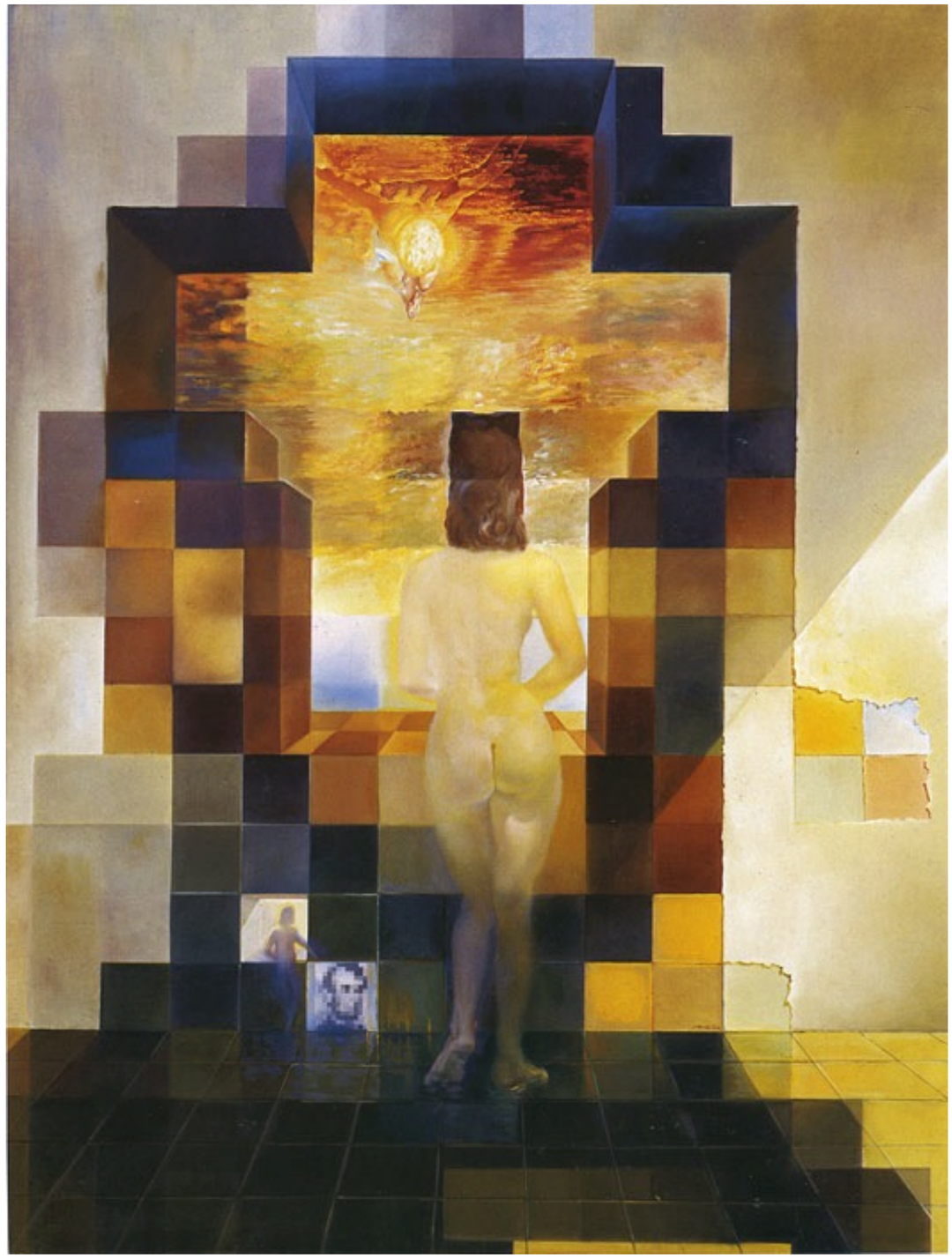
Applications du filtrage

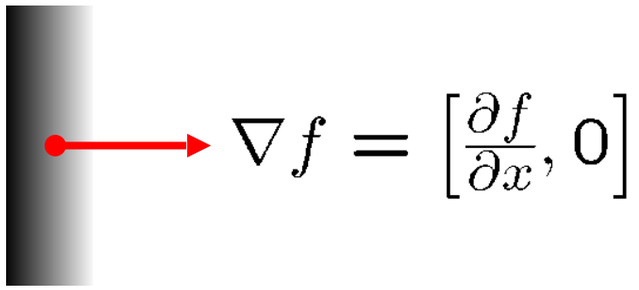


GIF-4105/7105 Photographie Algorithmique, Hiver 2019

Jean-François Lalonde

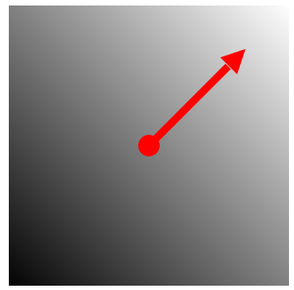
Gradient

- Le gradient d'une image: $\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}\right]$



$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, 0\right]$

$\nabla f = \left[0, \frac{\partial f}{\partial y}\right]$



$\nabla f = \left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}\right]$

- Pointe dans la direction du changement le plus rapide en intensité

- Amplitude et orientation:

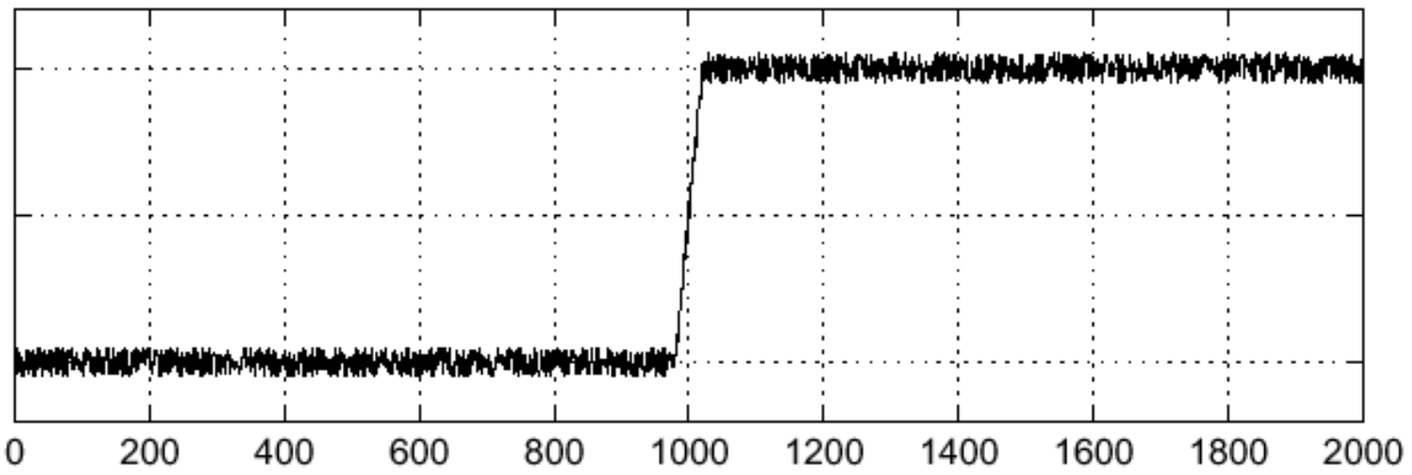
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\partial f}{\partial y} / \frac{\partial f}{\partial x}\right)$$

$$\|\nabla f\| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}$$

Bruit

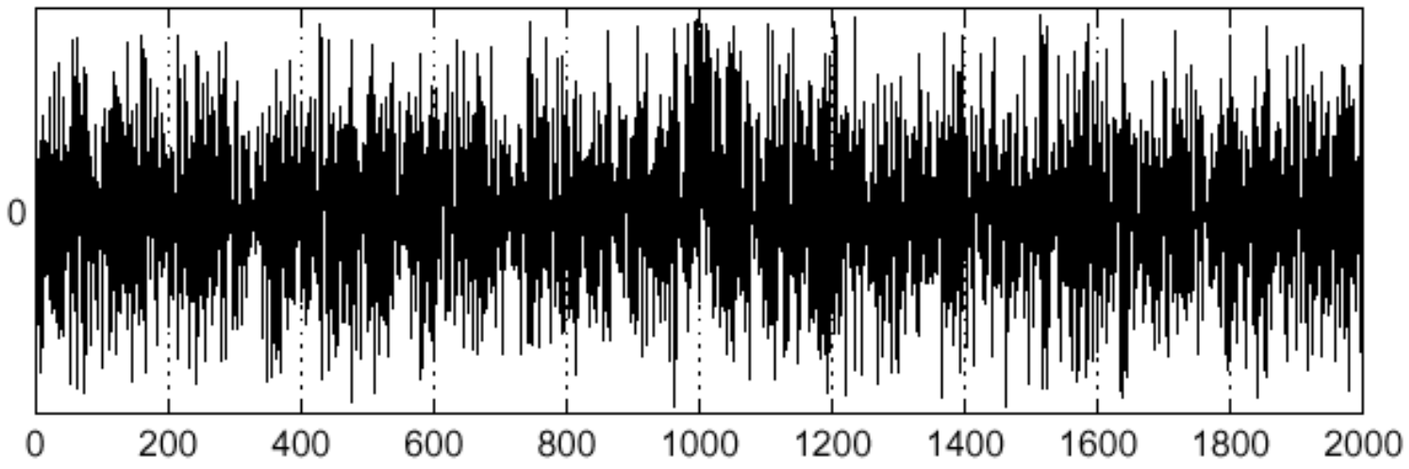
- Analysons une seule ligne dans l'image
  - Affiche l'intensité en fonction de la coordonnée x

$f(x)$



Comment calculer le gradient (la dérivée?)

$\frac{d}{dx}f(x)$



Où est l'arête?

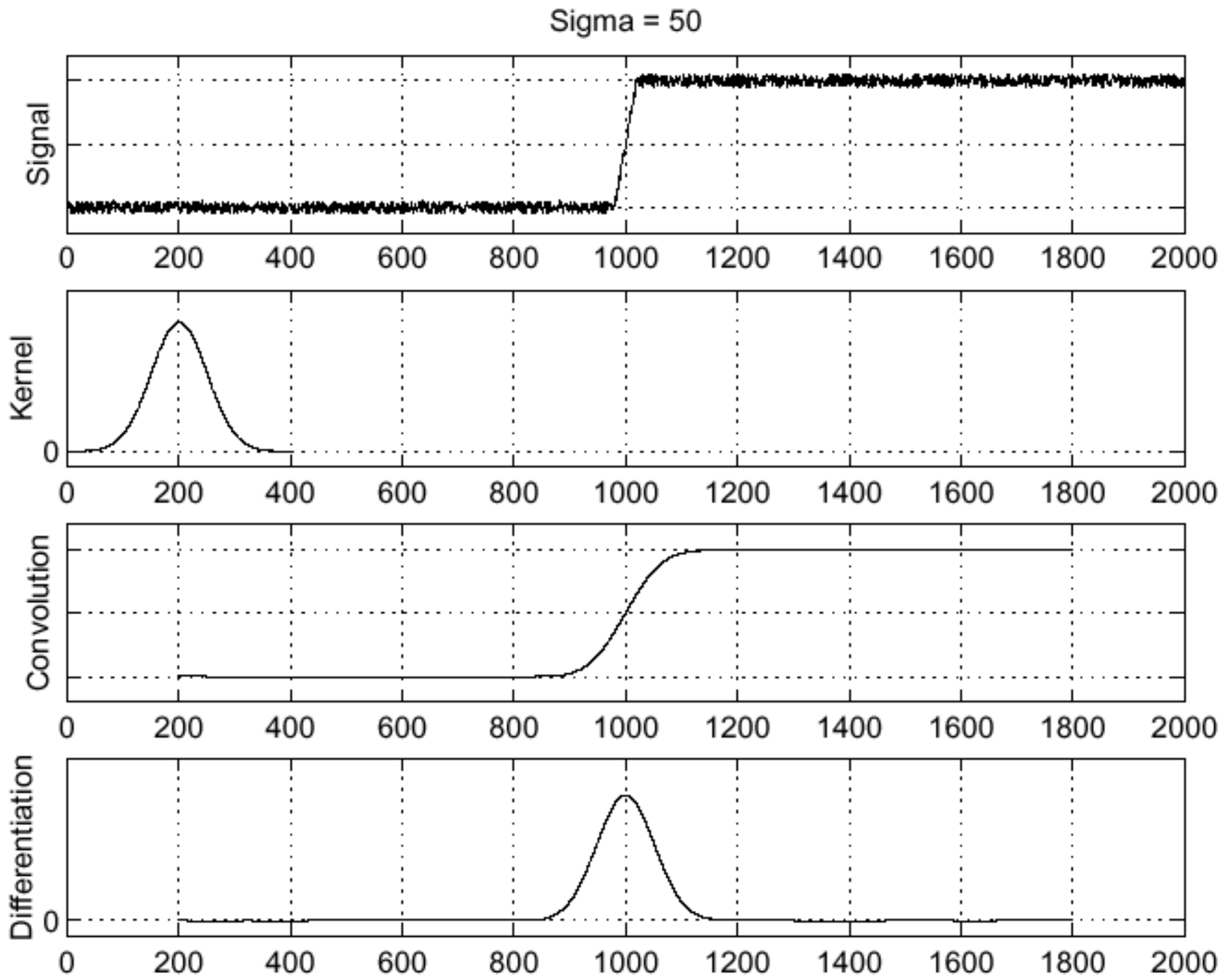
Solution: adoucir! (filtrer!)

