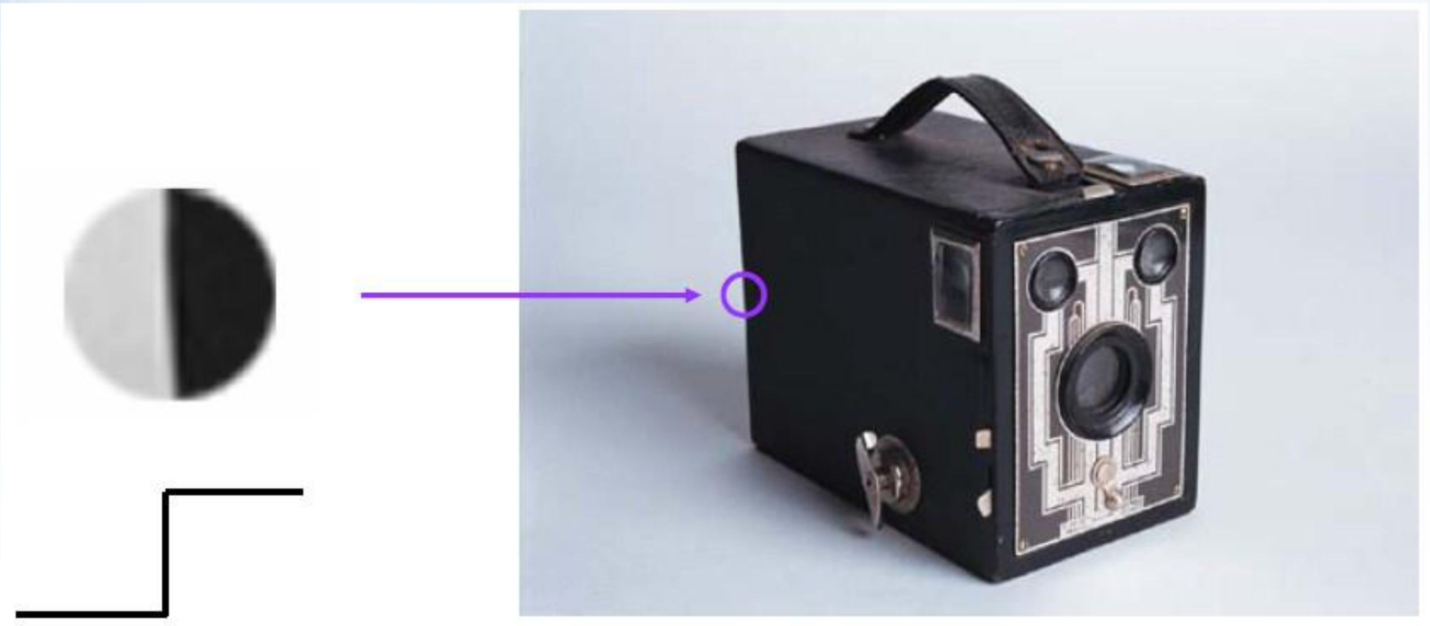
Traitement d'images
Ch. 4 : Détection de contours

s.idbraim@uiz.ac.ma

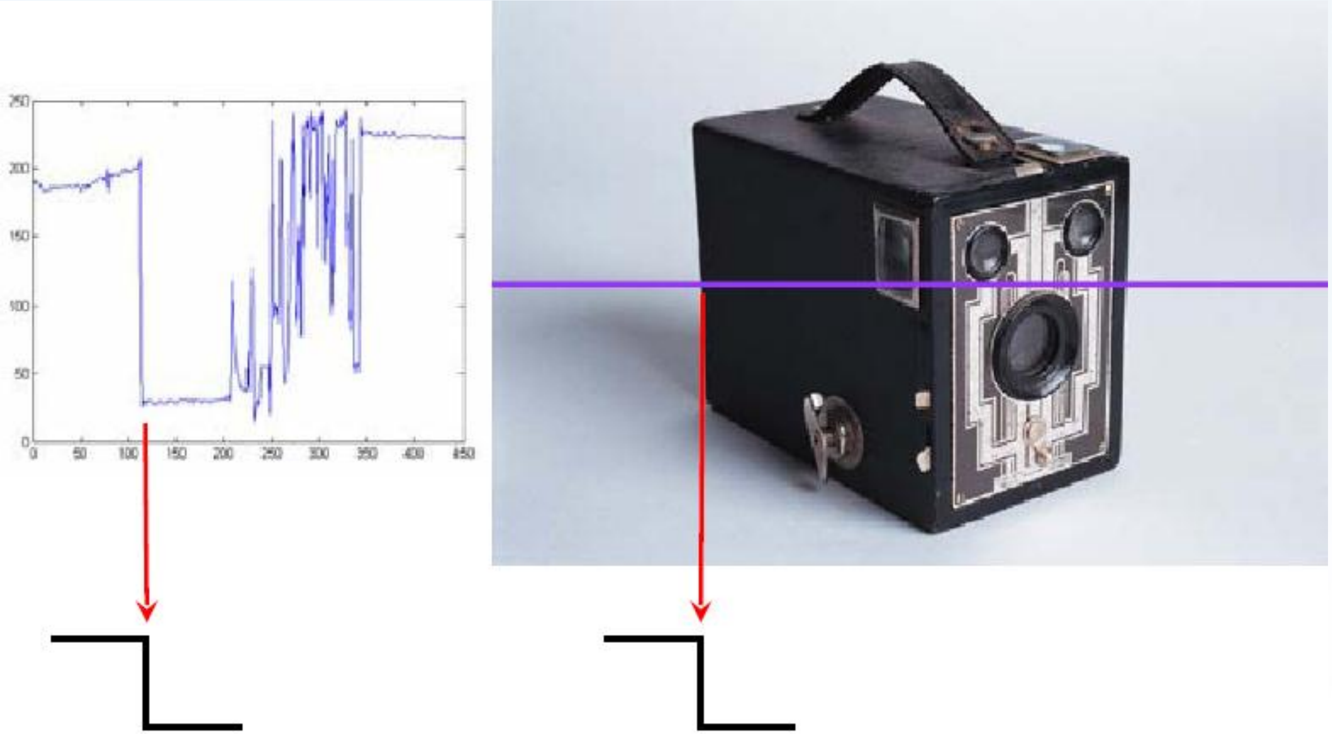
Master Spécialisé Offshoring des Technologies de l'Information
A.U. 2017 – 2018

