

IX. Détection de contours

IX.1 Généralités

- Traitement pour accéder à des primitives de plus haut niveau
 - ❖ Pixels → Points de contours → ligne, bord → objet
- Nombreuses méthodes
 - ❖ *Méthodes dérivatives*, morphologiques, par EDP,...
- Plusieurs étapes pour la détection
 - ❖ Recherche des zones de fort contraste
 - ❖ Décision par seuillage : points « candidats au contours »
 - ❖ Poursuite des contours (chaînage) : lignes de contours



GINF41A6 - AGD

1

IX. Détection de contours

IX.1 Généralités

- Des zones de fort contraste aux lignes de contour
 - ❖ Enchaînement de traitements

Image simple



Zones de fort contraste

Lignes de contour

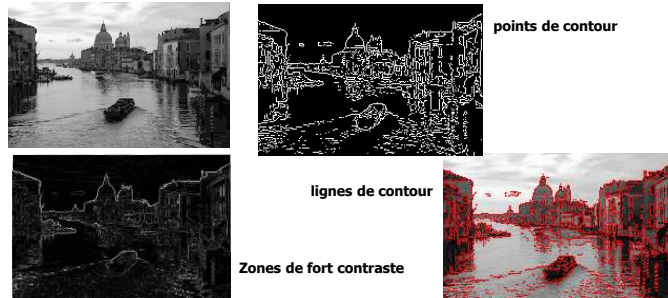
GINF41A6 - AGD

2

IX. Détection de contours

IX.1 Généralités

- Des zones de fort contraste aux lignes de contour
 - ❖ Enchaînement de traitements



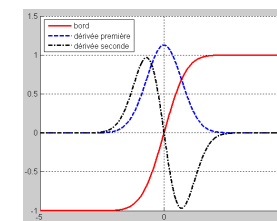
GINF41A6 - AGD

3

IX. Détection de contours

IX.1 Généralités

- Méthodes dérivatives
 - ❖ Détection des Zones de Contraste 1D
 - Maximum du gradient (dérivée première)
 - Passage à zéro de la dérivée seconde
 - Équivalent au passage à zéro du Laplacien
- Détection des Zones de Contraste 2D
 - ❖ Norme du Gradient $G(x,y)$
 - Orientation du Gradient $\theta(x,y)$
 - Max de la norme G dans la direction θ
 - ❖ Passage à zéro de la dérivée seconde dans la direction θ
 - ❖ Passage à zéro du Laplacien
- Calcul des dérivées
 - ❖ Filtrage directe : Différences finies (Masque de convolution)
 - ❖ Filtrage récursif : Approche par filtrage optimal (cf. chap. X)

Illustration 1D, $f(x)=\text{bord}$; $f'(x)$; $f''(x)$

GINF41A6 - AGD

4

IX. Détection de contours

IX.1 Généralités

□ Méthodes dérivatives

- ❖ Font appel à un calcul de différence entre niveaux de gris sur des pixels voisins
- ❖ Donc :
 - Sensibles aux bruit
- ❖ Prétraitement des images
 - Réduction de bruit : lissage
 - Perte de précision dans la localisation des zones de contours
 - Compromis entre les 2 objectifs
 - ✓ Réduire le bruit
 - ✓ Garder une bonne localisation des contours
- ❖ Filtre de détection de contours
 - Combinaison entre
 - ✓ lissage pour réduire le bruit et gradients (différences) pour accéder au contraste

