

Traitement de l'image de bas niveau
*Low-level image processing***Contours, Régions**

DANIEL RACOCEANU

PROFESSEUR, SORBONNE UNIVERSITÉ
daniel.racoceanu@sorbonne-universite.fr

1

Traitements bas-niveau

Objectifs :

- ✓ Les traitements « bas-niveau » ont pour but d'extraire l'information utile et pertinente contenue dans l'image en regard de l'application considérée.
- ✓ Ces traitements opèrent sur des données de nature numérique et doivent donc **simplifier l'image sans trop la dégrader**.
- ✓ Le résultat d'un tel traitement donne une **description structurelle de l'image** sans qu'il y ait de lien avec le contexte de la scène réelle.
- ✓ Le principal outil utilisé est la **segmentation d'image**.

2



2

Plan

- Introduction
- L'approche contour (frontière)
- L'approche région

3

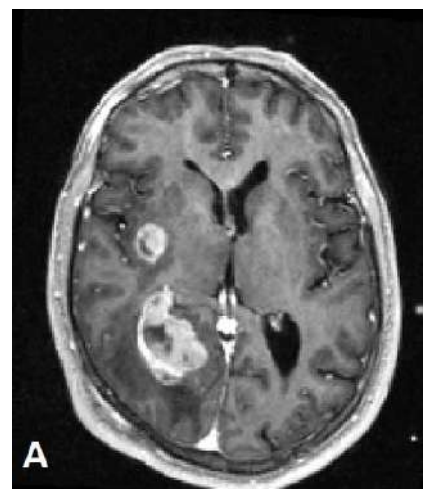
3

Segmentation : pourquoi laisser un humain le faire, quand l'ordinateur le fait mieux ?

Pourriez-vous marquer manuellement les limites des deux régions anormales ?

Peut-être ...

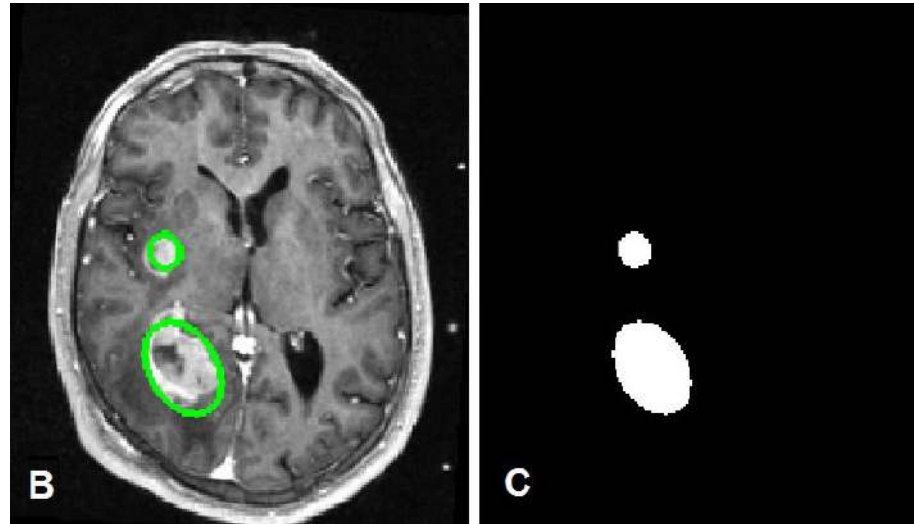
Etre docteur pourrait aider ...



4

4

Pas mal ...



6

6

Et... si je vous disais de le
faire en 3D ?

Vous auriez encore plus
de mal ...



7

7

Mais... l'ordinateur, d'un autre côté,
Peut s'en occuper parfaitement :

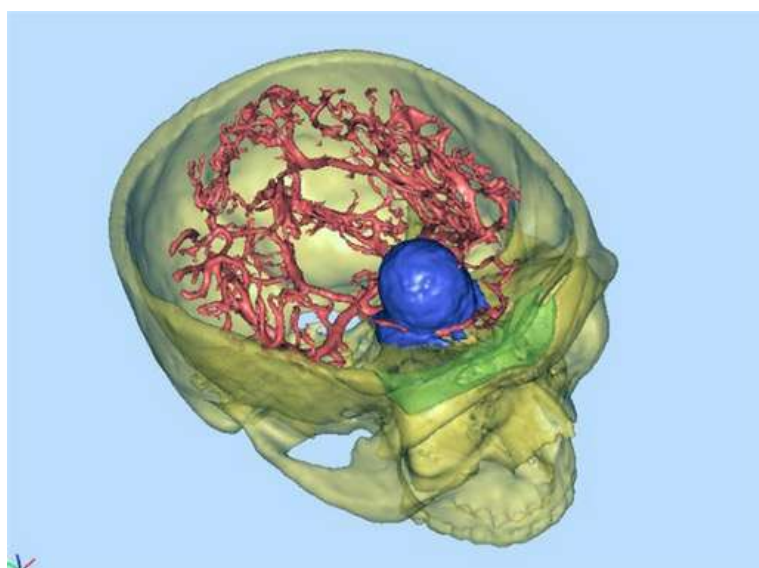


9

S SORBONNE
UNIVERSITÉ

9

Multi-modalité

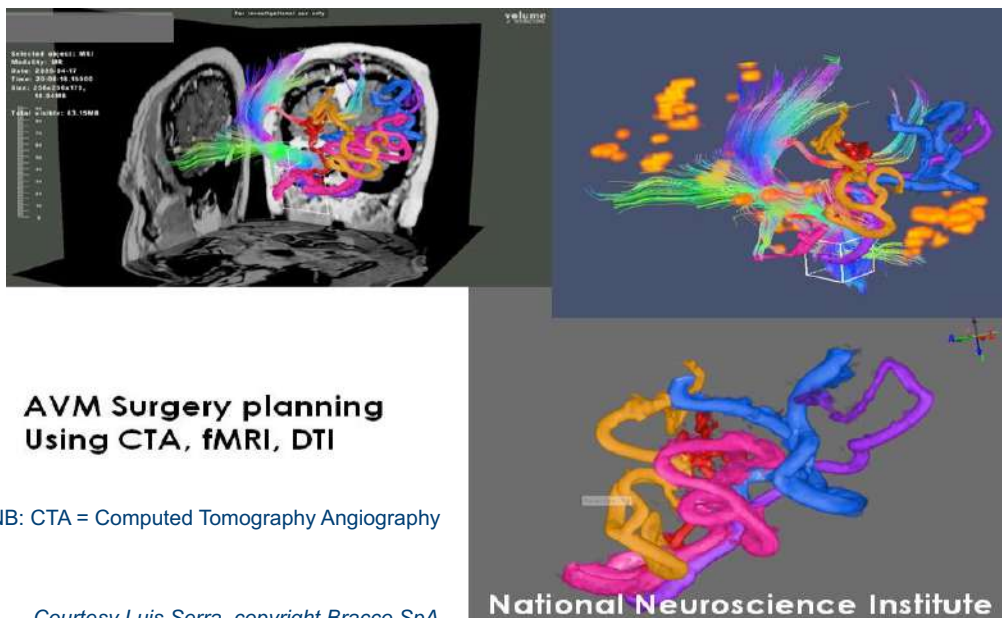


11

S SORBONNE
UNIVERSITÉ

11

Malformation artério-veineuse : planification chirurgicale



12

Courtesy Luis Serra, copyright Bracco SpA



12

Méningiome - planification de la chirurgie d'ablation de la tumeur



Images
courtesy of
Luis Serra,
copyright
Bracco SpA

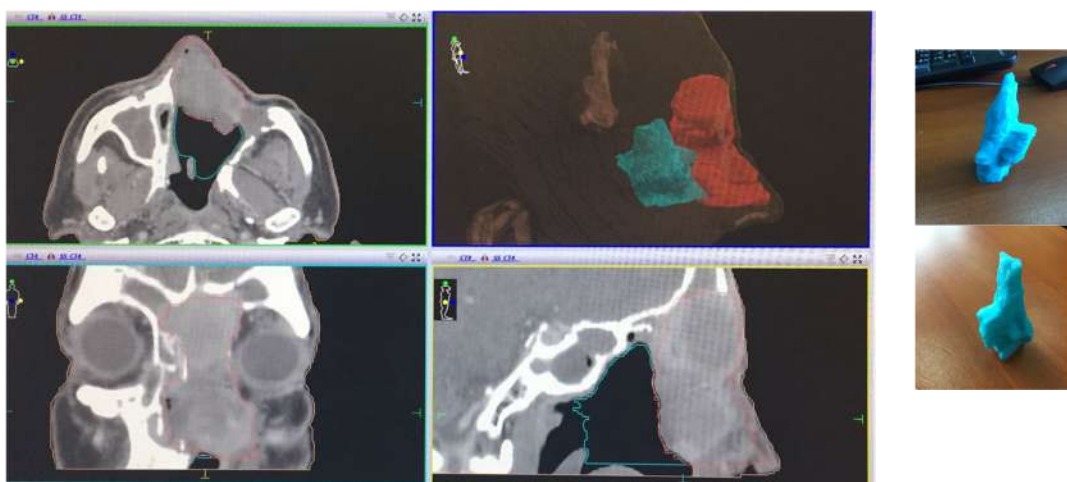
14



14

Curiethérapie orale (oral brachytherapy)

Traitement du sarcome oral



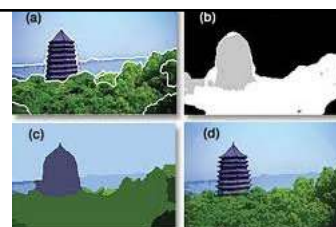
16

SORBONNE
UNIVERSITÉ

16

Introduction

La segmentation :



- La **segmentation** est un traitement de bas-niveau qui consiste à créer une partition de l'image I en un sous-ensembles R_i appelés régions tels que :

$$\forall i, R_i \neq \emptyset$$

$$\forall i, j (i \neq j), R_i \cap R_j = \emptyset$$

$$I = \cup_i R_i$$

- Les régions doivent correspondre à des objets ou des parties d'objets de la scène réelle.

- Deux approches (duales) :

- ♦ L'approche contour (ou frontière),
- ♦ L'approche région.

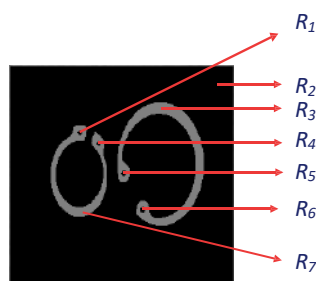


18

18

Introduction

Exemple



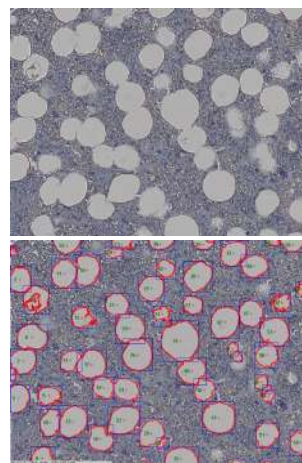
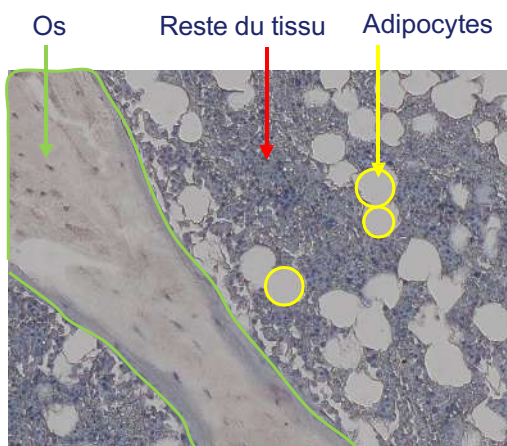
Contour associés
aux différentes
régions

19

19

Introduction

Application



20

20

1

APPROCHES CONTOUR (FRONTIÈRE)

21

21

L'approche contour



Image initiale



Zones à forte disparité

22

22

L'approche contour

Définition :

- ✓ Un contour correspond à une **variation d'intensité** ou à une **discontinuité** entre les propriétés de deux ensembles de points.
- ✓ Les méthodes de détection de contours **ne conduisent pas directement à une segmentation** de l'image car **les contours sont rarement connexes**.
- ✓ Il faut souvent procéder à une étape de **fermeture de contours**.

