

TI

N. Journet

Qu'est-ce qu'un
contour

Dérivée d'une
image

Détection de
contours

Introduction au traitement d'images

Détection de contours

Nicholas Journet

7 février 2011

Qu'est-ce qu'un
contour

Dérivée d'une
image

Détection de
contours

- ▶ Qu'est-ce qu'un contour ?
- ▶ Dérivée d'une image
- ▶ Implémentations (filtres)

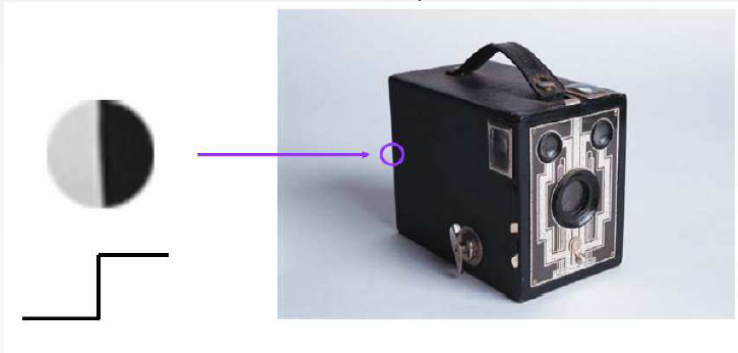
Définition

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

Un contour est une variation brusque d'intensité

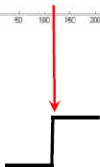
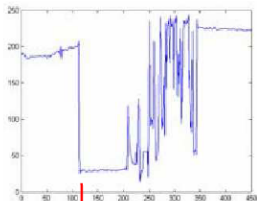


Définition

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours



Définition

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

- ▶ Par définition, un contour est la frontière qui sépare deux objets dans une image (une discontinuité de l'image)
- ▶ Dans notre cas, nous détecterons toutes les lignes marquant des changements d'intensité
 - ▶ Pas seulement les contours !
 - ▶ Abus de langage sur la notion de contours !

Exemple

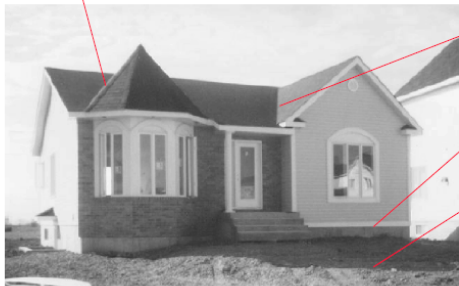
Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

Exemples de détection des discontinuités

de profondeur



d'orientation
de surface

de réflectance

d'illumination

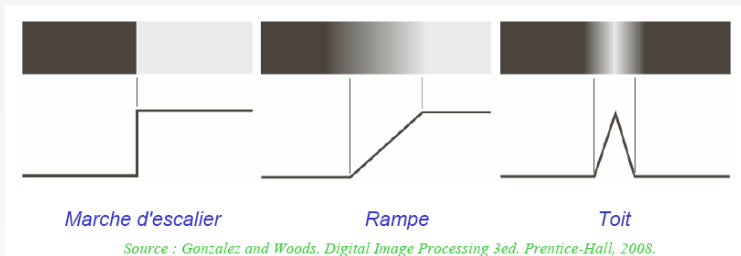
Source : Jacques-André Landry. Vision robotique. ETS.