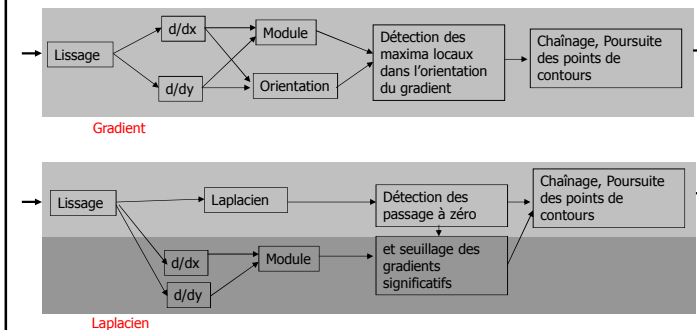
GINF41A6 - AGD

5

IX. Détection de contours

IX.2 Principe général

□ Schéma fonctionnel d'une détection de contours



GINF41A6 - AGD

6

IX. Détection de contours

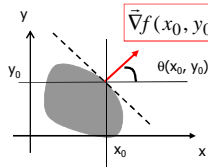
IX.3 Dérivées premières et secondes

□ Modèle continu

❖ Image $f(x,y)$

- Dérivée première en x :
- Dérivée première en y :
- Vecteur Gradient :

- ✓ Norme :
- ✓ Orientation :



$$g_x(x, y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x}$$

$$g_y(x, y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial y}$$

$$\vec{\nabla} f(x, y) = \vec{G}(x, y) = \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \quad \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \right)'$$

$$|\vec{\nabla} f(x, y)| = |\vec{G}(x, y)| = \sqrt{g_x^2 + g_y^2}$$

$$\theta(x, y) = \arctg\left(\frac{g_y}{g_x}\right)$$

GINF41A6 - AGD

7

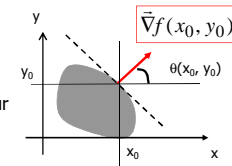
IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes

□ Modèle continu

❖ Image $f(x,y)$

- Vecteur Gradient :
 - ✓ Norme : Amplitude du contraste
 - ✓ Orientation : orthogonale au contour
- Composante G_x
 - ✓ Détection des lignes verticales
- Composante G_y
 - ✓ Détection des lignes horizontales



GINF41A6 - AGD

8

IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes

□ Modèle continu

❖ Image $f(x,y)$

- Dérivée seconde en x :
- Dérivée seconde en y :
- Laplacien :

$$g'_x(x,y) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2}$$

$$g'_y(x,y) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$$

$$\Delta f(x,y) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$$

GINF41A6 - AGD

9

IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes

□ Modèle continu

❖ Image $f(x,y)$

❖ Opérateur Laplacien

- Linéaire : une convolution : un exemple de noyau
- Opérateur non directionnel

$$\Delta f(x,y) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}$$

$$K_L = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

❖ Opérateur : Norme du Gradient

- Non linéaire : 2 convolutions, puissance de 2, racine de 2

$$|\vec{\nabla} f(x,y)| = \sqrt{g_x^2(x,y) + g_y^2(x,y)}$$

GINF41A6 - AGD

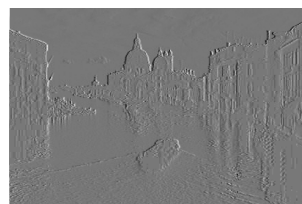
10

IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes

□ Calcul de la dérivée d'une image

- ❖ Par définition : calcul local de différences de niveaux de gris entre le pixel courant et ses voisins
- ❖ Fait ressortir le bruit (petites fluctuations non contrôlées) dans l'image $f(x,y)$
- ❖ Illustration avec un opérateur gradient sur les lignes :
 - $G_x = [1 \ 0 \ -1]$ (A appliquer – convoluer- sur chaque ligne de l'image)

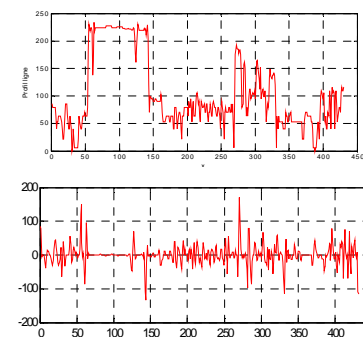


GINF41A6 - AGD

11

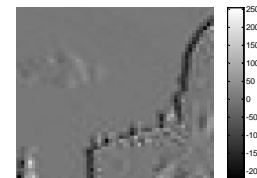
IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes



Résultat de Gx sur un profil ligne

GINF41A6 - AGD



Un zoom sur l'image filtrée par Gx

12

IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes

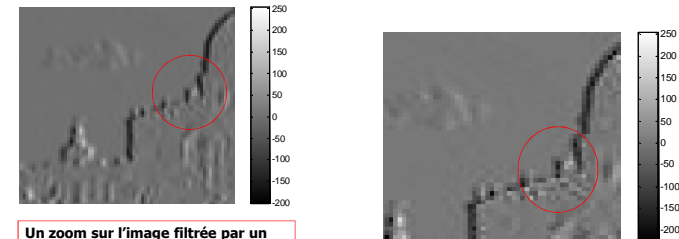
- Calcul de la dérivée d'une image
 - ❖ Idée : Lissage de l'image pour retirer le bruit puis faire la dérivée
 - ❖ Comment combiner « lissage » et « dérivée » qui ont des objectifs opposés ?
 - Le lissage atténue les différences de niveaux de gris entre pixels voisins
 - Le gradient (dérivée première) calcule la différence de niveaux de gris entre les pixels voisins selon une direction donnée
 - ❖ Réponse
 - Faire le lissage dans la direction orthogonale du gradient
 - Rappel : L'opérateur « Gradient » est un opérateur directionnel

GINF41A6 - AGD

13

IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes



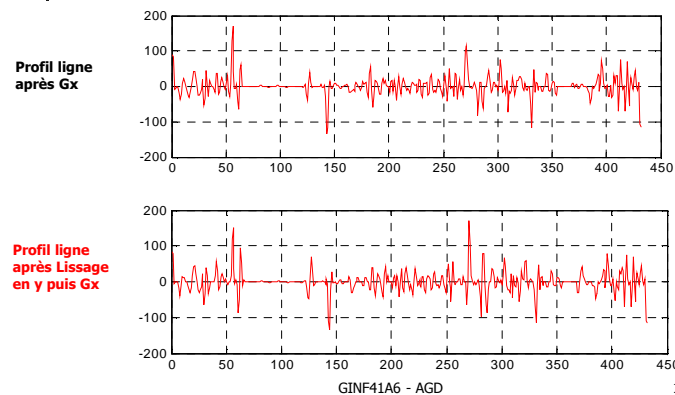
Un zoom sur l'image filtrée par Gx

GINF41A6 - AGD

14

IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes



GINF41A6 - AGD

15

IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes

- Dérivée d'une image filtrée
 - ❖ Image $f(x, y)$,
 - ❖ Prétraitement par filtrage (réduction de bruit : lissage)
 - Noyau de convolution de lissage : $h(x, y)$
 - Image $f_l(x, y)$: Image après filtrage Passe-Bas de noyau $h(x, y)$
 - ❖ Gradient en x de l'image filtrée $f_l(x, y) = f(x, y) * h(x, y)$
- $$\frac{\partial f_l(x, y)}{\partial x} = \frac{\partial f(x, y) * h(x, y)}{\partial x} = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} * h(x, y) = \frac{\partial h(x, y)}{\partial x} * f(x, y)$$
- $$= h_{dx}(x, y) * f(x, y)$$
- $$\frac{\partial f_l(x, y)}{\partial y} = \frac{\partial h(x, y)}{\partial y} * f(x, y)$$
- $$= h_{dy}(x, y) * f(x, y)$$
- ❖ Idem pour le gradient en y

GINF41A6 - AGD

16

IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes

□ Dérivée d'une image filtrée

❖ Image $f(x,y)$ et image $f_l(x,y)$ après filtrage Passe-Bas

❖ Comment combiner lissage et dérivée ?

➢ Gradient en x : lissage en Y et dérivée en X

➢ Noyau : h_{dx}

$$\frac{\partial f_l(x,y)}{\partial x} = \frac{\partial h(x,y)}{\partial x} * f(x,y) = h_{dx}(x,y) * f(x,y)$$

➢ Gradient en y : lissage en X et dérivée en Y

➢ Noyau : h_{dy}

$$\frac{\partial f_l(x,y)}{\partial y} = \frac{\partial h(x,y)}{\partial y} * f(x,y) = h_{dy}(x,y) * f(x,y)$$

GINF41A6 - AGD

17

IX. Détection de contours

IX.3 Dérivées premières et secondes

□ Dérivée d'une image filtrée

❖ Image $f(x,y)$

❖ Prétraitement par lissage (réduction de bruit)