f

h

$h \star f$

$\frac{\partial}{\partial x}(h \star f)$

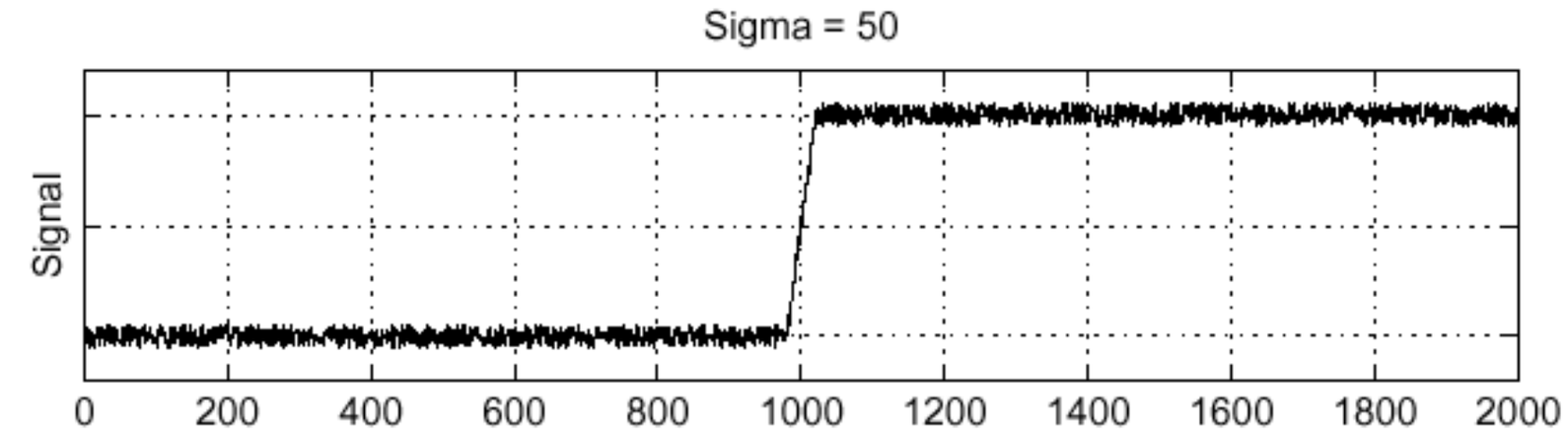


Où est l'arête? Chercher maximums: $\frac{\partial}{\partial x}(h \star f)$

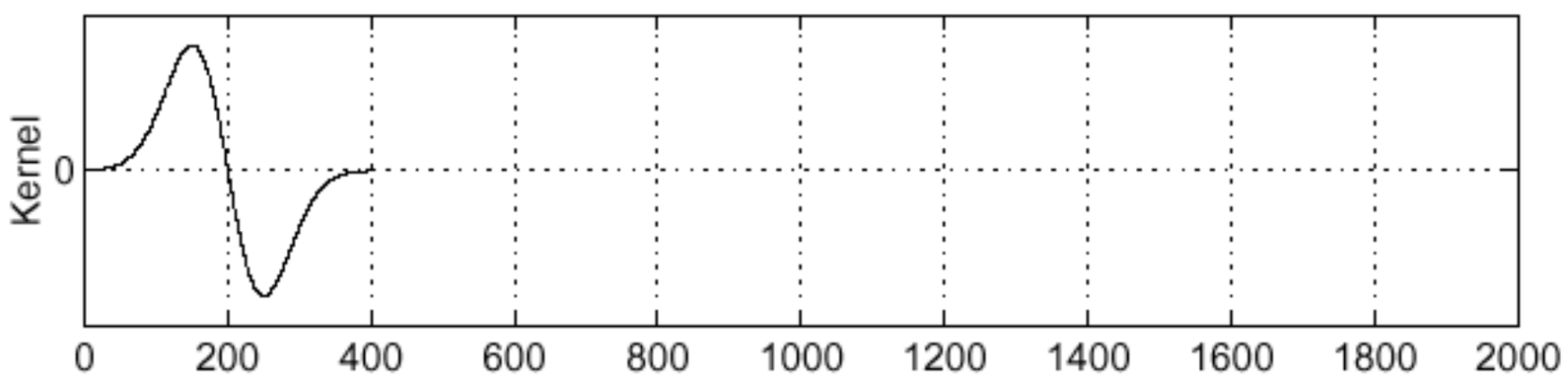
Théorème sur la dérivée de la convolution

- On sauve une étape: $\frac{\partial}{\partial x}(h \star f) = (\frac{\partial}{\partial x}h) \star f$

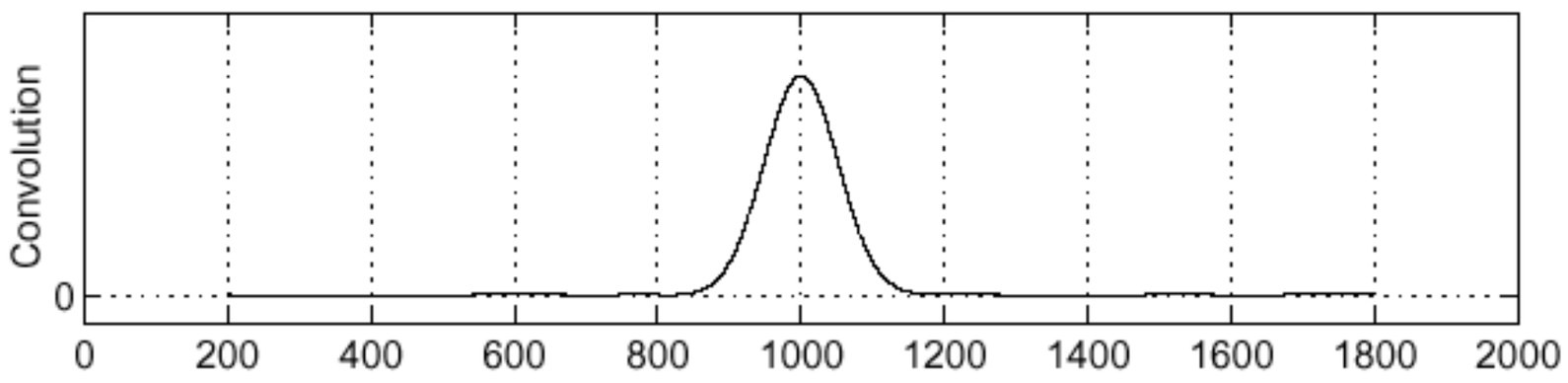
f



$\frac{\partial}{\partial x}h$



$(\frac{\partial}{\partial x}h) \star f$



Un filtre gaussien enlève…?

Image originale (vous la connaissez?)

Un filtre gaussien enlève…?

filtrée (gaussienne 5x5)

Filtre passe-haut

originale - filtrée

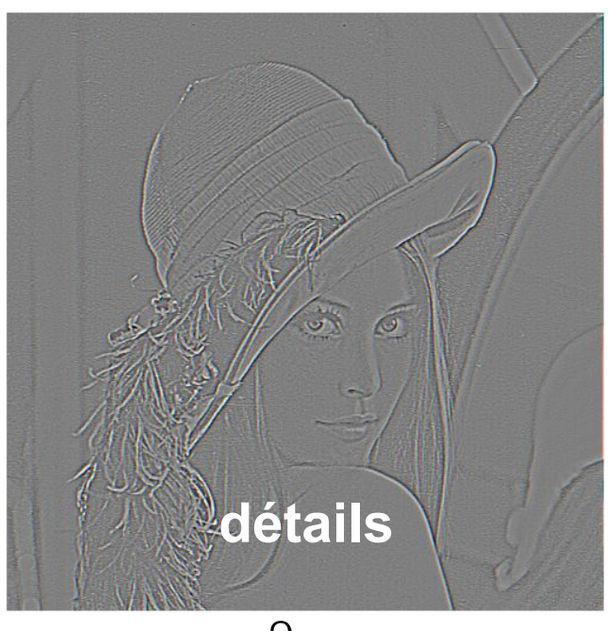
Accentuation («sharpening»)

–

=

Rajoutons les détails

+ α



=

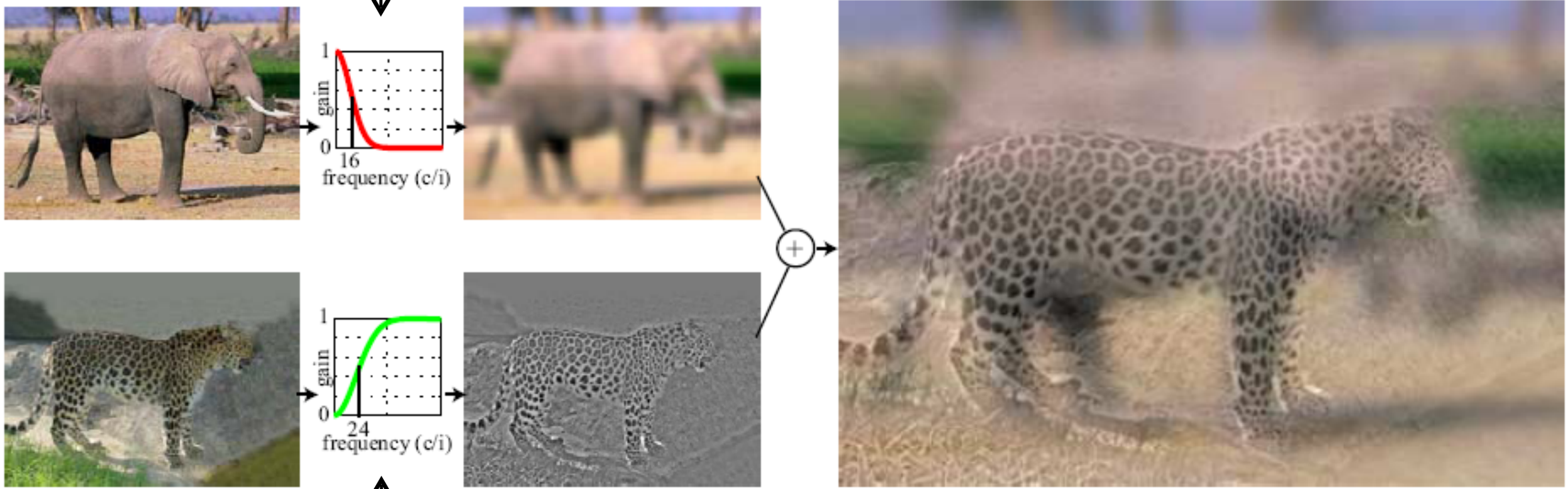
Filtre passe-haut

- Comment obtenir ce filtre passe-haut?
  - regarder de près…
  - passage par 0 aux arêtes…?
  - original - filtrée (gaussien) ≈ laplacien d'une gaussienne!

