

CES PAGES SONT DESTINÉES À FACILITER LA PRISE DE NOTES. ELLES SONT PRODUITES AUTOMATIQUEMENT À PARTIR DU SOURCE L^AT_EX/BEAMER DU DIAPORAMA SERVANT DE SUPPORT DE COURS. LA PRÉSENTATION ET LA MISE EN PAGE SONT PAR CONSÉQUENT APPROXIMATIVES.

Partie C — thème 4

Atténuation et accentuation de détails



- flous et lissages, rehaussements
- convolutions, filtrages fréquentiel, filtrages morphologiques
- traitements marginaux

1 Lissage d'image

1.1 Approche fréquentielle ou spatiale

- approche fréquentielle : passe-bas (filtres idéal, gaussien et de Butterworth : B-2)
 - *précision* de la fréquence de coupure
- approche spatiale
 - contrôle *géométrique* du lissage (convolution restreinte à un sous-domaine)
 - traitements *adaptatif*
 - traitements directionnels : *effets de bougé* par translation, rotation, zoom



1.2 Lissage spatial gaussien

Rappels

- *qualité* du filtrage
- *simplicité* et efficacité de mise en œuvre
 - *séparable* : $(G_\sigma * f)(x, y) = G'_\sigma *_x (G'_\sigma *_y f(x, y))$
 - *rayon du noyau* : de l'ordre de $3 \times \sigma$
 - *fréquence de coupure* : 1.178σ

Composition de convolutions 1D

- **discrétisation** du noyau 1D : $G_\sigma(x) = K \times e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$ entre -3σ et 3σ
- choisir K pour que la somme des coefficients vaille 1 ($\sim \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$)

$\sigma = 0.3$	0.004	0.992	0.004					
$\sigma = 0.6$	0.003	0.165	0.664	0.165	0.003			
$\sigma = 1$	0.004	0.055	0.242	0.398	0.242	0.055	0.004	
$\sigma = 1.5$	0.001	0.008	0.036	0.109	0.213	0.266	0.213	...

- possibilité de mise en œuvre récursive (voir Annexe A)

- exemples de lissages :



$\sigma = 0$ — $\sigma = 1.5$ — $\sigma = 5$ — $\sigma = 20$ —

1.3 Lissage spatial adaptatif

- paramétrage du filtrage en fonction du voisinage de chaque point
- permet de limiter l'effet du lissage relativement à un critère
- exemple : préservation des contours
 - calcul de la moyenne sur un voisinage :

$$\mu(V(P)) = \frac{1}{|V(P)|} \sum_{i,j \in V(P)} I(i,j)$$

- lissage des points qui ne sont pas trop distants de la moyenne (voir Activité 5) :

$$I'(P) = \begin{cases} \mu(V(P)) & \text{si } |I(P) - \mu(V(P))| < T \\ I(P) & \text{sinon} \end{cases}$$

2 Rehaussement des détails

Principe : privilégier les hautes fréquences

- soustraction de basses fréquences
- addition de hautes fréquences
- combinaison des deux

Approche marginale

- possible d'effectuer le rehaussement sur chaque canal (R, G et B)
- pertinent d'utiliser un canal achromatique

2.1 Soustraction d'une proportion de l'image lissée

— transformation de Jarvis et al. (années 70)

$$I'(P) = \frac{I(P) - \alpha \bar{I}(P)}{1 - \alpha}$$

— avec $0 \leq \alpha < 1$ (souvent exprimé entre 0% et 99%) et \bar{I} : moyenne avec les 8 voisins



$\alpha = 0$



$\alpha = 0.6$



2.2 Ajout du laplacien

— ajout d'une proportion du laplacien : $I' = I + k \times \Delta I$

convolution de noyau :
$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + k \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -k & 0 \\ -k & 4k+1 & -k \\ 0 & -k & 0 \end{bmatrix}$$