Différents types de contours

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

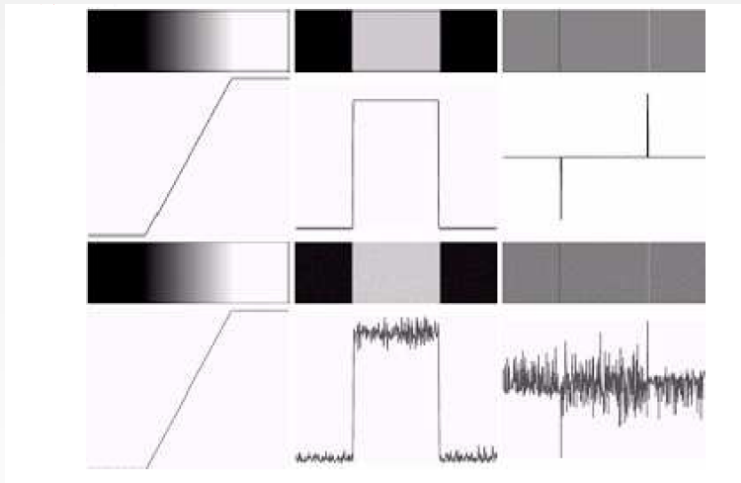


Contours bruités

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

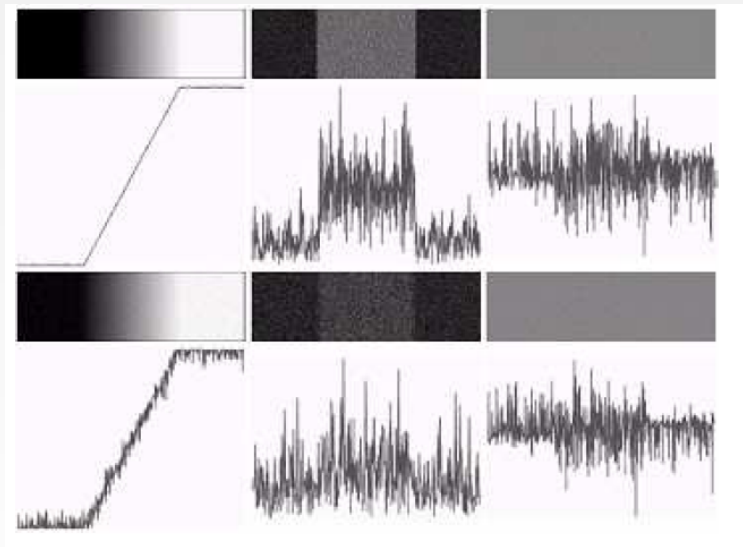


Contours très bruités

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours



Dérivée première de l'image

Rappel : l'image est une fonction.

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

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

$$\nabla I = \left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial x}, \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \right)$$

Dérivée d'une image

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

Image 1D $f(x)$



1ère dérivée $f'(x)$



$|f'(x)|$



Pixels contours:

$|f'(x)| > \text{Seuil}$



TI

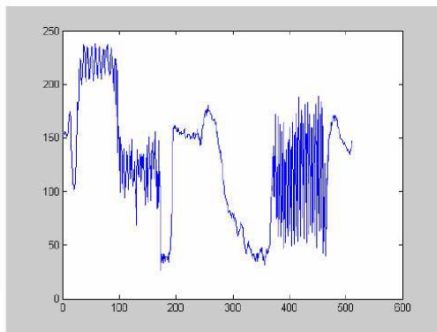
N. Journet

Etude d'un signal 1D

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

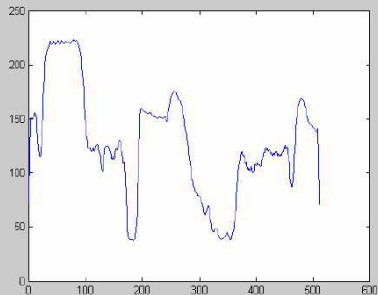
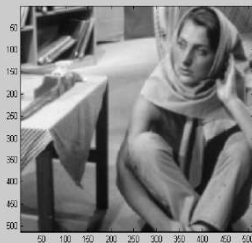