➢ Noyau de convolution symétrique **séparable** $h(x,y)$

➢ 2 Noyaux 1D : lissage 1D et gradient direction \perp

❖ Gradient du noyau de convolution

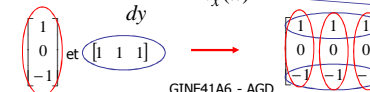
➢ Gradient en x :

$$\frac{dh_x(x)}{dx} \quad h_y(y) \quad \text{Dérivée} \quad \text{Lissage}$$

➢ Gradient en y :

$$\frac{dh_y(y)}{dy} \quad h_x(x) \quad \text{Dérivée} \quad \text{Lissage}$$

❖ Exemple



GINF41A6 - AGD

18

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs Numériques

□ Opérateurs Gradient

□ Rappel de notations

❖ En continu

❖ En discret

□ Approximation du gradient en numérique

$$\frac{\partial I(x,y)}{\partial x} \approx \frac{\Delta I[i,j]}{\Delta j} = I[i,j+1] - I[i,j] \quad \text{Opérateur non symétrique (ROBERTS)}$$

$$\frac{\partial I(x,y)}{\partial x} \approx \frac{\Delta I[i,j]}{\Delta j} = \frac{1}{2} (I[i,j+1] - I[i,j-1]) \quad \text{Mieux : Opérateur symétrique}$$

❖ Noyau de convolution 1D

➢ Gradient x $\rightarrow \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$

➢ Gradient y $\rightarrow \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$

GINF41A6 - AGD

19

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs Numériques

□ Opérateurs Dérivée et Lissage

En x (ligne)

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

En y (colonne)

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Gradient en x lissé

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Gradient en y lissé

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

GINF41A6 - AGD

20

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs Numériques

- Opérateurs Gradient
- Association lissage + dérivée dans les directions orthogonales
 - ♦ Différents noyaux en fonction de cette combinaison
 - ♦ Les plus utilisés sur 2 orientations

	Gx	Gy
PREWITT	$\frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$
SOBEL	$\frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$
SCHARR	$\frac{1}{16} \begin{pmatrix} 3 & 0 & -3 \\ 10 & 0 & -10 \\ 3 & 0 & -3 \end{pmatrix}$	$\frac{1}{16} \begin{pmatrix} 3 & 10 & 3 \\ 0 & 0 & 0 \\ -3 & -10 & -3 \end{pmatrix}$

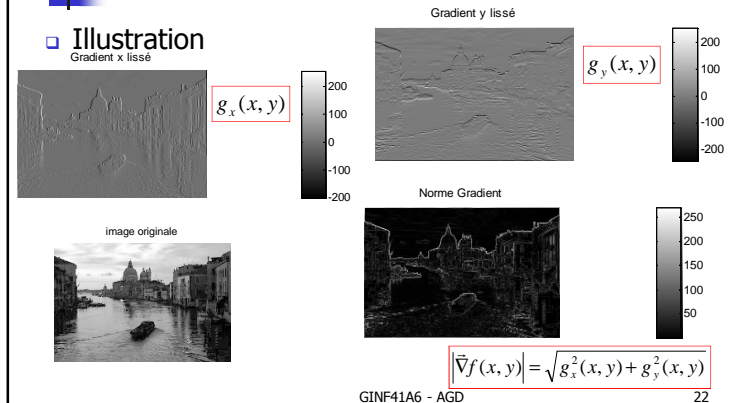
GINF41A6 - AGD

21

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs Numériques

Illustration



GINF41A6 - AGD

22

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs Numériques

- Opérateurs Gradient
- Association lissage + différence
 - ♦ Les noyaux à différences finies les plus utilisés sont des noyaux 3×3
 - ♦ Détection à une échelle spatiale faible
 - Petites régions spatiales
 - ♦ Lissage à une échelle spatiale faible
 - Moyenne sur des petites régions → Lissage du bruit plutôt HF
- Si plus de réduction de bruit
 - ♦ Lissage sur une fenêtre spatiale plus grande
 - Exemple en 1D : $[1 \ 4 \ 6 \ 4 \ 1]/16$
 - ♦ Si combinaison avec le même opérateur gradient $[1 \ 0 \ -1]$
 - Différence d'échelle entre gradient et lissage
 - Pour remédier à cela : approche par filtrage optimal (chap. X)
 - ✓ Un seul paramètre de réglage : α
 - ✓ α paramètre d'échelle à la fois pour le lissage et pour la dérivation

