



# Traitement d'images numériques

## Analyse d'images: 2<sup>ème</sup> partie

*Département Génie Electrique*  
*5GE - TdSi*



# Sommaire

- I. Introduction
  - II. Fondamentaux en imagerie numérique
  - III. Traitement discret 2D
  - IV. Amélioration d'image
- 

## **V. Analyse d'images (6 heures)**



# Analyse d'images

## ■ Sources qui ont inspirées cette partie:

- ★ *Henri Maître (2003) : Le traitement des images, Hermes-Lavoisier*
- ★ *J.P. Cocquerez (1995) : Analyse d'images: filtrage et segmentation, Hermes-Lavoisier*
- ★ *[http://www.ensta.fr/~manzaner/Support\\_Cours.html](http://www.ensta.fr/~manzaner/Support_Cours.html)*
- ★ *<http://www.tsi.enst.fr/~tupin/TDI.html>*

# Sommaire

## V. Analyse d'images

### ✓ 1<sup>ère</sup> *partie*

- Morphologie mathématique
- Détection et analyse de contours

### ✓ 2<sup>ème</sup> *partie*

- Segmentation par régions

### ✓ 3<sup>ème</sup> *partie*

- Analyse de formes
- Extraction de caractéristiques

# Sommaire

## V. Analyse d'images

### ✓ 1<sup>ère</sup> *partie*

- Morphologie mathématique
- Détection et analyse de contours

### ✓ 2<sup>ème</sup> *partie*

- **Segmentation par régions**

### ✓ 3<sup>ème</sup> *partie*

- Analyse de formes
- Extraction de caractéristiques



# Segmentation par régions

## ■ Contexte

- ☐ Définition
- ☐ Principe

## ■ Les différentes méthodes

- ☐ Méthodes par histogramme
- ☐ Méthodes par transformation de région
- ☐ Méthodes par optimisation



# Segmentation par régions

## ■ Contexte - Définition

**La segmentation consiste à partitionner une image en un ensemble de régions connexes**

- ▶ **Repose sur la recherche de zones de l'image possédant des attributs communs, comme la luminosité ou plus rarement la texture**

# Segmentation par régions

## ■ Contexte - Définition

- ▶ L'intérêt de détecter des régions est de pouvoir les manipuler ensuite pour extraire des caractéristiques de forme, de position, de taille ...

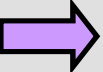


*Exemple d'utilisation de  
segmentation par régions:  
étiquetage de pièces,  
d'objets*



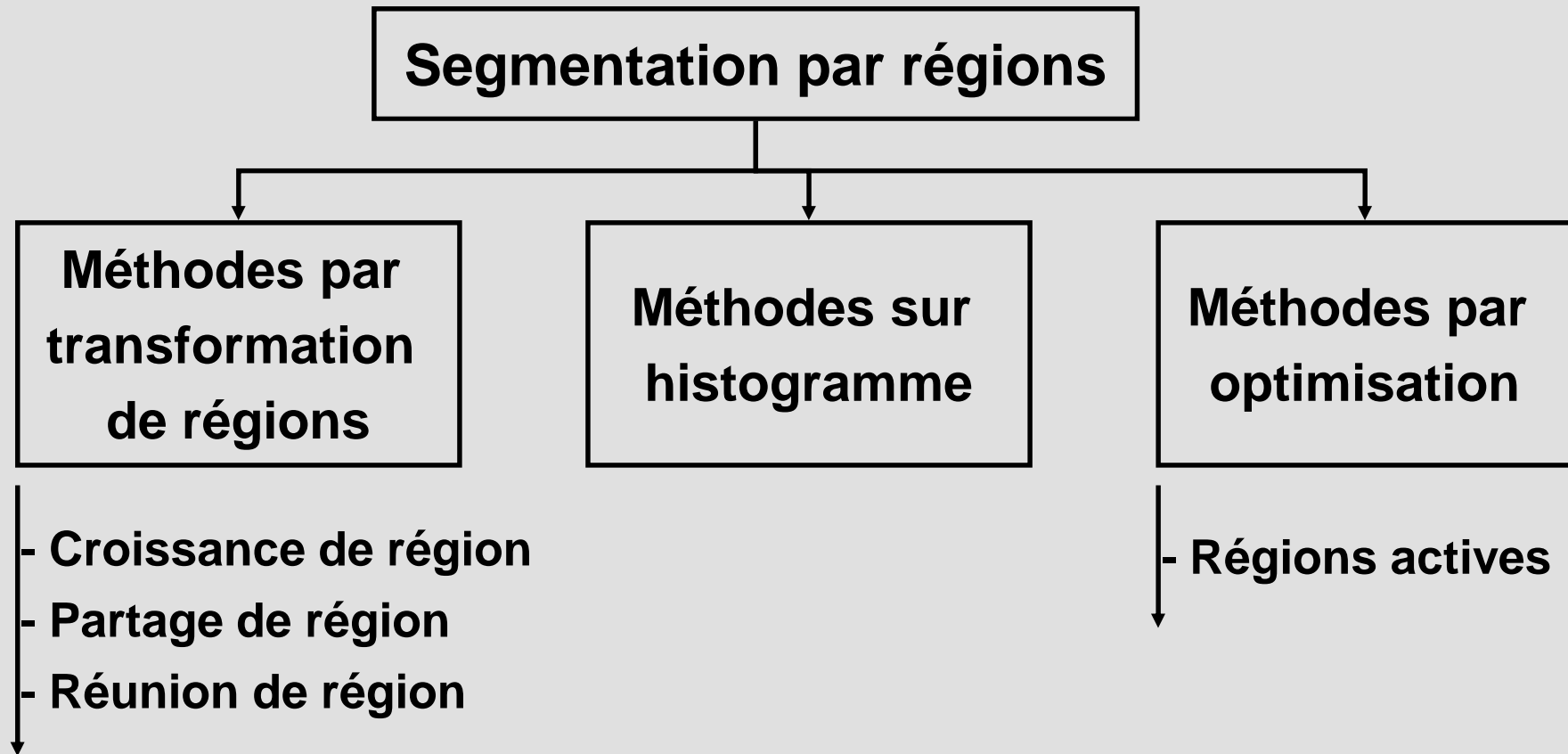
# Segmentation par régions

## ■ Contexte - Définition

- ▶ Le problème de segmentation par régions est mal posé  il n'existe pas de segmentation idéale
- ▶ Le choix d'une méthode est lié
  - à la nature des images (éclairage, texture, ...)
  - à la forme des primitives à extraire
  - aux contraintes de temps

# Segmentation par régions

## ■ Contexte – Les différentes méthodes





# Segmentation par régions

## ■ Contexte

- ☐ Définition

- ☐ Principe

## ■ Les différentes méthodes

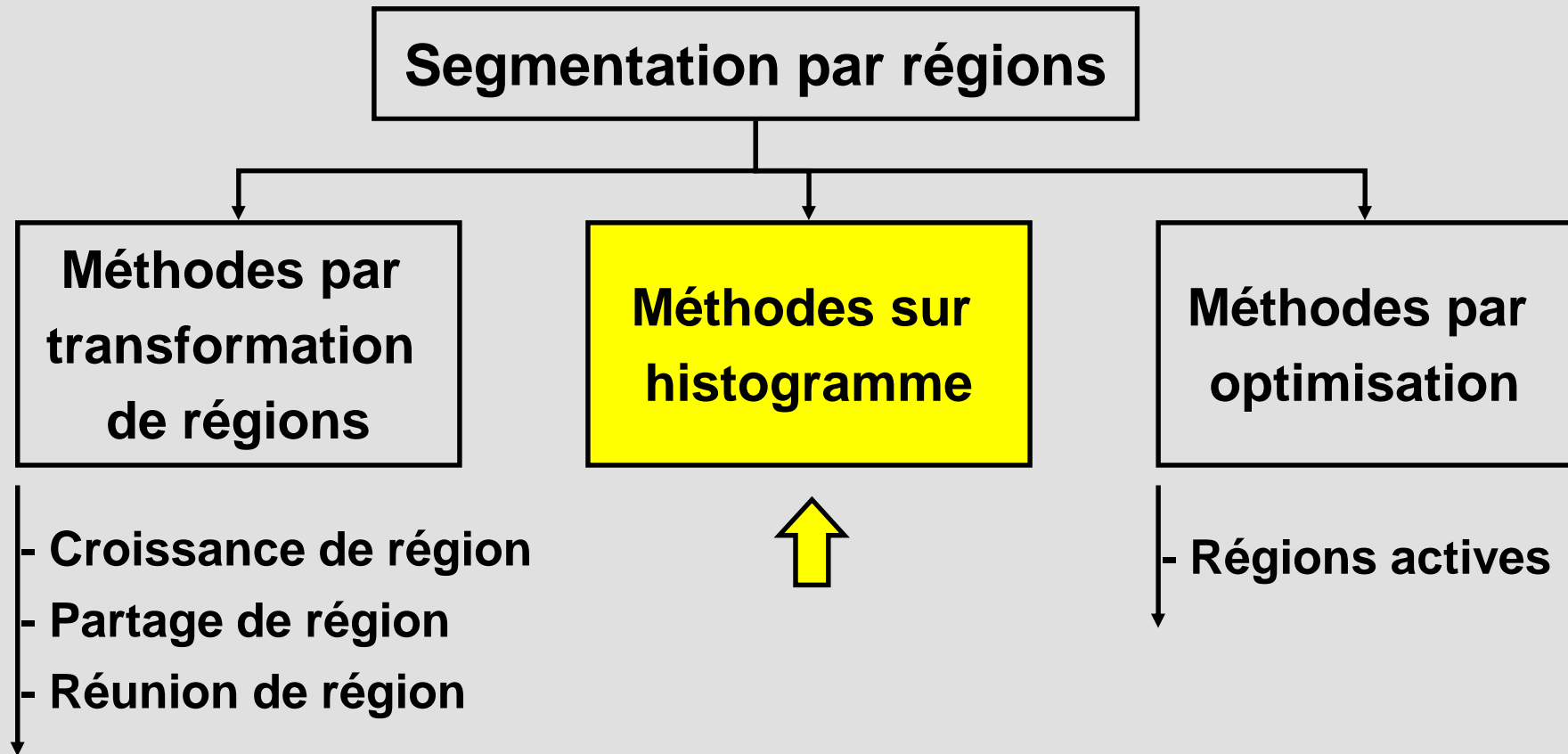
- ☐ Méthodes par histogramme

- ☐ Méthodes par transformation de région

- ☐ Méthodes par optimisation

# Segmentation par régions

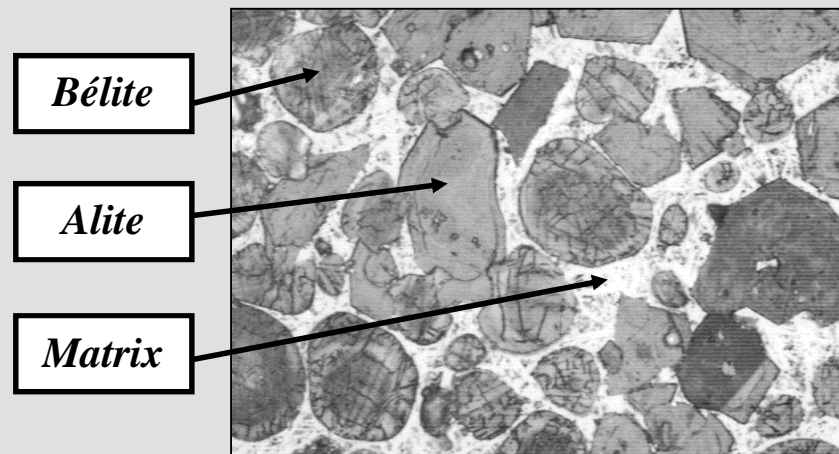
## ■ Contexte – Les différentes méthodes



