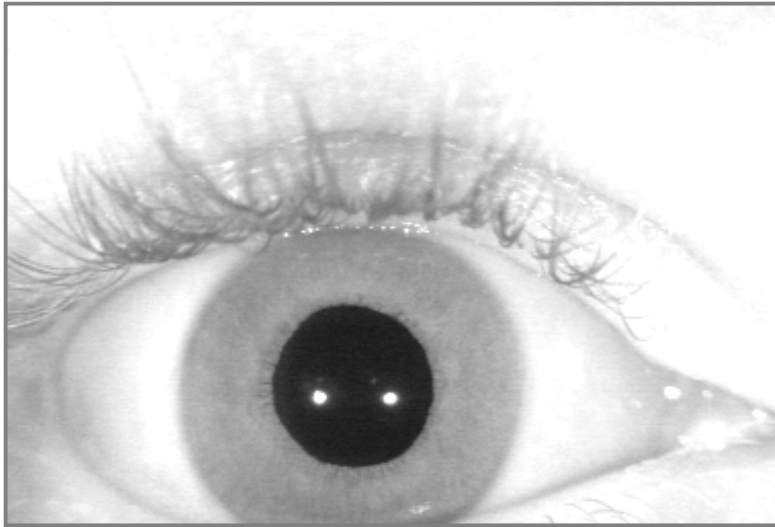


1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1





# Filtre passe-haut : norme du gradient



- régions homogènes : gradient faible (en noir dans l'image)
- frontière de régions : gradient élevé (contours clairs dans l'image)

# Filtre passe-Haut : Laplacien

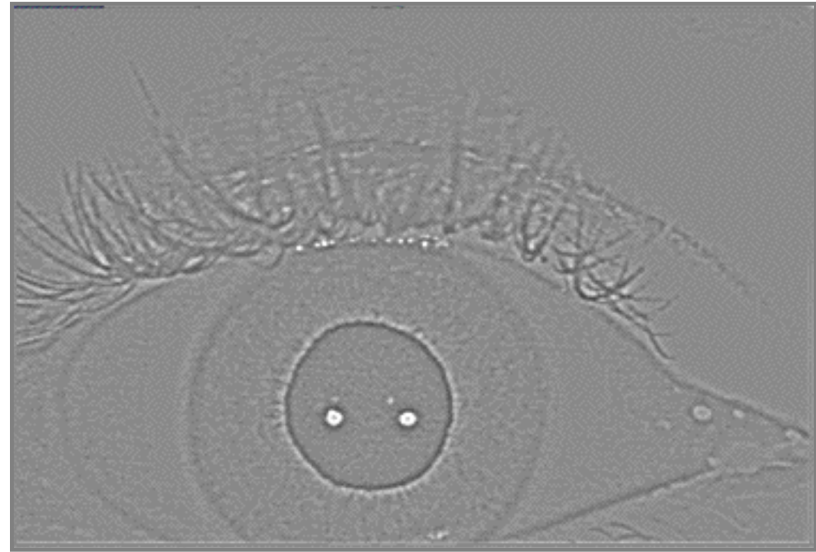
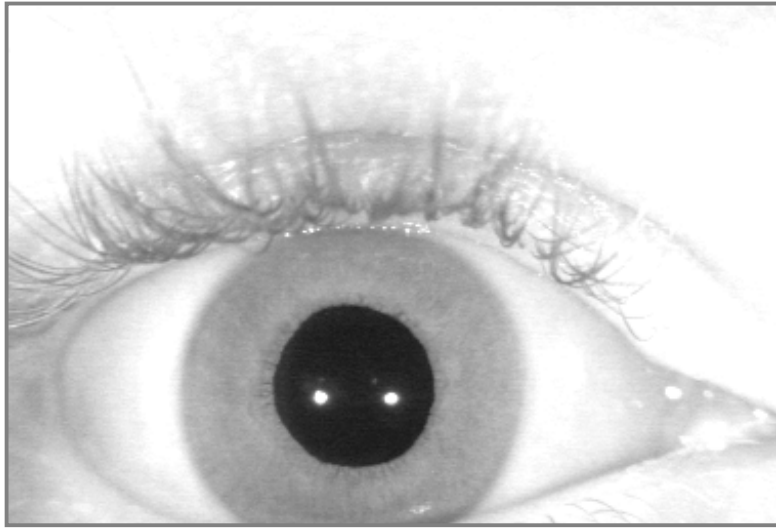
Filtres qui approximent le Laplacien :