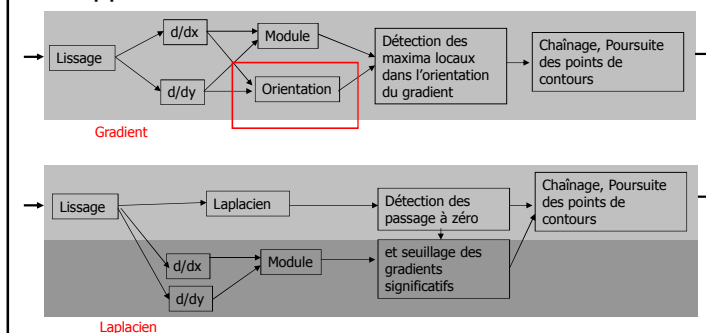
GINF41A6 - AGD

23

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs numériques

□ Rappel du schéma fonctionnel



GINF41A6 - AGD

24

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs Numériques

- Opérateur Gradient multidirectionnel
- 2 stratégies pour le calcul de l'orientation

❖ Avec 2 mesures orthogonales de gradient

➢ Gradient en x, Gradient en y, calcul de θ

$$I_x[i, j] = g_x * I[i, j] \quad I_y[i, j] = g_y * I[i, j] \quad \theta[i, j] = \arctg\left(\frac{I_y[i, j]}{I_x[i, j]}\right)$$

❖ Avec Gradients suivant des directions multiples

➢ Gradient à l'orientation $\theta_k : G_{\theta_k}, k=0 \text{ à } N_\theta$

✓ Orientation : orientation du maximum des gradients G_{θ_k}

✓ Gradient : Valeur maximale entre les gradients G_{θ_k}

$$|G[i, j]| = \left[\text{Max}(G_{\theta_k}[i, j]) \right]_{k=0 \dots 7} \quad \theta[i, j] = \text{Arg} \left[\text{Max}(G_{\theta_k}[i, j]) \right]_{k=0 \dots 7}$$

GINF41A6 - AGD

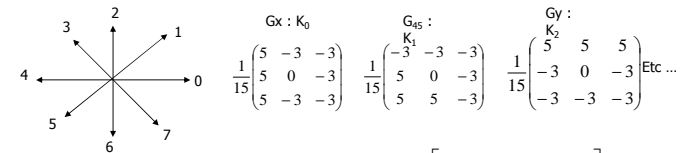
25

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs Numériques

- Opérateur Gradient multidirectionnel
- Exemple : Opérateurs de KIRSH

❖ 8 orientations notées suivant le codage de Freeman

Gx : K₀

$$\frac{1}{15} \begin{pmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{pmatrix}$$

G₄₅ : K₁

$$\frac{1}{15} \begin{pmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{pmatrix}$$

Gy : K₂

$$\frac{1}{15} \begin{pmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{pmatrix} \text{ Etc ...}$$

$$|G[i, j]| = \left[\text{Max}(G_{\theta_k}[i, j]) \right]_{k=0 \dots 7} \quad \theta[i, j] = \text{Arg} \left[\text{Max}(G_{\theta_k}[i, j]) \right]_{k=0 \dots 7}$$

GINF41A6 - AGD

26

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs Numériques

- Opérateurs Dérivée Seconde
- Approximation en numérique

❖ Même approche que pour le gradient

❖ Mais beaucoup plus sensible aux bruits que le Gradient

$$\frac{\partial^2 I(x, y)}{\partial x^2} = \frac{\partial I_x(x, y)}{\partial x} \approx (-I[i, j+1] + 2I[i, j] - I[i, j-1])$$

$$\frac{\partial^2 I(x, y)}{\partial y^2} = \frac{\partial I_y(x, y)}{\partial y} \approx (-I[i+1, j] + 2I[i, j] - I[i-1, j])$$