Etude d'un signal 1D

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

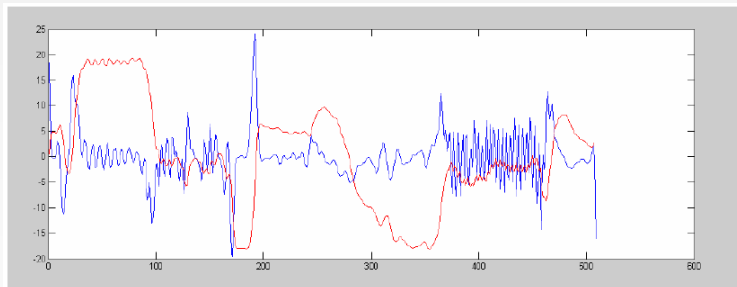


Signal et sa dérivée

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

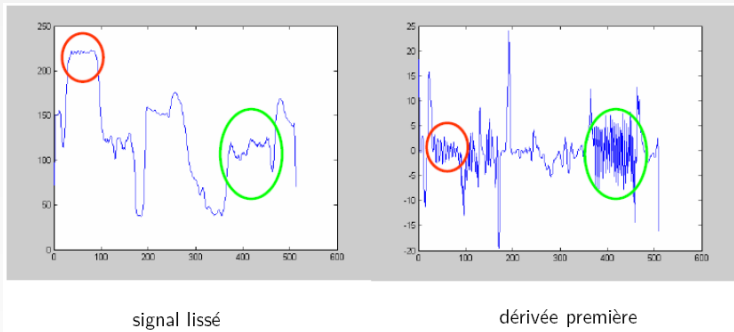


Signal et sa dérivée à la loupe

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours



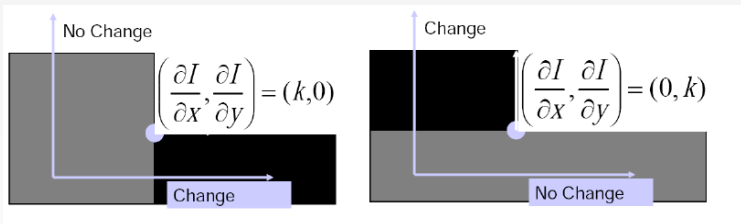
Notion de gradient

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

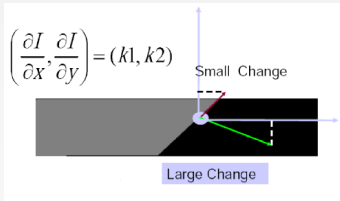
Détection de contours

$$\nabla I = \left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial x}, \frac{\partial I(x, y)}{\partial y} \right)$$



Notion de gradient

- ▶ le gradient est un vecteur perpendiculaire au contour
- ▶ l'amplitude du gradient mesure la force du contour



Le gradient est caractérisé par un module m et une direction ϕ dans l'image.

$$m = \left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial x}^2 + \frac{\partial I(x, y)}{\partial y}^2 \right)^{1/2}$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{\partial I(x, y)}{\partial y} / \frac{\partial I(x, y)}{\partial x}\right)$$

Dérivation par différences finies

Une image est discrète par nature. On cherche donc à approximer les dérivées par différences finies.

$$\nabla_x I(x, y) = I(x, y) - I(x - n, y)$$

ou alors :

$$\nabla_x I(x, y) = I(x + n, y) - I(x - n, y)$$

avec en général $n=1$.

Ces dérivées sont calculées par convolution de l'image avec un masque de différences

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

Dérivation par différences finies - Opérateurs

Opérateur de Prewitt :

$$h1 = 1/3 \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad h2 = 1/3 \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Opérateur de Sobel :

$$h1 = 1/4 \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad h2 = 1/4 \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Lissage + dérivée de l'image

Opérateur de Prewitt : moyennage + dérivée

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ Opérateur de Sobel :}$$

Gaussienne + dérivée

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ Détection des contours}$$

moins sensible aux bruits.