Qu'est-ce qu'un contour ?

- Un contour est une variation brusque d'intensité



Qu'est-ce qu'un contour ?

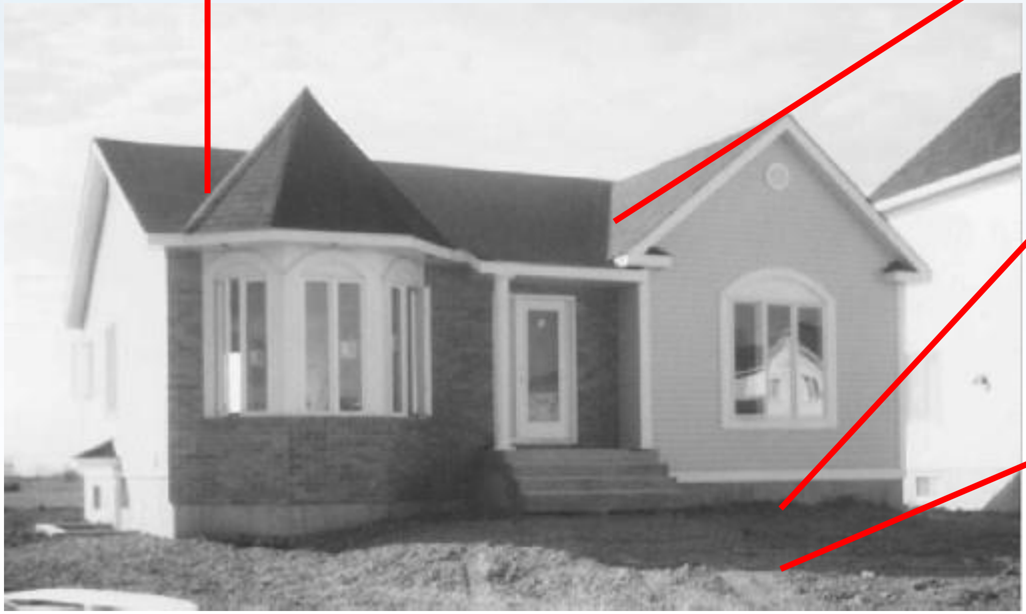


Définition du contour

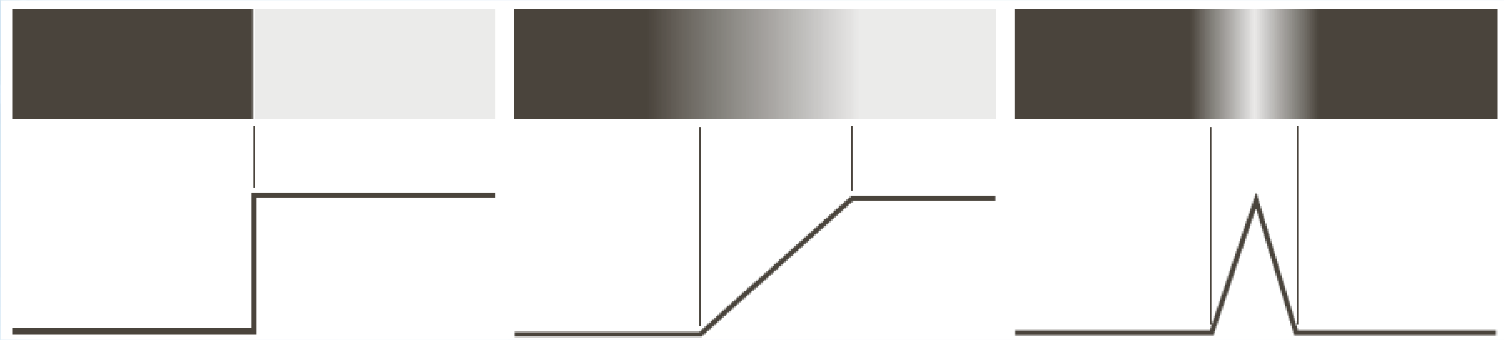
- Par définition, un contour est la frontière qui sépare deux objets dans une image.
  - Une discontinuité de l'image
- Dans notre cas, nous détecterons toutes les lignes marquant des changements d'intensité
  - Pas seulement les contours !
  - Abus de langage sur la notion de contours !