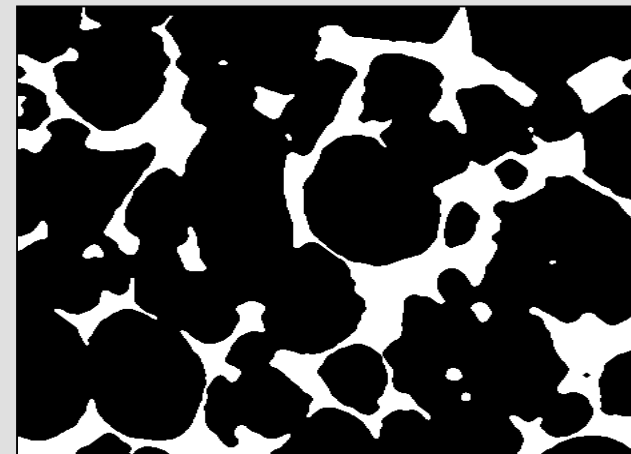
# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme

L'idée générale de ces méthodes consiste à isoler des pics de l'histogramme, puis de seuiller les zones correspondantes



*Image originale*



*Séparation des classes Alite et Belite  
de la classe célite (le fond)*



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Principe

- ▶ Localisation sur un histogramme d'un mode isolé
- ▶ Détection de la zone correspondante par seuillage
- ▶ Parmi les zones de l'image contribuant à ce mode, sélection de la région connexe la plus grande grâce à l'utilisation de méthodes haut-niveaux (exemple: morphologie mathématique)
- ▶ Itération sur un autre mode isolé de l'histogramme

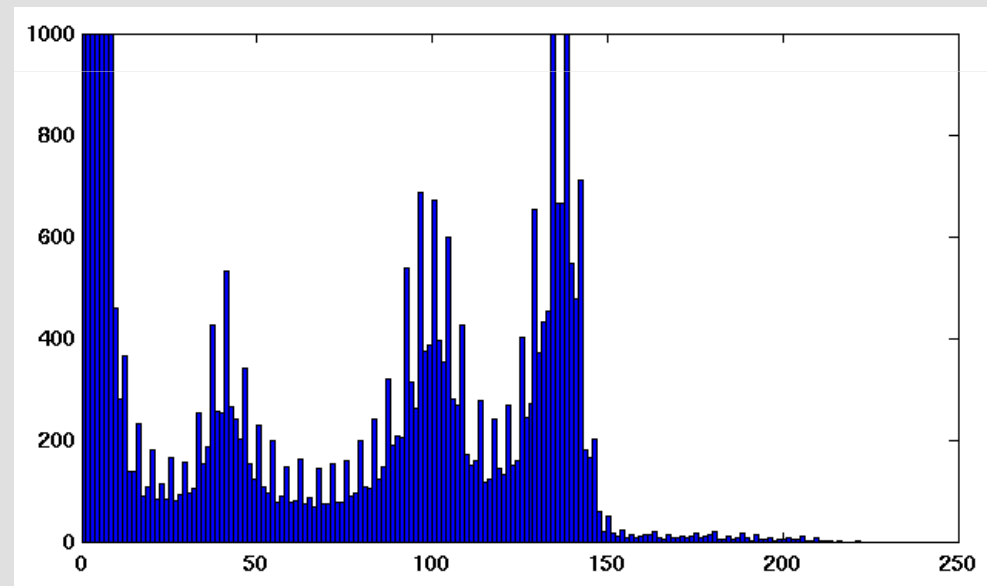
# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple

- ▶ *Localisation sur l'histogramme d'un mode isolé*



*Image originale*

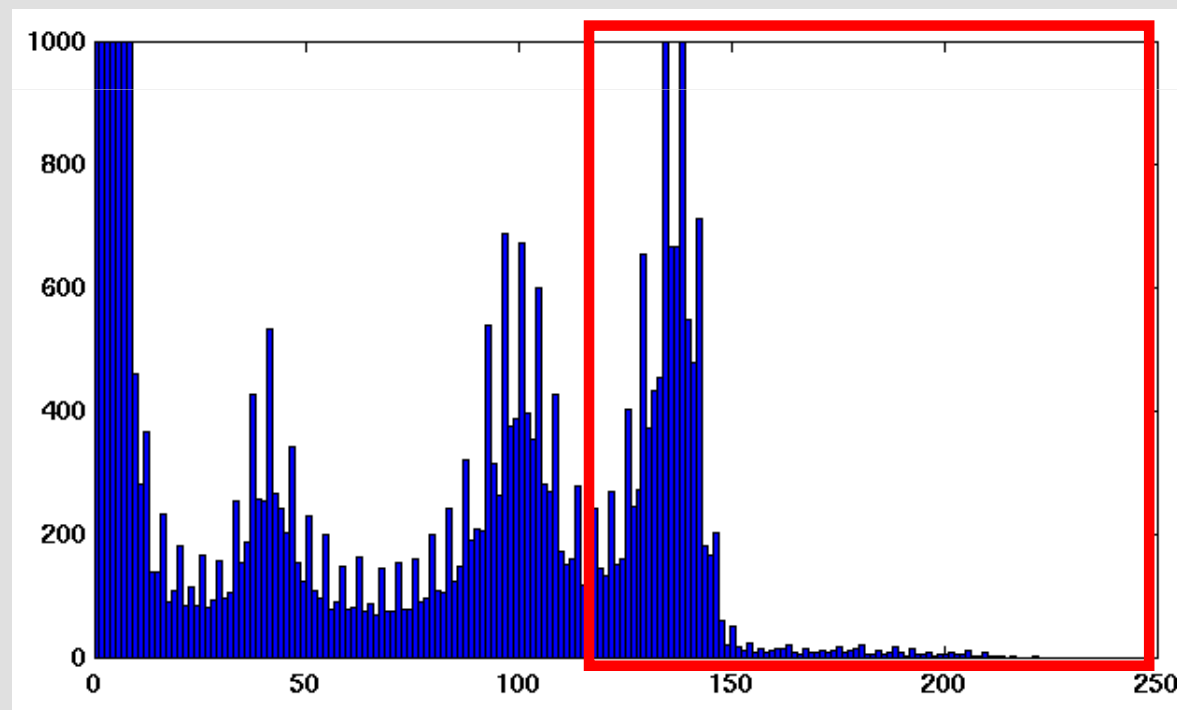


*Histogramme de l'image*

# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple

- ▶ *Localisation sur l'histogramme d'un mode isolé*





# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple

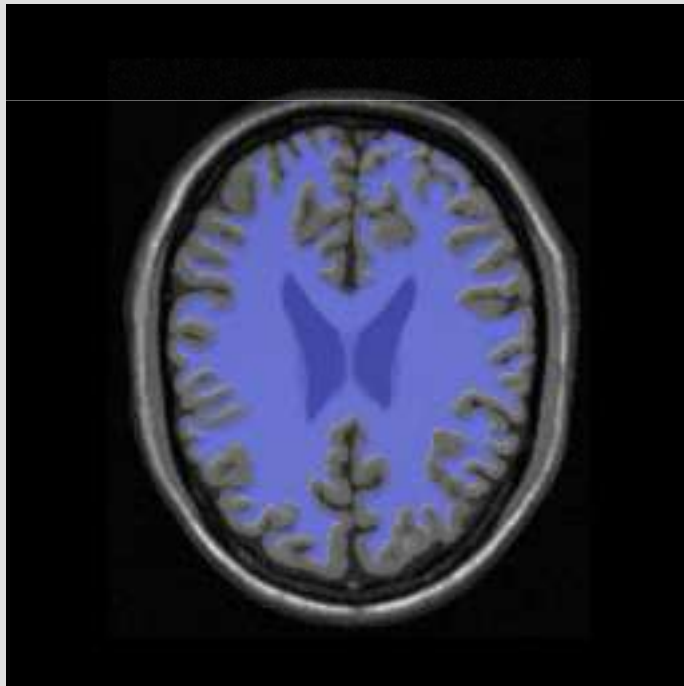
- ▶ *Détection de la zone correspondante par seuillage*



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple

- ▶ *Sélection de la région connexe la plus grande*



### Algorithmes utilisés

- *Seuillage par hystérésis*
- *Morphologie mathématique (érosion, bouchage de trous, fermeture)*

# Segmentation par régions

## ► *Code matlab correspondant*

```
% Lecture image
img = imread('brain.png');
img = double(img(:,:,1));

% Selection des pixels correspondant a un
% mode de l'histogramme
e = find(img>118);
mask = zeros(size(img));
mask(e) = 255;

% Erosion de la region par morpho math
se = strel('disk',3);
maskErode = imerode(mask,se);

% Seuillage par hysteresis
maskHyst = hysteresis(mask,maskErode);

% Bouche les trous par morpho math
maskFill = imfill(maskHyst,'holes');

% Fermeture de la region par morpho math
se = strel('disk',1);
final = imclose(maskFill,se);
```

# Segmentation par régions

## ► *Code matlab correspondant*

```
% Lecture image
img = imread('brain.png');
img = double(img(:,:,1));

% Selection des pixels correspondant a un
% mode de l'histogramme
e = find(img>118);
mask = zeros(size(img));
mask(e) = 255;

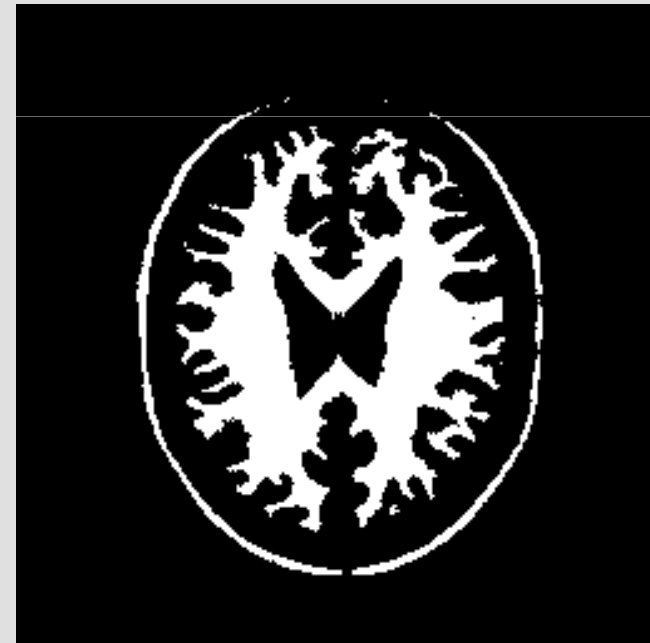
% Erosion de la region par morpho math
se = strel('disk',3);
maskErode = imerode(mask,se);

% Seuillage par hysteresis
maskHyst = hysteresis(mask,maskErode);

% Bouche les trous par morpho math
maskFill = imfill(maskHyst,'holes');

% Fermeture de la region par morpho math
se = strel('disk',1);
final = imclose(maskFill,se);
```