Exemples

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours



Original



Gradient horizontal (Sobel)



Gradient vertical (Sobel)



*Module du gradient de
Sobel*

Deuxième dérivée de l'image

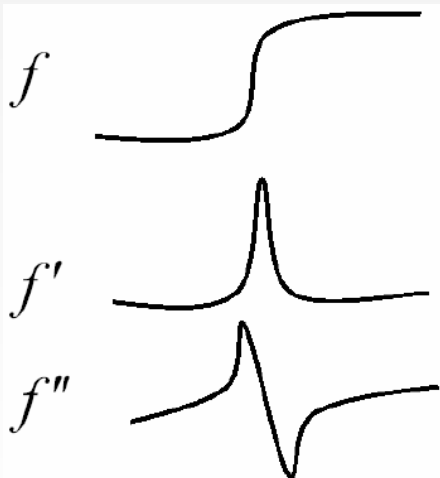
- ▶ Une autre approche pour trouver les contours de l'image est d'utiliser la dérivée seconde de l'image
- ▶ Pour cela on utilise le Laplacien comme opérateur

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

Dérivées de l'image

Les contours correspondent :

- ▶ Aux maxima de la première dérivée
- ▶ Aux passages par zéros de la deuxième dérivée



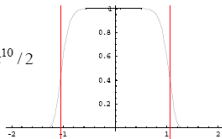
Dérivées de l'image

Qu'est-ce qu'un contour

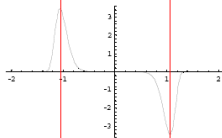
Dérivée d'une image

Détection de contours

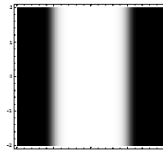
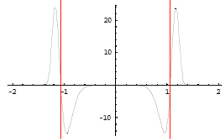
$$f(x, y) = e^{-x^{10}/2}$$



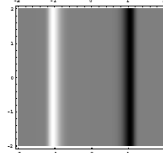
$$\frac{\partial f}{\partial x}$$



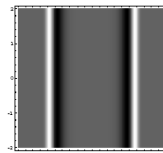
$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$$



Image



Première dérivée



Deuxième dérivée

Source : Caroline Rougier. Traitement d'images (IFT2730). Univ. de Montréal.

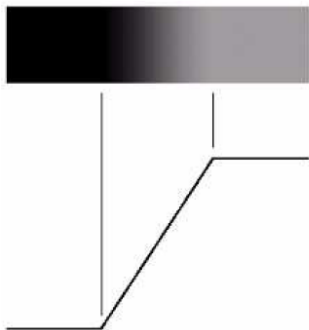
Exemple

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

Détection de la frontière



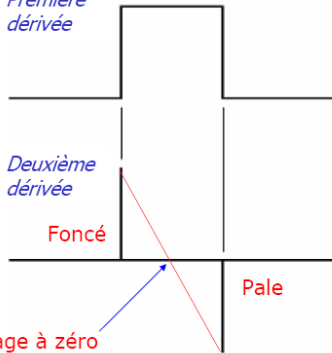
Première
dérivée

Deuxième
dérivée

Foncé

Pale

Passage à zéro



Exemple

Qu'est-ce qu'un contour

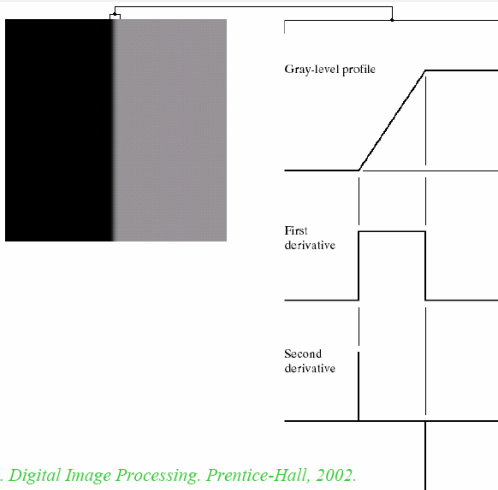
Dérivée d'une image

Détection de contours

a b

FIGURE 10.6

(a) Two regions separated by a vertical edge.
(b) Detail near the edge, showing a gray-level profile, and the first and second derivatives of the profile.



Source : Gonzalez and Woods. *Digital Image Processing*. Prentice-Hall, 2002.