Lignes/contours dans une image

- Exemples de détection des discontinuités

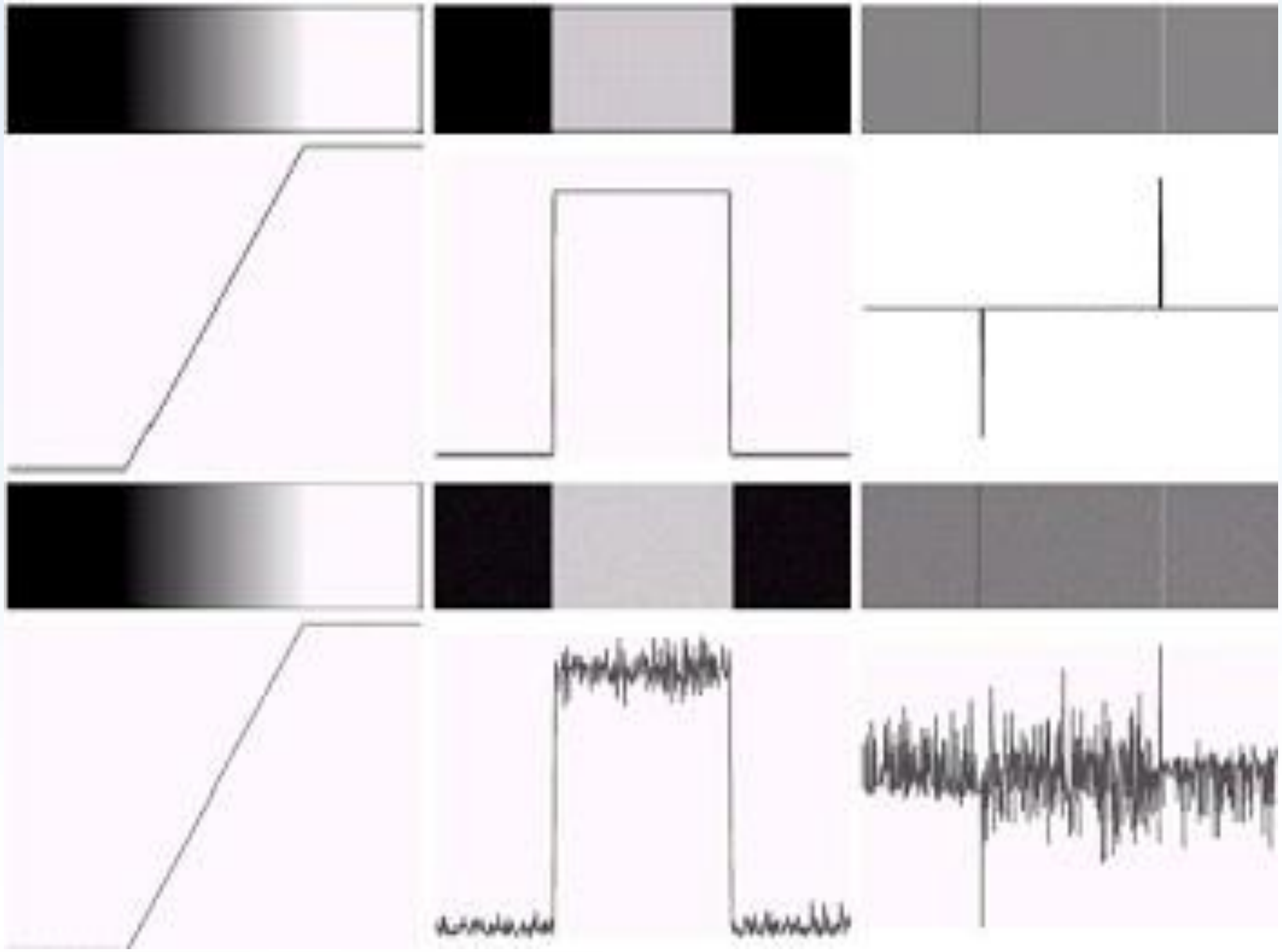


Différents types de contours

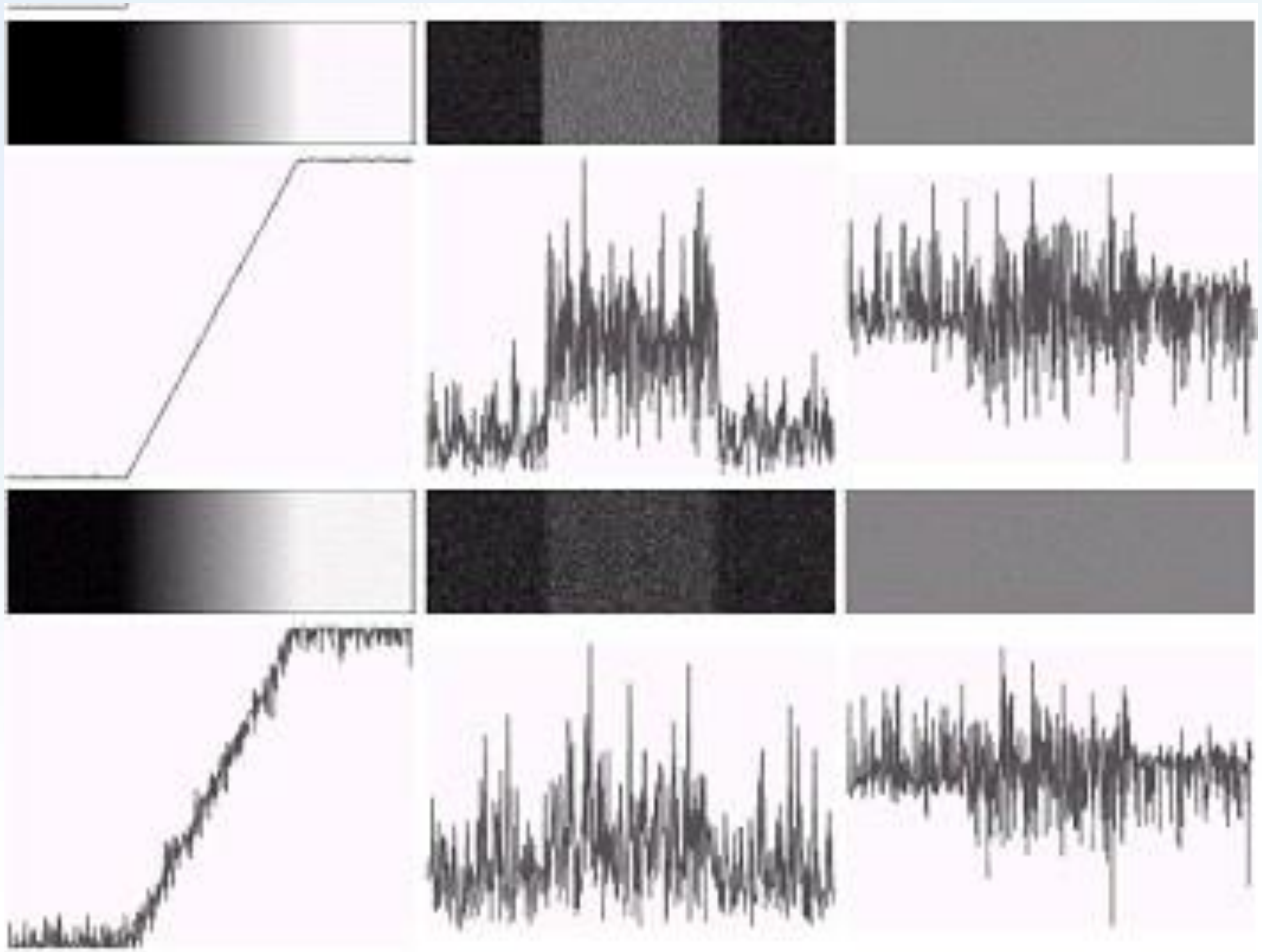


Marche d'escalier | Rampe | Toit

Contour avec un peu de bruit



Contour avec beaucoup de bruit



Dérivation

- Comportement des dérivés
