

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts

Traitement d'images

Détection de contours

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

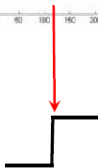
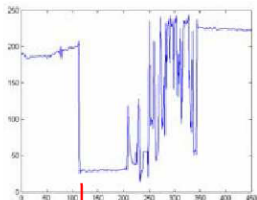
Détecteur de
points d'intérêts

- ▶ Qu'est-ce qu'un contour ?
- ▶ Dérivées d'une image
- ▶ Gradient
- ▶ Laplacien
- ▶ Détecteur de points d'intérêts

- ▶ Cours de traitement d'images Elise Arnaud - Edmond Boyer Université Joseph Fourier
- ▶ Cours de traitement d'images Alain Boucher
- ▶ Cours de traitement d'images T Guyer Université de Chambéry
- ▶ Cours de traitement d'images Caroline ROUGIER université de Montréal
- ▶ Analyse d'images : filtrage et segmentation (Edition Broché) - Cocquerez
- ▶ Cours de traitement d'images V Eglin INSA de Lyon
- ▶ Cours de traitement d'images JC Burie Université de La Rochelle

Définition

- ▶ Contour : frontière entre deux objets dans une image
- ▶ Définition plus large : discontinuité de l'image (variation brusque d'intensité).



Discontinuités de l'image

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts

Toute discontinuité n'est pas nécessairement située à la frontière entre deux objets.

de profondeur



d'orientation
de surface

de réflectance

d'illumination

Source : Jacques-André Landry. *Vision robotique*. ETS.

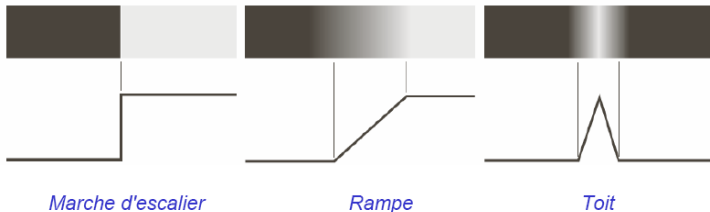
Différents types de contours

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts



Source : Gonzalez and Woods. *Digital Image Processing 3ed.* Prentice-Hall, 2008.

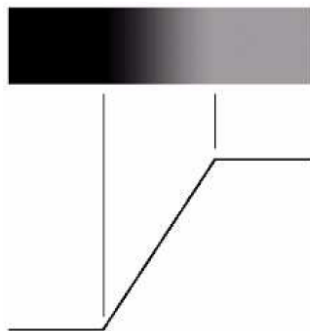
Dérivées d'un contour

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

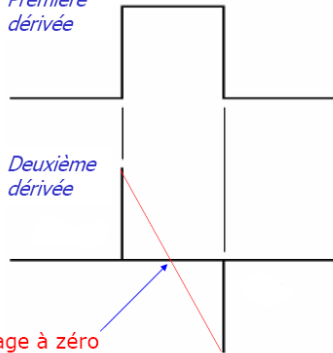
Détecteur de
points d'intérêts



*Première
dérivée*

*Deuxième
dérivée*

Passage à zéro



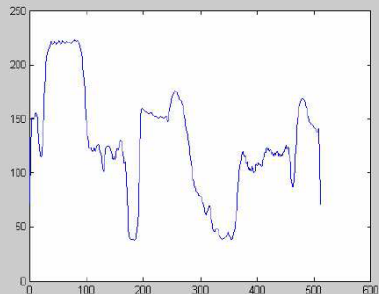
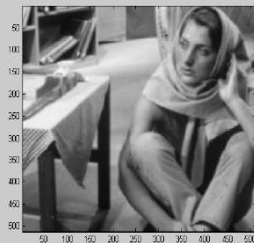
Etude d'une ligne d'une image

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts



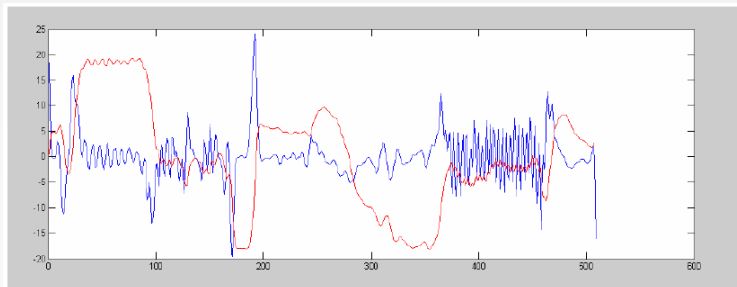
Etude d'une ligne d'une image : dérivée première