Laplacien par convolution

L'estimation du laplacien d'une image se fait de la même manière par convolution de l'image avec un masque. Le laplacien est approximé par différences finies :

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

ou

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Une seule matrice de convolution !

Exemple

Qu'est-ce qu'un
contour

Dérivée d'une
image

Détection de
contours

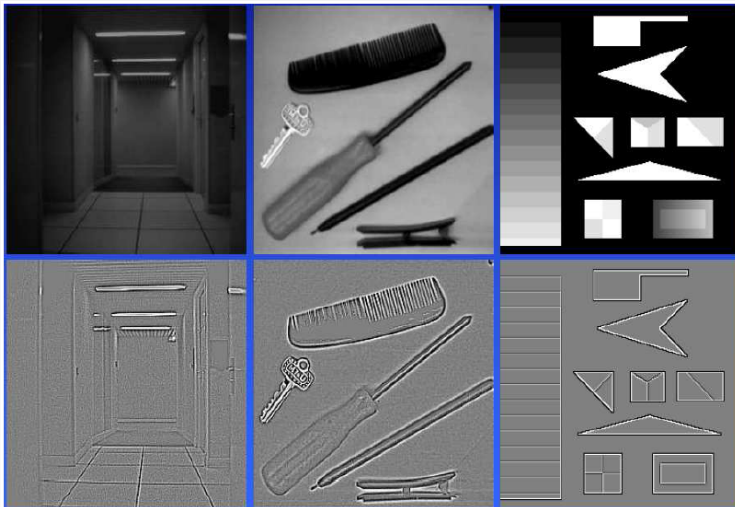


Exemple

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours



Détection de contours

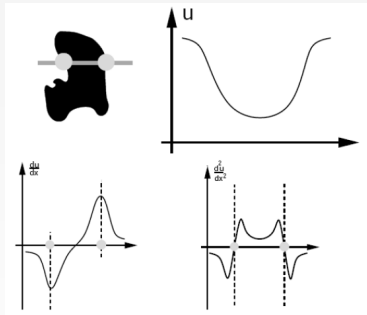
Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

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

- ▶ les extrema locaux du gradient de la fonction d'intensité
- ▶ difficulté : la présence de bruit dans les images



Détection de contours :Seuillage du gradient

les points de contour dans une image sont caractérisés par des extrema locaux du gradient. Une première approche consiste donc à :

1. calculer la norme du gradient en tous point de l'image
2. sélectionner les pixels à l'aide d'un seuil fixé a priori pour la norme du gradient.

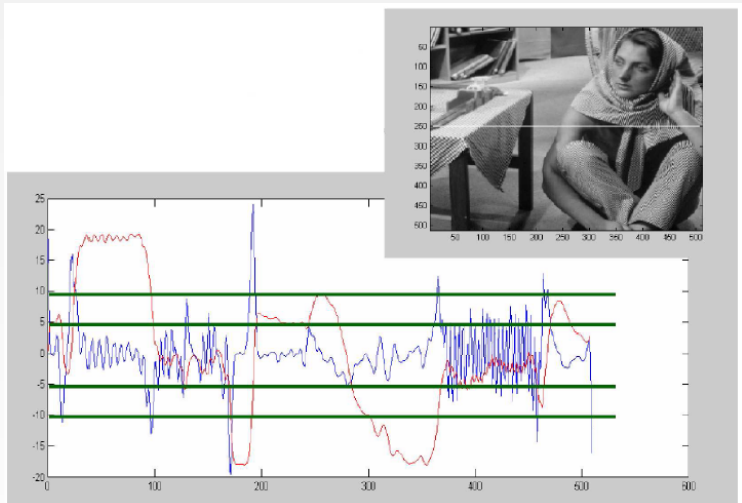
Mais : ne permet pas de différencier efficacement les points de contour du bruit.