  - Régions de tons de gris constants
  - Avant et après les discontinuités
  - Rampes croissantes et décroissantes de tons de gris
- Ce qu'elles décrivent
  - Bruits, points, contours (edges)

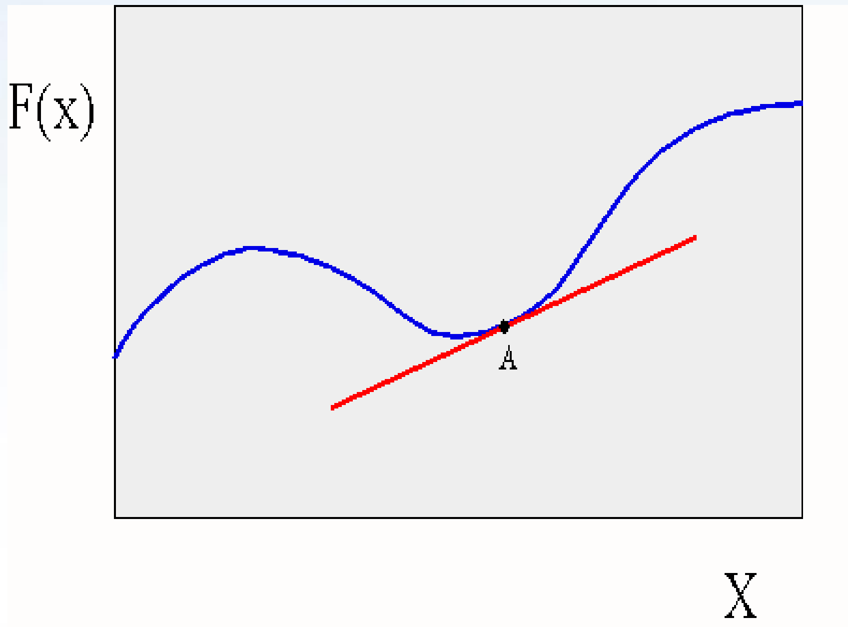
Dérivée première

- Taux de changement d'une fonction
- Approximation:
  Pente de la tangente à un point
- Réaliste ?