GINF41A6 - AGD

27

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs Numériques

- Opérateurs Dérivée Seconde
- Approximation en numérique

❖ Noyau de convolution 1D

➢ Dérivée seconde x

➢ Dérivée seconde y

❖ Combinaison avec le lissage

➢ Indispensable, car très sensible aux bruits

$$\frac{\partial^2 h(x, y)}{\partial x^2} \frac{1}{4} \begin{pmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -2 & 4 & -2 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \quad \frac{\partial^2 h(x, y)}{\partial y^2} \frac{1}{4} \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 2 & 4 & 2 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

GINF41A6 - AGD

28

IX. Détection de contours

IX.4 Opérateurs Numériques

- Opérateurs Laplacien
- Approximation en numérique
 - ❖ Même approche que pour le gradient

$$\Delta I(x, y) = \frac{\partial^2 I(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I(x, y)}{\partial y^2}$$

- ❖ Noyau de convolution 2D
- ❖ Toujours Combinaison avec le lissage

$$K_L = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad K_L = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad K_L = \frac{1}{12} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & -12 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

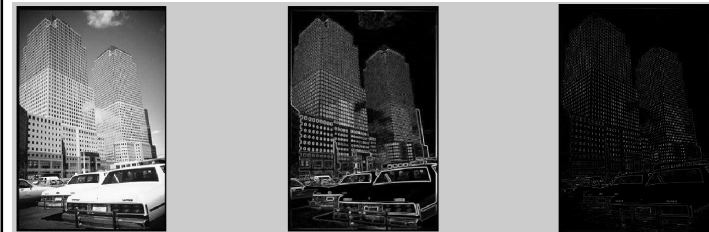
GINF41A6 - AGD

29

IX. Détection de contours

IX.5 Points de contour

- A partir des opérateurs aux différences finies pour calculer Gradient ou Laplacien
- Mais ce ne sont pas nécessairement des points de contour
 - ❖ On veut obtenir une carte binaire
 - $C(i,j)=1$: pixel(i,j) est un contour ; $C(i,j)=0$: pixel(i,j) n'est pas un contour



GINF41A6 - AGD

30

IX. Détection de contours

IX.5 Points de contour

- A partir des images de Gradient et/ou de Laplacien
 - ❖ Mise en place de techniques de seuillage
 - Double seuillage ou seuillage par hystérésis
 - ❖ Obtention de points non structurés
 - Qualité médiocre pour les utiliser tels quels comme contour
 - ✓ bruités
 - ✓ épais
 - ✓ Interrompus
 - ✓ Pas nécessairement fermés
 - ❖ Passage des points détectés aux points de contours
 - Post-traitements plus ou moins complexes
 - ✓ Seuillage
 - ✓ Autres filtrages
 - ✓ Chaînage
 - ✓

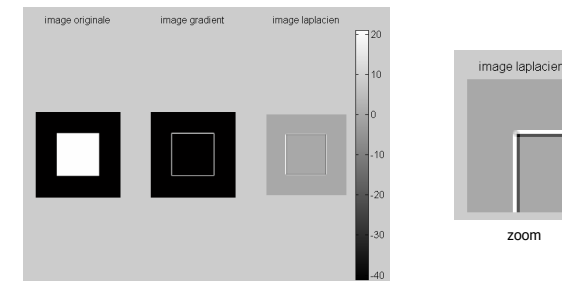
GINF41A6 - AGD

31

IX. Détection de contours

IX.5 Points de contour

- A partir des opérateurs aux différences finies pour calculer Gradient ou Laplacien
- Dans le cas idéal : sans bruit
 - ❖ Post-traitement inutile