*(somme des dérivées partielles secondes)*

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

0	0	-1	-1	-1	0	0
0	-1	-3	-3	-3	-1	0
-1	-3	0	7	0	-3	-1
-1	-3	7	24	7	-3	-1
-1	-3	0	7	0	-3	-1
0	-1	-3	-3	-3	-1	0
0	0	-1	-1	-1	0	0



- régions homogènes : laplacien nul (en gris dans l'image)
- frontière de régions : transition forte de part et d'autre de 0 (transition foncé-clair dans l'image)

# 5. Filtre non linéaire (passe-bas)

Objectif :

- effet passe-bas
- avec une meilleure préservation des contours

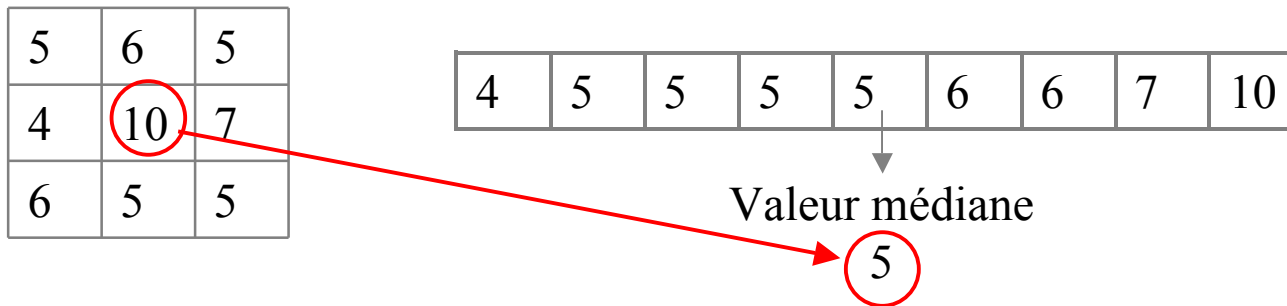
→ Filtre *médian*

→ Filtre de *Nagao*

→ Filtre morphologique

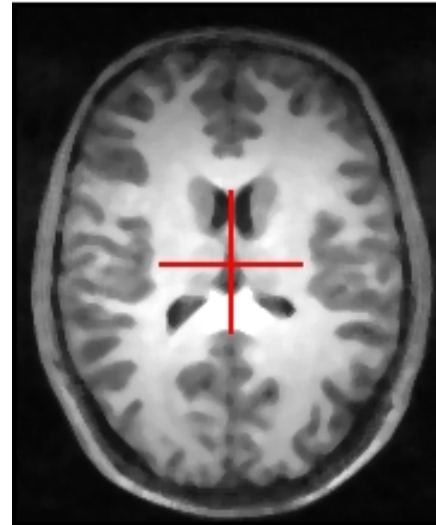
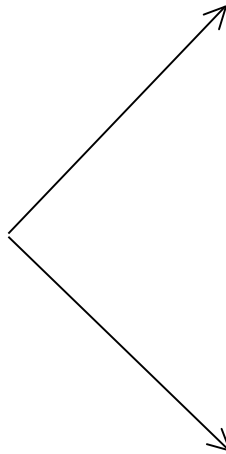
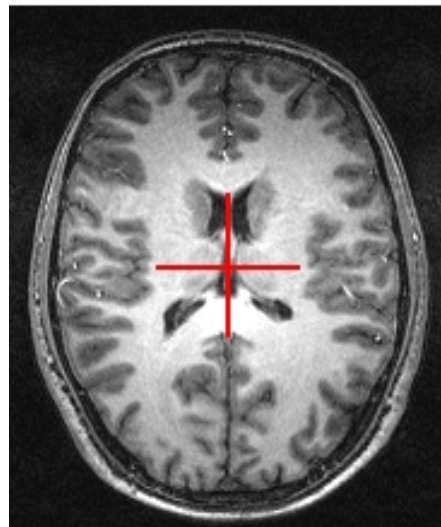
# Filtre non linéaire : médian