Dérivée première

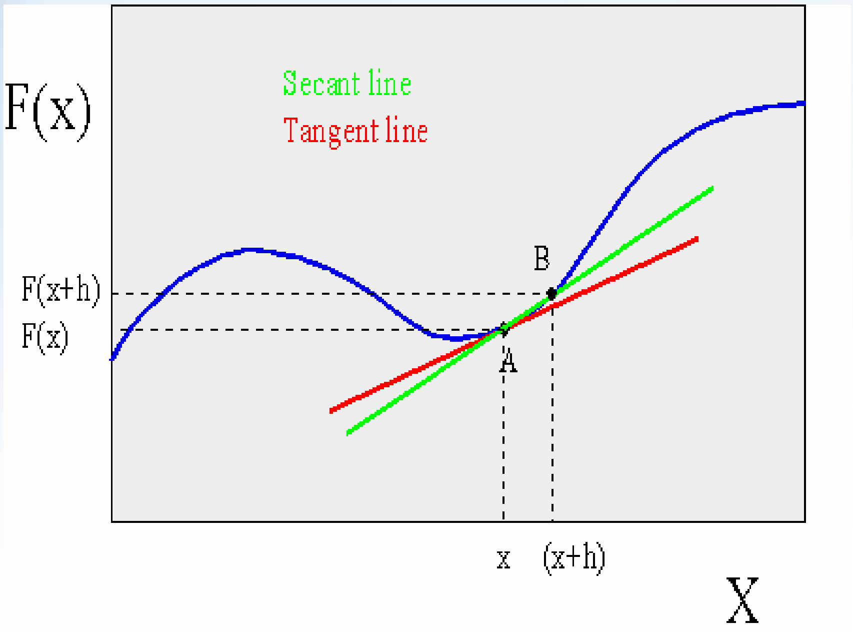
- Pente d'une tangente ?
- Un seul point de contact ?
  - $y_2 = y_1$ & $x_2 = x_1$

$$pente = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$



Dérivée première

- Dérivé première
- Pente d'une sécante ?



$$\frac{f(x+h)-f(x)}{h}$$

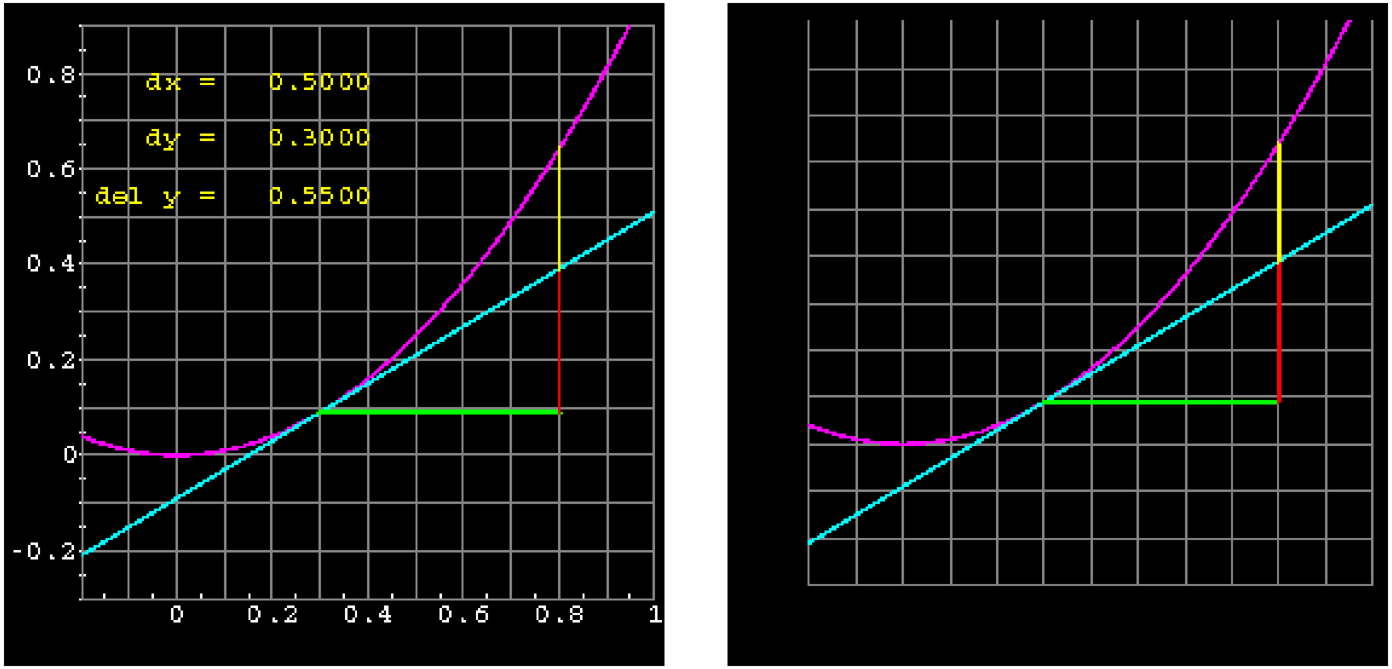
$$\frac{f(x)-f(x-h)}{h}$$

$$\frac{f(x+h)-f(x-h)}{2h}$$

Dérivée première

- Pour une valeur infinitésimale de "h"

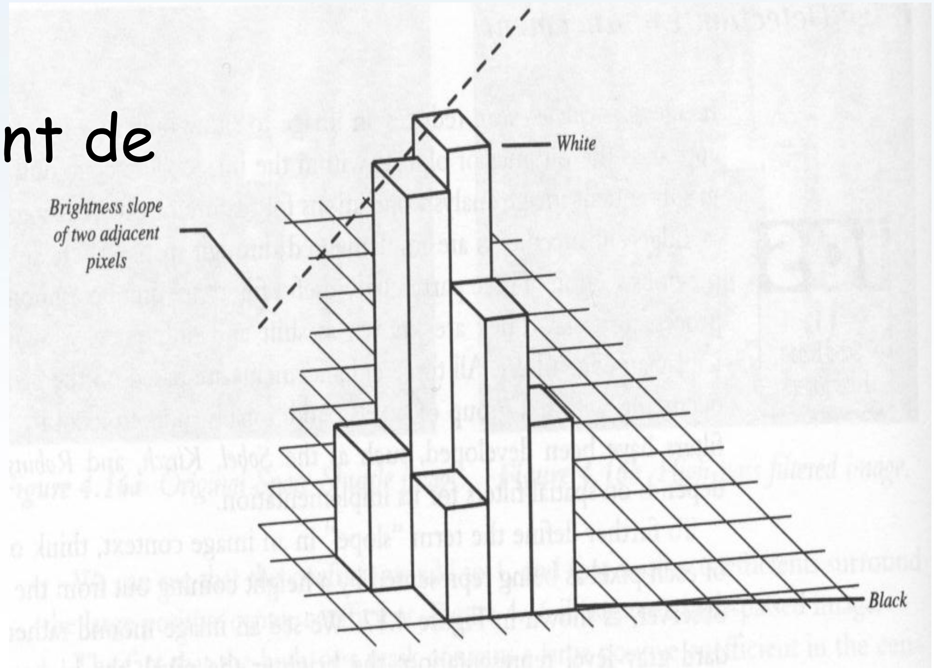
$$pente = f'(x) = \lim_{h \to 0} \left[\frac{f(x+h) - f(x)}{h} \right]$$