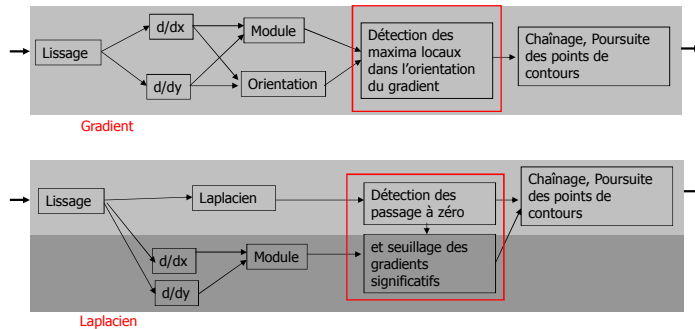
GINF41A6 - AGD

32

IX. Détection de contours

IX.5 Points de contour

□ Rappel du schéma fonctionnel



GINF41A6 - AGD

33

IX. Détection de contours

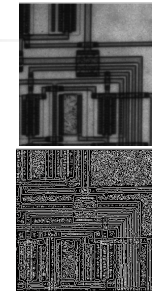
IX.5 Points de contour

□ Points de contour candidats

- ❖ Gradient
 - Maxima locaux dans la direction du gradient
- ❖ Laplacien
 - Passage à zéro du Laplacien
 - Pas de calcul d'orientation
- ❖ Rappel : sensibilité aux bruits

□ Amélioration de la robustesse par seuillage

- ❖ Contours significatifs
- On obtient un ensemble non structuré de points de contour
 - ❖ Puis chaînage des points de contour



GINF41A6 - AGD

34

IX. Détection de contours

IX.5 Points de contour

□ Points de contour candidats

❖ Gradient

- Maxima locaux dans la direction du gradient

$M[i_0, j_0]$: pixel courant de coordonnées $[i_0, j_0]$

$M1$: voisin « arrière » dans la direction du gradient de M

$M2$: voisin « avant » dans la direction du gradient de M

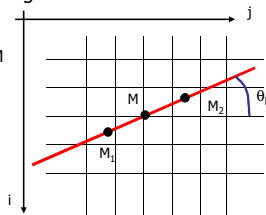
Coordonnées des voisins "avant" et "arrière"

θ_M : Orientation du gradient en M

d : Paramètre à fixer (norme de la distance aux premiers voisins), typiquement 1 ou 2

$M1[i_1, j_1] : i_1 = i_0 - d \cdot \sin(\theta_M) ; j_1 = j_0 + d \cdot \cos(\theta_M)$

$M2[i_2, j_2] : i_2 = i_0 + d \cdot \sin(\theta_M) ; j_2 = j_0 - d \cdot \cos(\theta_M)$



M1 et M2 ne sont pas nécessairement sur la grille

GINF41A6 - AGD

35

IX. Détection de contours

IX.5 Points de contour

□ Points de contour candidats

❖ Gradient

- Maxima locaux dans la direction du gradient

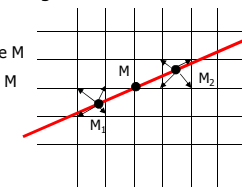
M : pixel courant

$M1$: voisin « arrière » dans la direction du gradient de M

$M2$: voisin « avant » dans la direction du gradient de M

M est un maximum local:

$|G(M)| > |G(M1)|$ et $|G(M)| > |G(M2)|$



Difficulté :

$M1$ et $M2$ ne sont pas nécessairement sur la grille

→ Calculer leur gradient par interpolation linéaire ou affectation au point le plus proche

GINF41A6 - AGD

36

IX. Détection de contours

IX.5 Points de contour

□ Points de contour candidats

❖ Gradient

- Maxima locaux dans la direction du gradient
- Solution approchée
 - ✓ Quantification de la valeur de l'orientation avec par exemple, les masques de KIRSH

$$\theta[i, j] = \text{Arg} \left[\text{Max}_{k=0 \dots 7} \left[I_{\theta_k} [i, j] \right] \right]$$

- ✓ Les points M1 et M2 sont sur la grille, car les orientations possibles sont : 0°, 45°, 90° et 135°

GINF41A6 - AGD

37

IX. Détection de contours

IX.5 Points de contour

□ Points de contour candidats

❖ Gradient

- Maxima locaux dans la direction du gradient
- Seuillage des maxima significatifs
 - ✓ Méthode par seuil à hystérésis = double seuillage
 - Seuil haut, Seuil bas