I

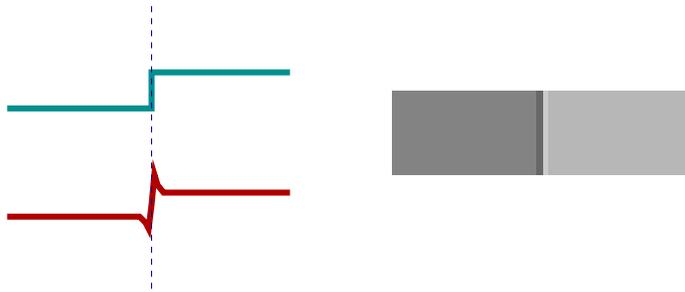


$\Delta I I + \Delta I I + 2 \times \Delta I$

— exemple en 1D avec $K = 1$ (laplacien : $\begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$)

	1	1	1	2	2	2	3	4	5	5	5	8	8	8
+	0	0	-1	1	0	-1	0	0	1	0	-3	3	0	0
	1	1	0	3	2	1	3	4	6	5	2	11	8	8

— l'ajout du laplacien crée un « écho » autour du contour

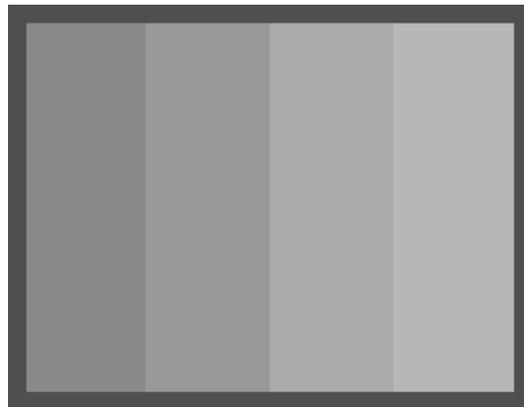
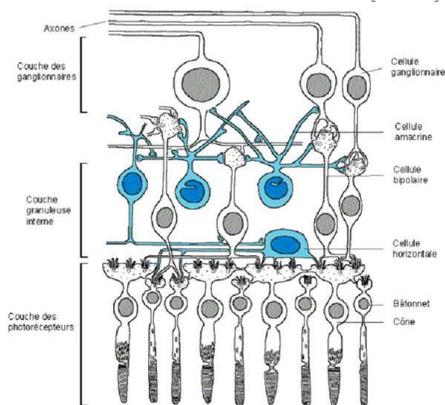


— traitement présent dans le système de vision humain

- phénomène d'inhibition latérale
- cellules horizontales

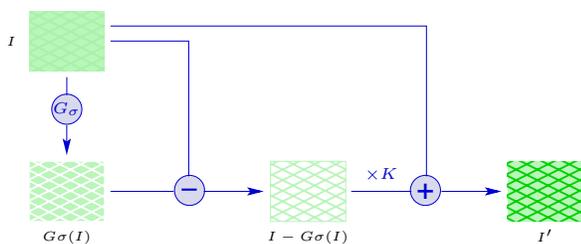
— proche d'un laplacien de gaussienne : LOG

- Ernst Mach [1865] (phénomène des bandes de Mach)
- David Marr et Ellen Hildreth [1980]



2.3 Masque de flou (unsharp)

— combinaison des deux approches précédentes



- I : image à rehausser
- $G_\sigma(I)$: basses fréquences de I
- $I - G_\sigma(I)$: hautes fréquences de I
- $I + k(I - G_\sigma(I))$: rehaussement des hautes fréquences de I

— double paramétrage : $\begin{cases} \sigma & : \text{sélection des fréquences} \\ k & : \text{proportion de HF ajoutées} \end{cases}$

— exemples pour $\sigma = 2$, avec $K = 0.6$ puis $K = 1$



I — $G_2(I)$ — $I - G_2(I)$ — $I + 0.6 \times (I - G_2(I))$ — $I + 1 \times (I - G_2(I))$ —

— comparaison de l'ajout du Laplacien et du masque de flou



I — $I + \Delta I$ — $\sigma = 2$ — $K = 0.5\sigma = 2$ — $K = 1.5\sigma = 10$ — $K = 0.5$