Dérivée première

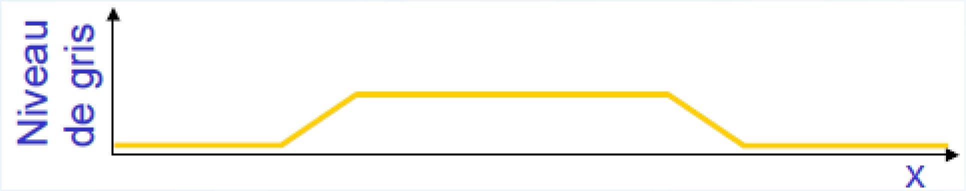
- Version discrète
  = 0 si aucun changement de tons
  ≠ 0 si changement de tons
- Compare deux pixels

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$



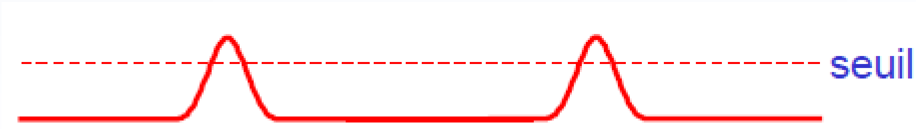
Dérivée première

Image 1D *f(x)*



1ère dérivée *f'(x)*

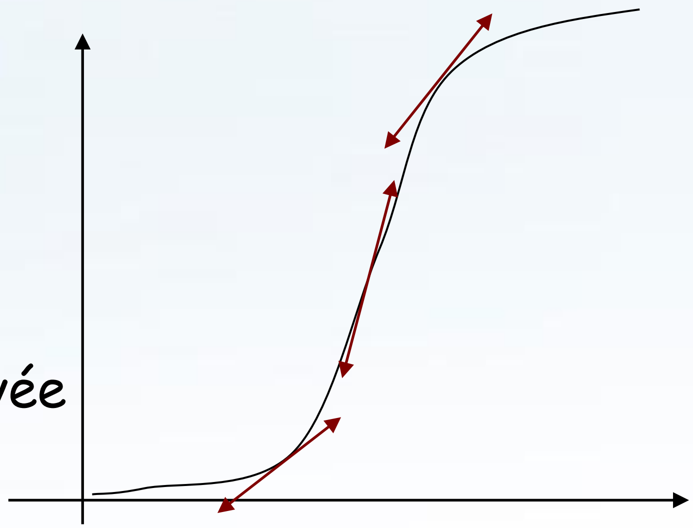
|*f'(x)*|



Pixels contours:
|*f'(x)*|> Seuil

Dérivée seconde

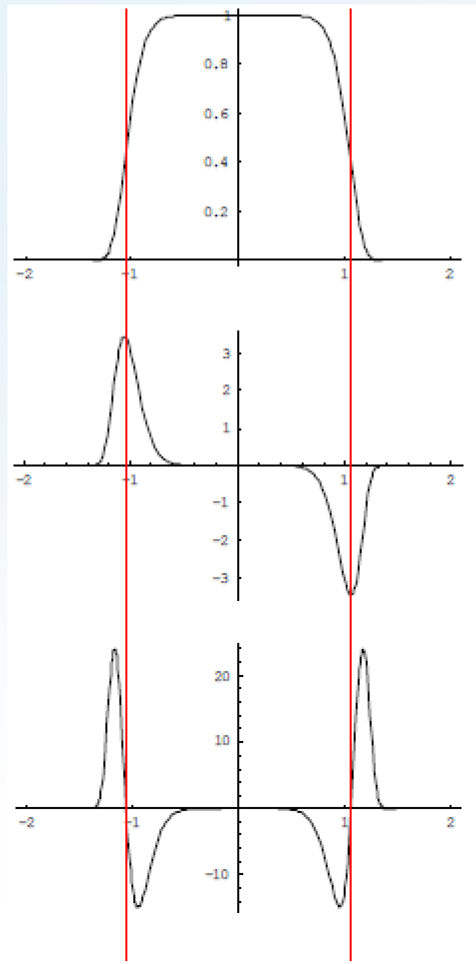
$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

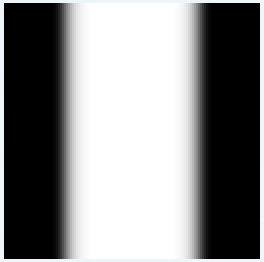


- Compare trois pixels
- Nulle
  - Dérivée première maximale
  - Point d'inflexion de la dérivée première
- Maximale
  - Passage par zéro de la dérivée seconde = ***Points d'inflexion de la dérivée première***