23



23

L'approche contour

Les différentes étapes de la détection de contours :

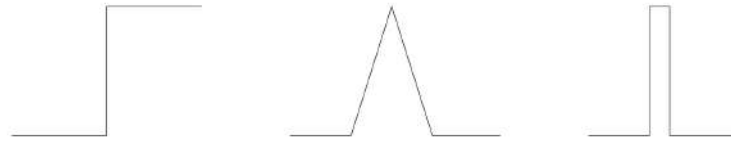
- a) Filtrage
- b) Calcul du module et de la direction du gradient
- c) Extraction des maximums locaux ou des passages par zéro
- d) Seuillage simple ou seuillage par hystérésis
- e) Fermeture de contours et élimination du bruit
- f) Suivi et localisation des contours

25

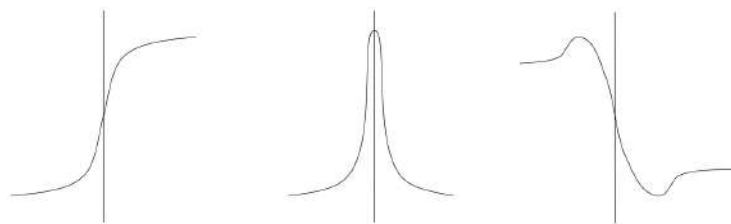


25

L'approche contour



Différents types de contours : marche, toit et pointe.



La fonction d'intensité au voisinage d'un contour en marche et ses dérivées première et seconde.

26

L'approche contour

a) Filtrage :

- Les contours représentent des **hautes fréquences** de l'image.
- Un filtrage **passe-haut** est donc utilisé.
- L'**opérateur de dérivation** permet ce filtrage.
- Deux approches :
 - ♦ Estimation de la dérivée première (détermination des extréma locaux dans la direction du **gradient**)
 - ♦ Estimation de la dérivée seconde (détermination des passages par zéro du **laplacien**)

27

27

L'approche contour

a) Filtrage :

- Deux approches :
 - ♦ Estimation de la dérivée première – **Gradient d'une image**

Le gradient d'une image est le vecteur $\nabla I(x, y)$ défini par :

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

Il est donc caractérisé par un module m et une direction ϕ dans l'image :

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

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

☞ La direction du gradient maximise la dérivée directionnelle.

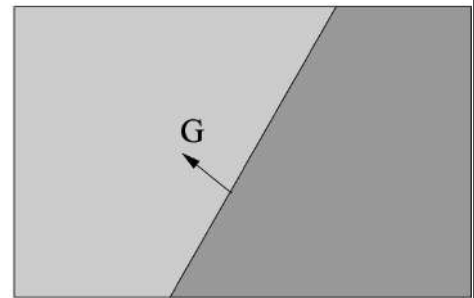
☞ La dérivée de $I(x, y)$ dans une direction donnée d s'écrit :

$$\nabla I(x, y) \cdot d.$$

☞ Le gradient d'une image filtrée :

$$\nabla I'(x, y) = \nabla(I(x, y) * h(x, y)) = \nabla I(x, y) * h(x, y) = I(x, y) * \nabla h(x, y).$$

28



28

L'approche contour

a) Filtrage - Deux approches :

- ♦ Estimation de la dérivée première,
- ♦ Estimation de la dérivée seconde – **Laplacien d'une image**

Le laplacien d'une image d'intensité $I(x, y)$ est défini par :

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

☞ Invariant aux rotations de l'image.

☞ Le laplacien est souvent utilisé en amélioration d'images pour accentuer l'effet de contour :

$$I'(x, y) = I(x, y) - c \nabla^2 I(x, y).$$

☞ Sensibilité au bruit accrue par rapport au gradient.

☞ Le laplacien d'une image filtrée :

$$\Delta I'(x, y) = \Delta I(x, y) * h(x, y) = I(x, y) * \Delta h(x, y).$$

29



29

L'approche contour

- Lissage des approximations de la dérivée première

<table><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	-1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	<table><tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	-1	-2	-1	0	0	0	1	2	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>-1</td></tr></table>	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	<table><tr><td>-3</td><td>-3</td><td>-3</td></tr><tr><td>-3</td><td>0</td><td>-3</td></tr><tr><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr></table>	-3	-3	-3	-3	0	-3	5	5	5
-1	-1	-1																																					
0	0	0																																					
1	1	1																																					
-1	-2	-1																																					
0	0	0																																					
1	2	1																																					
0	0	0																																					
0	1	0																																					
0	0	-1																																					
-3	-3	-3																																					
-3	0	-3																																					
5	5	5																																					
<i>Prewitt vertical</i>	<i>Sobel vertical</i>	<i>Roberts vertical</i>	<i>Kirsch vertical</i>																																				
<table><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1	<table><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-2</td><td>0</td><td>2</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	-1	0	1	-2	0	2	-1	0	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	<table><tr><td>-3</td><td>-3</td><td>5</td></tr><tr><td>-3</td><td>0</td><td>5</td></tr><tr><td>-3</td><td>-3</td><td>5</td></tr></table>	-3	-3	5	-3	0	5	-3	-3	5
-1	0	1																																					
-1	0	1																																					
-1	0	1																																					
-1	0	1																																					
-2	0	2																																					
-1	0	1																																					
0	0	0																																					
0	0	1																																					
0	-1	0																																					
-3	-3	5																																					
-3	0	5																																					
-3	-3	5																																					
<i>Prewitt horizontal</i>	<i>Sobel horizontal</i>	<i>Roberts horizontal</i>	<i>Kirsch horizontal</i>																																				

30



30

L'approche contour

- ◆ Autres directions :

<table><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-2</td><td>0</td><td>2</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	-1	0	1	-2	0	2	-1	0	1	<table><tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	-1	-2	-1	0	0	0	1	2	1	<table><tr><td>-2</td><td>-1</td><td>0</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td></tr></table>	-2	-1	0	-1	0	1	0	1	2	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-2</td><td>-1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	2	-1	0	1	-2	-1	0
-1	0	1																																					
-2	0	2																																					
-1	0	1																																					
-1	-2	-1																																					
0	0	0																																					
1	2	1																																					
-2	-1	0																																					
-1	0	1																																					
0	1	2																																					
0	1	2																																					
-1	0	1																																					
-2	-1	0																																					
<i>Sobel 0°</i>	<i>Sobel 90°</i>	<i>Sobel 45°</i>	<i>Sobel 135°</i>																																				

- ◆ Autres filtres :

- Filtre de Asfar : les coefficients sont déterminées en fonction de la taille du filtre.
- Filtre de Rosenfeld : les coefficients sont déterminées en fonction de la taille du filtre et du contenu de l'image (adaptatif).

31

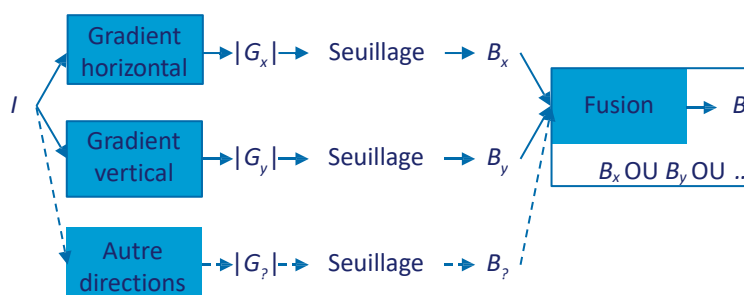


31

L'approche contour

Module et direction du gradient

- Cas d'une image binaire

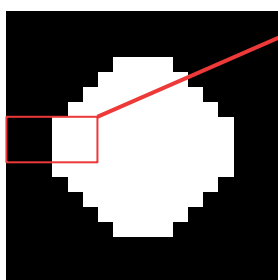


32

32

L'approche contour

- ◆ Exemple



0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1

Prewitt 0°

x	x	x	x	x	x
x	0	3	3	0	x
x	x	x	x	x	x

Maximum de la
dérivée première

Laplacien

x	x	x	x	x	x
x	0	3	-3	0	x
x	x	x	x	x	x

Passage par zéro de la dérivée
seconde

33

33

L'approche contour

- Le gradient détecte les transitions dans une direction donnée.

0	0	1	1
0	0	1	1
0	0	1	1
0	0	1	1

X	X	X	X
X	3	3	X
X	3	3	X
X	X	X	X

0	0	0	0
0	0	0	0
1	1	1	1
1	1	1	1

X	X	X	X
X	0	0	X
X	0	0	X
X	X	X	X

- Le signe du gradient donne le sens de la transition.

1	1	0	0
1	1	0	0
1	1	0	0
1	1	0	0

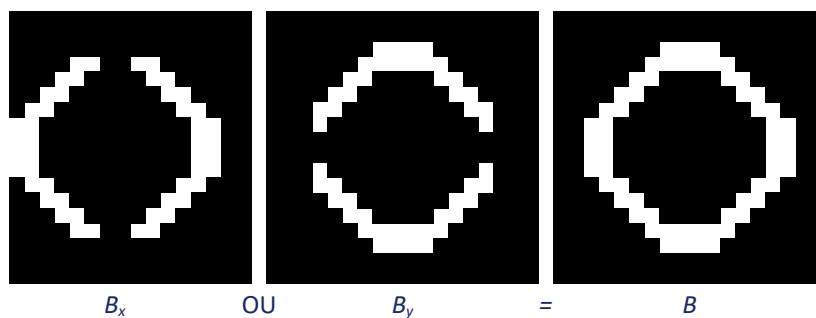
X	X	X	X
X	-3	-3	X
X	-3	-3	X
X	X	X	X

34

34

L'approche contour

- Module du gradient et seuillage (Seuil = 0)

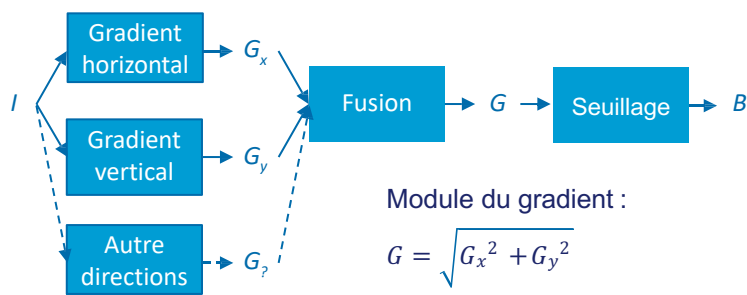


35

35

L'approche contour

- Cas d'une image à niveau de gris



Module du gradient :

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

Direction du gradient :

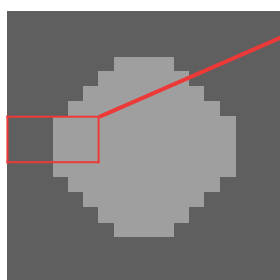
$$d = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

36

36

L'approche contour

- ◆ Exemple (transition brute)