Détection de contours : Seuillage du gradient

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours



Détection de contours : Seuillage du gradient

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours



Gradient



Gradient seuillé ($|G| > G_{min}$)



Seuil faible



Seuil grand

Filtrage optimal : Canny

- ▶ Filtre optimal pour la détection des contours
 - ▶ Filtre en plusieurs étapes (pas seulement une convolution)
- ▶ Etant donnés
 - ▶ un modèle de contour (marche)
 - ▶ un modèle de bruit (blanc gaussien)
- ▶ Caractériser les performances en termes de :
 - ▶ détection (surtout pour les contours faibles)
 - ▶ localisation (contour détecté proche du contour réel)

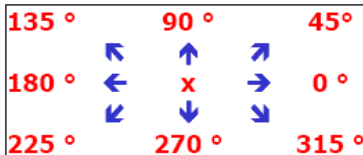
Filtrage optimal : Canny

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

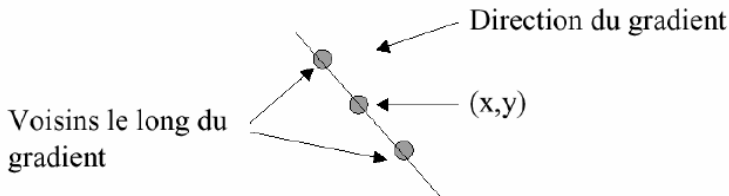
1. Appliquer un filtre Gaussien sur l'image
 - ▶ Filtre passe-bas pour enlever le bruit
2. Calculer l'intensité du gradient dans l'image
 - ▶ Filtre de Sobel en X et Y
 - ▶ Calcul de la norme $|G| = |G_x| + |G_y|$
3. Calculer les directions du gradient dans l'image
 - ▶ Direction du gradient $\theta = \arctan(G_y/G_x)$
 - ▶ Arrondi des directions par multiples de $\pi/4$



Filtrage optimal : Canny

Suppression des non-maxima :

Si la norme du gradient en un pixel (x, y) est inférieure à la norme du gradient d'un de ses 2 voisins le long de la direction du gradient, alors mettre la norme pour le pixel (x, y) à zéro.



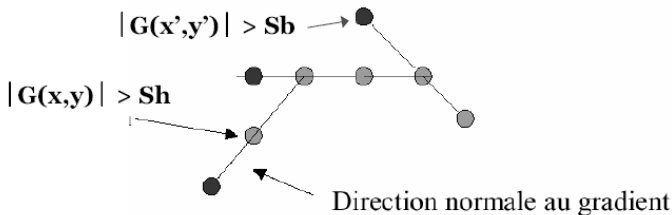
Filtrage optimal : Canny

Seuillage des contours (hystérésis) :

Utilise deux seuils : un seuil haut S_h et un seuil bas S_b .

Pour chaque pixel de la norme du gradient :

1. Si $\text{norme}(x, y) < S_b$ alors le pixel est mis à 0 (\notin contour)
2. Si $\text{norme}(x, y) > S_h$ alors le pixel \in contour
3. Si $S_b \leq \text{norme}(x, y) \leq S_h$ alors le pixel \in contour s'il est connecté à un autre pixel déjà accepté comme contour.



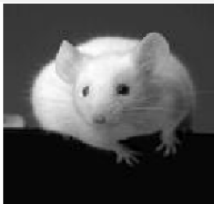
exemple

Qu'est-ce qu'un contour

Dérivée d'une image

Détection de contours

Image
originale



Sobel



Suppression des
non-maxima



Seuillage



Source : Caroline Rougier. Traitement d'images (IFT2730). Univ. de Montréal.

Conclusion :

- ▶ Aucun opérateur n'est parfait pour détecter les contours
- ▶ En pratique, on obtient des contours incomplets
 - ▶ il y a des pixels superflus
 - ▶ il y a des manques
 - ▶ il y a des erreurs de position et d'orientation des pixels contours
- ▶ Chacun semble avoir sa préférence pour une méthode ou une autre
- ▶ Un opérateur de détection de contour n'est qu'une première étape dans la chaîne de segmentation