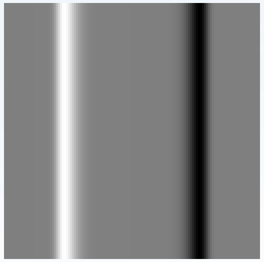
Dérivée seconde

Profile de l'image





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



Dérivée première

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

Dérivée seconde

Le Gradient

- Le gradient de f au point *(x,y)* est un vecteur à deux dimensions

$$\nabla F = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Le Gradient

- En imagerie, on s'intéresse à la *norme* (*magnitude*) du gradient et à son *orientation*

$$\|\nabla f\| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

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

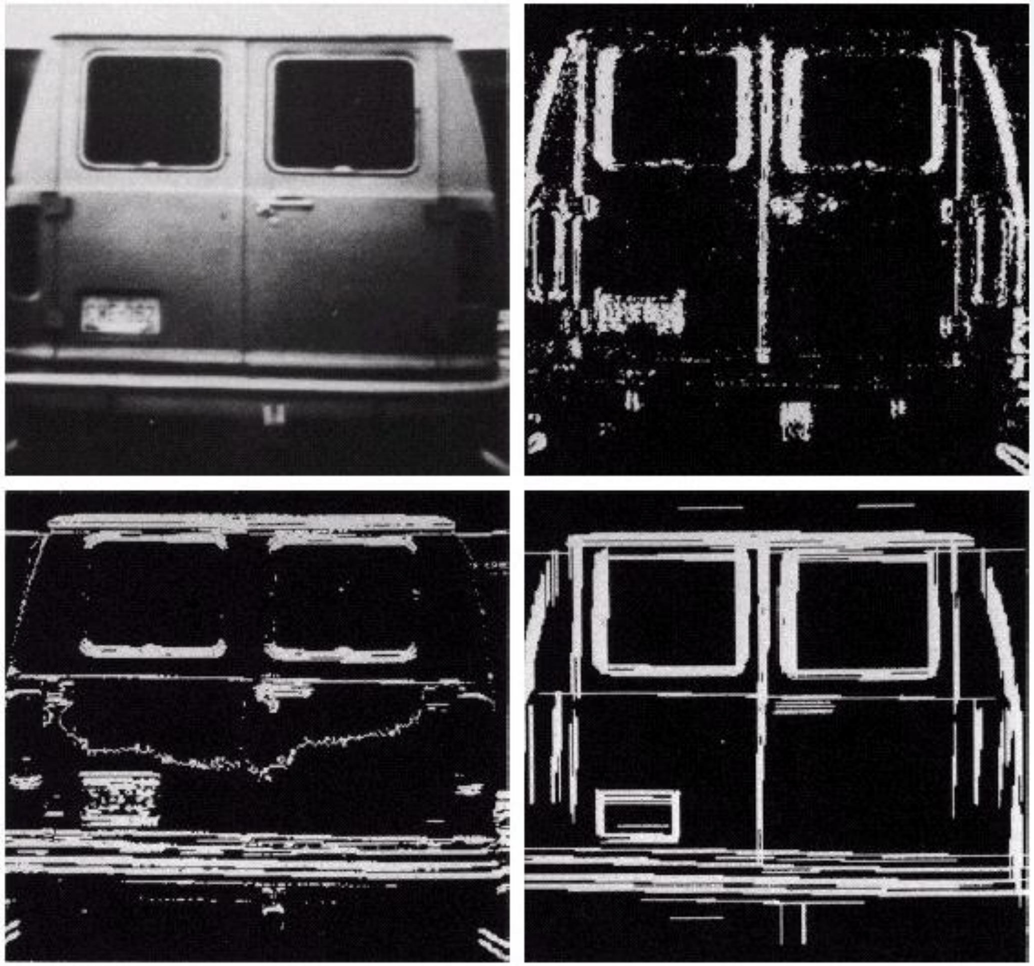
$$\phi(G) = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

Le Gradient

- La norme du Gradient est souvent appelé ***le Gradient***
  - Pour simplifier l'opération:

$$\nabla f \approx \left|G_x\right| + \left|G_y\right|$$

Le Gradient



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

Contours verticaux

$$\frac{\partial f}{\partial y}$$

Contours horizontaux

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

Norme

Le Gradient

- Approximation de la dérivé première

$$G_x = (Z_6 - Z_5) \text{ et } G_y = (Z_8 - Z_5)$$

- Selon Roberts(1965)

$$G_{-45} = (Z_9 - Z_5) \text{ et } G_{45} = (Z_8 - Z_6)$$

- Le Gradient:

$$\nabla f = \left[(Z_9 - Z_5)^2 + (Z_8 - Z_6)^2 \right]^{1/2}$$

$$\nabla f \approx |Z_9 - Z_5| + |Z_8 - Z_6|$$

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

Le Gradient

- L'opérateur Roberts (*cross-gradient*)

$$\nabla f \approx |Z_9 - Z_5| + |Z_8 - Z_6|$$

−1	0
0	1

0	−1
1	0

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

Le Gradient

- Masque de 3x3 ➔ Opérateur Sobel

$$\nabla f \approx \left|(Z_7 + 2z_8 + Z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)\right|$$

$$+ \left|(Z_3 + 2z_6 + Z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)\right|$$