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts



Détection de contours : principe

Qu'est-ce qu'un
contour

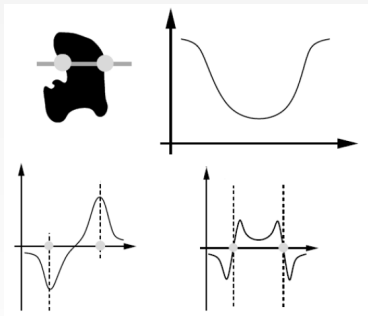
Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts

Etude des dérivées de la fonction d'intensité dans l'image

- ▶ les extréma locaux de la dérivée première
- ▶ les passages par zéro de la dérivée seconde
- ▶ difficulté : la présence de bruit dans les images



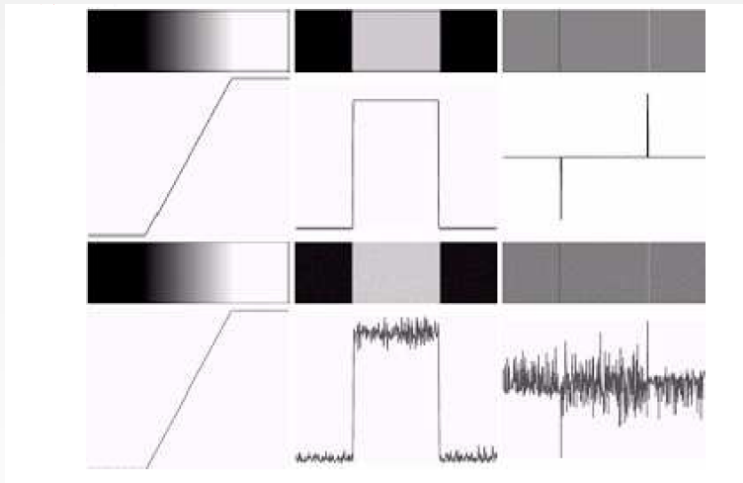
Contours bruités 1/2

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts



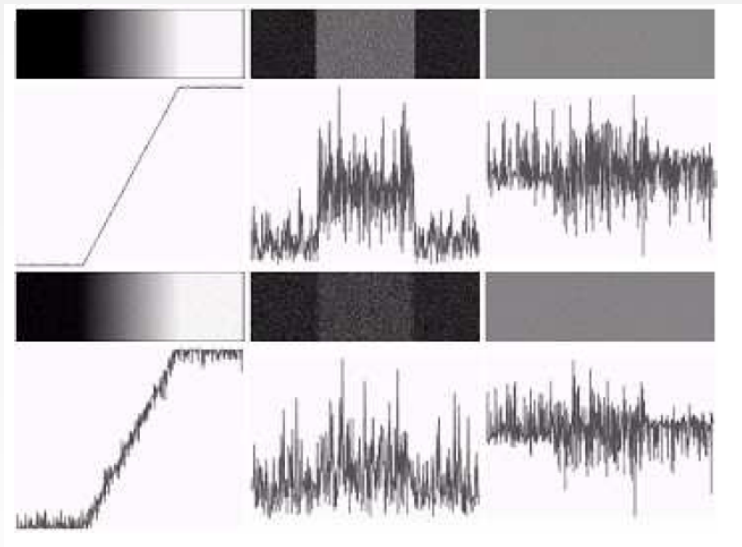
Contours bruités 2/2

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts



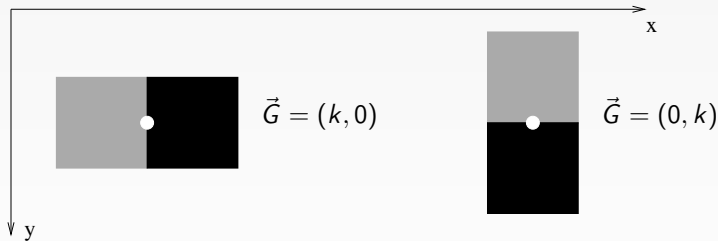
Gradient : dérivée première de l'image 1/2

Rappel : l'image est une fonction 2D.

$$I : (x, y) \rightarrow I(x, y)$$

La première dérivée (gradient) de l'image est l'opérateur de base pour mesurer les contours dans l'image.

$$\vec{G} = (G_x, G_y) = \left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial x}, \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \right)$$



Gradient : dérivée première de l'image 2/2

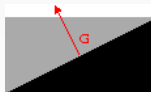
Le gradient peut être représenté en coordonnées polaires par un module m et une direction ϕ dans l'image.