## Sélection des pixels d'un mode



*mask*

# Segmentation par régions

## ► *Code matlab correspondant*

```
% Lecture image
img = imread('brain.png');
img = double(img(:,:,1));

% Selection des pixels correspondant a un
% mode de l'histogramme
e = find(img>118);
mask = zeros(size(img));
mask(e) = 255;

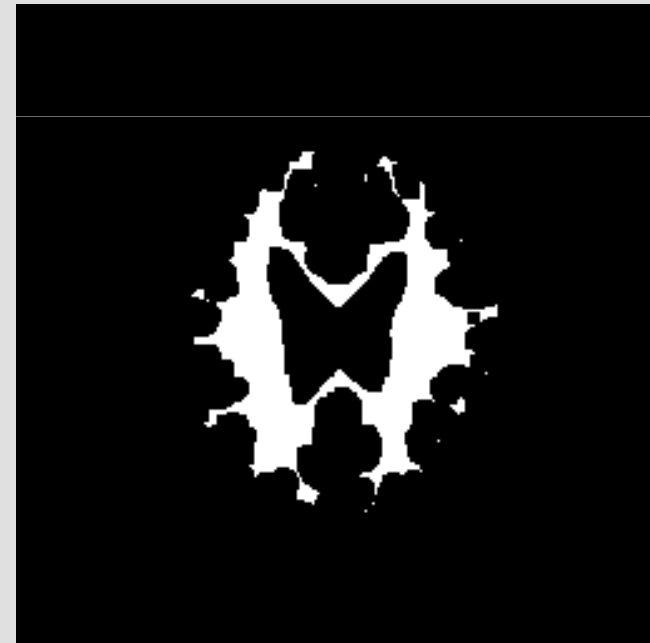
% Erosion de la region par morpho math
se = strel('disk',3);
maskErode = imerode(mask,se);

% Seuillage par hysteresis
maskHyst = hysteresis(mask,maskErode);

% Bouche les trous par morpho math
maskFill = imfill(maskHyst,'holes');

% Fermeture de la region par morpho math
se = strel('disk',1);
final = imclose(maskFill,se);
```

## *Erosion de la région extraite*



*maskErode*

# Segmentation par régions

## ► *Code matlab correspondant*

```
% Lecture image
img = imread('brain.png');
img = double(img(:,:,1));

% Selection des pixels correspondant a un
% mode de l'histogramme
e = find(img>118);
mask = zeros(size(img));
mask(e) = 255;

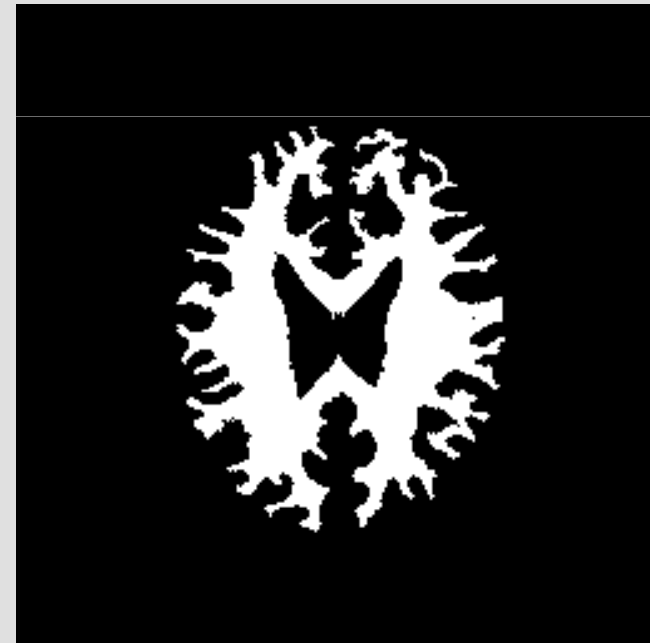
% Erosion de la region par morpho math
se = strel('disk',3);
maskErode = imerode(mask,se);

% Seuillage par hysteresis
maskHyst = hysteresis(mask,maskErode);

% Bouche les trous par morpho math
maskFill = imfill(maskHyst,'holes');

% Fermeture de la region par morpho math
se = strel('disk',1);
final = imclose(maskFill,se);
```

## *Seuillage par hystérésis*



*maskHyst*

# Segmentation par régions

## ► *Code matlab correspondant*

```
% Lecture image
img = imread('brain.png');
img = double(img(:,:,1));

% Selection des pixels correspondant a un
% mode de l'histogramme
e = find(img>118);
mask = zeros(size(img));
mask(e) = 255;

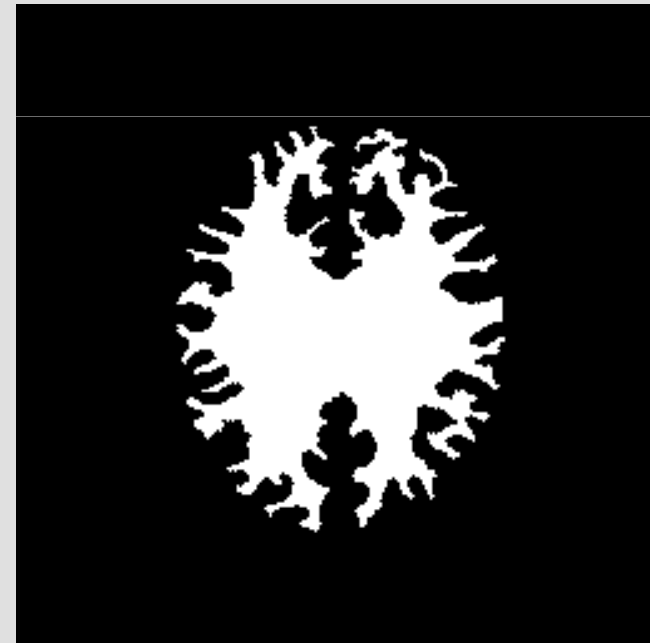
% Erosion de la region par morpho math
se = strel('disk',3);
maskErode = imerode(mask,se);

% Seuillage par hysteresis
maskHyst = hysteresis(mask,maskErode);

% Bouche les trous par morpho math
maskFill = imfill(maskHyst,'holes');

% Fermeture de la region par morpho math
se = strel('disk',1);
final = imclose(maskFill,se);
```

## *Bouchage de trous*



*maskFill*

# Segmentation par régions

## ► *Code matlab correspondant*

```
% Lecture image
img = imread('brain.png');
img = double(img(:,:,1));

% Selection des pixels correspondant a un
% mode de l'histogramme
e = find(img>118);
mask = zeros(size(img));
mask(e) = 255;

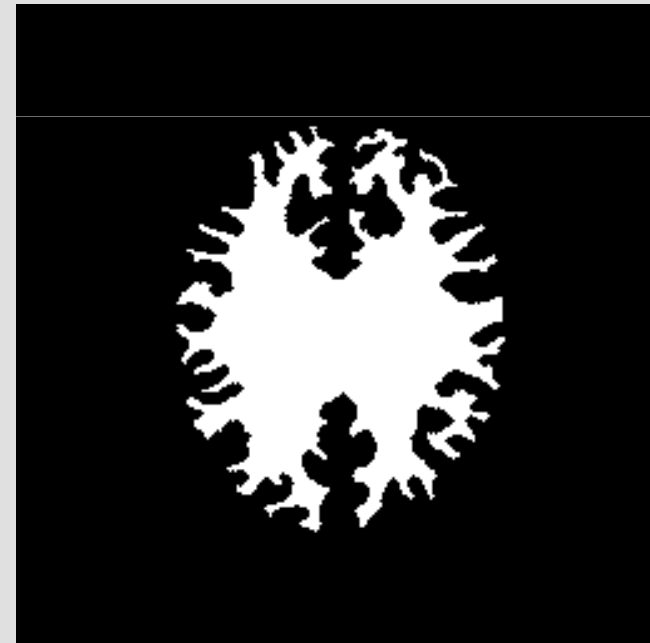
% Erosion de la region par morpho math
se = strel('disk',3);
maskErode = imerode(mask,se);

% Seuillage par hysteresis
maskHyst = hysteresis(mask,maskErode);

% Bouche les trous par morpho math
maskFill = imfill(maskHyst,'holes');

% Fermeture de la region par morpho math
se = strel('disk',1);
final = imclose(maskFill,se);
```