96	96	96	160	160	160
96	96	96	160	160	160
96	96	96	160	160	160

Prewitt 0°

X	X	X	X	X	X
X	0	192	192	0	X
X	X	X	X	X	X

Maximum de la
dérivée première

Laplacien

X	X	X	X	X	X
X	0	-192	192	0	X
X	X	X	X	X	X

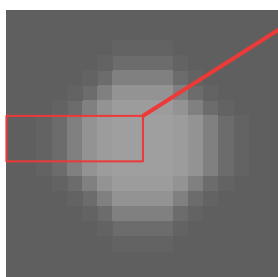
Passage par zéro de la dérivée
seconde

37

37

L'approche contour

Exemple (transition douce)



96	96	100	108	128	148	156	160	160
96	96	100	108	128	148	156	160	160
96	96	100	108	128	148	156	160	160

Prewitt

X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	12	36	84	120	84	36	12	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X

Maximum de la
dérivée première

Laplacien

X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	-12	-12	-36	0	36	12	12	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X

Passage par
zéro de la
dérivée
seconde

38

38

L'approche contour

Extraction de maximums locaux

Gradient horizontal :

0	6	18	42	60	42	18	6	0
0	12	36	84	120	84	36	12	0
0	18	54	126	180	126	54	18	0

Seuil
entre 84
et 120

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0

Maximum locaux dans la direction du gradient :

0	0	0	0	60	0	0	0	0
0	0	0	0	120	0	0	0	0
0	0	0	0	180	0	0	0	0

Seuil
entre 0
et 60

0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0

39

140

39

L'approche contour

Seuillage par hystérésis

0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
0	0	90	0	120	0	0	0	0	0
0	0	0	0	180	0	0	0	0	0

Maximum locaux

Seuil
entre 0
et 60

0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Seuillage par hystérésis :

2 seuils S_b et S_h

$I'(x,y) = 1$ si $I(x,y) > S_h$

OU si $I(x,y) > S_b$

ET un voisin de $I(x,y) > S_h$

$S_h = 120$
ET

$S_b = 90$

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

$S_h = 105$
ET

$S_b = 45$

0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

40

40

Seuillage local par hystérésis

Dans cette technique de seuillage, le traitement n'est pas identique en tout point de l'image. On s'intéresse ici aux **pixels avoisinant les contours les plus significatifs de l'image**.

Garder les **contours les plus forts** de l'image mais en essayant **d'assurer leur continuité**. Deux seuils sont nécessaires : un seuil haut S_h et un seuil bas S_b .

Le seuil haut va servir à sélectionner les contours les plus significatifs dans l'image du module du gradient. Ces contours sont contenus dans l'image résultante en noir et blanc. Le seuil bas permet de mettre en évidence des contours moins forts de l'image. Ces contours sont conservés dans l'image résultante seulement s'ils sont situés dans le voisinage des contours les plus significatifs mis en évidence par le seuillage avec S_h .

Généralement le voisinage est défini par les huit voisins.

Seuil haut (72 %)



Seuil bas (60 %)



Hystérésis



41

41

L'approche contour

Critère de détection (Canny)

- ✓ **Détection** : le filtre doit répondre fortement sur les **zones de transition** et être **robuste au bruit**.
- ✓ **Localisation** : le filtre doit détecter la position du point de contour aussi **précisément** que possible (techniques sub-pixel).
- ✓ **Unicité** : le filtre doit donner une **réponse unique** au voisinage d'un contour unique.
- ✓ **L'optimisation de ces critères** conduit à une équation différentielle dont la solution est le filtre qui permet la détection du contour.

42



42

L'approche contour

- Filtre de Canny
- Filtre de Deriche
- Filtre de Shen-Castan
- Remarques :
 - Plus la **taille** du filtre est importante, **moins le gradient est sensible** au bruit.
 - Plus la **taille** du filtre est importante, plus le **temps de calcul est élevé** (méthode des petits noyaux) et **moins bonne est la détection**.
 - Les outils de vision industrielle utilisent la méthode basée sur le gradient directionnel.
 - Sous Matlab : edge detection

43



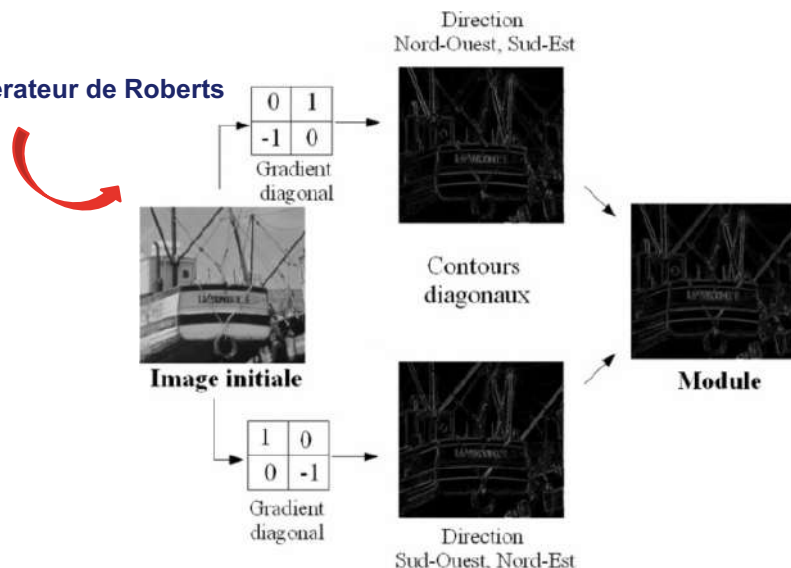
43

L'approche contour

▪ Dérivée première

- Méthode de base - **opérateur de Roberts**
- Filtre de Prewitt
- Filtre de Sobel
- Filtre de Canny

▪ Dérivée seconde



44

44

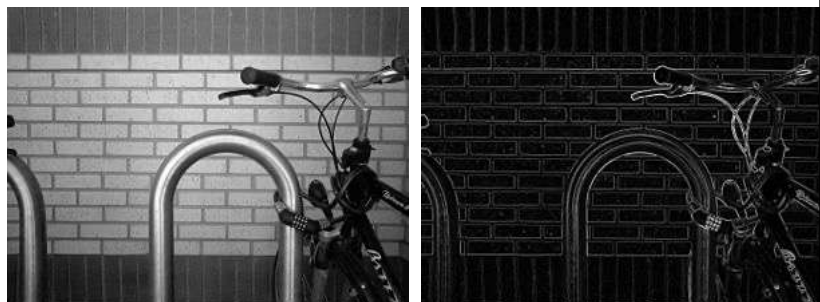
L'approche contour

▪ Dérivée première

- Méthode de base - opérateur de Roberts
- **Filtre de Prewitt**
- Filtre de Sobel
- Filtre de Canny

▪ Dérivée seconde

$$\mathbf{G}_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * \mathbf{A} \quad \text{et} \quad \mathbf{G}_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +1 & +1 \end{bmatrix} * \mathbf{A}$$



45

45

L'approche contour

▪ Dérivée première

- Méthode de base - opérateur de Roberts
- Filtre de Prewitt
- **Filtre de Sobel**
- Filtre de Canny

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} * A \quad \text{et} \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} * A$$



46

46

L'approche contour

▪ Dérivée première

- Méthode de base - opérateur de Roberts
- Filtre de Prewitt
- Filtre de Sobel
- **Filtre de Canny**

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad ; \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$$

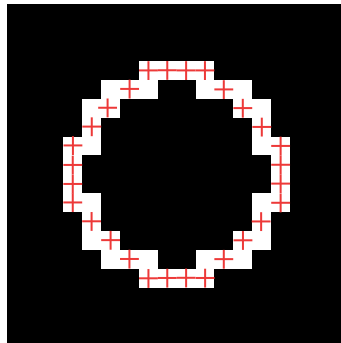


47

47

L'approche contour

- Suivi (poursuite) de contours
 - Connaître le chaînage des points de contours
 - Permet de repérer une région dans l'image

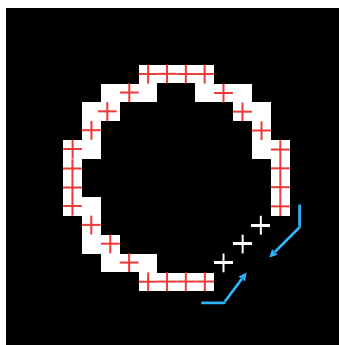


48

48

L'approche contour

- Fermeture de contours
 - Recherche du meilleur chemin entre deux extrémités
 - Recherche du meilleur chemin à partir d'une extrémité et des maximums locaux du module du gradient



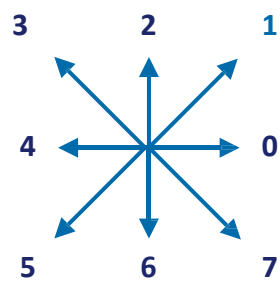
49

49

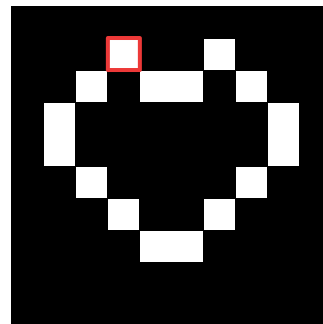
L'approche contour

- Codage de contours

- Code de Freeman



- Approximations polygonales



7017765554333211

50

50

1

APPROCHES RÉGION

51

51

L'approche région

- Définition
- La classification de pixels
- La fusion / séparation
- La croissance de régions (agrégation de pixels)

52



52

L'approche région

Définition

- Une région est un ensemble de pixels connexes ayant des propriétés communes qui les différencient de celles des autres régions.
- Les méthodes segmentation en régions se divisent principalement en deux familles :
 - ♦ Les méthodes qui **ne tiennent pas compte de la disposition spatiale** des pixels, comme la classification de pixels.
 - ♦ Les méthodes qui **tiennent compte de la disposition spatiale** des pixels, comme la croissance de région ou la fusion/séparation.