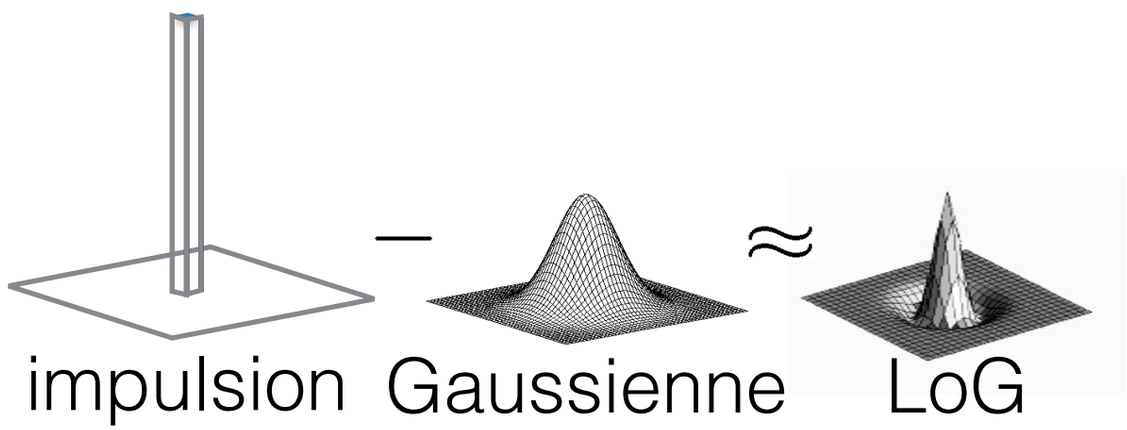
originale - filtrée

Images hybrides

Filtre gaussien



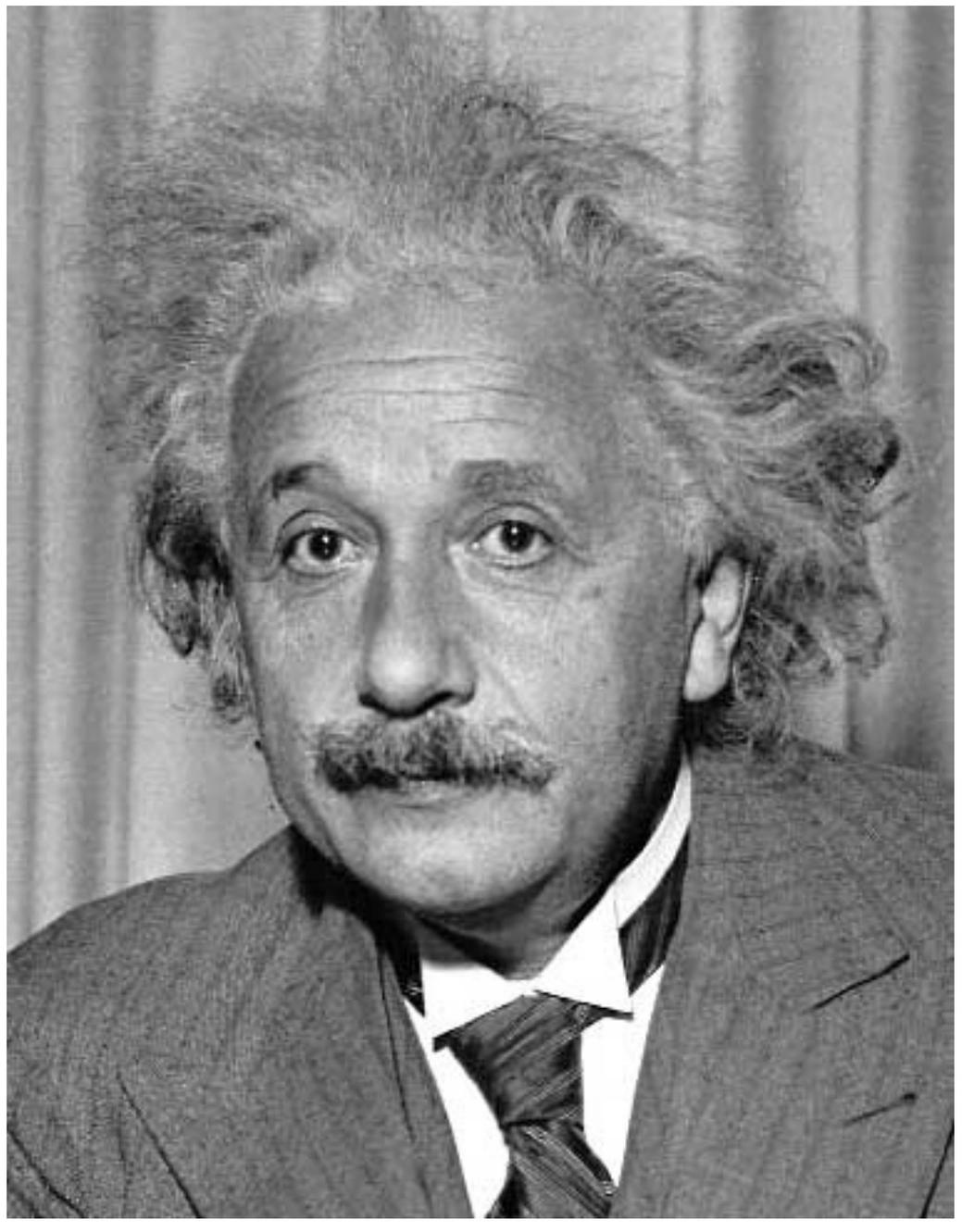
Filtre laplacien



Correspondance de modèles

- But: trouver  dans l’image

- Défi: Comment devrait-on comparer le modèle avec l’image?



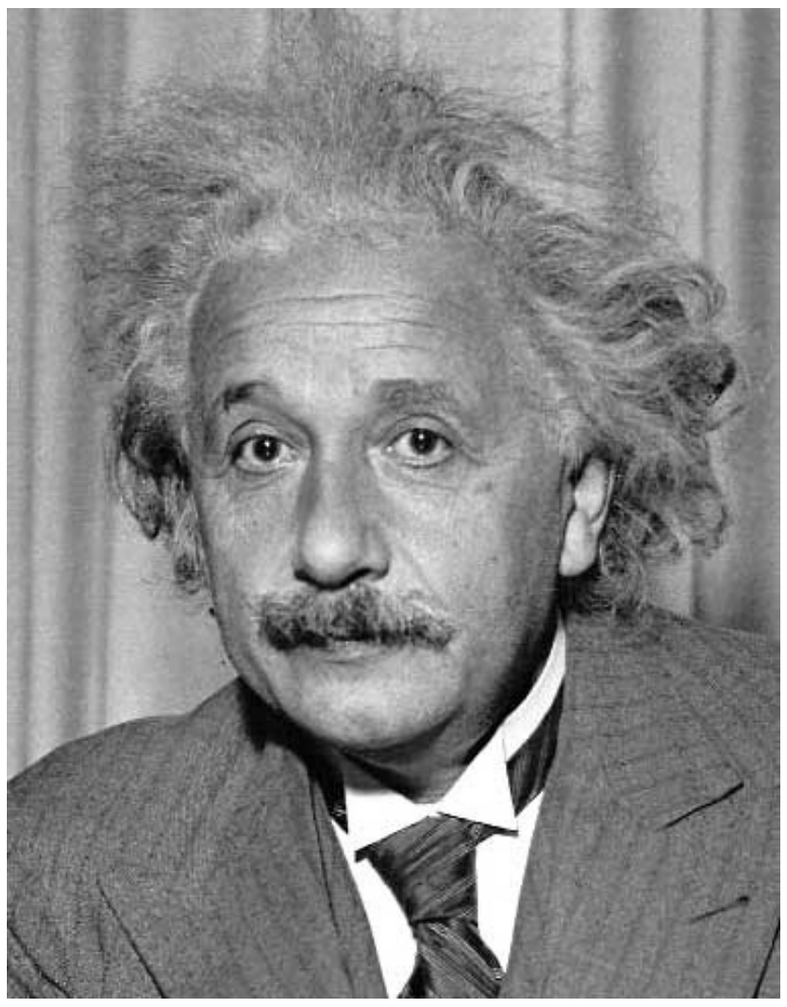
Filtrer pour trouver les correspondances

- But: trouver  dans l'image

- Méthode 0: filtrer l'image avec l'oeil

$$h(m,n) = \sum_{k,l} g(k,l) f(m+k, n+l)$$

f = image
g = filtre



Image

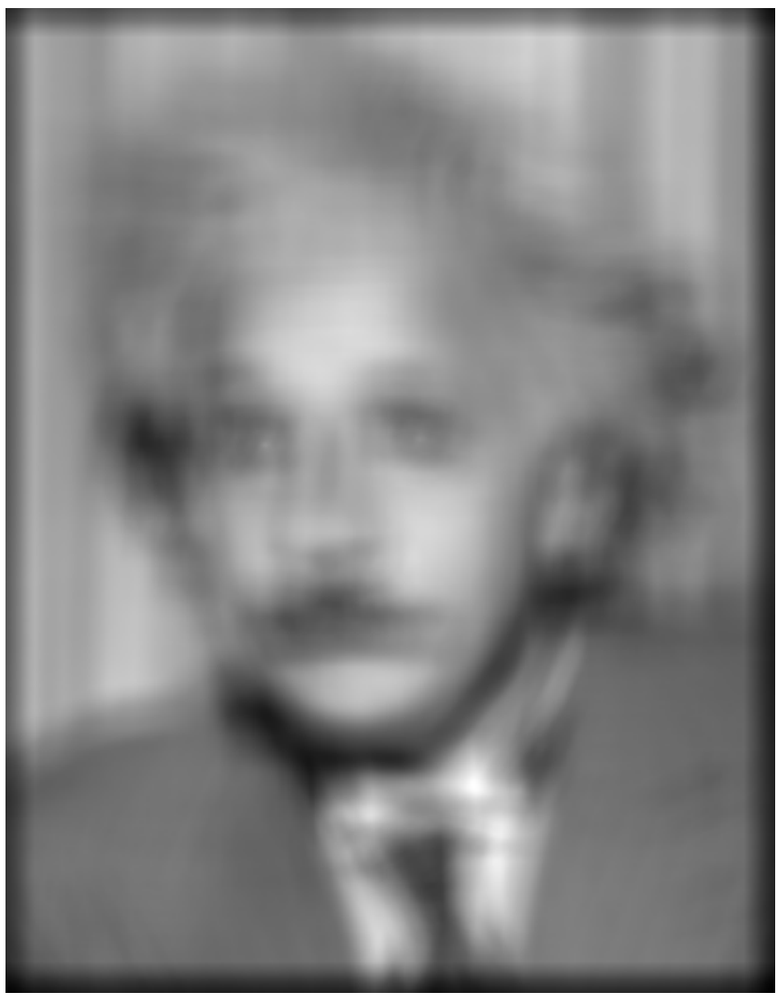


Image filtrée

Qu'est-ce qui se passe?

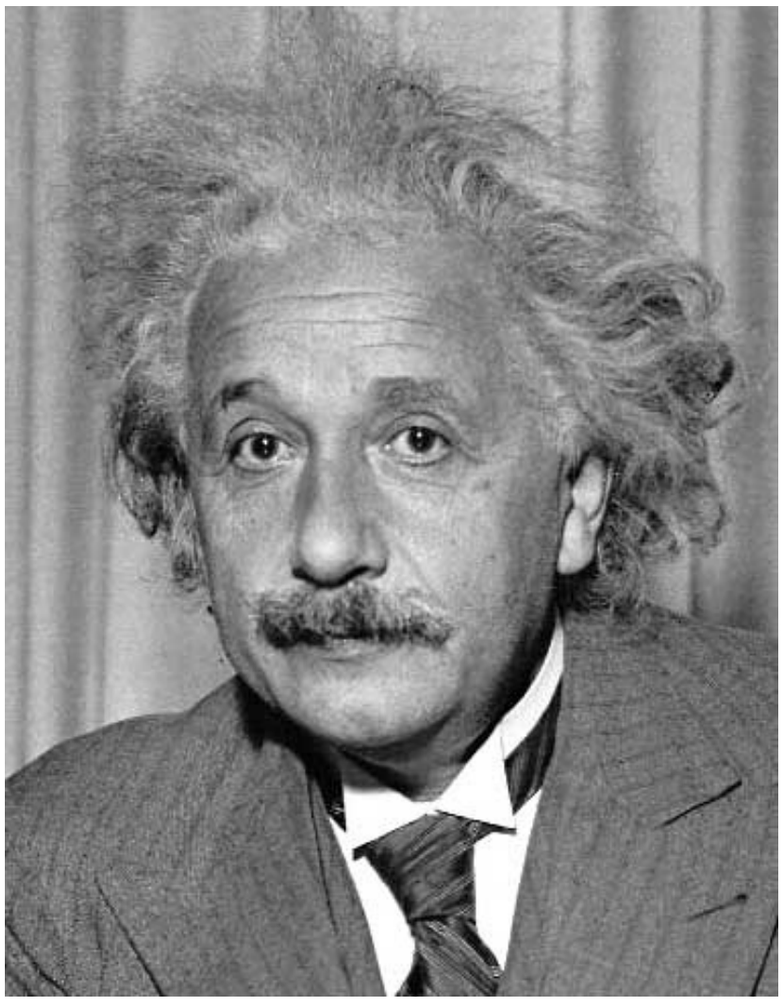
Filtrer pour trouver les correspondances