## *Fermeture de la région*

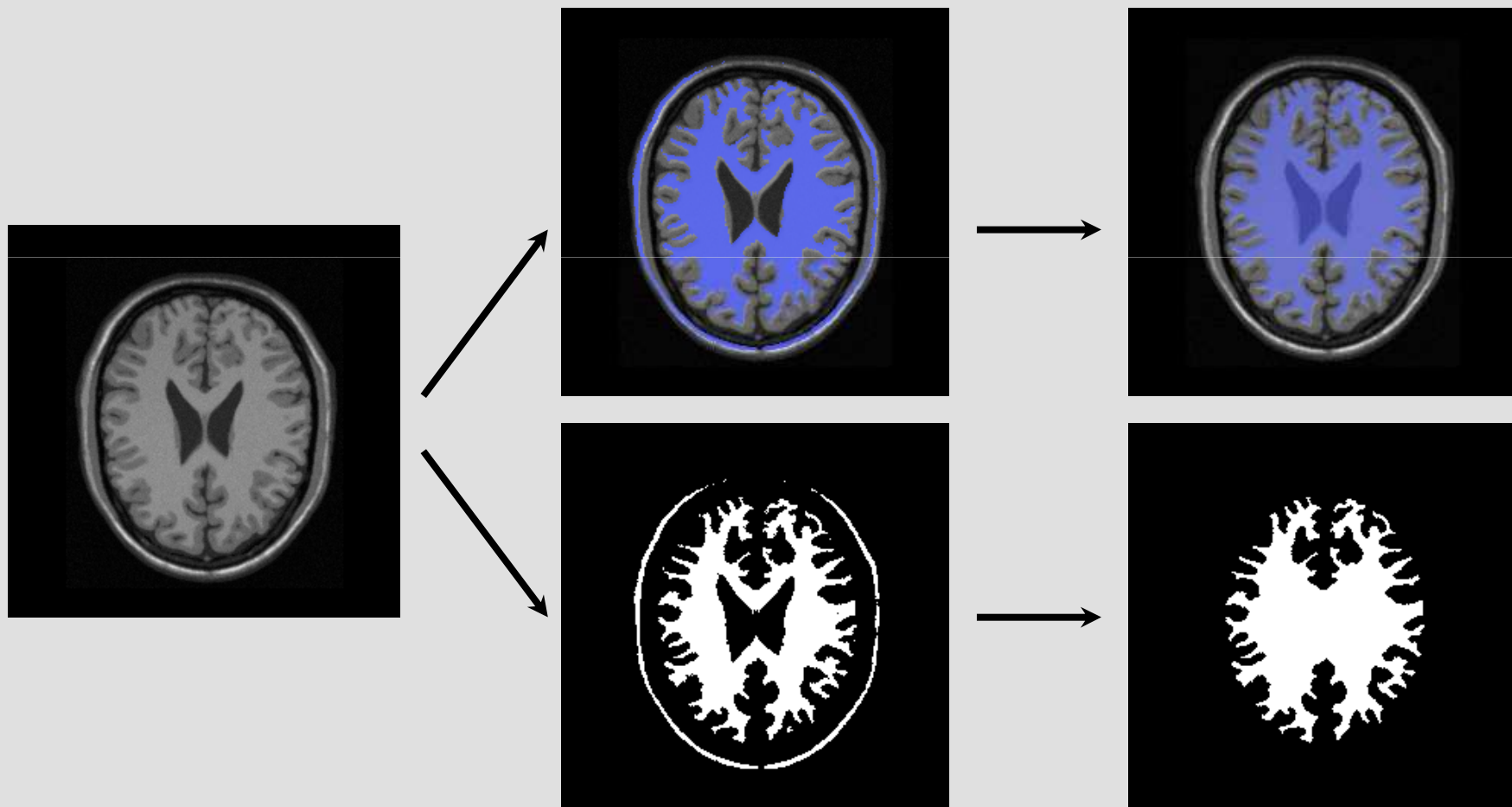


*final*



# Segmentation par régions

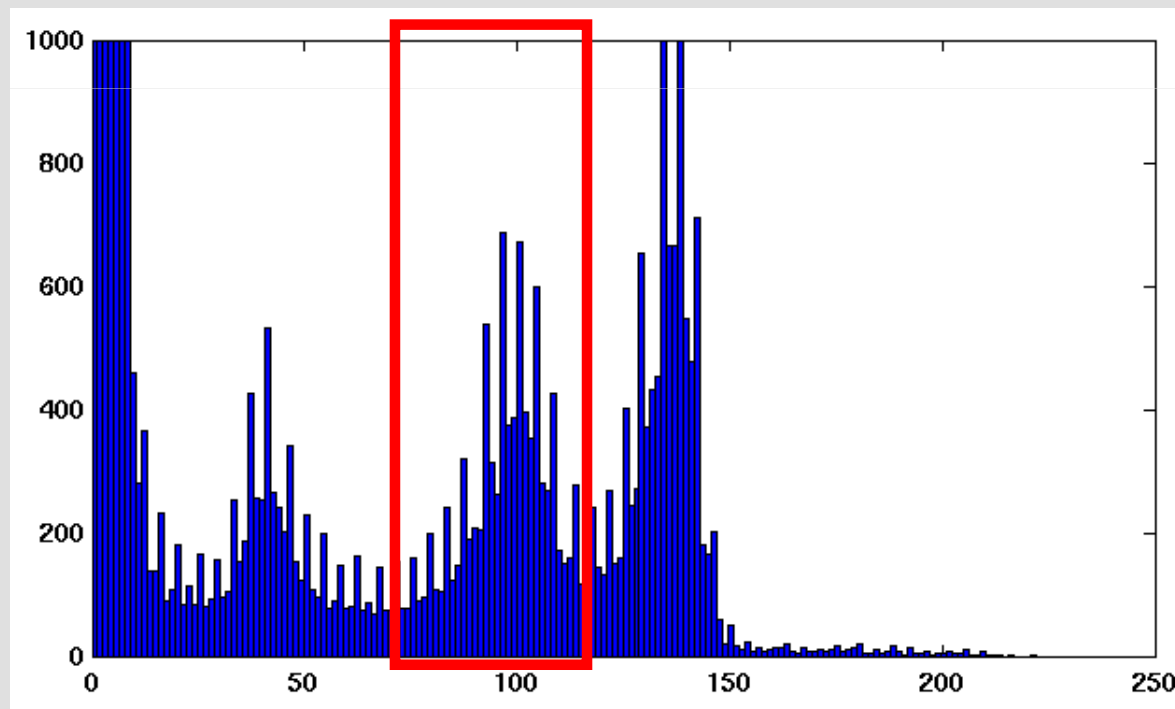
## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple

- *Localisation sur l'histogramme d'un mode isolé*



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple

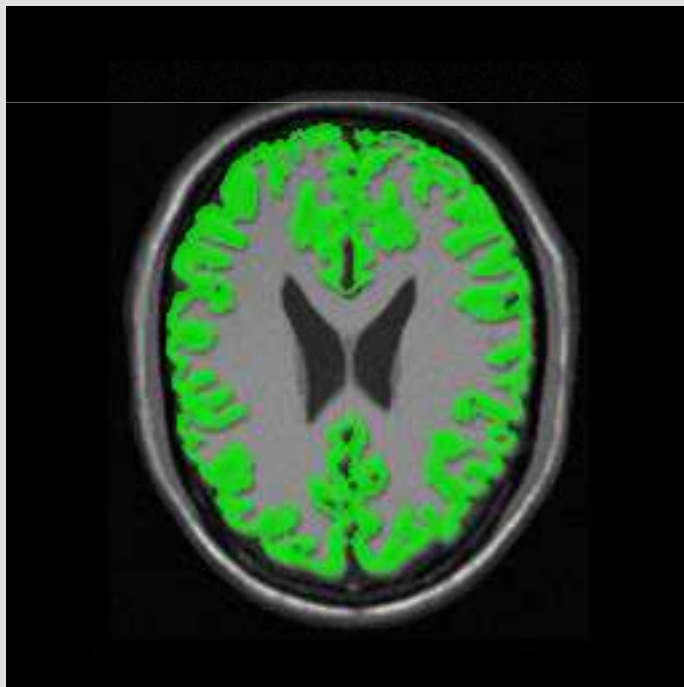
- ▶ *Détection de la zone correspondante par seuillage*



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme

- ▶ *Sélection de la région connexe la plus grande*



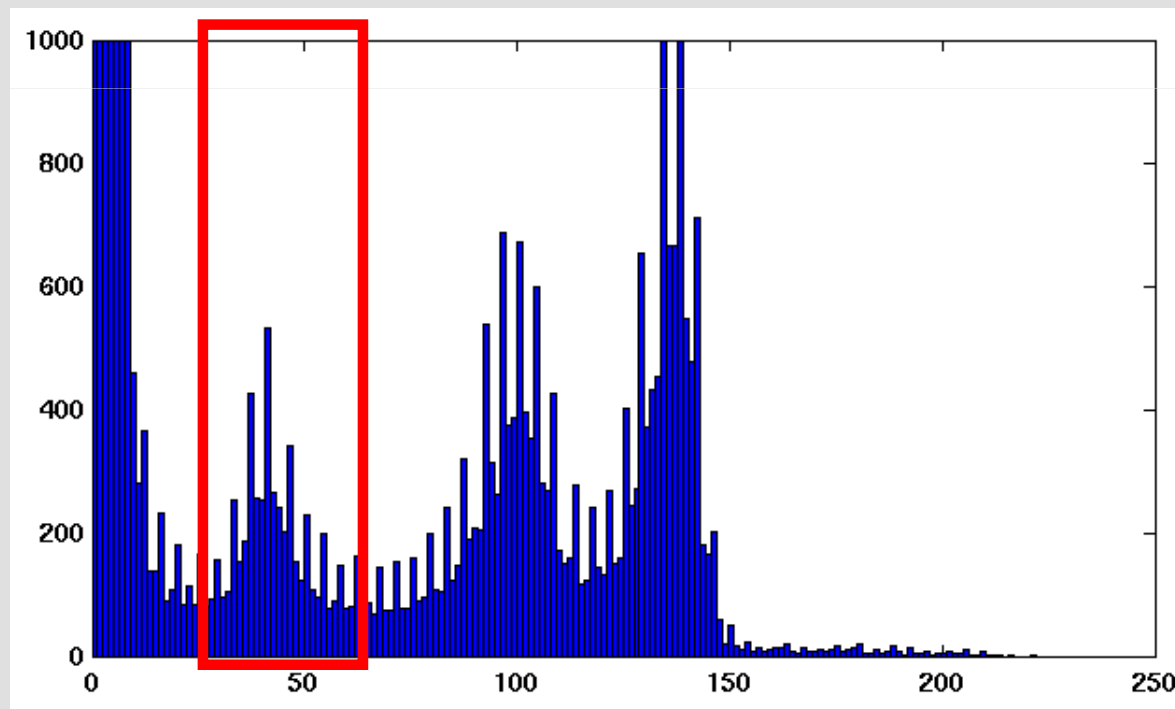
### Algorithmes utilisés

- *Seuillage par hystérésis*
- *Morphologie mathématique (érosion, fermeture)*

# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple

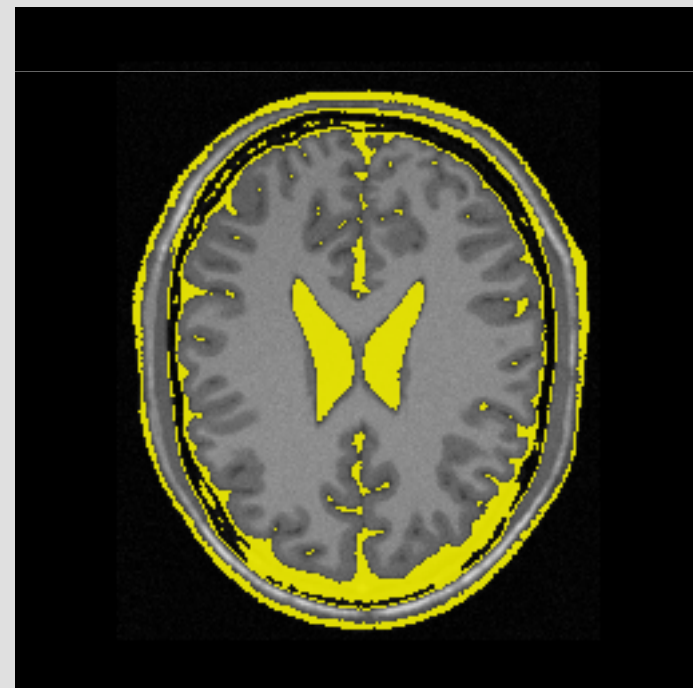
- *Localisation sur l'histogramme d'un mode isolé*