- ▶ le **module du gradient** mesure la force du contour

$$m = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

- ▶ le gradient est un vecteur **perpendiculaire au contour**

$$\phi = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$



On approxime les dérivées par "différences finies".

$$G_x(x, y) = I(x + 1, y) - I(x - 1, y)$$

Calcul par convolution de l'image avec un masque de différences

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Opérateur de **Prewitt** :

$$h1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad h2 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Opérateur de **Sobel** :

$$h1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad h2 = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Pour limiter les effets du bruit, un lissage est compris dans le calcul (filtre moyenne pour Prewitt, filtre gaussien pour Sobel)

Il existe d'autres filtres plus sophistiqués donnant de meilleurs résultats (filtre de Canny, filtre de Deriche, filtre de Shen-Castan)

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts



Original



Gradient horizontal (Sobel)



Gradient vertical (Sobel)



*Module du gradient de
Sobel*

Définition :

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

Calcul par convolution avec les masques :

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ ou } \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Calcul de Laplacien : exemple 1

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts



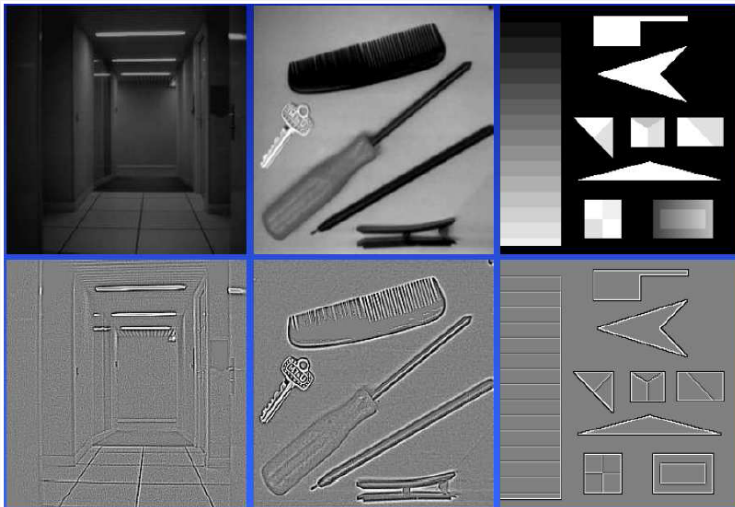
Calcul de Laplacien : exemple 2

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts



Autre exemple

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts



Gradient



Gradient seuillé ($|G| > G_{min}$)



Seuil faible



Seuil grand

Qu'est-ce qu'un point d'intérêt ?

- ▶ contour : discontinuité dans une direction de la fonction d'intensité
- ▶ point d'intérêt : dans **deux** directions \Rightarrow source d'information plus fiable



Calcul à partir des niveaux de gris de l'image : trouver un opérateur qui est maximal aux points d'intérêt

Détecteur de Movarec (1977)

Variation moyenne de l'intensité pour un petit déplacement
(dx, dy)

$$E_{dx,dy}(x, y) = \sum_{i,j} (I(x+i, y+j) - I(x+i+dx, y+j+dy))^2$$

avec

- ▶ i et j variant de la taille de la fenêtre choisie
- ▶ $I(x, y)$ l'intensité au pixel (x, y)

Pour le pixel $p = 6$ de cette fenêtre et pour un déplacement $dx = 1, dy = 1$, on calculera la somme des carrés des différences des couples $(1 - 6), (2 - 7), (3 - 8), (5 - 10), (6 - 11), (7 - 12), (9 - 14), (10 - 15), (11 - 16)$

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts



- ▶ Zone d'intensité presque constante : $E(x, y) \approx 0$
- ▶ Contour : $E(x, y) \approx 0$ pour des déplacements le long du contour et $E(x, y) > 0$ pour des déplacements perpendiculaires au contour.
- ▶ Coin : $E(x, y) > 0$ pour tout $(dx, dy) \neq (0, 0)$

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts

1. Pour chaque pixel (x, y) d'une image, calculer 8 valeurs de E différentes correspondant à 8 déplacements en x et y :

$$E_1(x, y) = E_{1,0}(x, y)$$

$$E_2(x, y) = E_{1,1}(x, y)$$

...

$$E_8(x, y) = E_{-1,-1}(x, y)$$

2. Pour chaque pixel on calcule la valeur minimum des E_i .
3. On garde comme point d'intérêt les points pour lesquels ce minimum est supérieur à un seuil.

Selon le seuil on aura plus ou moins de points d'intérêts

Moravec : exemple

Qu'est-ce qu'un
contour

Gradient

Laplacien

Détecteur de
points d'intérêts