$|\text{Grad}(\text{pc})| \geq \text{seuil_haut} \rightarrow \text{pc pixel courant est point de contour (PC)}$

$|\text{Grad}(\text{pc})| < \text{seuil_bas} \rightarrow \text{pc pixel courant n'est pas un point de contour (NPC)}$

$\text{seuil_bas} \leq |\text{Grad}(\text{pc})| < \text{seuil_haut} \rightarrow \text{pc pixel courant est un point de contour possible (PCP)}$

- ✓ Réaffectation des points de contour possible par propagation
 - Technique de chaînage

GINF41A6 - AGD

38

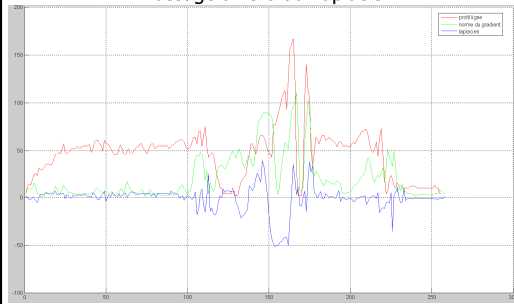
IX. Détection de contours

IX.5 Points de contour

□ Points de contour candidats

❖ Laplacien

- Passage à zéro du Laplacien



En théorie : bonne précision spatiale de détection

En pratique : effet du bruit et détection de petites régions non significatives

39

IX. Détection de contours

IX.5 Points de contour

□ Points de contour candidats

❖ Laplacien

- Détection du Passage à zéro du Laplacien
- Masque de voisinage à 4 premiers voisins



lv_i : valeur du Laplacien aux points v_i

pc pixel courant est point de contour si

$\text{Signe}(lv_2) \neq \text{Signe}(lv_3)$ et $|lv_2.lv_3| > 0$ et $|lv_2 - lv_3| > \text{seuil}$

ou

$\text{Signe}(lv_1) \neq \text{Signe}(lv_4)$ et $|lv_1.lv_4| > 0$ et $|lv_1 - lv_4| > \text{seuil}$

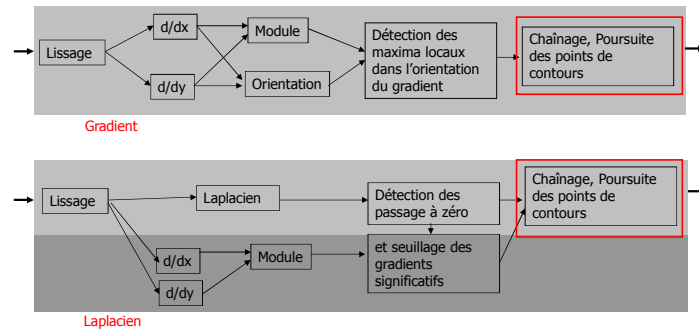
GINF41A6 - AGD

40

IX. Détection de contours

IX.6 Chaînage des points de contour

□ Rappel du schéma fonctionnel



GINF41A6 - AGD

41

IX. Détection de contours

IX.6 Chaînage des points de contour

□ Un exemple d'algorithme de chaînage

❖ Double seuillage :

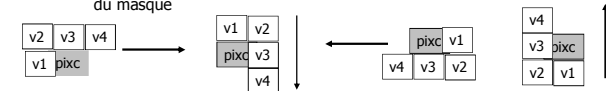
➤ Pixel : soit PC, NPC, PCP

➤ 4 balayages successifs

✓ Chaque masque définit un voisinage

✓ A chaque masque est associé un sens de balayage

✓ Pour passer d'un sens de balayage à un autre : flip horizontal et flip vertical du masque



❖ Pour chaque balayage

Si pixc est PCP, alors

si $\exists \text{ pix} \in \text{Voisin}(\text{pixc}) / \text{pix est PC}$ alors pixc est PC

Sinon pixc reste dans la même catégorie

GINF41A6 - AGD

42