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple

- ▶ *Détection de la zone correspondante par seuillage*



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme

- ▶ *Sélection de la région connexe la plus grande*



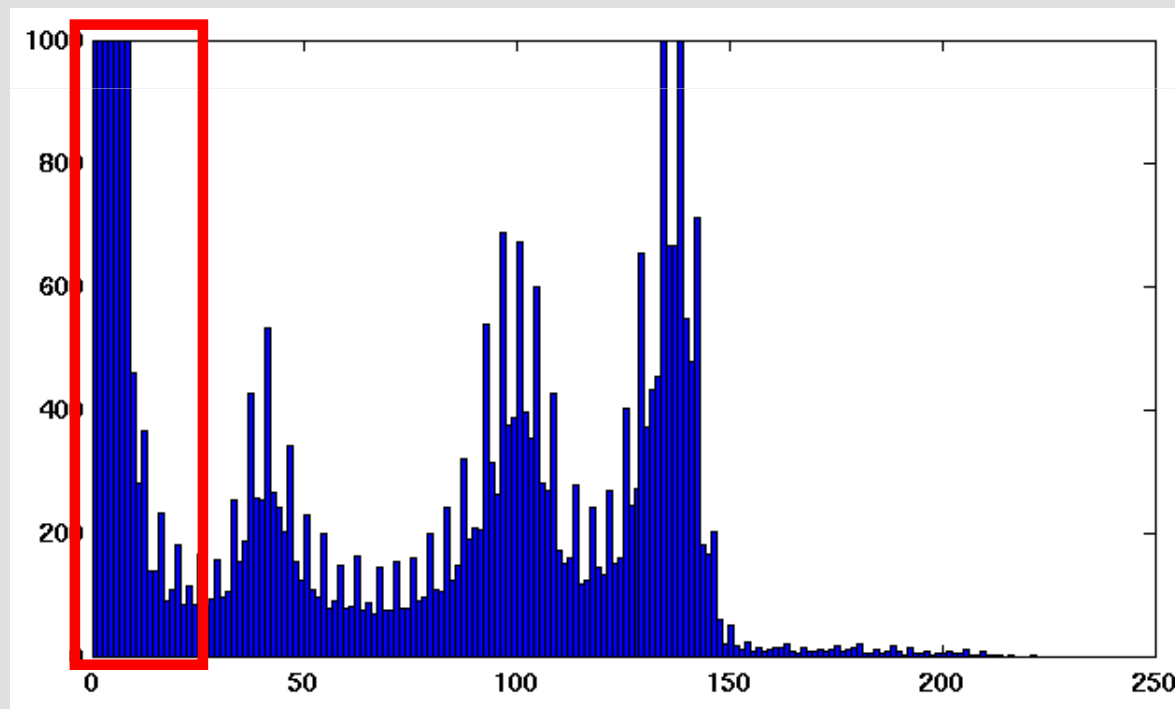
### Algorithmes utilisés

- *Seuillage par hystérésis*
- *Morphologie mathématique (érosion, fermeture)*

# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple

- ▶ *Localisation sur l'histogramme d'un mode isolé*

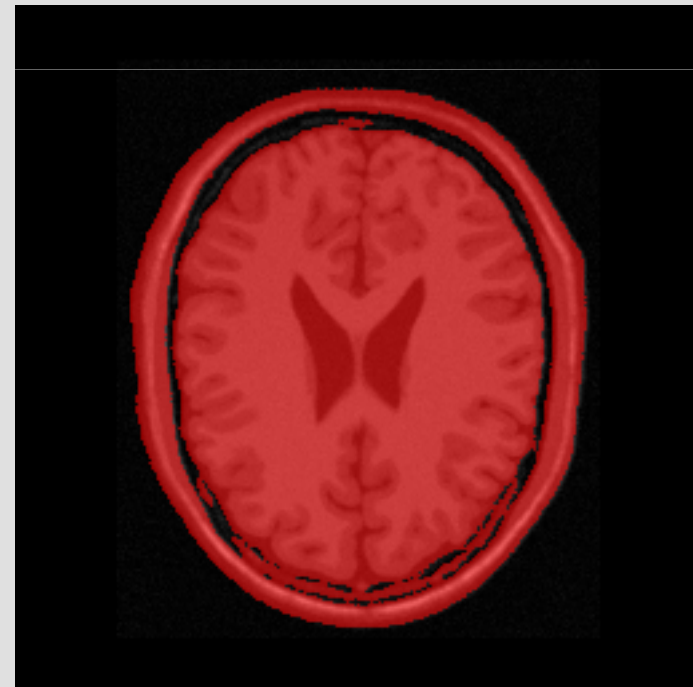
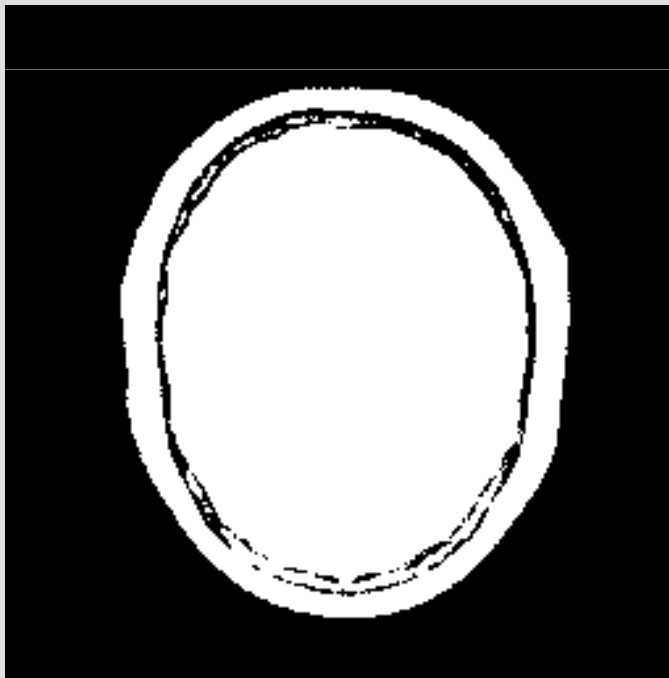




# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Exemple

- ▶ *Détection de la zone correspondante par seuillage*



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme

- ▶ *Sélection de la région connexe la plus grande*



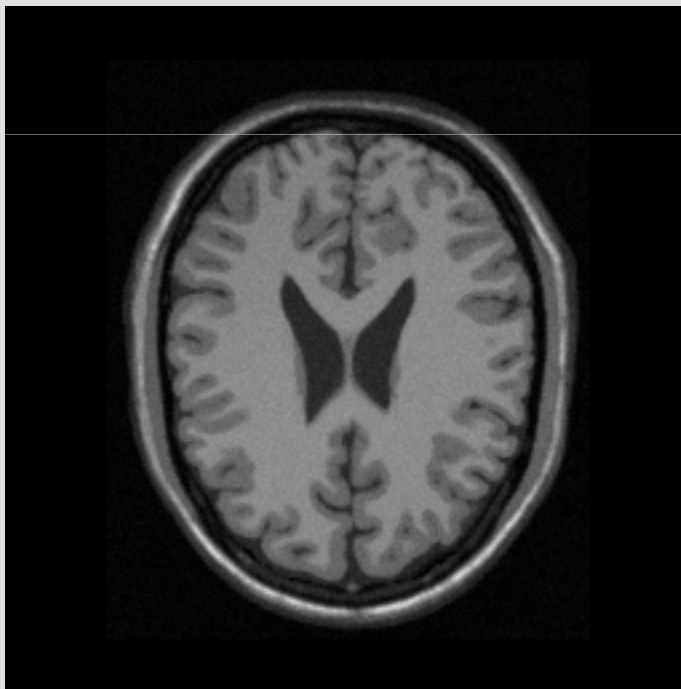
### Algorithmes utilisés

- *Morphologie mathématique  
(bouchage de trous, fermeture)*

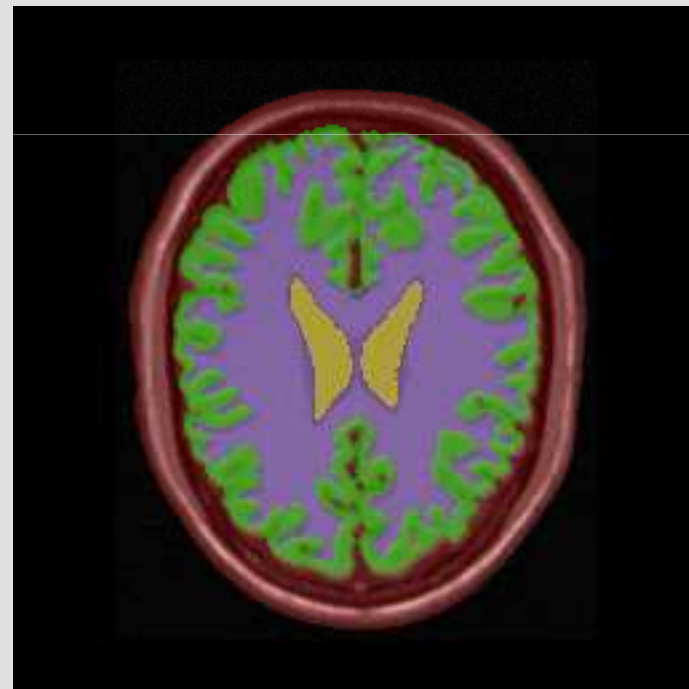
# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme

### ► *Résultat final*



*Image originale*



*Image segmentée*



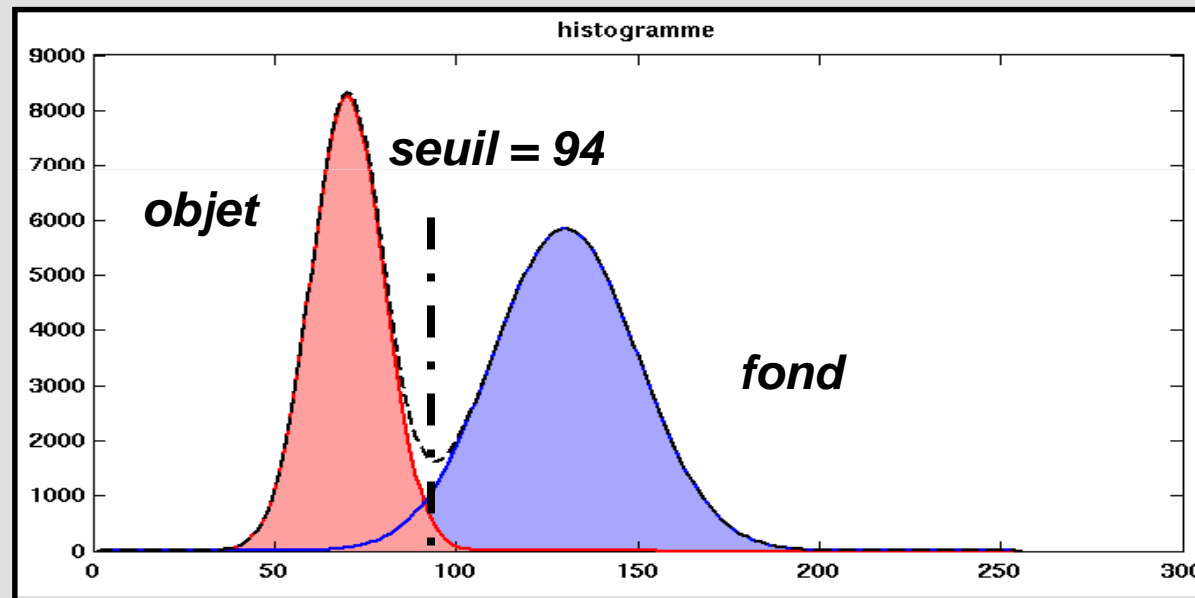
# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme – Choix du seuil

- ▶ Comment choisir judicieusement la valeur du seuil ?
- ▶ Il existe de nombreuses méthodes basées sur l'univers des probabilités
- ▶ Exemple: seuillage avec apprentissage

# Segmentation par régions

- Méthodes sur histogramme – Choix du seuil
  - Exemple: seuillage avec apprentissage



**But: détection de vallées, en prenant le minimum de l'histogramme situé entre deux pics**

# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme – Choix du seuil

### ► Méthode analytique

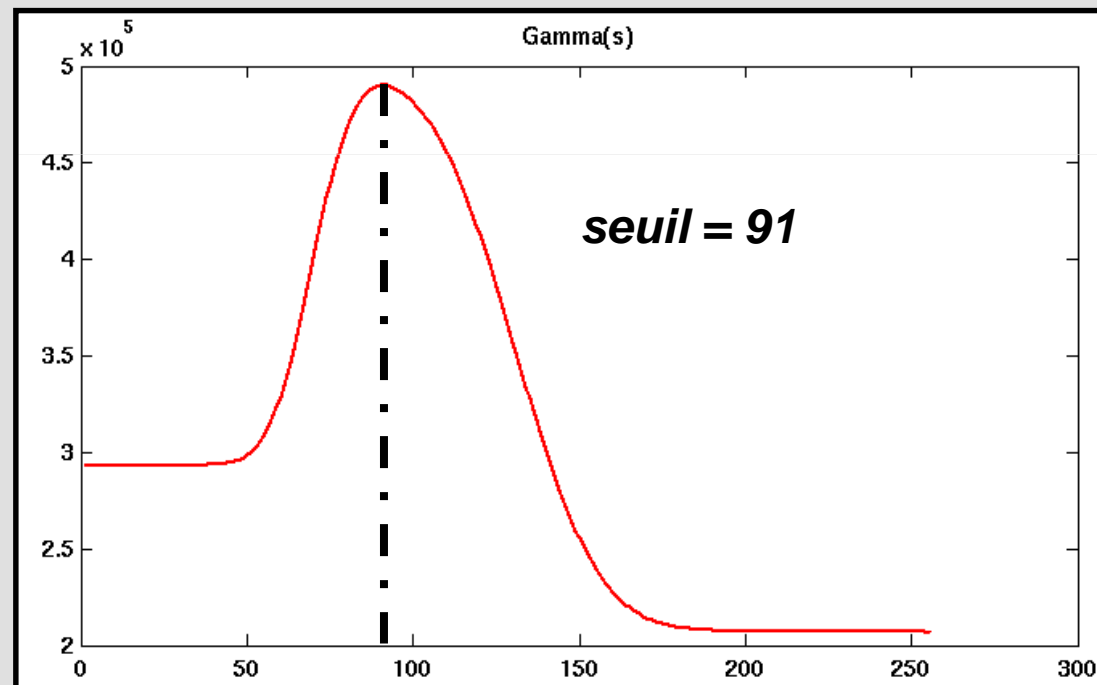
- Modélisation de chaque pic par des distributions a priori (par exemple des gaussiennes  $p_1$  et  $p_2$ )
- Maximisation de la fonctionnelle de coût suivante

$$\left\{ \begin{array}{l} \Gamma(s) = \int_0^s p_1(n)dn + \int_s^N p_2(n)dn \\ \Gamma(s) = 1 - F_2(n=s) + F_1(n=s) \end{array} \right.$$

avec  $F_i$  *fonction de répartition*

# Segmentation par régions

- Méthodes sur histogramme – Choix du seuil
  - Maximisation de la fonctionnelle  $\Gamma(s)$