2.4 Filtrage fréquentiel : filtrage homomorphique

Combinaison d'un filtrage fréquentiel et d'une correction logarithmique

— basé sur une modélisation de la fonction image

$$I(i, j) = S(i, j) \times R(i, j)$$

$S(i, j)$: source lumineuse, limité aux basses fréquences

$R(i, j)$: fonction de réflectance riche en hautes fréquences (bords, textures)

— la correction logarithmique permet de séparer les représentations fréquentielles des deux composantes :

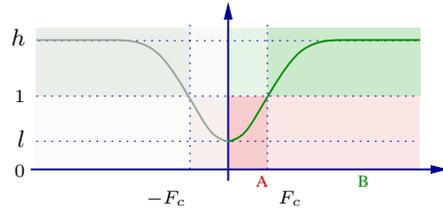
$$\begin{aligned} J &= \log(I) \\ &= \log(S \times R) \\ &= \log(S) + \log(R) \end{aligned}$$

$$\mathcal{F}(J) = \mathcal{F}(\log S) + \mathcal{F}(\log R)$$

(linéarité de la transformée de Fourier)

Traitement fréquentiel basses fréquences / hautes fréquence

- augmenter les hautes fréquences et diminuer les basses fréquences autour d'une fréquence de coupure F_c
- filtrage fréquentiel de J par un filtre H de la forme



avec $h > 1$ et $l < 1$

$$H \times \mathcal{F}(J) = H \times \mathcal{F}(\log S) + H \times \mathcal{F}(\log R)$$

- exemple de filtre dérivé du gaussien passe bas

$$H_{l,h,D_0,n}(u) = (h - l) (1 - H'_{D_0,K}(u)) + l \quad \text{avec} \quad H'_{D_0,K}(u) = e^{-K \frac{u^2}{2D_0^2}}$$

où D_0 contrôle la fréquence de coupure et K la pente (bande de coupure)

Filtrage combinant deux effets :

- rehaussement des détails
 - accentuation des hautes fréquences
 - accentuation de la composante réflectance (contours, textures)
- rehaussement de dynamique
 - atténuation des basses fréquences
 - atténuation de la composante illumination (variations d'éclairage)





I_1



I_2 : correction en loi de puissance de I_1 ($\gamma = 3$)



I_3 : filtrage homomorphe de I_1
($l = 0.45$, $h = 1.5$, $D_0 = 250$,
 $K = 3$)



I_4 : correction en loi de puissance de I_3 ($\gamma = 3$)

Récapitulatif de l'algorithme

1. transformation logarithmique
2. transformée de Fourier discrète
3. filtrage fréquentiel au moyen de $H_{l,h,D_0,K}$
4. transformée de Fourier discrète inverse
(nécessité de renormaliser : $[min, max] \rightarrow [0, 255]$)
5. transformation exponentielle
(+ rehaussement du contraste)

2.5 Rehaussement morphologique de détail

Utilisation de l'opérateur haut-de-forme

- principe : similaire au masque de flou
 - construction d'une image BF : ouverture ou fermeture avec un élément structurant qui supprime des détails clairs ou sombres
 - construction d'une image des détails (par différence)
 - combinaison avec l'image initiale
- images de détail :
 - opérateur *haut de forme blanc* (ou par ouverture) :

$$\mathbf{HDF}_B(I) = I - \gamma(I)$$

le résultat est toujours supérieur ou égale à zéro.