- But: trouver  dans l'image

- Méthode 1: soustraire la moyenne du filtre

$$h(m,n) = \sum_{k,l}(g(k,l) - \bar{g})f(m+k,n+l)$$

moyenne de g



Image

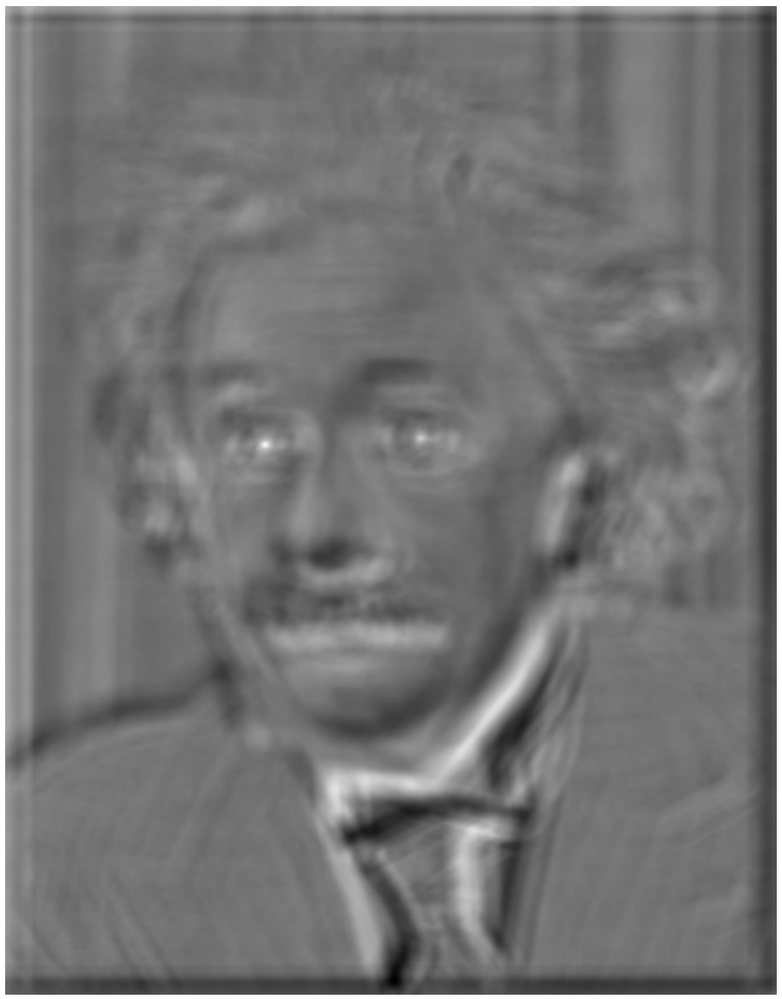
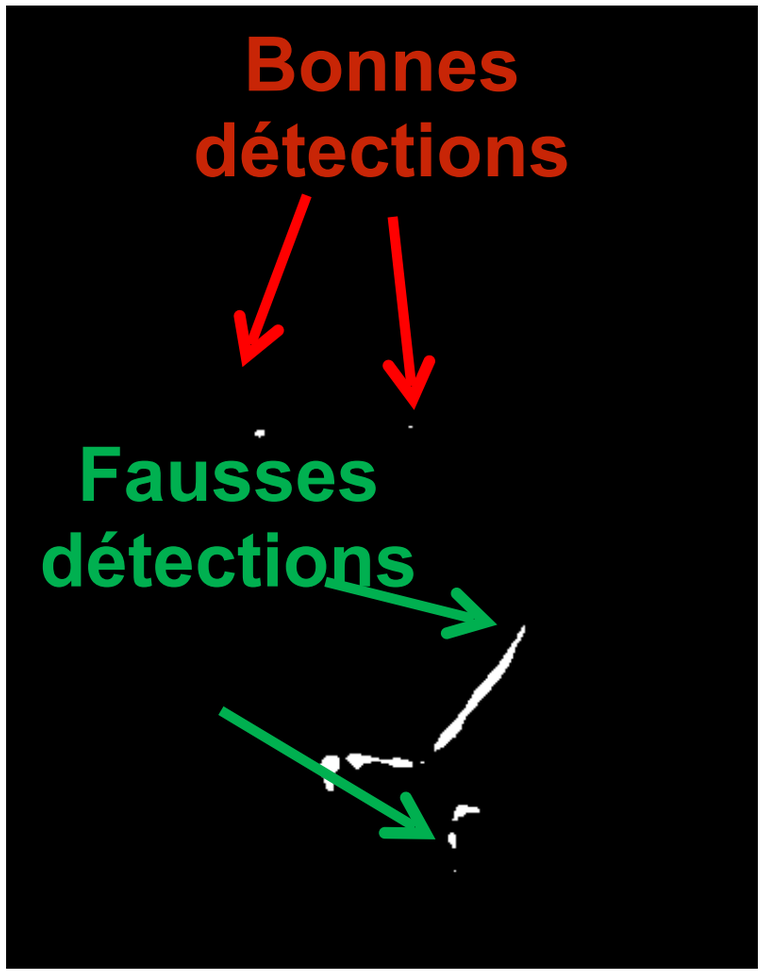


Image filtrée



Seuil

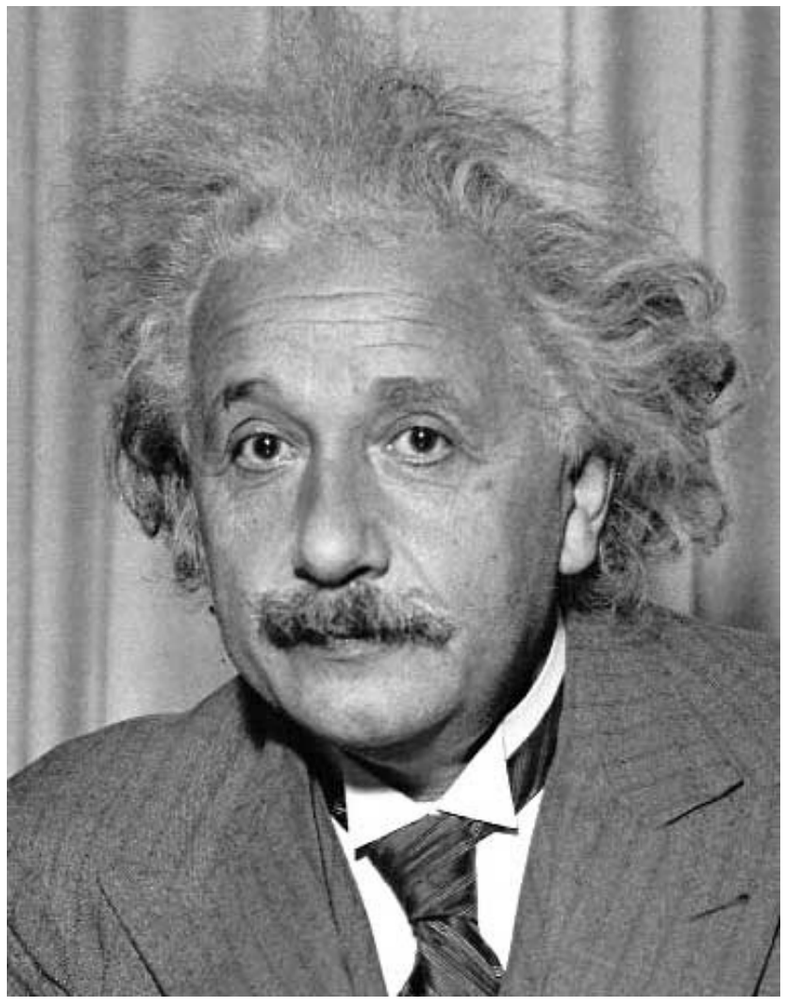
Derek Hoiem

Filtrer pour trouver les correspondances

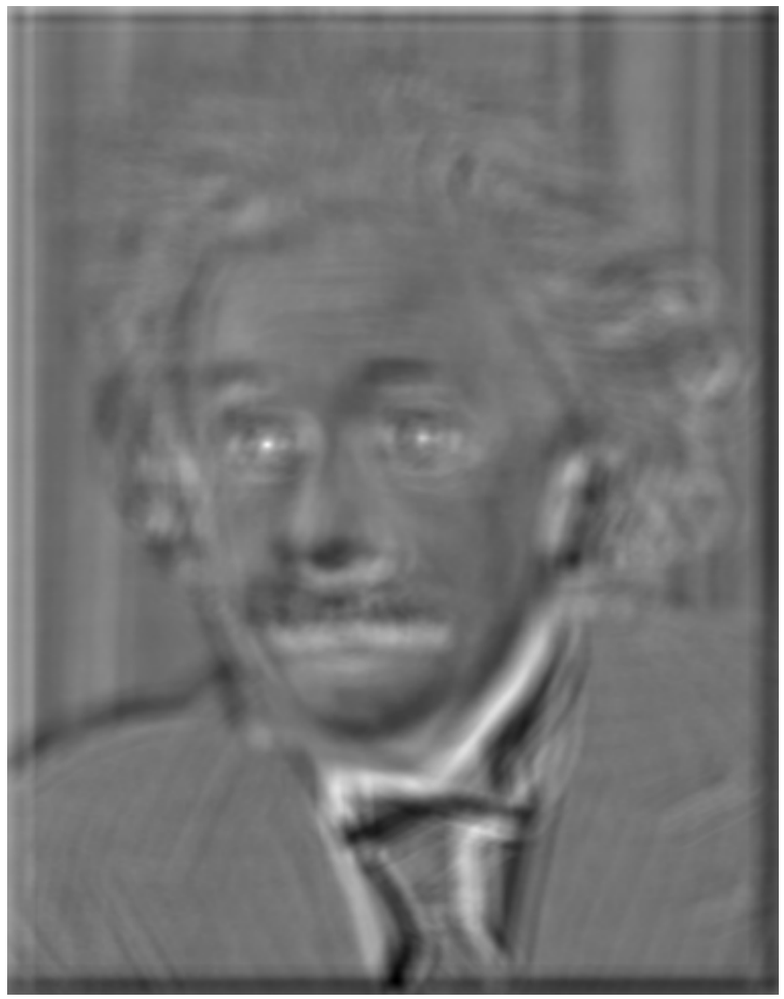
- But: trouver  dans l'image

- Méthode 2: somme des différences au carré

$$h(m,n) = \sum_{k,l}(g(k,l) - f(m+k,n+l))^2$$



Image



SSD

Seuil

Derek Hoiem

Filtrer pour trouver les correspondances

Est-ce qu'on peut implémenter la somme des différences
au carré avec un (ou des) filtre(s) linéaire(s)?

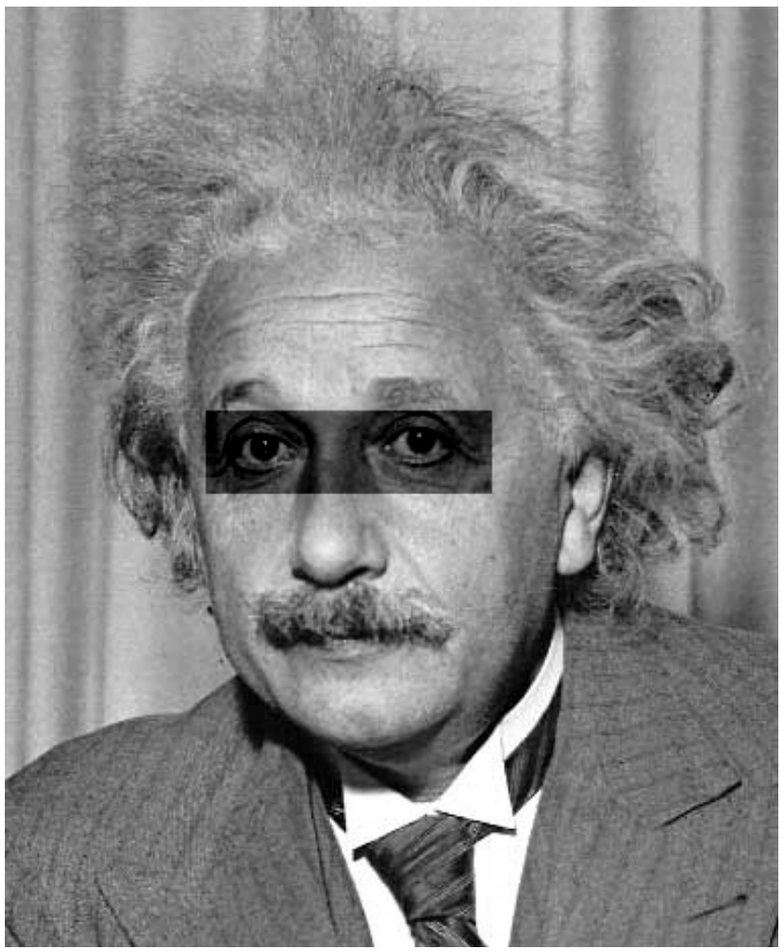
$$h(m,n) = \sum_{k,l} (g(k,l) - f(m+k, n+l))^2$$

Filtrer pour trouver les correspondances

- But: trouver  dans l'image

- Méthode 2: somme des différences au carré

$$h(m,n) = \sum_{k,l}(g(k,l) - f(m+k,n+l))^2$$



Image

1 - SSD

Problème?