- *Approximation d'une intégrale continue en intégrale discrète*

# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme – Choix du seuil

### ► Méthode empirique

- Trouver le seuil qui minimise les variances des deux classes
- Soit  $h[n]$  l'histogramme
- Centre de gravité  $G$  d'une classe
- Variance  $var$  d'une classe

$$G_i(s) = \frac{\sum_{n \in C_i} nh[n]}{\sum_{n \in C_i} h[n]}$$

$$var_i(s) = \sum_{n \in C_i} (n - G_i)^2 h[n]$$



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme – Choix du seuil

### ► Méthode empirique

- Trouver le seuil qui minimise la somme des variances

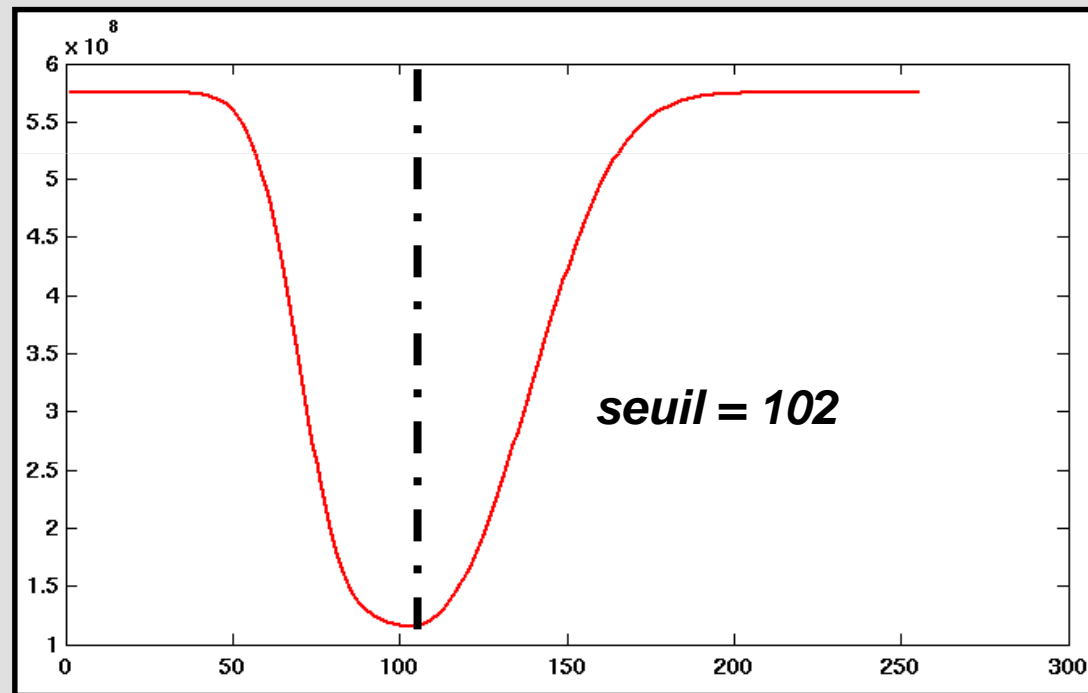
$$s_{opt} = \arg \min_s (\text{var}_1(s) + \text{var}_2(s))$$

- En simplifiant les termes en carré, cela revient à maximiser la fonctionnelle  $J(s)$  suivante :

$$J(s) = \frac{\left( \sum_{n \in C_1} nh[n] \right)^2}{\sum_{n \in C_1} h[n]} + \frac{\left( \sum_{n \in C_2} nh[n] \right)^2}{\sum_{n \in C_2} h[n]}$$

# Segmentation par régions

- Méthodes sur histogramme – Choix du seuil
  - Minimisation de la fonctionnelle  $S_{opt}$



- *Approximation d'une intégrale continue en intégrale discrète*



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes sur histogramme - Propriétés

- ▶ Mise en œuvre assez simple
- ▶ Performance assez réduite puisqu'elles ne tirent pas profit de l'aspect spatial de l'information image
- ▶ Méthodes à utiliser lorsque:
  - les images présentent des classes évidentes (objets très contrastés)
  - lorsque les images sont définies sur de nombreux canaux (images multi-spectrales) ce qui enrichit l'information portée par l'histogramme



# Segmentation par régions

## ■ Contexte

- ☐ Définition

- ☐ Principe

## ■ Les différentes méthodes

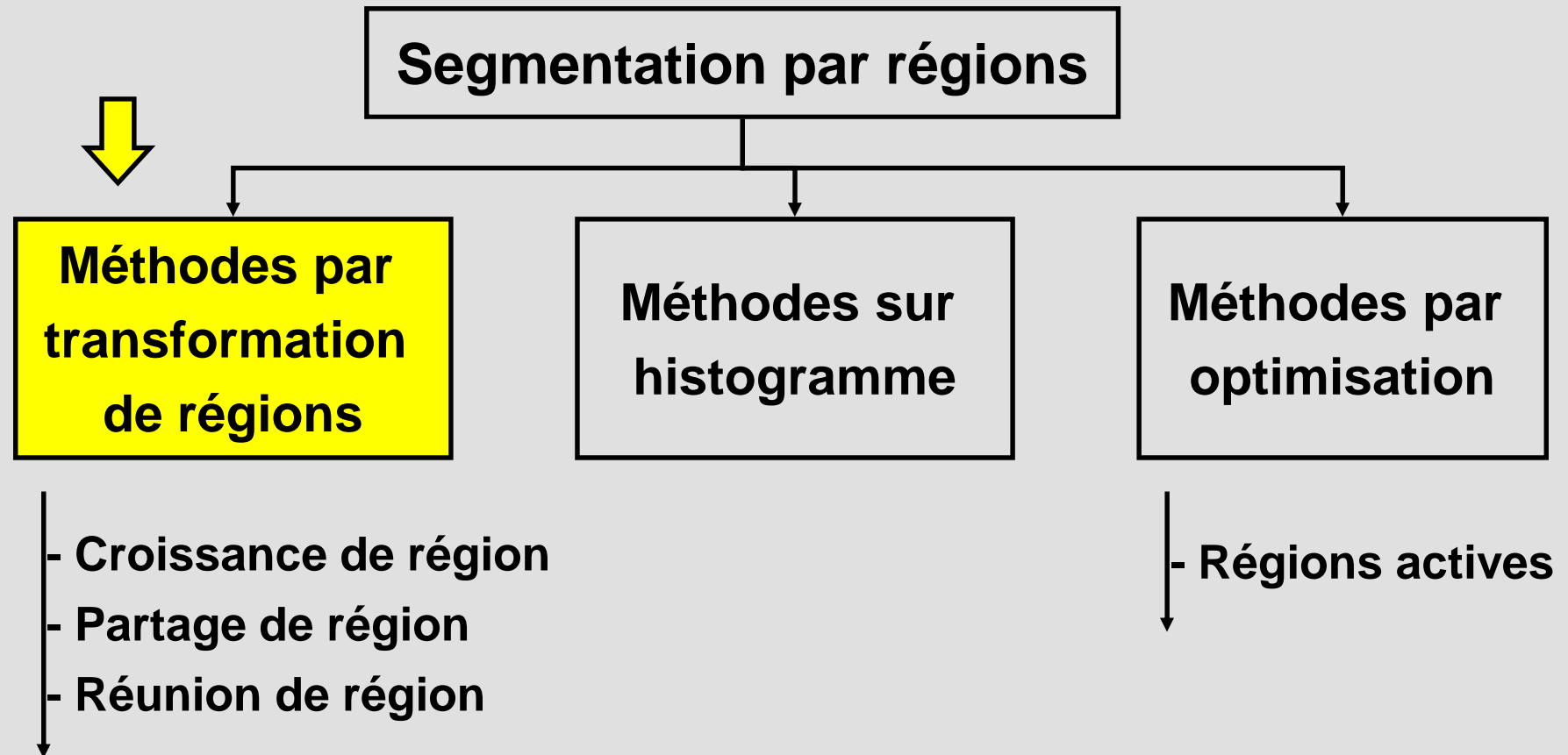
- ☐ Méthodes par histogramme

- ☒ Méthodes par transformation de régions

- ☐ Méthodes par optimisation

# Segmentation par régions

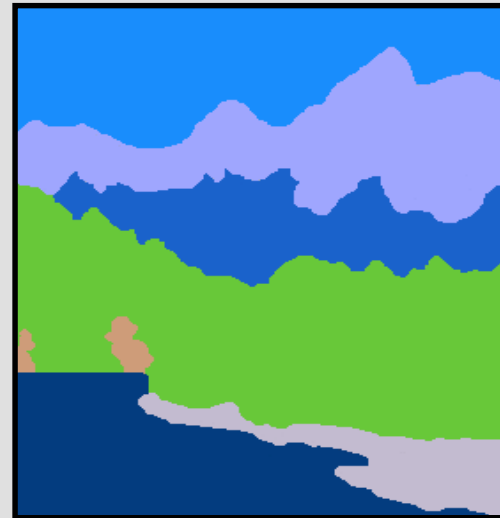
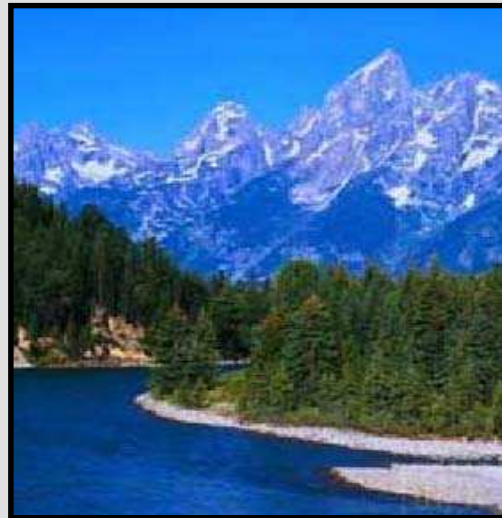
## ■ Contexte – Les différentes méthodes



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

Traitement qui consiste à créer une partition de l'image  $I$  en sous-ensembles  $R_i$ , appelés régions





# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

- ▶ Méthodes qui s'appuient sur la notion de prédicat  $P$  et sur celle de partition
- ▶ Un prédicat est une proposition logique dont la valeur dépend de son argument

# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

- ▶ Prédicat en segmentation: la région  $R_i$  est homogène
- ▶ Arguments utilisés pour vérifier le prédicat précédent
  - Contraste sur la région

$$P(R_i) = \text{vrai} \Leftrightarrow \max_{R_i} [I(x, y)] - \min_{R_i} [I(x, y)] < \sigma$$