53



53

L'approche région

La classification de pixels

- Utilisation de l'histogramme pour déterminer un ou plusieurs seuils (manuellement ou automatiquement)
- Seuillage afin d'extraire des pixels ayant des niveaux proches
- Opérateurs morphologiques pour reconstruire les régions
- Étiquetage en composante connexe pour identifier les différentes régions
- Les outils de vision industrielle utilisent la méthode basée sur la classification de pixels

54



54

L'approche région

Le seuillage de l'image :

- Seuillage simple
 - ◆ Manuel
 - ◆ Automatique : détection de vallées, minimisation de variance, maximisation de l'entropie
 - ◆ Dynamique (ou adaptatif)
 - ◆ Par pourcentage de population
- Double seuillage
 - ◆ Deux seuils qui définissent un intervalle
- Multi-seuillage
 - ◆ Plusieurs paires de seuils qui définissent plusieurs classes

55

150

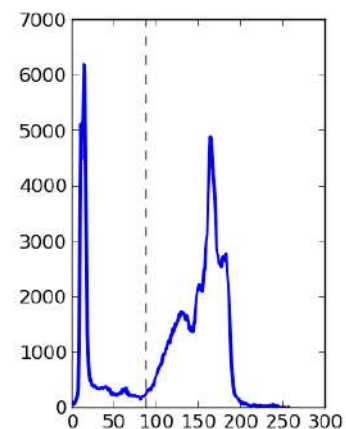


55

L'approche région

Le **seuillage** de l'image :

- **Seuillage simple**
- Double seuillage
- Multi-seuillage



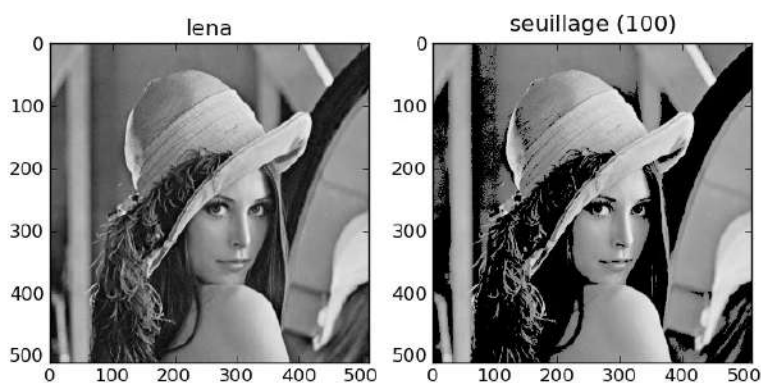
56

56

L'approche région

Le **seuillage** de l'image :

- **Seuillage simple**
- Double seuillage
- Multi-seuillage



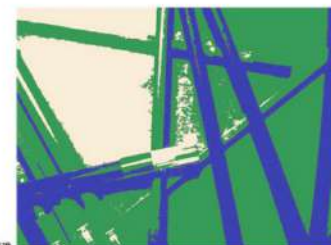
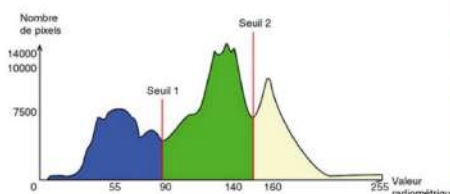
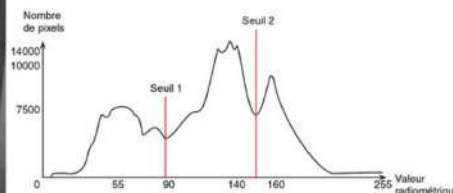
57

57

L'approche région

Le **seuillage** de l'image :

- Seuillage simple
- **Double seuillage**
- Multi-seuillage



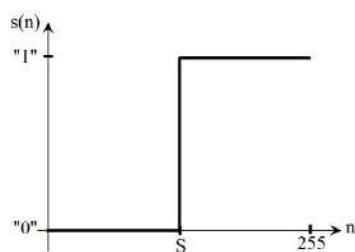
58

58

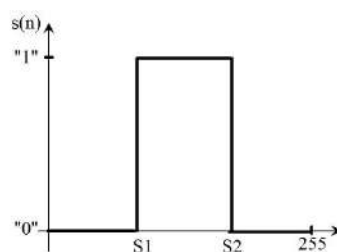
L'approche région

Le **seuillage** de l'image :

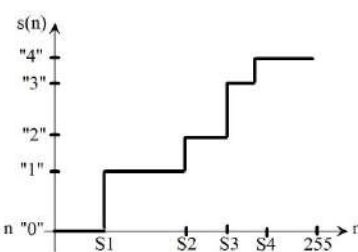
- Seuillage simple
- Double seuillage
- **Multi-seuillage**



Seuillage Classique



Seuillage Hat



Seuillage Multiple

59

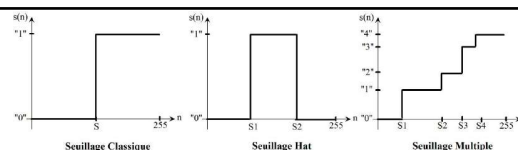
150

59

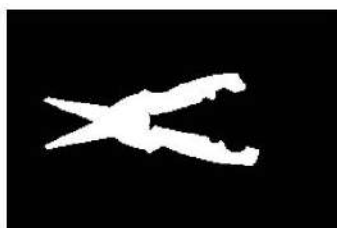
L'approche région

Le **seuillage** de l'image :

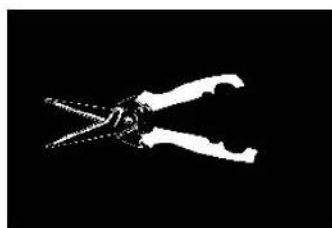
- Seuillage simple
- Double seuillage
- **Multi-seuillage**



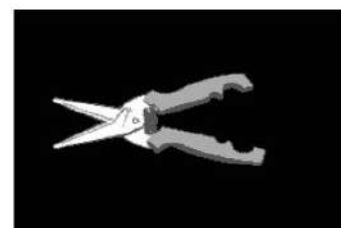
(a) Sécateur



(b) Seuillage classique



(c) Seuillage Hat



(d) Multi-seuillage

60

60

L'approche région

La **morphologie mathématique** binaire

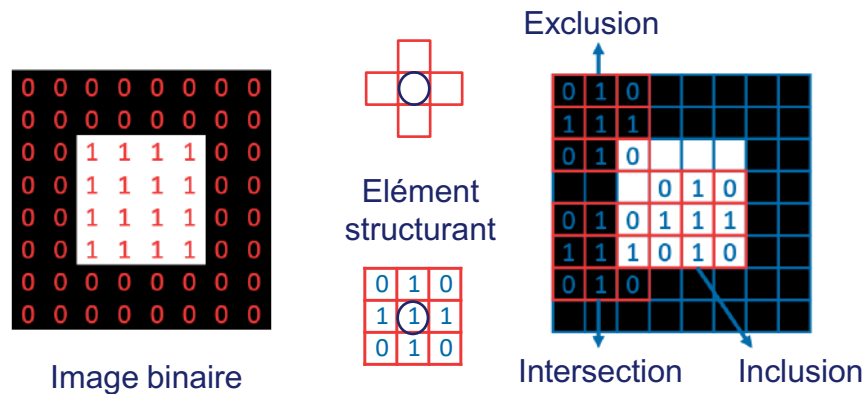
- ♦ Modification d'un ensemble géométrique
- ♦ Application d'un élément de morphologie de géométrie connue appelé **élément structurant**, centré en chaque pixel
- ♦ Opérateur de la théorie des ensembles : union, intersection, inclusion, exclusion, complémentation de l'élément...
- ♦ Utilisation des opérateurs min et max pour les traitement des images :
 - Convention : les pixels en blanc (état logique 1) représentent les formes et les pixels en noir (état logique 0) représentent le fond.

61

61

L'approche région

Principe de la morphologie binaire



62

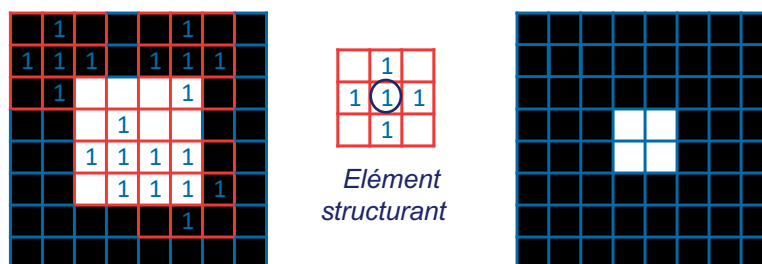
SORBONNE
UNIVERSITÉ

62

L'approche région

Erosion

- Cette opération correspond à l'opérateur d'**inclusion** ou l'opérateur mathématique **min**
- Elle permet d'éroder les formes, c'est à dire diminuer leur taille. Les éléments de petites tailles disparaissent



63

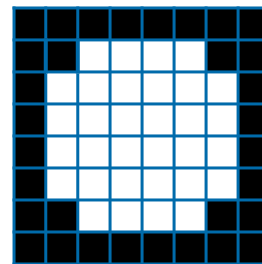
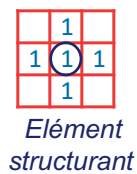
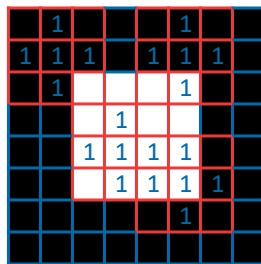
SORBONNE
UNIVERSITÉ

63

L'approche région

Dilatation

- Cette opération correspond à l'opérateur d'**intersection** ou l'opérateur mathématique **max**
- Elle permet de dilater les formes, c'est à dire augmenter leur taille. Les « trous » de petites tailles disparaissent



64

64

L'approche région

Ouverture

- C'est une érosion suivie d'une dilatation
- Cette opération permet de supprimer les éléments de petites tailles comme le bruit tout en conservant la taille des formes

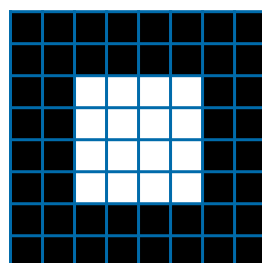
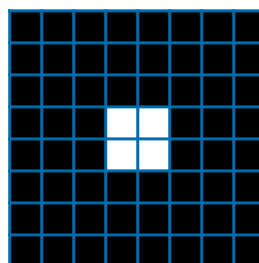
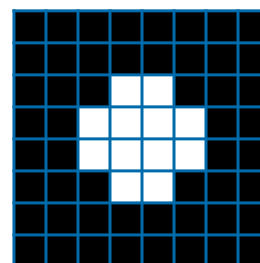


Image binaire



Erosion



Dilatation

65

65

L'approche région

Fermeture

- C'est une **dilatation** suivie d'une **érosion**
- Cette opération permet de supprimer les « trous » de petites tailles tout en conservant la taille des formes

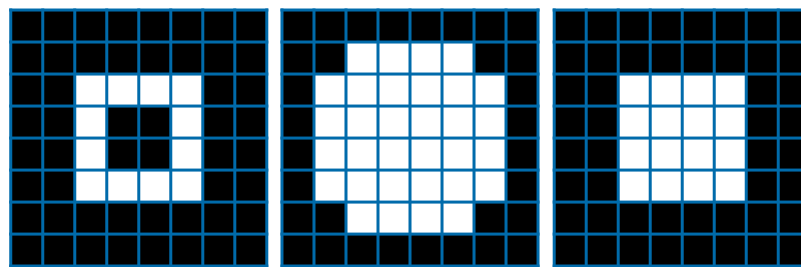


Image binaire

Dilatation

Erosion

66

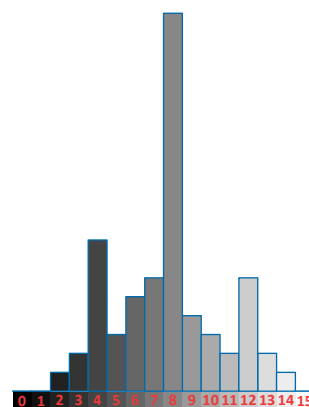
66

L'approche région

Exemple



Image monochrome
codée sur 4 bits



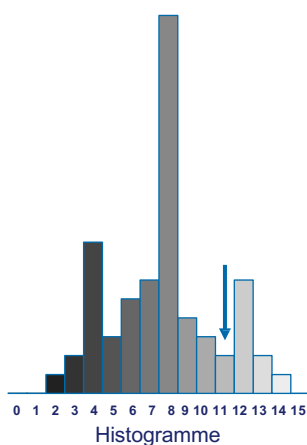
Histogramme

67

67

L'approche région

Seuillage



$S = 11$

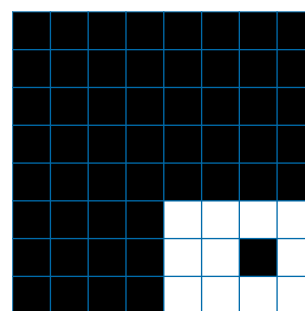


Image binaire

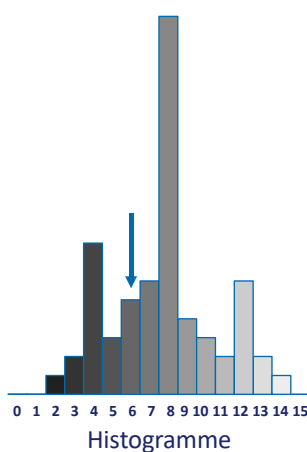
68

SORBONNE
UNIVERSITÉ

68

L'approche région

Seuillage



$S = 6$

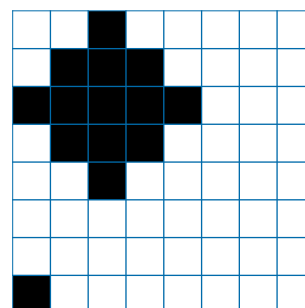


Image binaire

69

SORBONNE
UNIVERSITÉ

69

L'approche région

Inversion

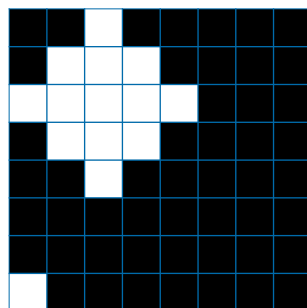


Image binaire

70

160



70

L'approche région

Fermeture

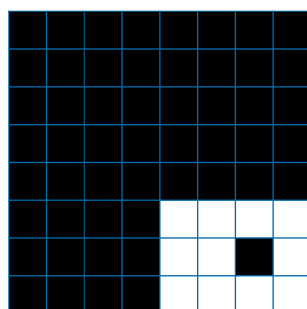
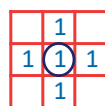