Derek Hoiem

Filtrer pour trouver les correspondances

- But: trouver  dans l'image

- Méthode 3: corrélation croisée normalisée

moyenne du filtre

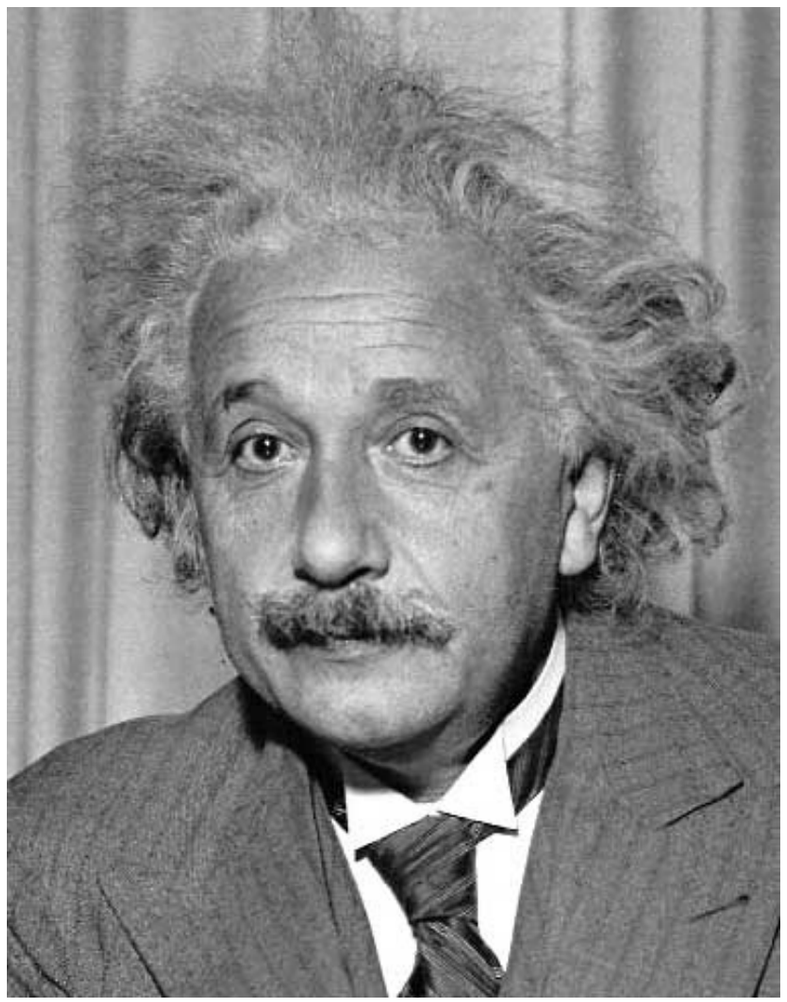
moyenne de la
partie correspondante dans l'image

$$h(m,n) = \frac{\sum_{k,l}(g(k,l) - \bar{g})(f(m+k,n+l) - \bar{f}_{m,n})}{\sqrt{\sum_{k,l}(g(k,l) - \bar{g})^2 \sum_{k,l}(f(m+k,n+l) - \bar{f}_{m,n})^2}}$$

Dans matlab: `C = normxcorr2(template, A)`

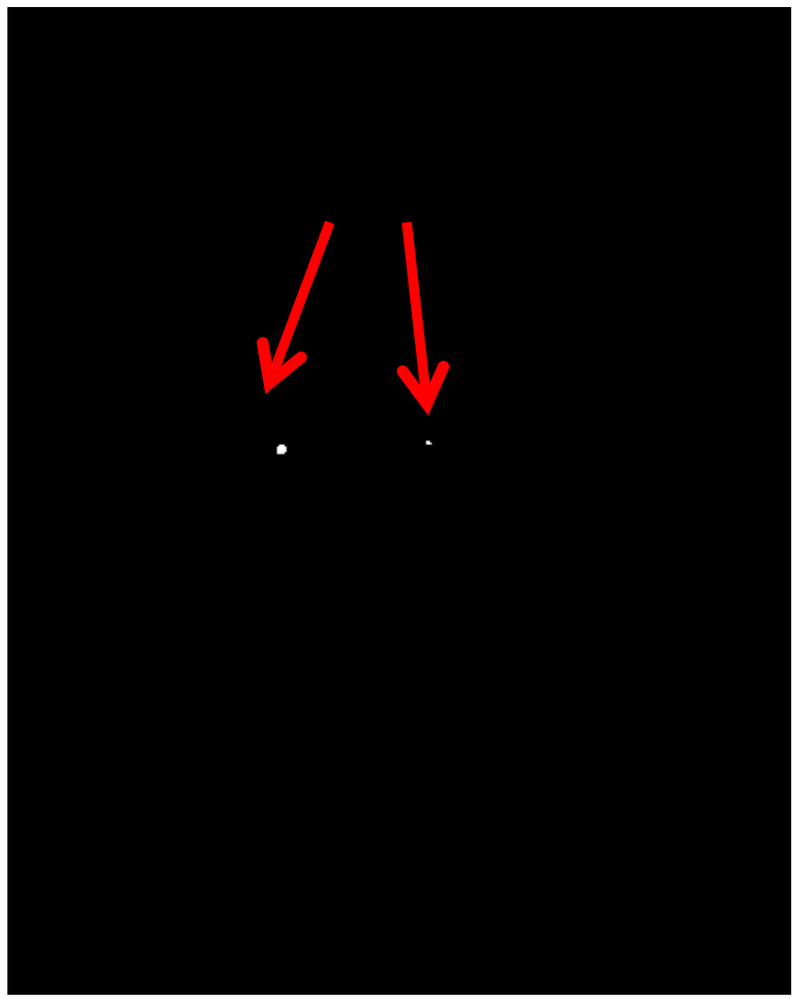
Filtrer pour trouver les correspondances

- But: trouver  dans l'image
- Méthode 3: corrélation croisée normalisée



Image

résultat

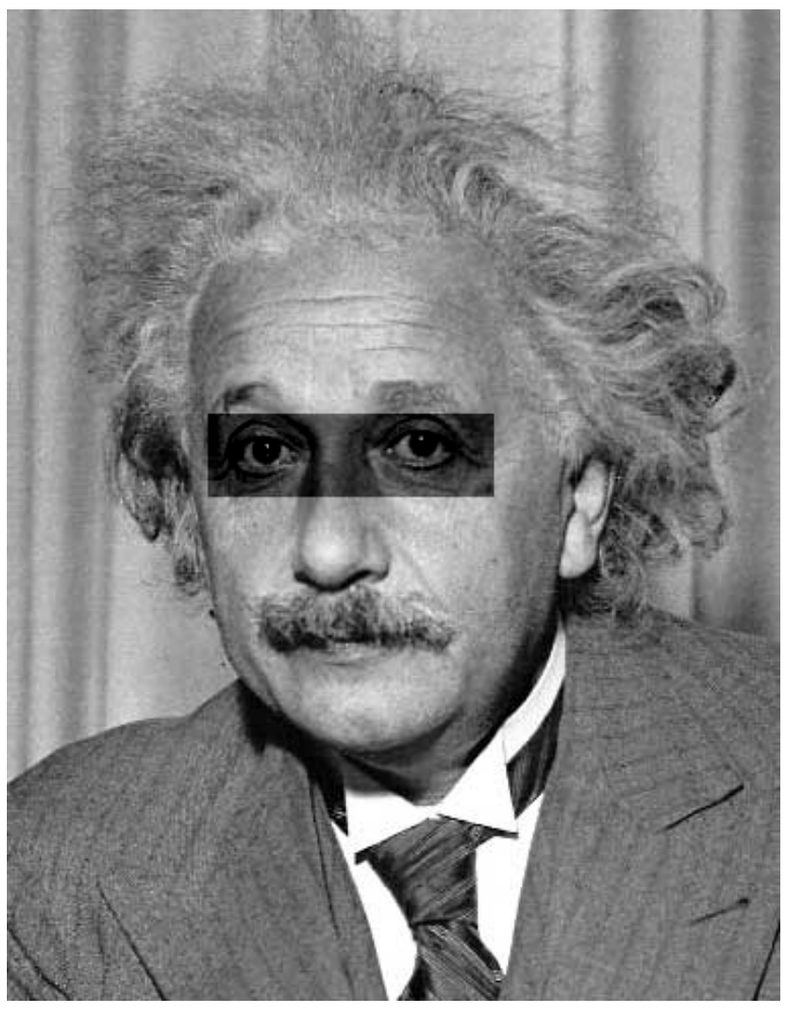


seuil

Derek Hoiem

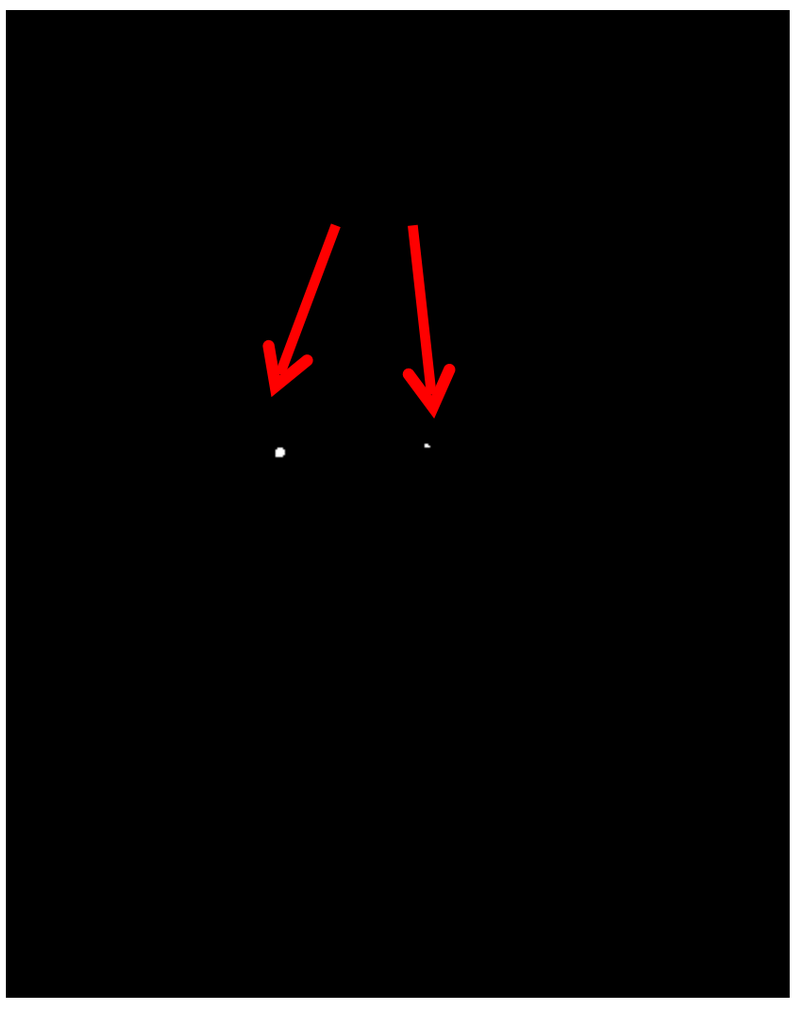
Filtrer pour trouver les correspondances