Principe : on affecte à chaque pixel la valeur médiane des intensités dans la fenêtre centrée sur lui

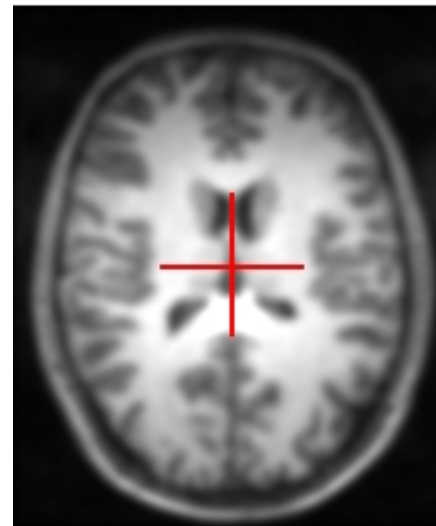


- ➔ **Avantage** : préservation de la dynamique des contours (pas de flou)
- ➔ **Inconvénient** :
  - arrondi tout de même les angles
  - coûteux, il faut mettre en place un tri

# Comparaison : *médian* et *moyen*



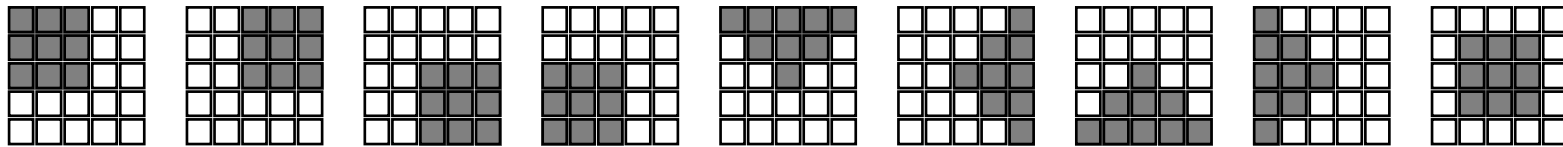
médian



moyen

# Filtre non linéaire : *nagao*

- pour chaque pixel, on considère 9 sous-fenêtres  $F_k$ ,  $k=1,\dots,9$

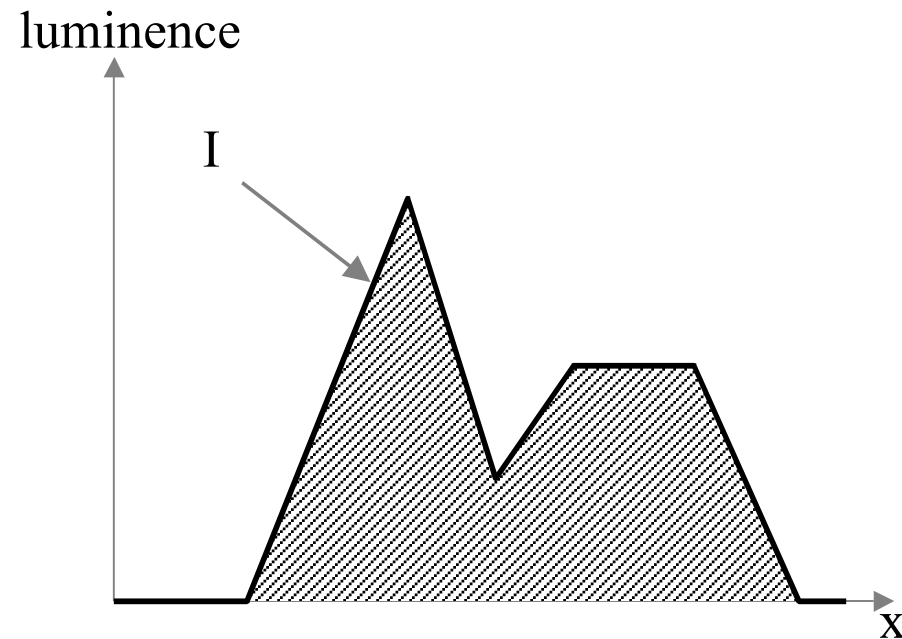


- pour chaque fenêtre, on calcule la moyenne  $m_k$  et la variance  $v_k$