Image binaire



Élément
structurant

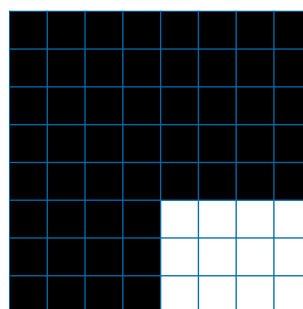


Image binaire

71



71

L'approche région

Ouverture

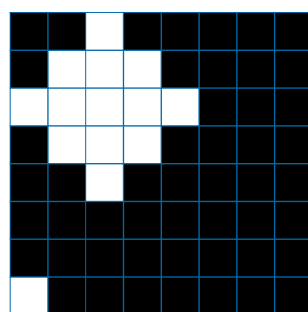
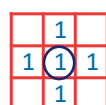


Image
binaire



Élément
structurant

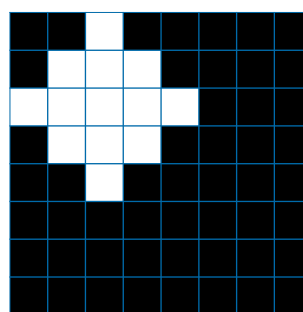


Image
binaire

72

72

L'approche région

Autres méthodes
de la famille
Morphologie
Mathématique

- Tout ou rien
(hit or miss)

Hit-or-miss: Definition

Hit-or-miss requires matching the structuring element to pixels both inside and outside a region.

The erosion operator takes a structuring element and finds all pixels where that element would fit inside given regions. The dilation operator can be viewed as a dual to the erosion operator. It takes a structuring element and finds all pixels where that element would fit in the complement (i.e., outside) of given regions. The outside pixels are the complement of the dilation. The hit-or-miss transform combines these ideas by finding pixels at which certain neighbors are inside the given regions and certain neighbors are outside.

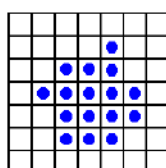
The hit-or-miss transform is defined as

$$A' = A \otimes B = (A \text{ eroded by } B_{in}) \cap (A^c \text{ eroded by } B_{out})$$

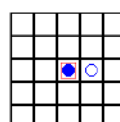
where A^c is the complement of A . The result of applying the hit-or-miss transform to the image A is the image A' . A point is in A' only if B_{in} translated to the point is inside A and B_{out} translated to the point is outside A .

In this example, the hit-or-miss transform finds all pixels that are inside A' and have right-side neighbors outside A' .

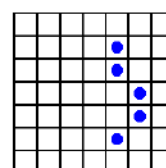
Original image (A)



Structuring element (B)



$A' = A \otimes B$



73

73

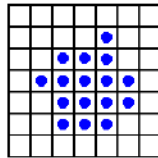
L'approche région

Autres méthodes de la famille Morphologie Mathématique

- Tout ou rien (hit or miss)

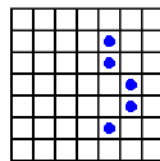
Hit-or-miss: Rotation Example

Union the results of the hit-or-miss operations to find the complete region boundary.

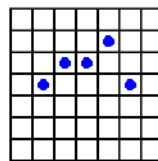


We apply this procedure to the image shown at left. The rotated versions of the structuring element B_1 are B_1 through B_4 shown on the previous page. The four intermediate transforms are shown below.

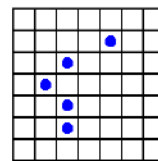
$$A_1 = A \otimes B_1$$



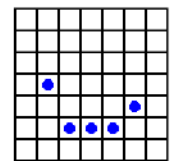
$$A_2 = A \otimes B_2$$



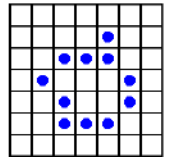
$$A_3 = A \otimes B_3$$



$$A_4 = A \otimes B_4$$



$$A' = A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup A_4$$



The final result is the region boundary A' , the union of A_1 through A_4 .

74

74

L'approche région

Autres méthodes de la famille Morphologie Mathématique

- Tout ou rien (hit or miss)
détection de points multiples (nœuds de structures)

Hit-or-miss: Multiple Points Example

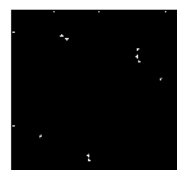
The hit-or-miss transform can also be used to detect "multiple points" in thin regions.

In this example, the input image is a binary image containing several thin regions. We use the hit-or-miss transform to identify "multiple points" in these regions. The images below show the original image, the points detected by the hit-or-miss operator, and the detected points overlaid on the original image.

Original image



Hit-or-miss image



Combined images



75

75

L'approche région

Autres méthodes de la
famille Morphologie
Mathématique

- Amincissement
de structures (thinning)

Thinning: Definition

Thinning subtracts the results of hit-or-miss from the original image.

The thinning operator, \odot , is defined as

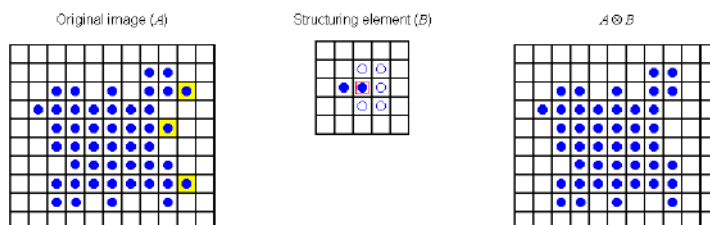
$$A' = A - (A \odot B)$$

where $B = (B_{hit}, B_{miss})$ is a tri-state structuring element. Pixels that pass the hit-or-miss filter are subtracted from the original image, A .

Thinning is typically used to

- find region skeletons (see the [section on skeletons](#) in this chapter)
- find centroid points
- perform boundary detection
- prune regions

The example below illustrates the effect of the thinning operation. The yellow pixels in the original image indicate the pixels that pass the hit-or-miss transform using the specified structuring element.



76

76

L'approche région

Autres méthodes de la
famille Morphologie
Mathématique

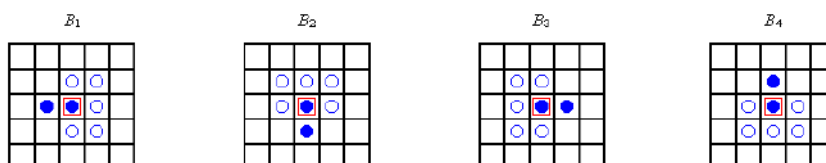
- Amincissement de
structures (thinning)

Thinning: Rotating Structuring Elements



Rotate the hit-or-miss structuring element to remove "burr" pixels from a region.

The thinning example shows how thinning can be used to remove "burr" pixels from the right-hand side of a region. More commonly, we need to perform such a removal on all sides of a region. This can be accomplished by performing three more thinning transforms with successive 90 rotated versions of the structuring element B . These are performed in sequence, that is, the output of one thinning step is the input to the next.



The overall transform is given by

$$A' = (((A \odot B_1) \odot B_2) \odot B_3) \odot B_4$$

77

77

L'approche région

Autres méthodes de la
famille Morphologie
Mathématique

- Épaississement de
structures (thickening)

Thinning's Dual: Thickening

Thickening adds the results of hit-or-miss to the original image.

The dual of thinning is thickening, which is defined as

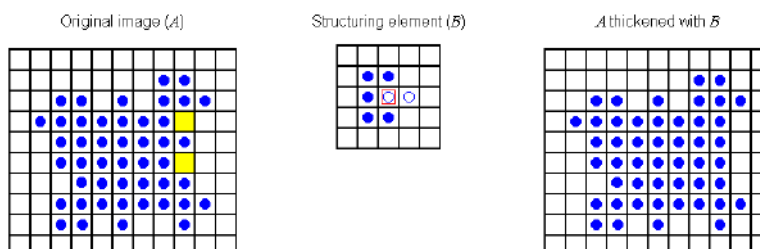
$$A' = A \cup (A \oplus B)$$

where $B = (B_{in}, B_{out})$ is a tri-state structuring element. Pixels that pass the hit-or-miss filter are added to the original image, A .

Thickening is typically used to

- find the convex hull of a region
- find the skeleton by zone of influence (See [Dougherty, 1992](#))

The example below illustrates the effect of the thickening operation. The yellow pixels in the original image indicate the pixels that pass the hit-or-miss transform using the specified structuring element.