- But: trouver  dans l'image
- Méthode 3: corrélation croisée normalisée



Image

résultat



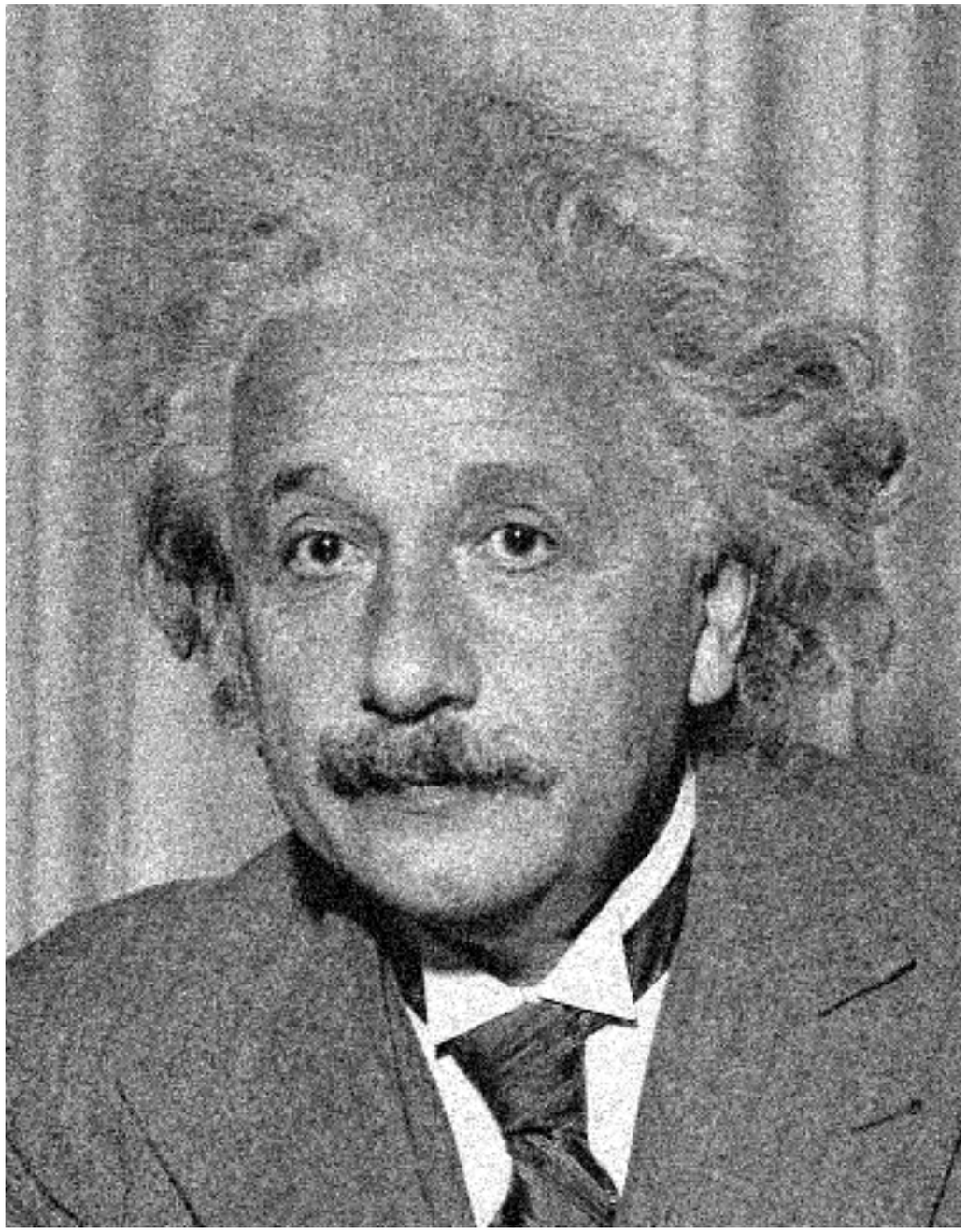
seuil

Derek Hoiem

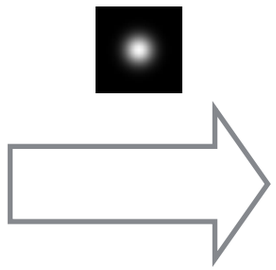
Quelle est la meilleure méthode?

- Ça dépend!
- Filtre normalisé
  - très rapide, mais pas très bon
- Somme des différences au carré
  - assez rapide, sensible aux variations d’intensité
- Corrélation croisée-normalisée
  - plus lente, mais robuste aux variations d’intensité

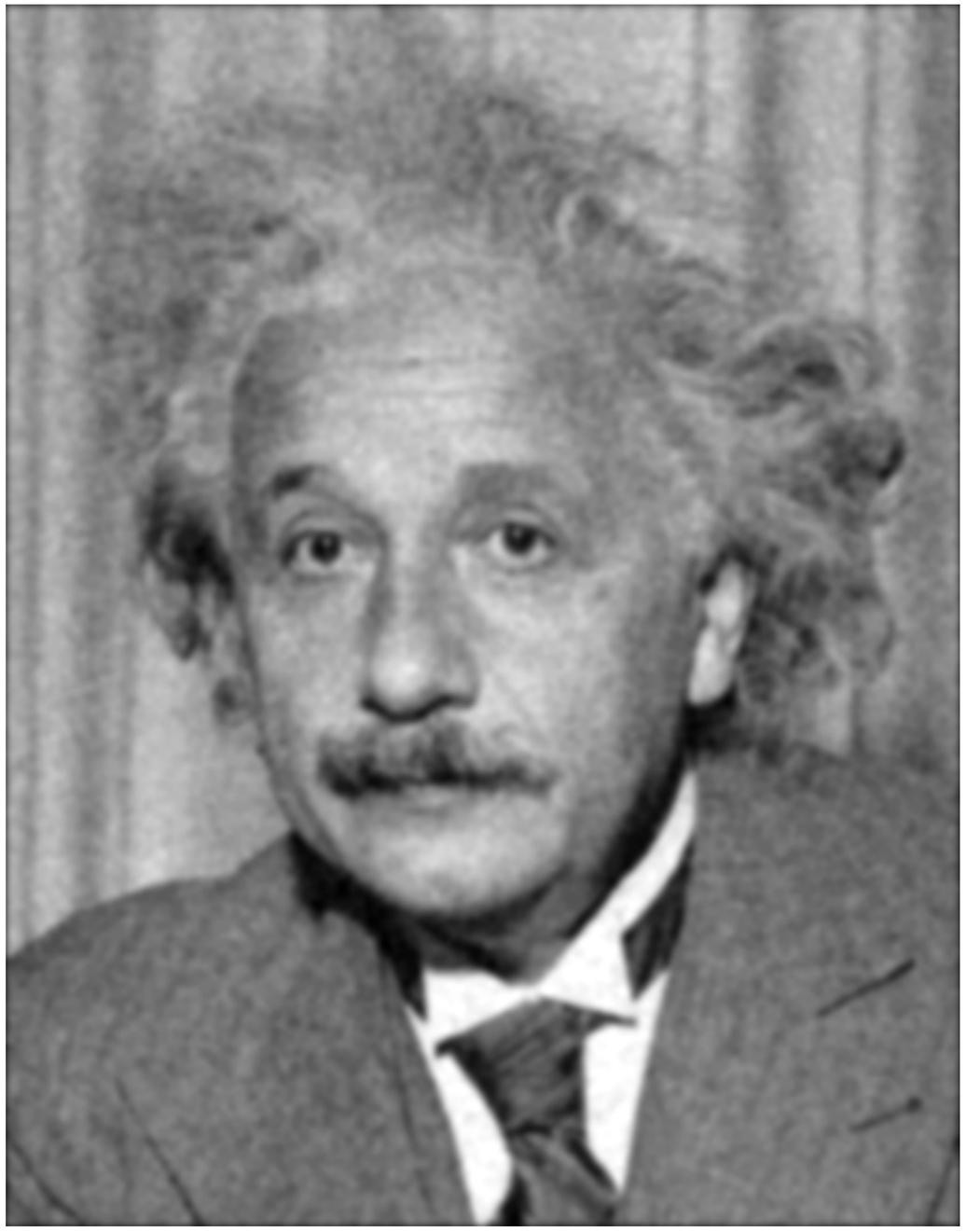
Atténuation du bruit



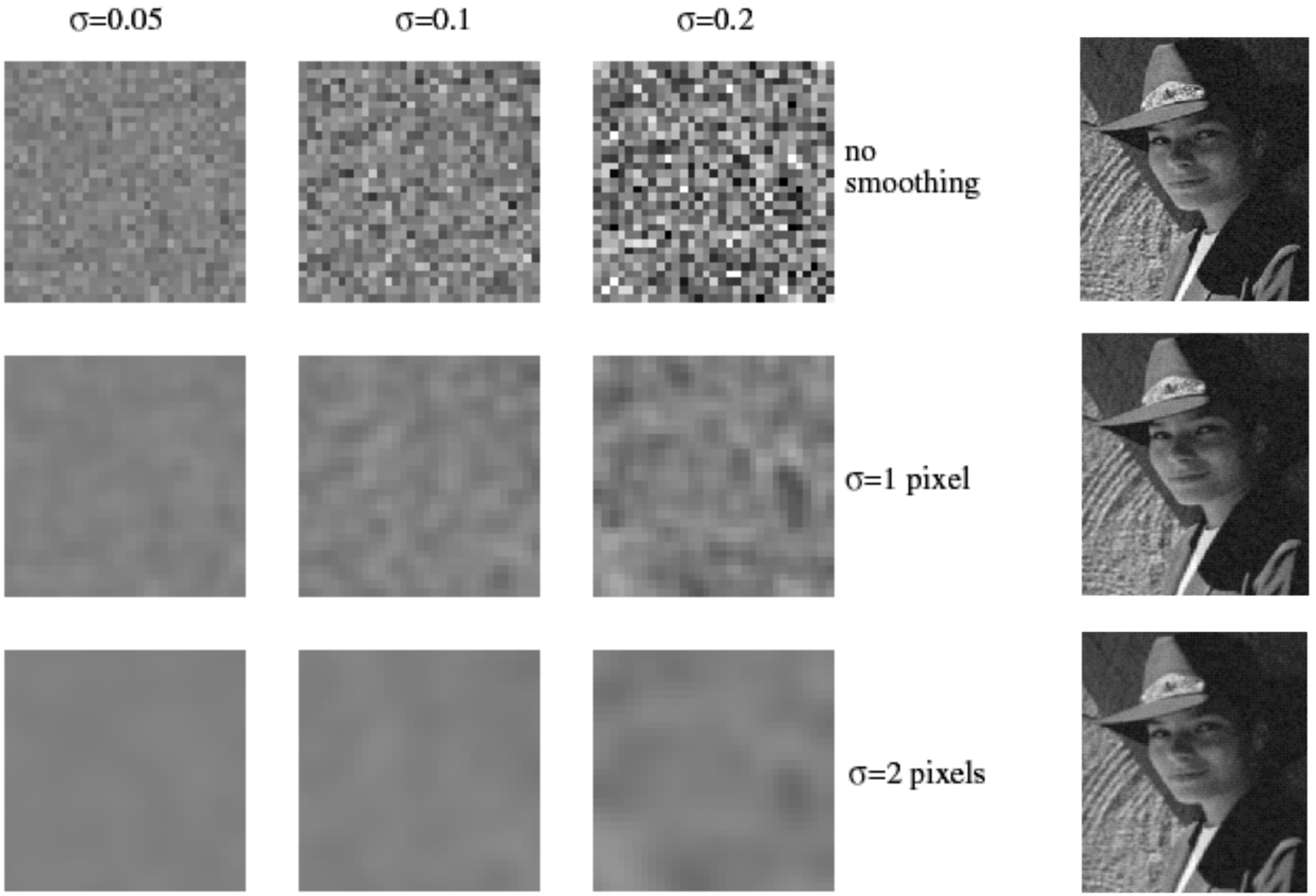
Bruit additif gaussien



Filtre gaussien



Atténuer le bruit gaussien



En augmentant la variance, on réduit le bruit, mais on rend l'image floue!