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

Le Gradient

- Masque de 3x3 ➔ Opérateur Prewitt

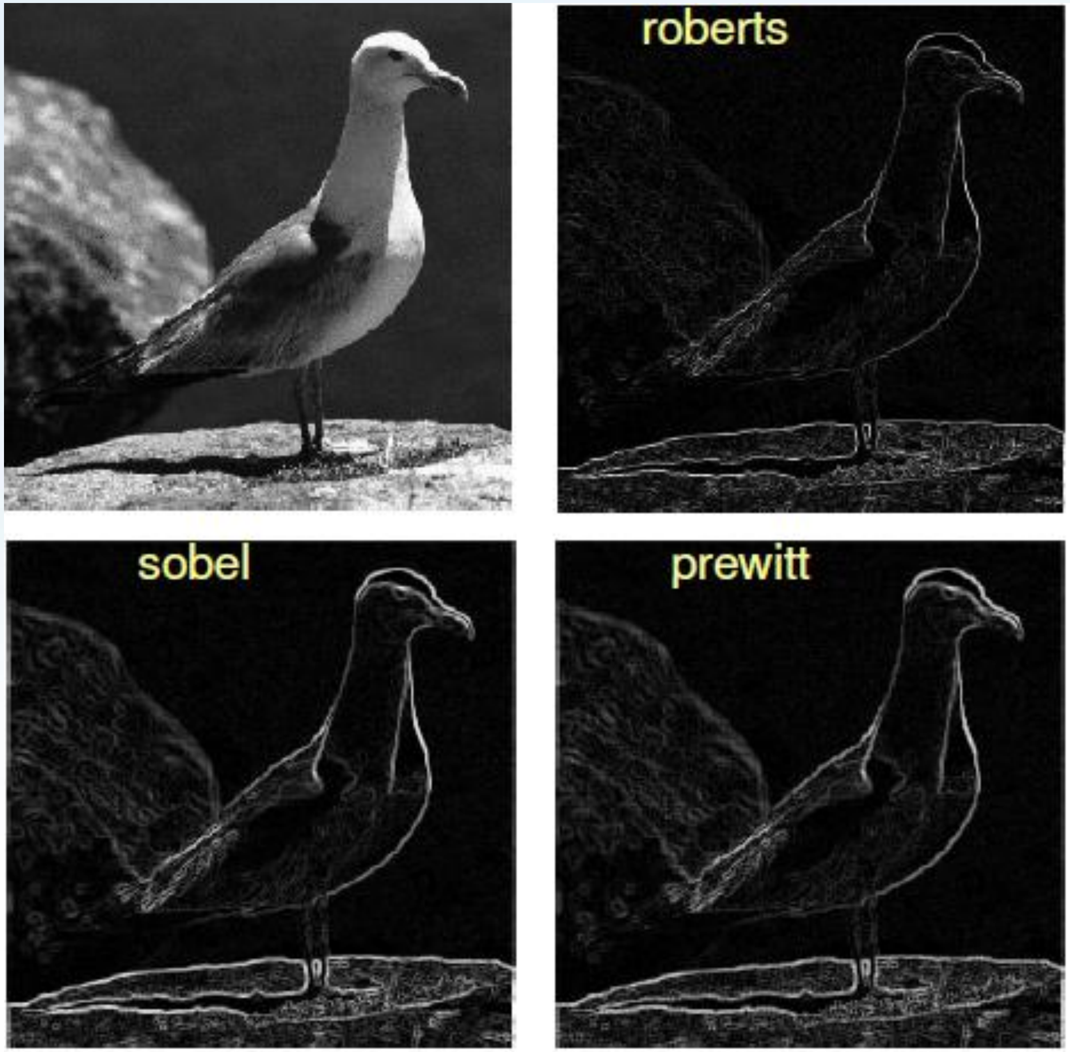
$$\nabla f \approx \left|(z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3)\right| + \left|(z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7)\right|$$

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

Le Gradient



Le Gradient : seuillage

Détection avec Sobel sans seuillage

Seuillage avec S=25

Seuillage avec S=60

Le Gradient

Filtre de Prewitt : Moyenneur + Dérivée

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Filtre de Sobel : Gaussienne + Dérivée

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Détection des contours moins sensible au bruit

Le Laplacien

- Améliorer l'image
  - Formulation d'une version discrète
  - Création d'un masque basé sur cette formulation
  - Invariance à la rotation (*isotropie*)

Le Laplacien

- Le Laplacien est le plus simple opérateur dérivatif isotropique
  - C'est un scalaire

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

- Le Laplacien est un opérateur linéaire

Le Laplacien

- Dérivé partielle seconde de *f(x,y)* dans la direction de *x*
  - version discrète

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$$

- Dérivé partielle seconde de *f(x,y)* dans la direction de *y*
  - version discrète

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

Le Laplacien

- Le Laplacien à deux dimension

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

  - Version discrète

$$\nabla^2 f = [\, f(x+1, y) + f(x-1, y) \\ + f(x, y+1) + f(x, y-1)\,] - 4 f(x, y)$$

Le Laplacien

- Masque

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

- Isotropique pour rotation de 90°

Le Laplacien

- Si on ajoute des termes pour les éléments diagonaux
- Masque

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

- Isotropique pour rotation de 45°

Le Laplacien

- Intensifie les discontinuité de tons
- Amenuise les changements lents
- Résulte en des images avec des arêtes et des discontinuités grises sur fond noir sans détails

Le Laplacien

Fin