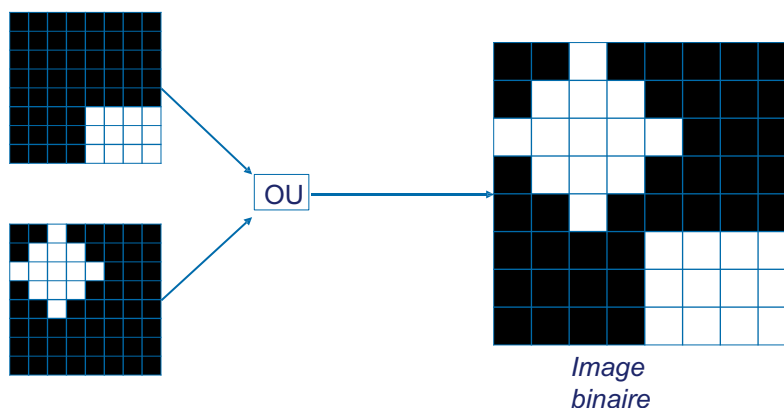


78

78

L'approche région

Reconstruction



79

79

L'approche région

Analyse et étiquetage (labelling) des composantes connexes

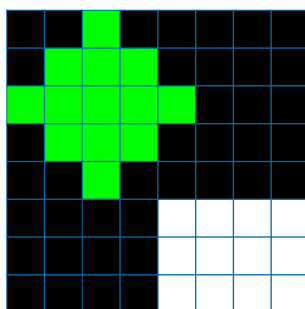


Image étiquetée :
en vert, les pixels
connexes de la région 1

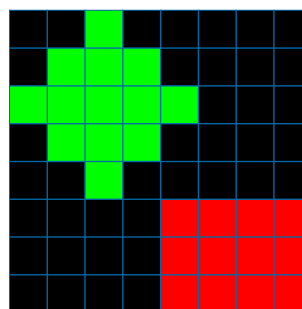


Image étiquetée :
en rouge, les pixels
connexes de la région 2

80

80

L'approche région

Analyse et étiquetage des composantes connexes

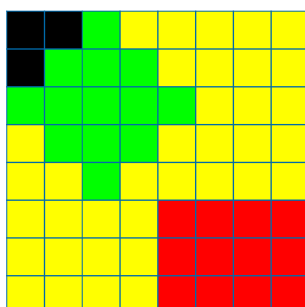


Image étiquetée :
en jaune, les pixels
connexes de la région 3

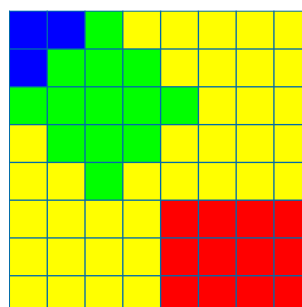


Image étiquetée :
en bleu, les pixels
connexes de la région 4

81

81

L'approche région

- La fusion / séparation :
 - Séparation (arbre quaternaire (quadtree)) :
 - ♦ L'image est divisée en 4 si les caractéristiques des pixels sont différentes
 - ♦ L'opération est réitérée sur les zones divisées
 - ♦ Sous Matlab : qtdecomp
 - Séparation et fusion (split and merge) :
 - ♦ A la fin de l'étape de division, les régions voisines ayant des caractéristiques communes sont fusionnées

82

82

L'approche région

- Exemple :
 - ♦ Critère de séparation :
 - Étendue, $e = \max - \min$
 - Séparation si $e > S$
 - ♦ Critère de fusion :
 - $e = \max - \min$
 - Fusion si $e \leq S$

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

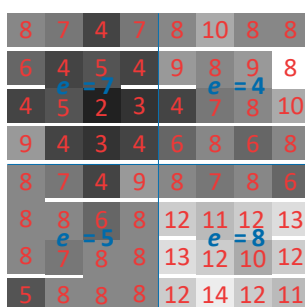
Image monochrome
codée sur 4 bits

83

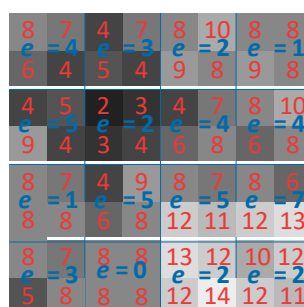
83

L'approche région

Séparation



Séparation 1
au départ, $e = 14 - 2 = 12$
 $S = 3$



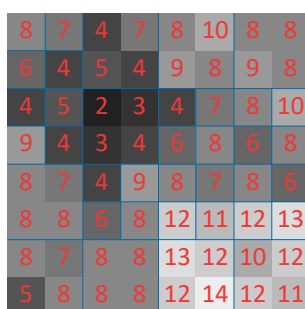
Séparation 2

84

84

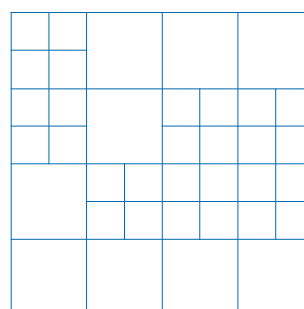
L'approche région

Séparation



Séparation 3

- ◆ Fusion
 - Croissance de régions,
 - Graphe d'adjacence de régions...



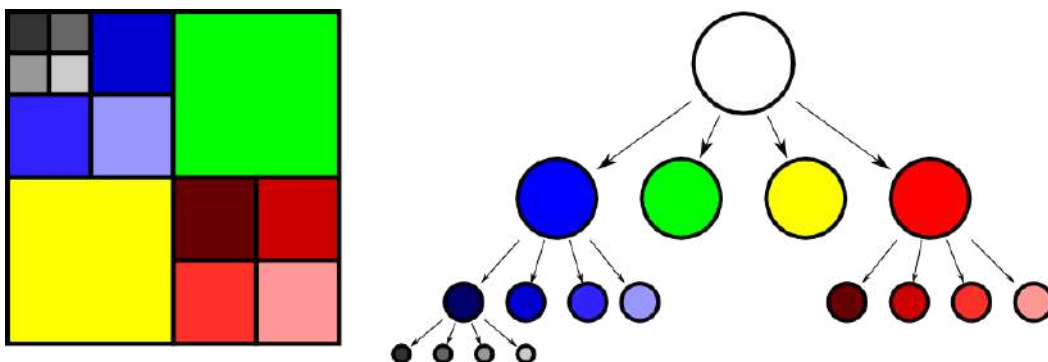
Quadtree

85

85

Arbre quaternaire (arbre Q) / quadtree

Arbre quaternaire (arbre Q) / Quadtree

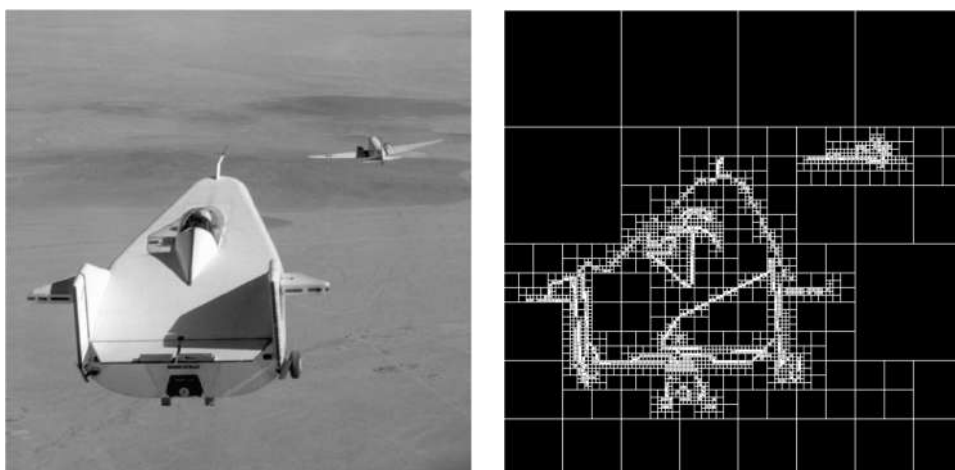


86

SORBONNE
UNIVERSITÉ

86

Arbre quaternaire (arbre Q) / quadtree



87

SORBONNE
UNIVERSITÉ

87

Croissance de région / seed region growing

- Le premier pixel sélectionné est un germe
- On ajoute à la région correspondante les pixels voisins ayant des caractéristiques communes et qui n'appartiennent pas à une autre région
- L'opération est réitérée sur les pixels ajoutés à la région
- Si aucun pixel n'est ajouté, un nouveau germe est déterminé
- Lorsqu'une étape préalable de séparation est opérée, la croissance de régions s'applique aux régions ainsi formées

88



88

Croissance de région / seed region growing

Exemple

- ♦ Critère de croissance :
 - $e = \max - \min$
 - Fusion si $e \leq S$
- ♦ Paramètres :
 - Point(s) de départ : germe
 - Sens de parcours de l'image
 - Connexité du voisinage
 - Ordre d'analyse du voisinage

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

Image
monochrome
codée sur 4 bits

89



89

Croissance de région / seed region growing

Fusion

- Germe : en haut à gauche, $S = 3$
- Sens de parcours de l'image : de gauche à droite et de haut en bas
- Ordre d'analyse des voisins : droite, bas, gauche et haut (voisinage 4)



Région 1



Région 2

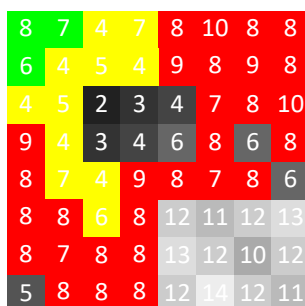
90

90

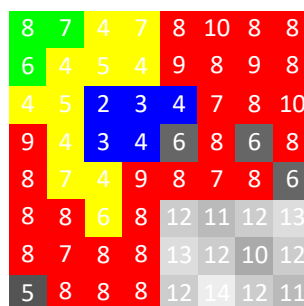
Croissance de région / seed region growing

Fusion

- Germe : en haut à gauche, $S = 3$
- Sens de parcours de l'image : de gauche à droite et de haut en bas
- Ordre d'analyse des voisins : droite, bas, gauche et haut (voisinage 4)



Région 3



Région 4

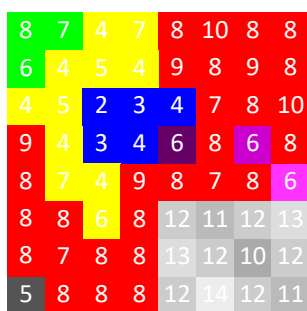
91

91

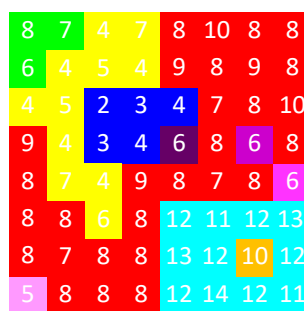
Croissance de région / seed region growing

Fusion

- Germe : en haut à gauche , $S = 3$
- Sens de parcours de l'image : de gauche à droite et de haut en bas
- Ordre d'analyse des voisins : droite, bas, gauche et haut (voisinage 4)



Régions 5, 6, 7



Régions 8, 9 et 10

92

92

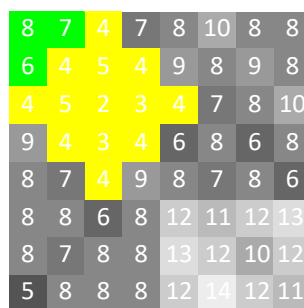
Croissance de région / seed region growing

Autre paramétrage

- Germe : en haut à gauche , $S = 3$
- Sens de parcours de l'image : de haut en bas et de gauche à droite
- Ordre d'analyse des voisins : bas, gauche, haut et droite (voisinage 4)



Région 1



Région 2

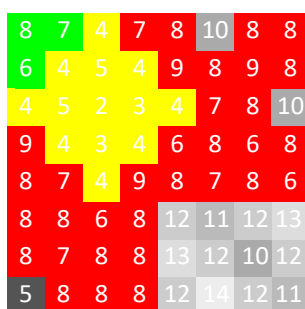
93

93

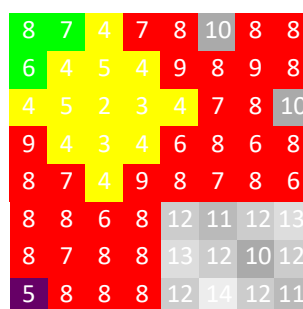
Croissance de région / seed region growing

Autre paramétrage

- Germe : en haut à gauche , $S = 3$
- Sens de parcours de l'image : de haut en bas et de gauche à droite
- Ordre d'analyse des voisins : bas, gauche, haut et droite (voisinage 4)



Région 3



Région 4

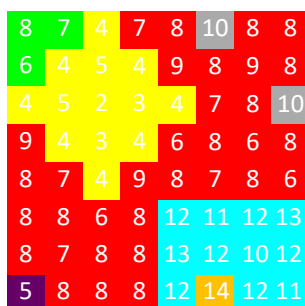
94

94

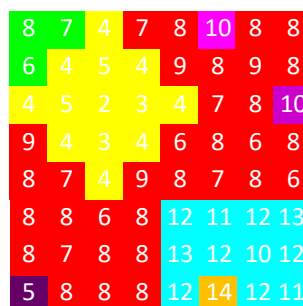
Croissance de région / seed region growing