Source: S. Lazebnik

Bruit «poivre et sel»

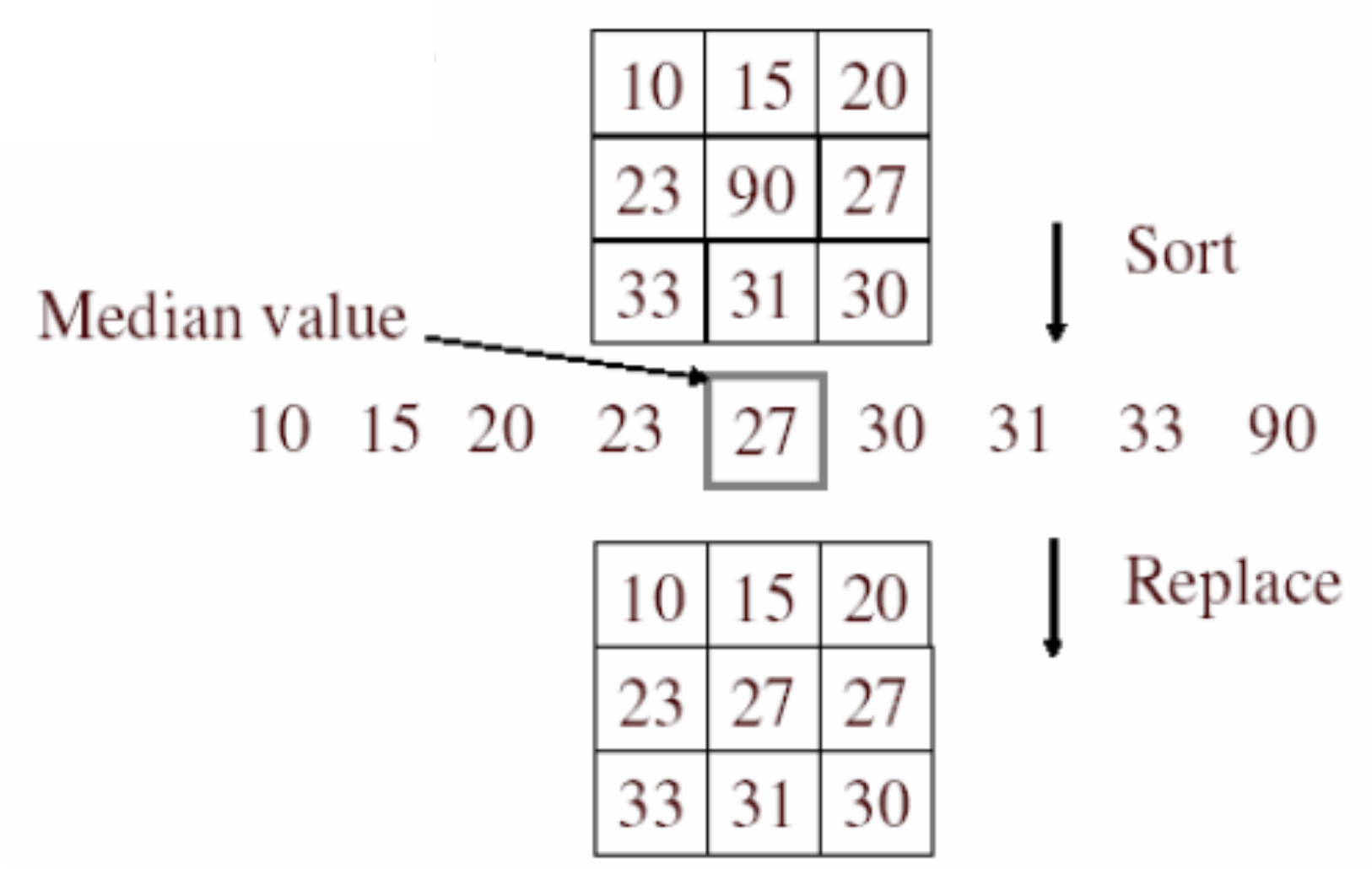
Filtre gaussien

3x3

5x5

7x7

Idée alternative: filtre médian

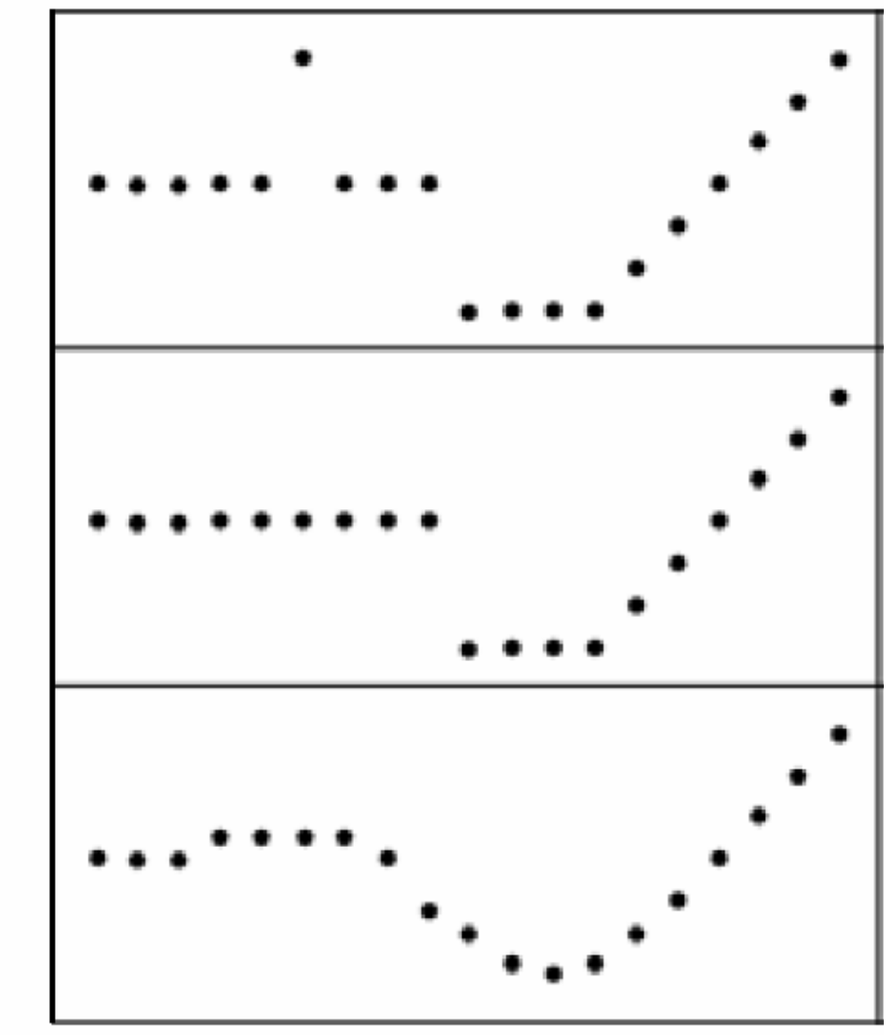


Est-ce que c’est linéaire?

Source: K. Grauman

Filtre médian

Quels sont les avantages du filtre médian par rapport au filtre gaussien?



Signal

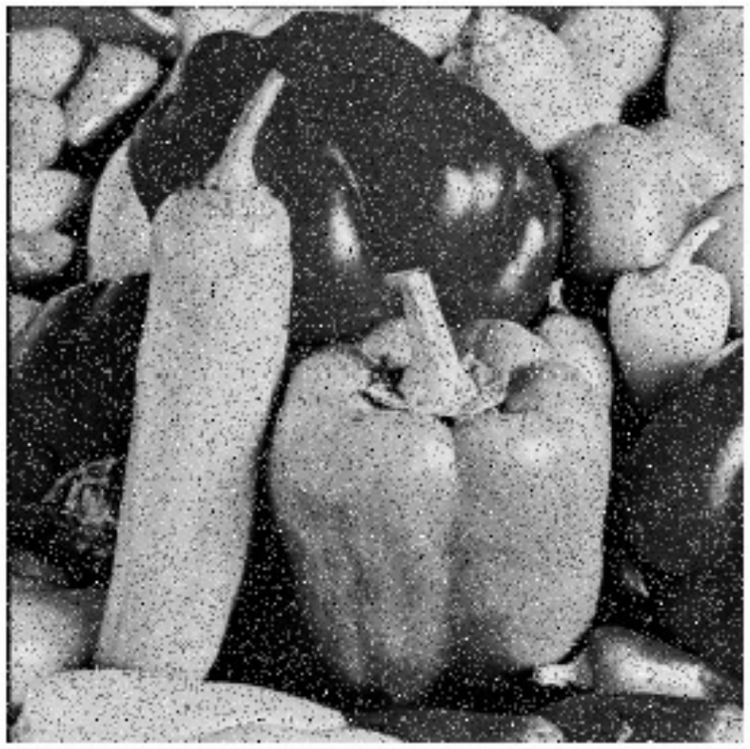
Filtre médian

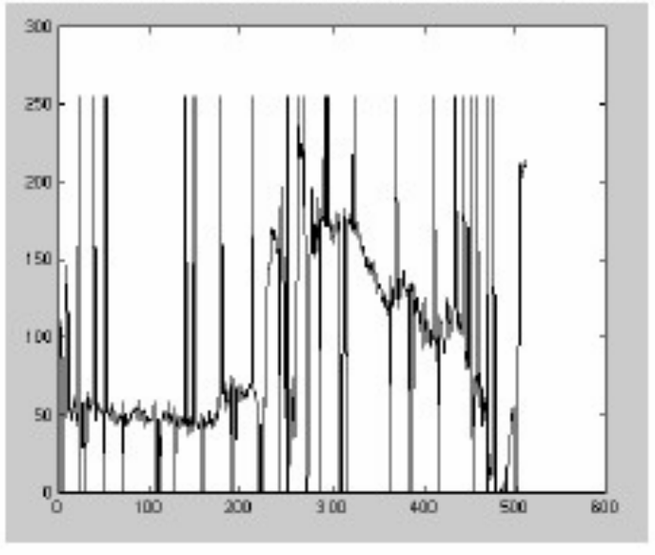
Filtre gaussien

Source: K. Grauman

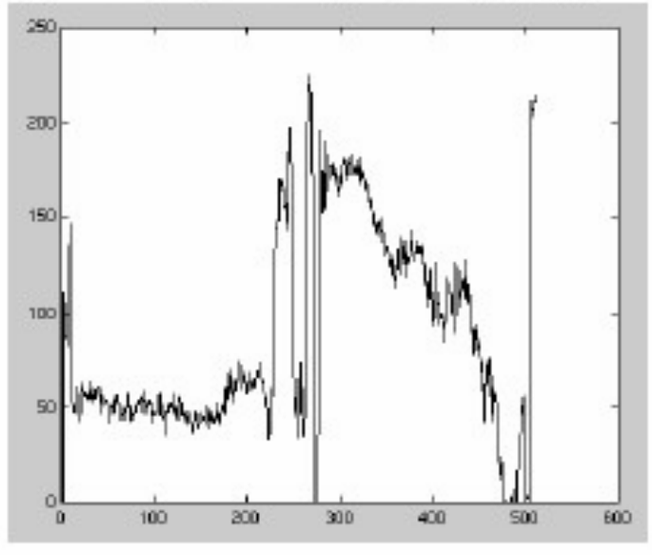
Filtre médian

Bruit «poivre et sel»