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

- ▶ Prédicat en segmentation: la région  $R_i$  est homogène
- ▶ Arguments utilisés pour vérifier le prédicat précédent
  - Écart-type sur la région

$$P(R_i) = \text{vrai} \Leftrightarrow \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{R_i} (I(x, y) - m)^2} < \sigma$$

avec 
$$\begin{cases} N = \text{Card}(R_i) \\ m = \frac{1}{N} \sum_{R_i} I(x, y) \end{cases}$$

# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

- ▶ Prédicat en segmentation: la région  $R_i$  est homogène
- ▶ Arguments utilisés pour vérifier le prédicat précédent
  - L'entropie (mesure de quantité d'information)

$$P(R_i) = \text{vrai} \Leftrightarrow - \sum_{R_i} p(I) \log(P(I)) < \sigma$$

# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

- ▶ Méthodes qui s'appuient sur la notion de prédicat  $P$  et sur celle de partition
- ▶ Une partition  $\Pi$  est un ensemble de régions  $R_i$  de l'image, vérifiant

$$\Pi \Leftrightarrow \begin{cases} \forall i, j (i \neq j) & R_i \cap R_j = \emptyset \\ \bigcup_i R_i = & \text{Support}(\text{image}) \\ \forall i & R_i \neq \emptyset \end{cases}$$



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

- ▶ Il existe un très grand nombre de partitions d'une image
- ▶ Il existe un très grand nombre de partitions qui vérifie le prédicat de segmentation



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

- ▶ Comment choisir entre plusieurs partitions qui vérifient le même prédicat ?
  - Le cardinal de la partition (à minimiser)
  - La taille de la plus petite région (à maximiser)
  - Une distance entre régions (somme des distances entre zones adjacentes à maximiser)



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

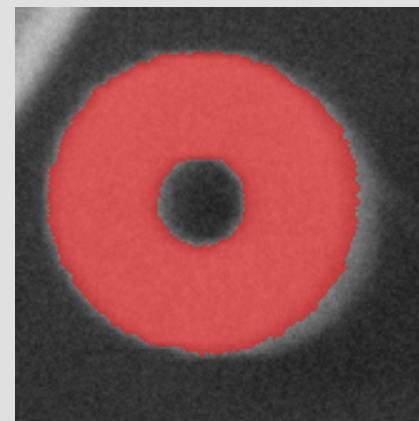
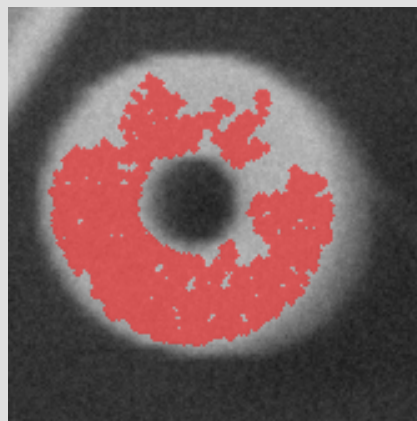
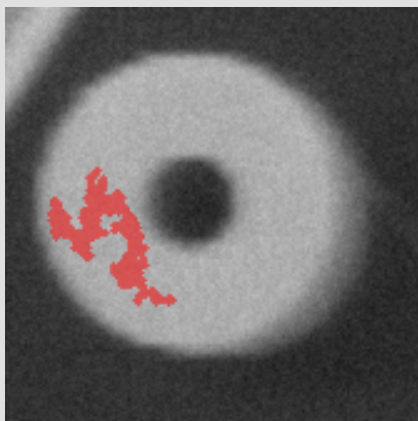
### ► Il existe trois grandes catégories

- La croissance de région
- Le partage de région (*quad-tree*)
- Les graphes d'adjacence

# Segmentation par régions

## ■ La croissance de région

Méthode basée sur l'agglomération de pixels voisins à une région vérifiant l'argument d'un prédicat donné





# Segmentation par régions

## ■ La croissance de région - Principe

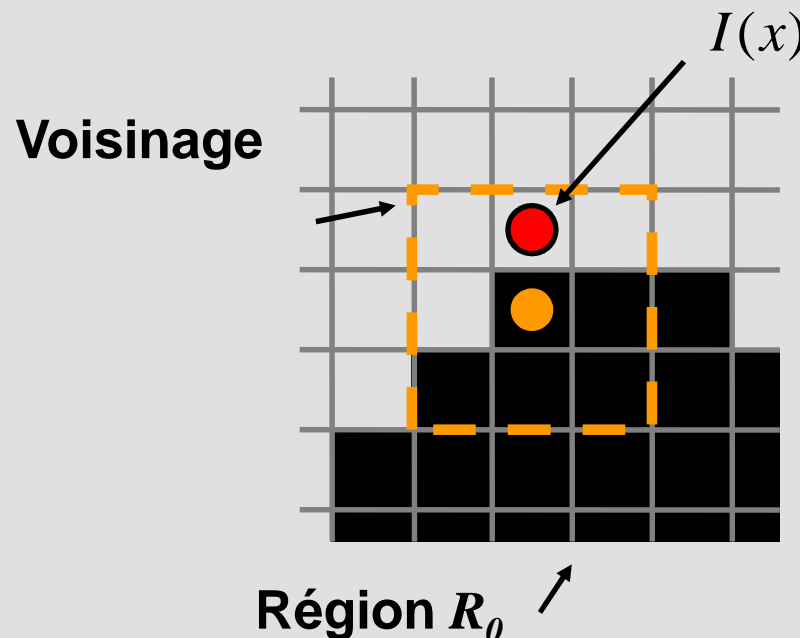
- ▶ Initialisation d'une région  $R_0$  à un pixel ou un groupe de pixels (germes)
- ▶ Ajout à  $R_0$  de tous les pixels voisins dont l'argument vérifie le prédicat
- ▶ Itération jusqu'à convergence



# Segmentation par régions

## ■ La croissance de région - Principe

- ▶ Exemple d'argument: l'homogénéité suivant la moyenne de la région  $\mu_R$  (mise à jour à chaque itération)

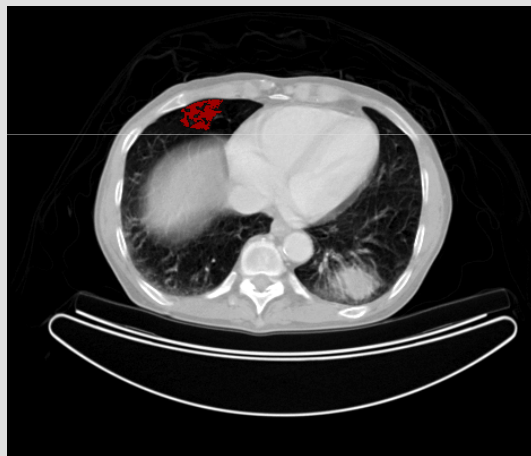


argument

$$|I(x) - \mu_R| < \text{seuil}$$

# Segmentation par régions

## ■ La croissance de région - Exemple



*Après quelques  
itérations*



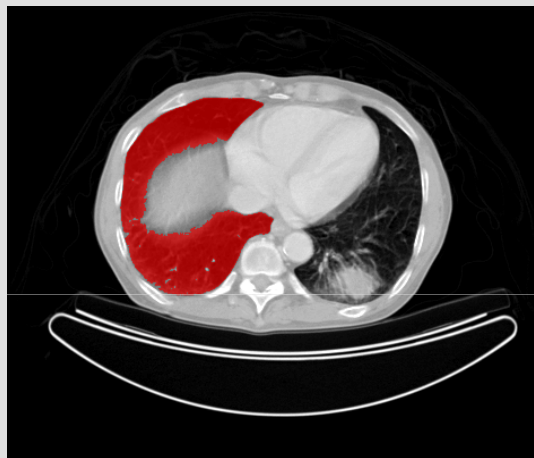
*Après 5000  
itérations*



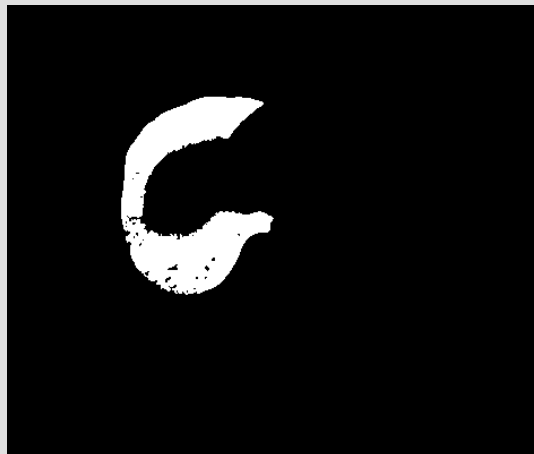
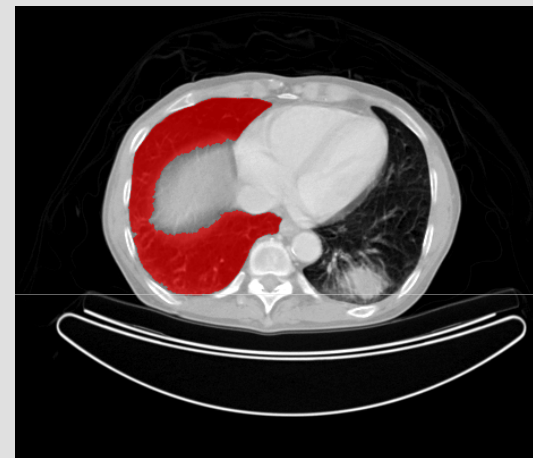
*Convergence  
obtenue à 10119  
itérations*