Autre paramétrage :

- Germe : en haut à gauche , $S = 3$
- Sens de parcours de l'image : de haut en bas et de gauche à droite
- Ordre d'analyse des voisins : bas, gauche, haut et droite (voisinage 4)



Régions 5, 6



Régions 7 et 8

95

95

Seed region growing (croissance de régions)

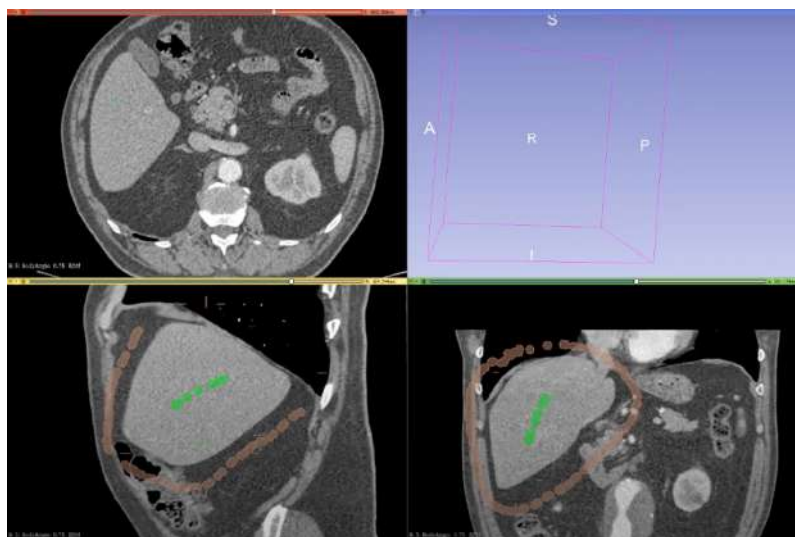


96

<https://www.youtube.com/watch?v=9iiOBmaP8bA>


96

Seed region growing (croissance de régions)



97

<https://www.youtube.com/watch?v=R-IBsqAvSTA>


97

Seeded region growing (Adam's algorithm)

- 1) For each pixel a vector $V(x, y)$ (usually intensity + other characteristics) is defined.
- 2) Calculate the characteristic vector of each class:

$$V_K = \underset{k \in K}{\text{mean}}(V(x_k, y_k))$$

- 3) Locate the pixels (x_p, y_p) that adjoin at least one class.
- 4) For each pixel in (3) we calculate:

$$\delta_K(x_p, y_p) = \|V(x_p, y_p) - V_k\|$$

- 5) The pixel (x_p, y_p) is assigned to class C which satisfies:

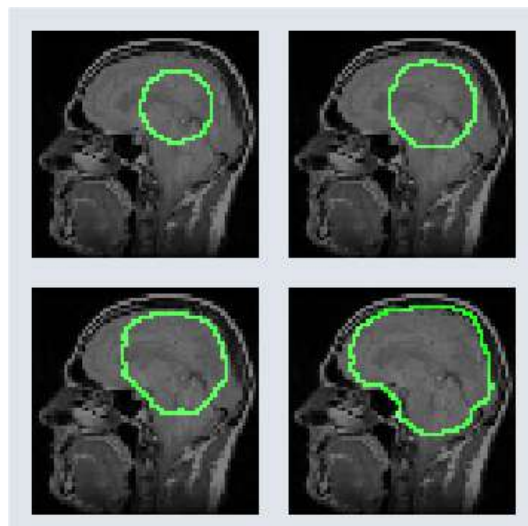
$$C(x_p, y_p) = \arg \min_k \{\delta_k(x_p, y_p)\}$$

- 6) Repeat steps (2) - (5) until all the pixels in the image have been assigned to a class.

98

98

Contours actifs

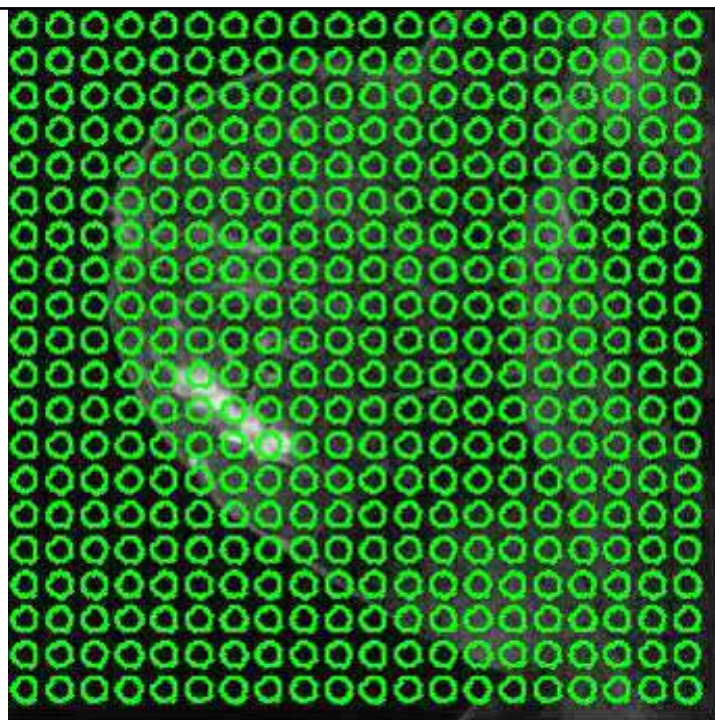


99

99

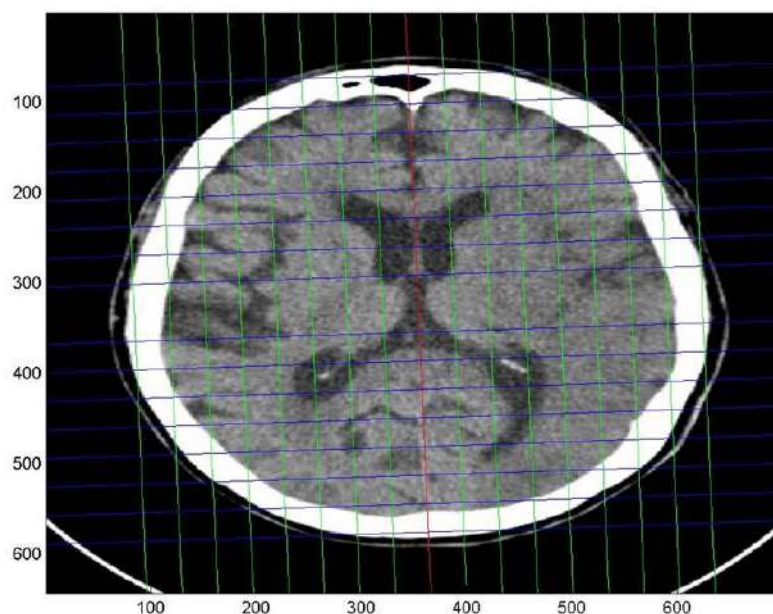
Modèle de contour actif
basé sur le champ aléatoire
de Markov (MRF)
pour la segmentation des
régions lésionnelles dans
l'IRM du sein.

100



100

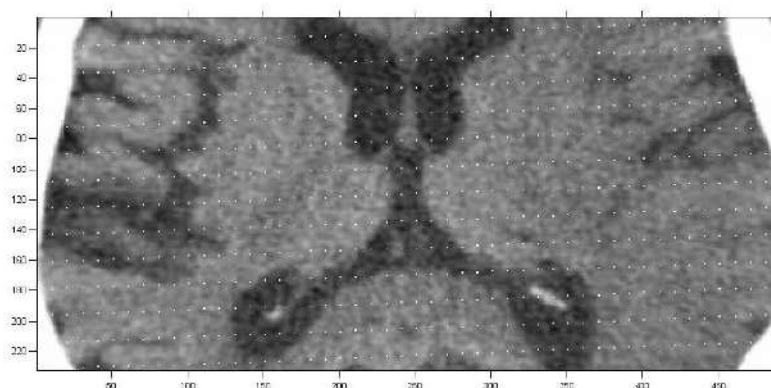
Symmetry axis computation



102

102

Choice of a symmetric grid of seeds

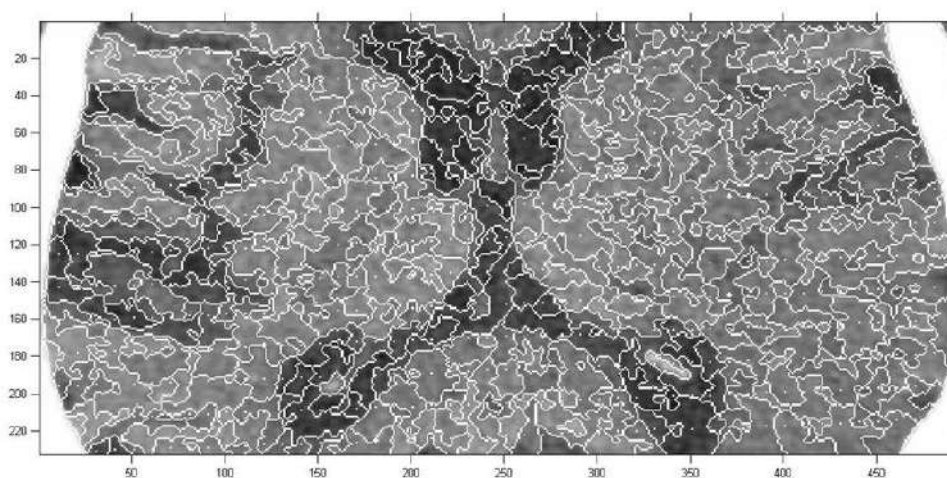


103

103

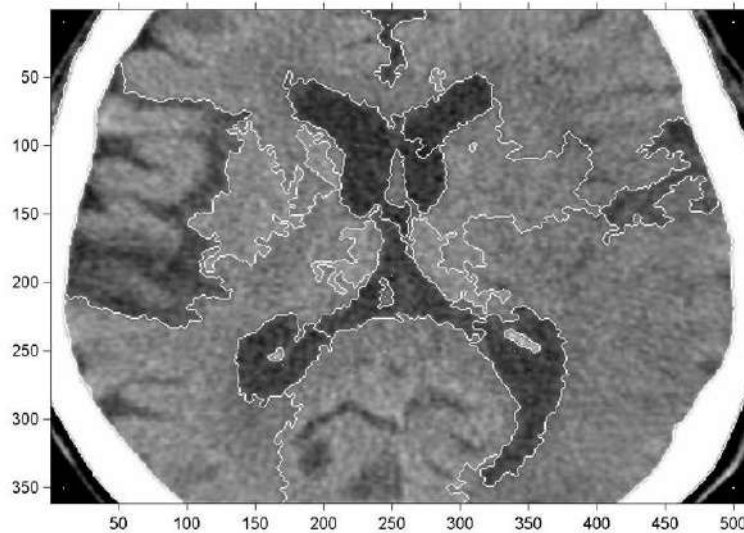
SRG Segmentation - mild cerebral artery (MCA)

The segmentation is precise and takes into account the symmetry of the brain



104

Supervised seed region growing (SRG)



105

105

Segmentation par ligne de séparation des eaux (watershed)