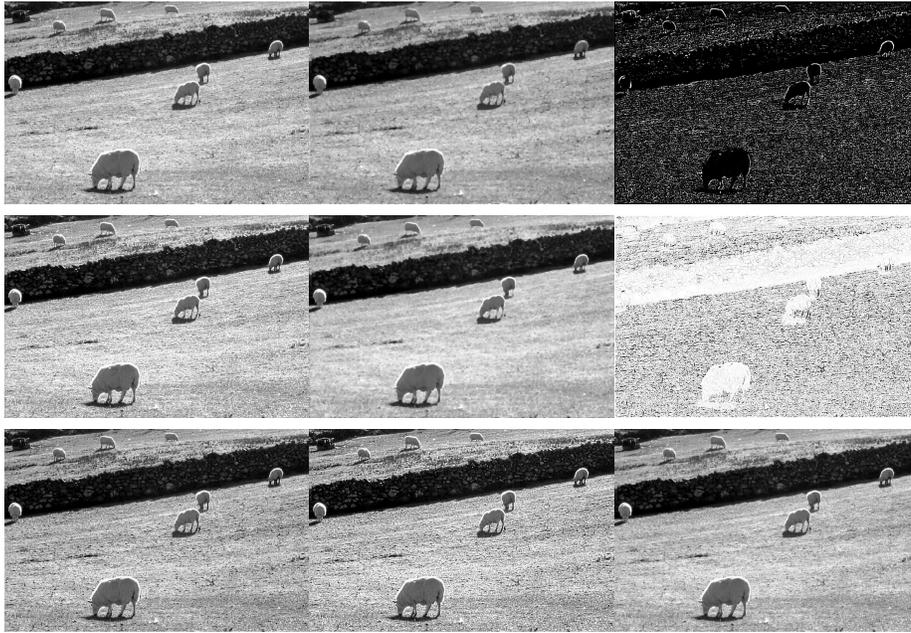
- opérateur *haut de forme noir* (ou par fermeture) :

$$\mathbf{HDF}_N(I) = \varphi(I) - I$$

le résultat est toujours supérieur ou égale à zéro.

- rehaussement des détails :

$$\kappa^{TH}(I) = I + \mathbf{HDF}_B(I) - \mathbf{HDF}_N(I)$$



$$\begin{aligned}
 & I - \gamma(I) - I - \gamma(I) = \mathbf{HDF}_B(I) \quad (\text{rehaussé}) \\
 & - I + \mathbf{HDF}_B(I) - \varphi(I) - \mathcal{C}(\varphi(I) - I) = \mathcal{C}(\mathbf{HDF}_N(I)) \\
 & - I - \mathbf{HDF}_N(I) - I + \mathbf{HDF}_B(I) - \mathbf{HDF}_N(I)I -
 \end{aligned}$$

ANNEXE A

Mise en œuvre récursive du lissage gaussien

Mise en œuvre récursive du lissage gaussien

- la convolution gaussienne admet une **décomposition récursive**
- implémentation en **deux passes** : $I(P) \rightarrow J(P) \rightarrow I'(P)$
 - gauche - droite : $J(P) = bI(P) + \frac{1}{b_0}(b_1J(P-1) + b_2J(P-2) + b_3J(P-3))$
 - droite - gauche : $I'(P) = bJ(P) + \frac{1}{b_0}(b_1I'(P+1) + b_2I'(P+2) + b_3I'(P+3))$

q	$ \begin{cases} 0.98711\sigma - 0.9633 & \text{si } \sigma > 2.5 \\ 3.97156 - 4.14554\sqrt{1 - 0.26891\sigma} & 0.5 \leq \sigma \leq 2.5 \end{cases} $
b_0	$1.57825 + 2.44413q + 1.4281q^2 + 0.422205q^3$
b_1	$2.44413q + 2.85619q^2 + 1.26661q^3$
b_2	$-1.4281q^2 - 1.26661q^3$
b_3	$0.422205q^3$
b	$1 - \frac{b_1 + b_2 + b_3}{b_0}$

- coût en temps constant (indépendant de σ)
- mais résultats approximatifs

ANNEXE B

Rehaussement de détail au moyen d'un sélecteur morphologique

Utilisation d'un sélecteur morphologique (*toggle mapping*)

- sélecteur
 - ensemble de transformations
 - critère permettant de sélectionner en chaque point la transformation à appliquer
- sélecteur à deux états κ^2 + deux transformations ψ_1 (antiextensive) et ψ_2 (extensive)
- on retient la transformation donnant le résultat le plus proche de la valeur d'origine

$$\kappa^2(x) = \begin{cases} \psi_2(x), & \text{si } \psi_2(x) - I(x) < I(x) - \psi_1(x), \\ \psi_1(x), & \text{sinon.} \end{cases}$$

- rehaussement avec (érosion, dilatation)