Filtre médian



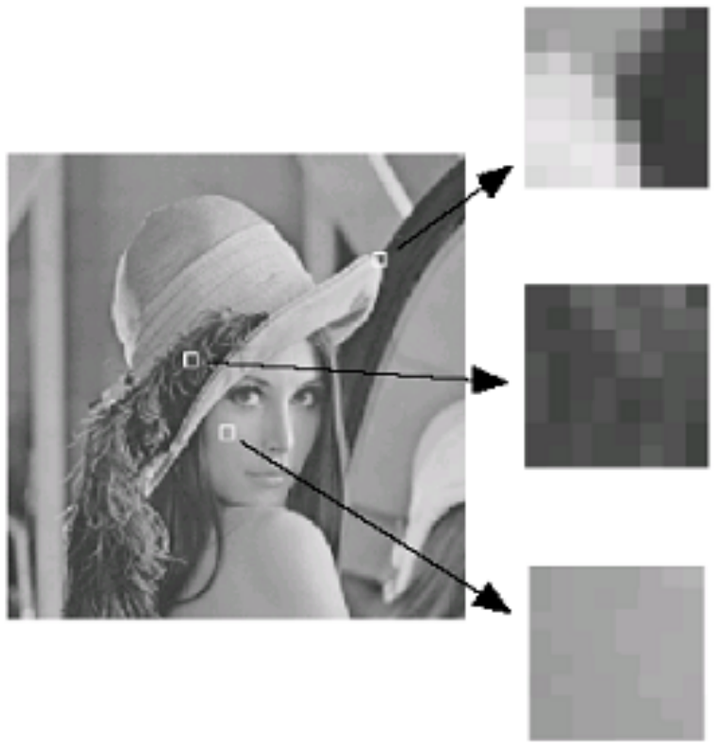
MATLAB: `medfilt2(image, [h w])`

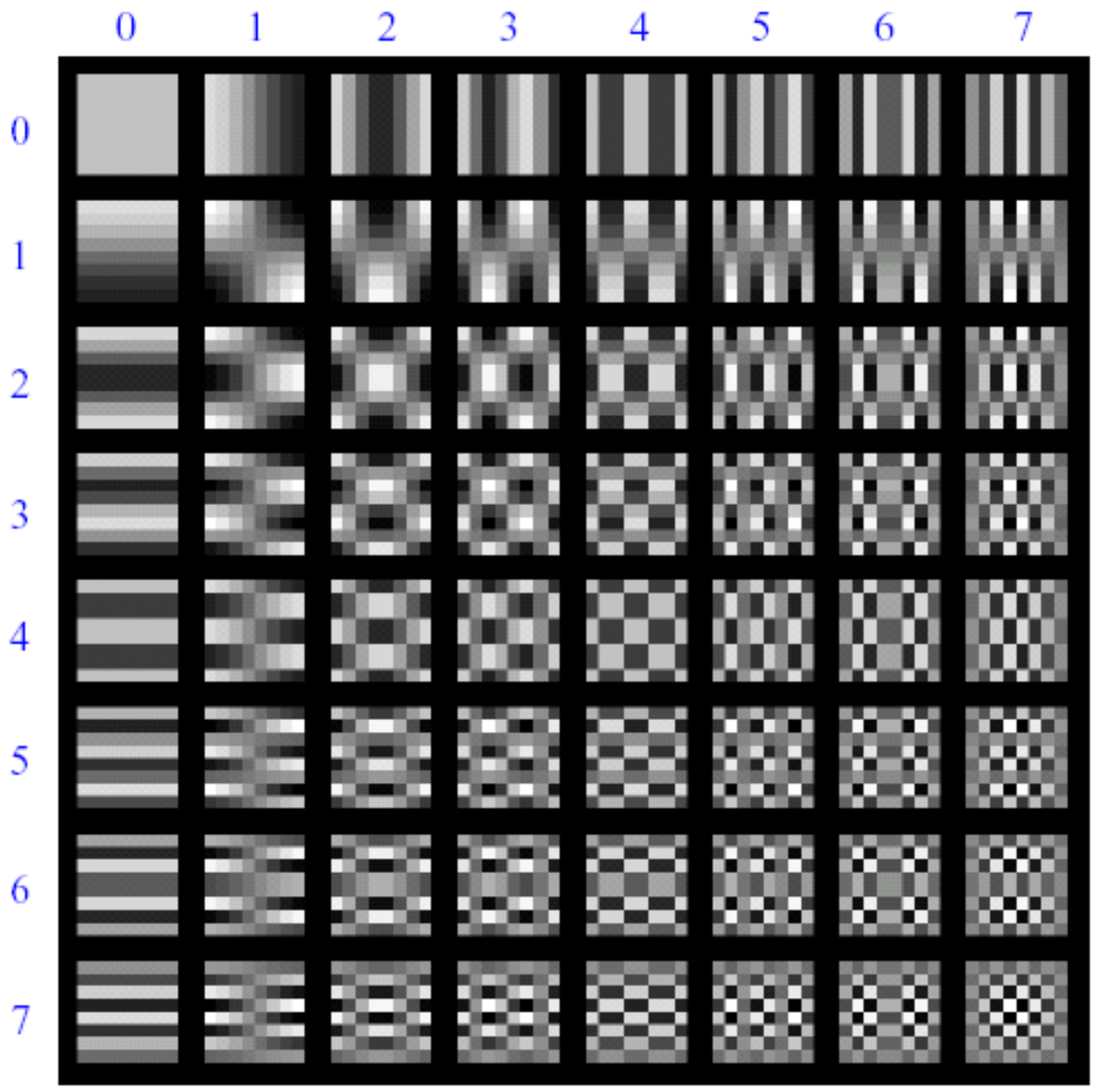
Source: M. Hebert

Filtre Médian vs. gaussien

	3x3	5x5	7x7
Gaussien			
Médian			

Compression (JPEG)

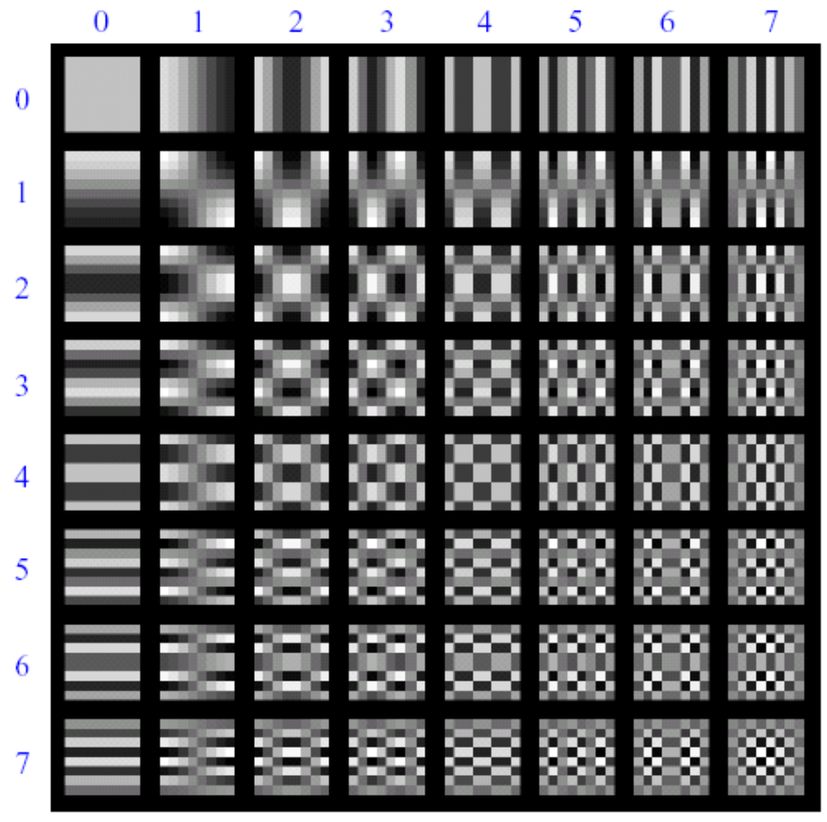


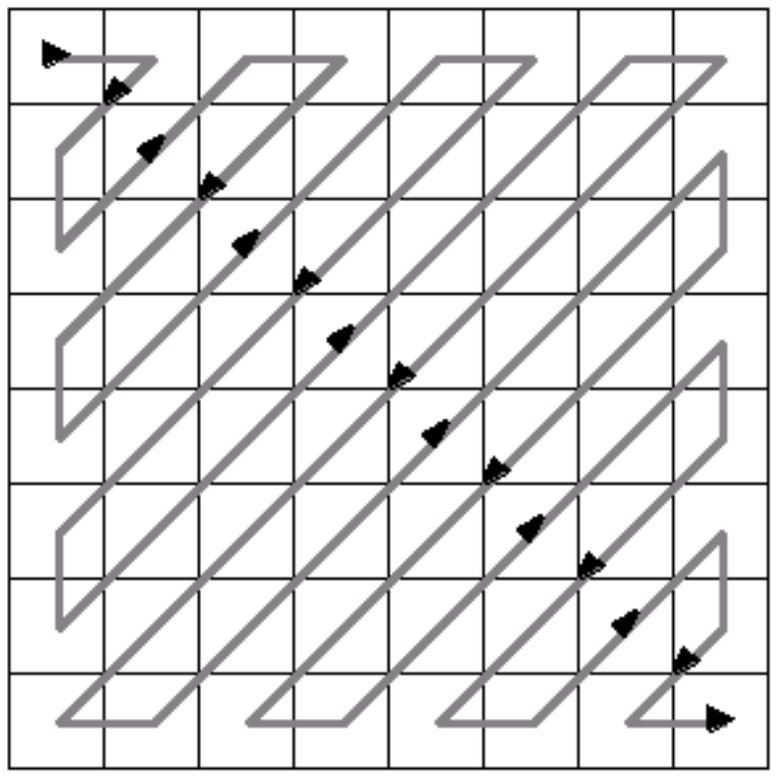


La DCT dans la compression JPEG

- Le premier coefficient B(0,0) est la composante DC (l'intensité moyenne)

- Les coefficients en haut à gauche représentent les basses fréquences, et en bas à droite les hautes





La DCT dans la compression JPEG

- Quantification
  - Plus approximatif pour les hautes fréquences (qui sont plus faibles de façon naturelle)
  - Plusieurs d'entre elles seront 0!

Réponse des filtres

$$G = \begin{bmatrix} -415.38 & -30.19 & -61.20 & 27.24 & 56.13 & -20.10 & -2.39 & 0.46 \\ 4.47 & -21.86 & -60.76 & 10.25 & 13.15 & -7.09 & -8.54 & 4.88 \\ -46.83 & 7.37 & 77.13 & -24.56 & -28.91 & 9.93 & 5.42 & -5.65 \\ -48.53 & 12.07 & 34.10 & -14.76 & -10.24 & 6.30 & 1.83 & 1.95 \\ 12.12 & -6.55 & -13.20 & -3.95 & -1.88 & 1.75 & -2.79 & 3.14 \\ -7.73 & 2.91 & 2.38 & -5.94 & -2.38 & 0.94 & 4.30 & 1.85 \\ -1.03 & 0.18 & 0.42 & -2.42 & -0.88 & -3.02 & 4.12 & -0.66 \\ -0.17 & 0.14 & -1.07 & -4.19 & -1.17 & -0.10 & 0.50 & 1.68 \end{bmatrix} \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \downarrow v \end{matrix}$$

$u \longrightarrow$

Valeurs quantifiées

$$B = \begin{bmatrix} -26 & -3 & -6 & 2 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & -4 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 5 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Table de quantification

$$Q = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix}$$

Compression JPG

- Diviser l'image en blocs (8x8), enlever 128
- Pour chaque bloc
  - Calculer les coefficients DCT
  - Quantification
    - Coefficients des hautes fréquences deviendront 0
  - Encodage (e.g., avec l'encodage Huffman)

Taille des blocs

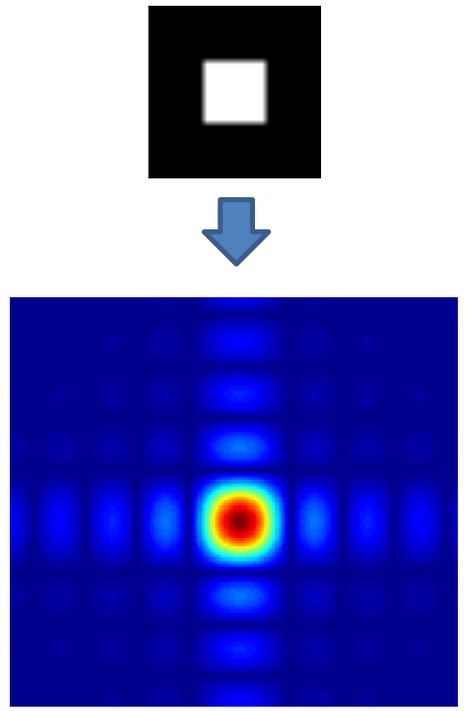
- petit
  - rapide!
  - corrélation existe entre blocs adjacents (compression moins efficace)
- grand
  - meilleure compression
- 8x8 dans le standard JPEG

Comparaison

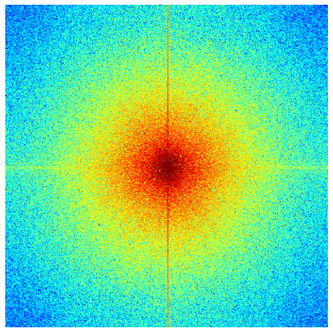
89k

12k

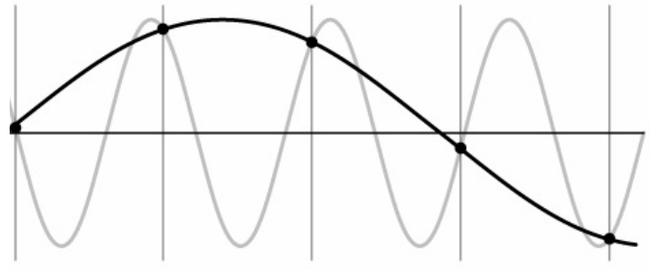
À retenir



- Souvent plus intuitif de penser en termes de fréquences
  - transformée de Fourier
- Plus rapide de filtrer avec la FFT pour les grosses images (N logN vs. N2)
- Les images ont plus d’énergie dans les basses fréquences
  - Compression?

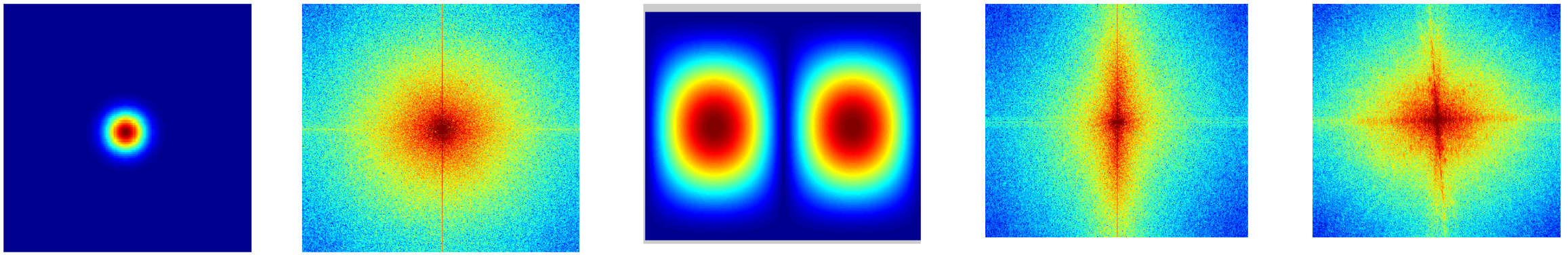


- Souvenez-vous de filtrer avant d'échantillonner



Question pour emporter

1 2 3 4 5



Associez l’image à la transformée de Fourier

A B C D E