  - on affecte au pixel la moyenne de la fenêtre qui a la variance la plus faible
- bonne préservation des contours et des angles
- au prix d'une complexité et d'un coût accrus

# Morphologie mathématique

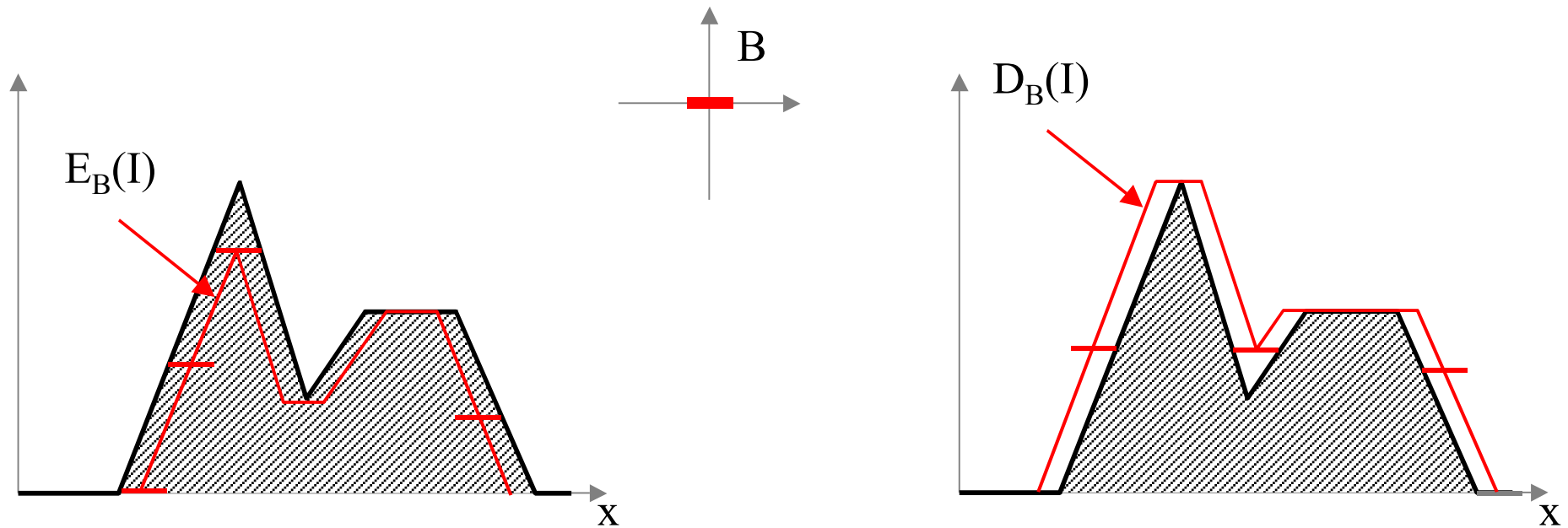
Image 2D en niveau de gris :

- volume binaire (3D)
- La forme est « en bas »
- Le fond est « en haut »





# Morphologie mathématique : érosion et dilatation



- ➔ élément structurant : généralement un « disque horizontal »
- ➔ érosion : min dans ce disque
- ➔ dilatation : max dans ce disque

# Morphologie mathématique : ouverture et fermeture

- Ouverture : « érodes » les pics plus étroits que B
- Fermeture : comble les creux plus étroits que B