DANIEL RACOCEANU

PROFESSEUR, SORBONNE UNIVERSITÉ
daniel.racoceanu@sorbonne-universite.fr

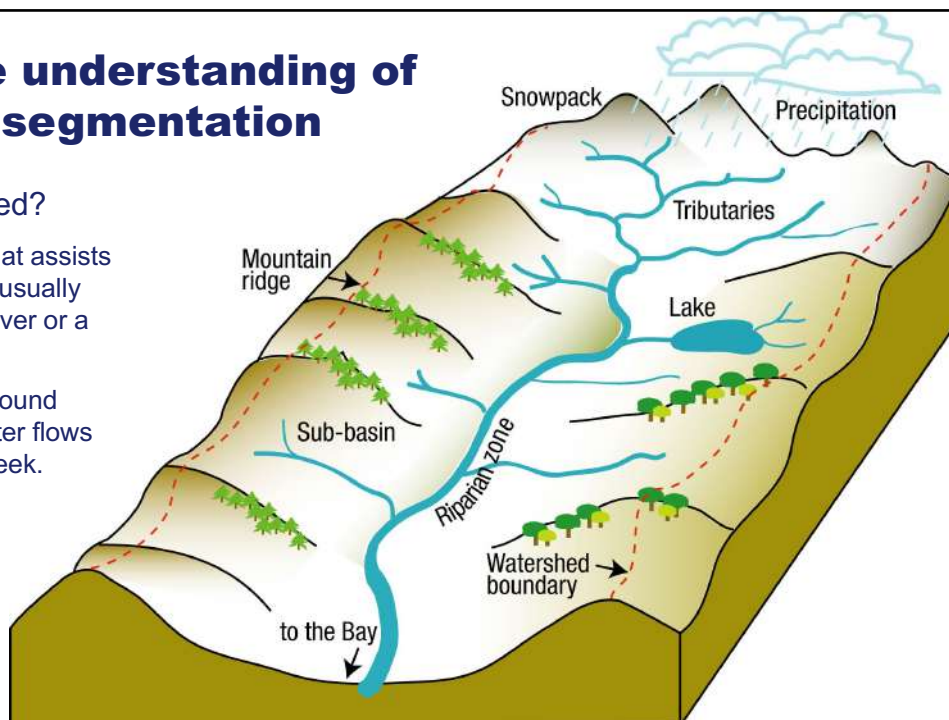
107

An intuitive understanding of watershed segmentation

What is a watershed?

A region of land that assists in draining water (usually rainwater) into a river or a creek.

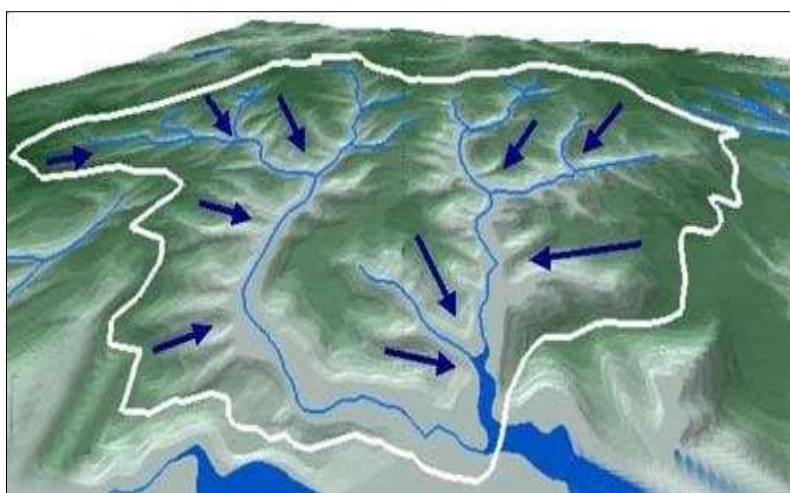
An area of high ground through which water flows into the river or creek.



108

108

Intuitive understanding - watershed segmentation

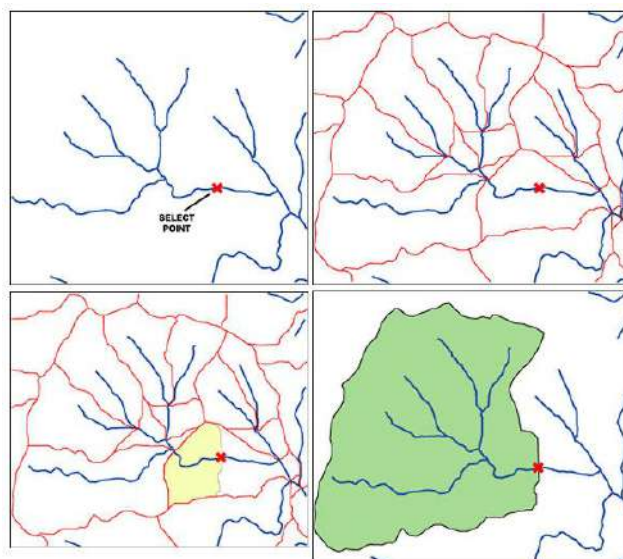


Watershed is the area of land that drains to a particular point along a stream

109

109

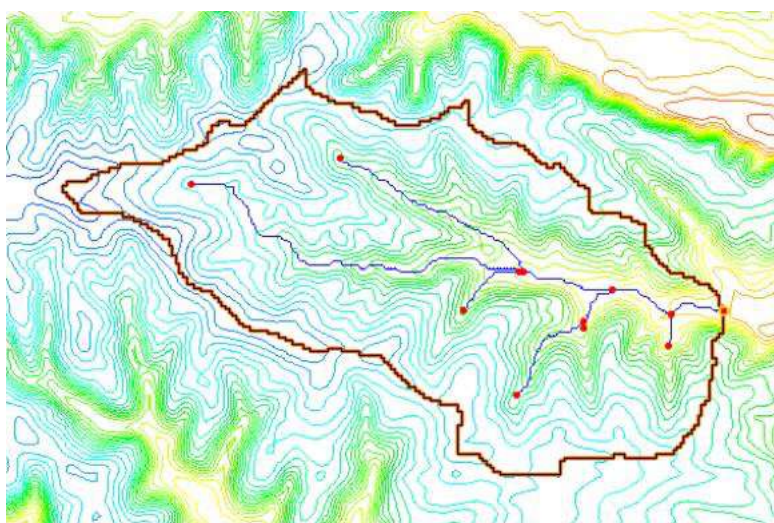
Intuitive understanding - watershed segmentation



110

110

Intuitive understanding - watershed segmentation

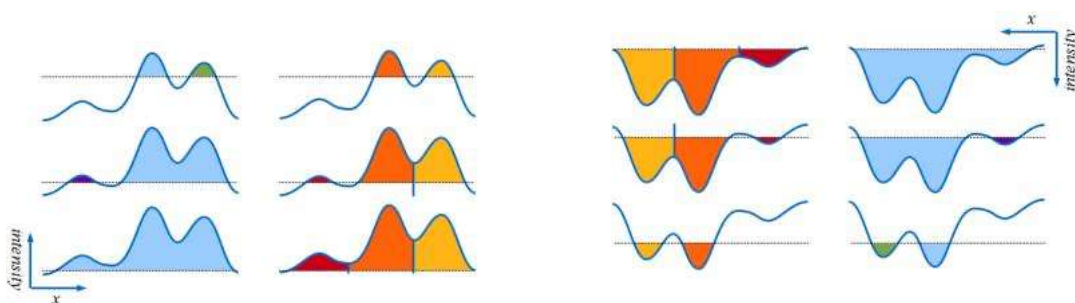


111

111

Watershed – Ligne de séparation des eaux

Les traitements haut-niveau ont pour but de donner une représentation symbolique de l'image où un lien existe avec la scène observée.



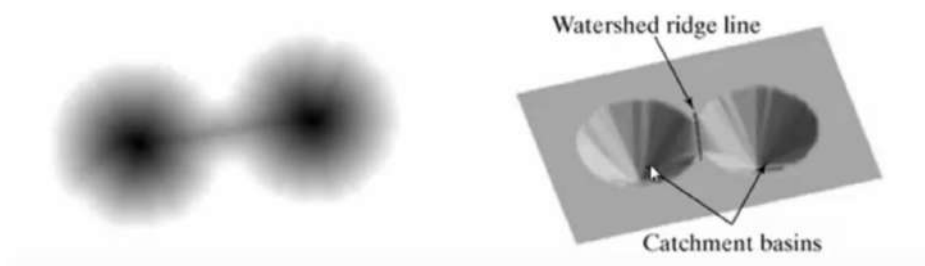
<https://svi.nl/watershed>

112

SORBONNE
UNIVERSITÉ

112

Watershed

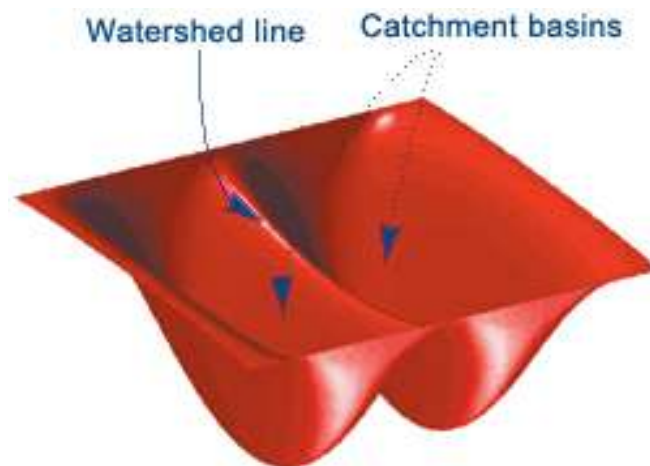


113

SORBONNE
UNIVERSITÉ

113

Watershed

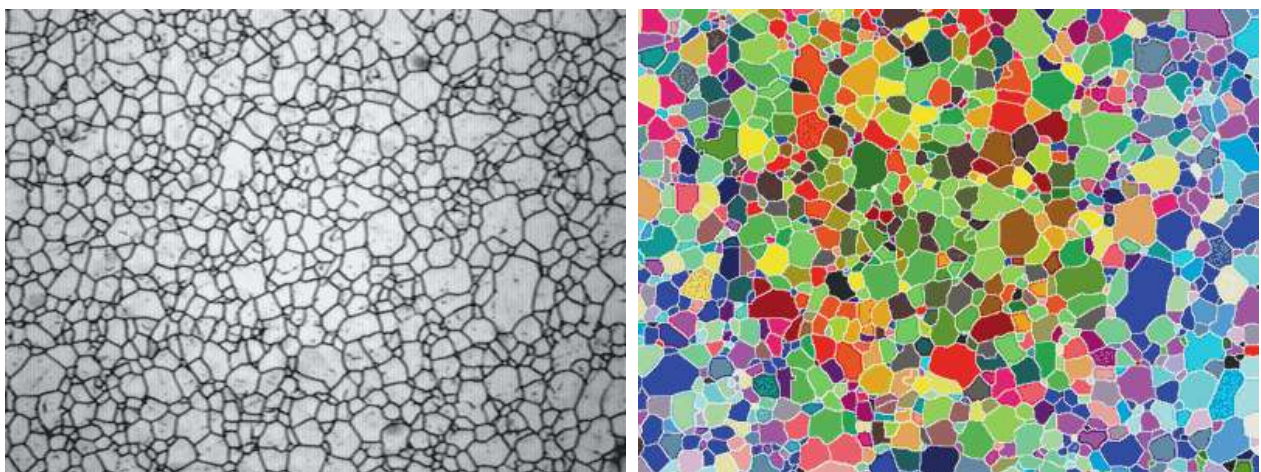


114

114

Watershed

Image microscopique de grains d'acier, semble se prêter naturellement à la segmentation par la méthode des lignes de separation des eaux, puisque les zones claires sont déjà assez bien séparées par des lignes sombres.



115

<https://fr.mathworks.com/company/newsletters/articles/the-watershed-transform-strategies-for-image-segmentation.html>

115