# Segmentation par régions

## ■ La croissance de région - Exemple

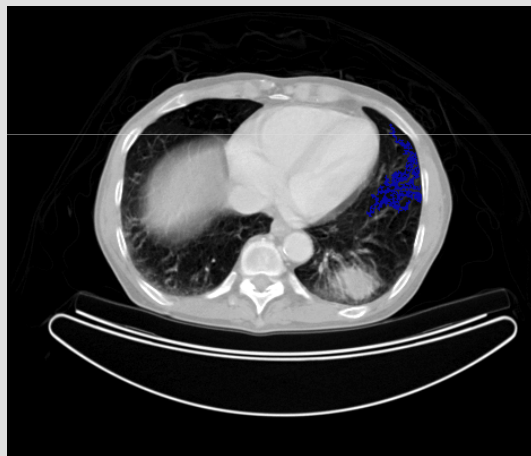


Morphologie  
mathématique

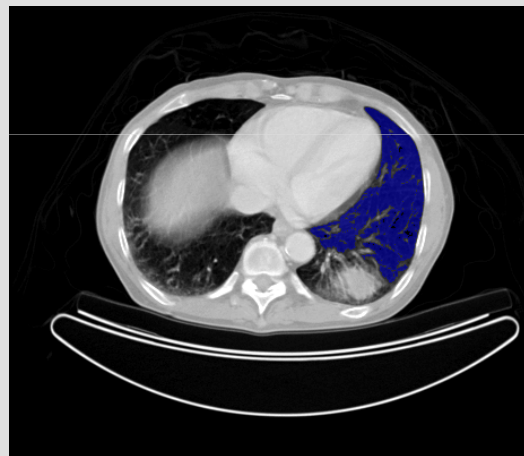


# Segmentation par régions

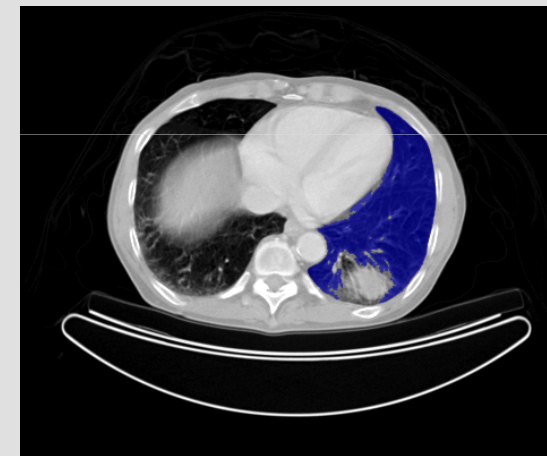
## ■ La croissance de région - Exemple



*Après quelques  
itérations*



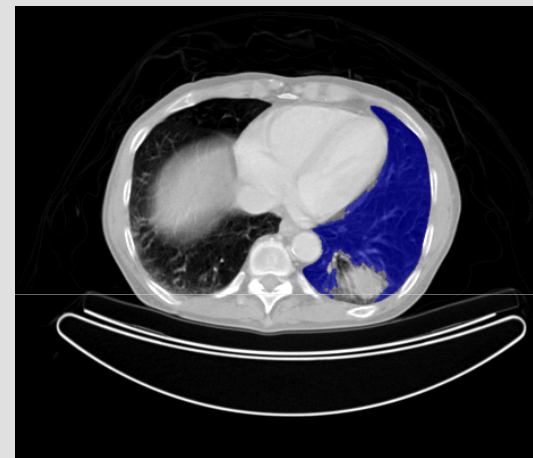
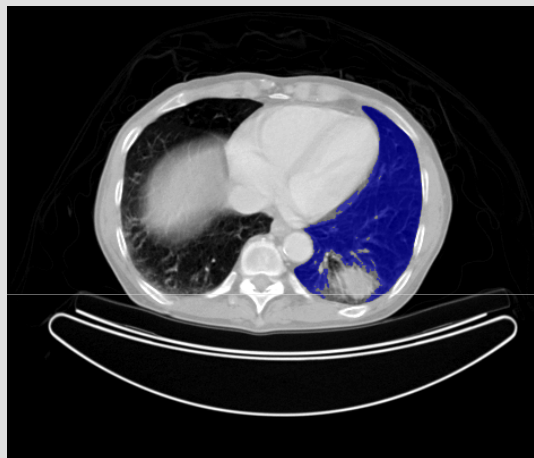
*Après 5000  
itérations*



*Convergence  
obtenue à 10085  
itérations*

# Segmentation par régions

## ■ La croissance de région - Exemple

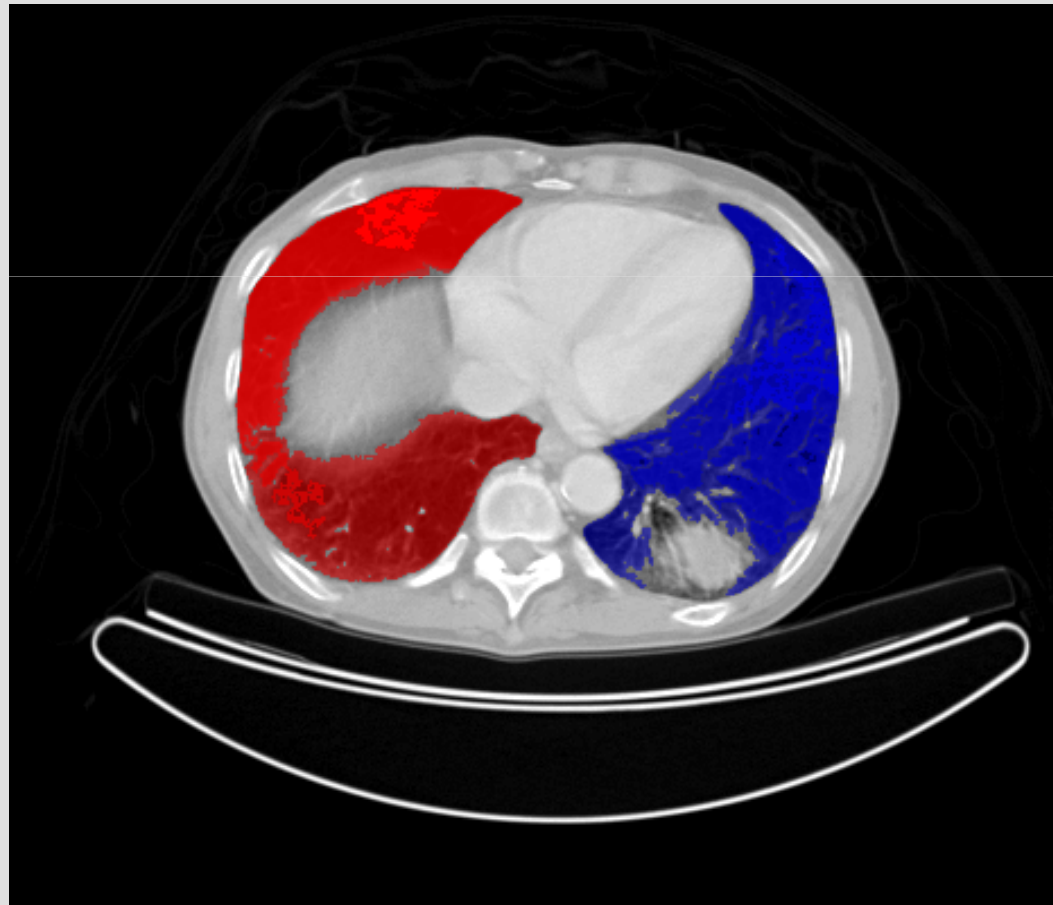


Morphologie  
mathématique



# Segmentation par régions

## ■ La croissance de région - Exemple





# Segmentation par régions

## ■ La croissance de région - Propriétés

- ▶ La performance des résultats dépend de l'emplacement des germes initiaux
- ▶ L'ordre dans lequel sont ajoutés les pixels dans une région a une influence sur le résultat
- ▶ Implémentation relativement simple et temps d'exécution rapides



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

### ► Il existe trois grandes catégories

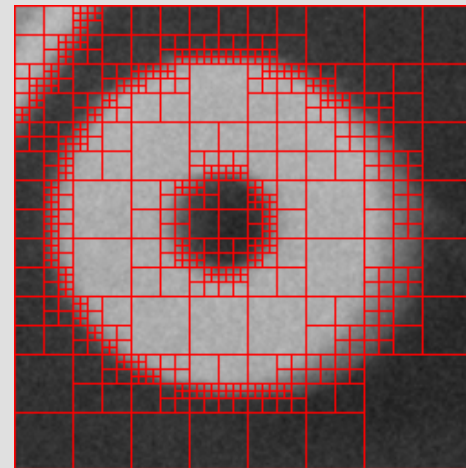
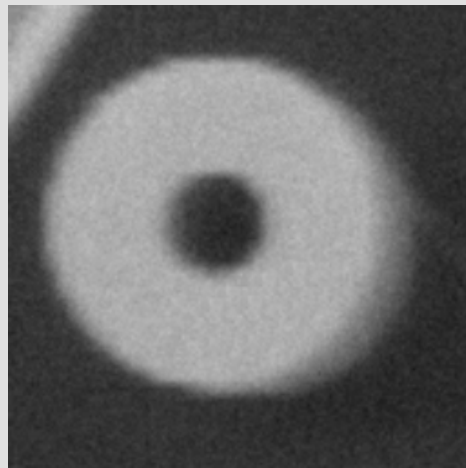
- La croissance de région
- Le partage de région (*quad-tree*)
- Les graphes d'adjacence



# Segmentation par régions

## ■ Le partage de région

Le but de ces méthodes est de partager de façon automatique une image en un ensemble de régions proches du point de vue du prédicat choisi



# Segmentation par régions

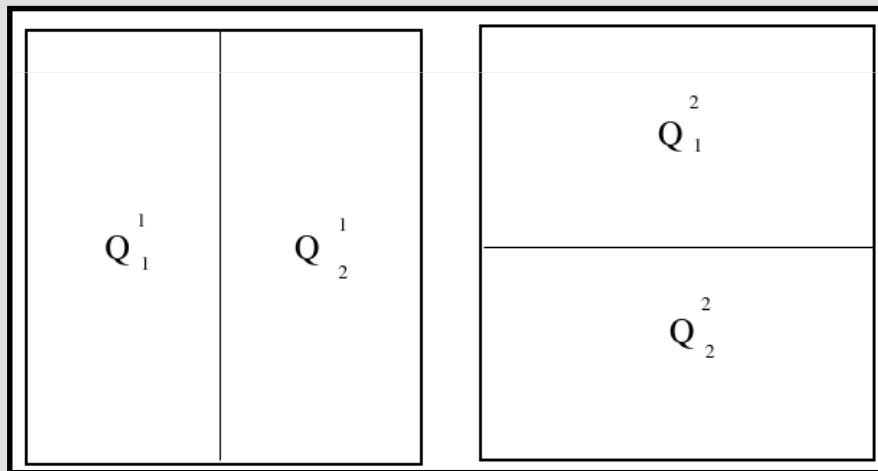
## ■ Le partage de région - Principe

- ▶ On part de l'image entière  $I$ . On appelle  $R$  cette région
- ▶ Application de plusieurs divisions  $\delta$  produisant de nouvelles régions  $R_i^\delta$
- ▶ Pour chaque  $R_i^\delta$  on test le prédicat  $P$  et on retient la meilleure subdivision  $\delta$ , c'est à dire
  - celle qui conduit à des sous-régions vérifiant toute  $P$
  - ou celle qui donne le plus de sous-régions vérifiant  $P$
- ▶ Chaque sous-région ne vérifiant pas  $P$  devient alors une région  $R$  passible du traitement ci-dessus

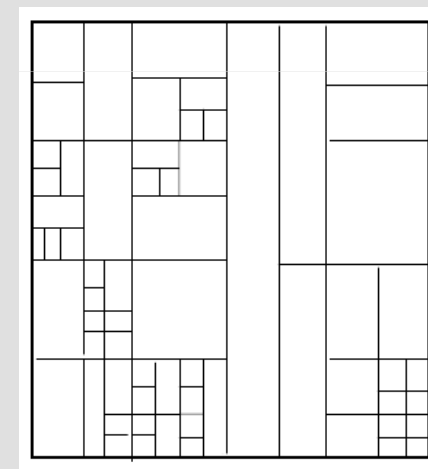
# Segmentation par régions

## ■ Le partage de région

### ► Exemple de partage de régions à deux partitions



***Partitions d'une zone: choix entre partition verticale ou horizontale***

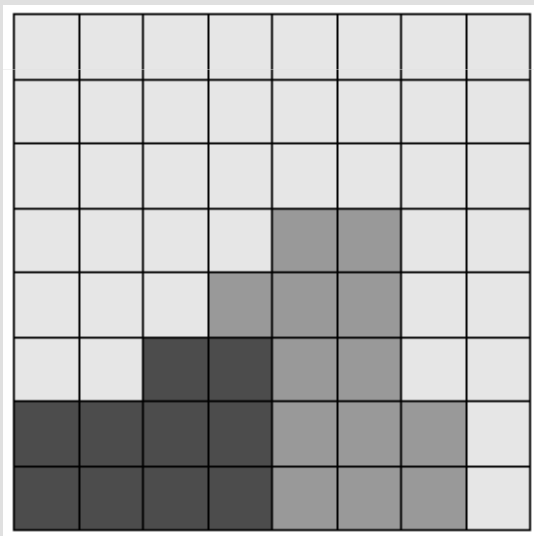


***Image partitionnée***

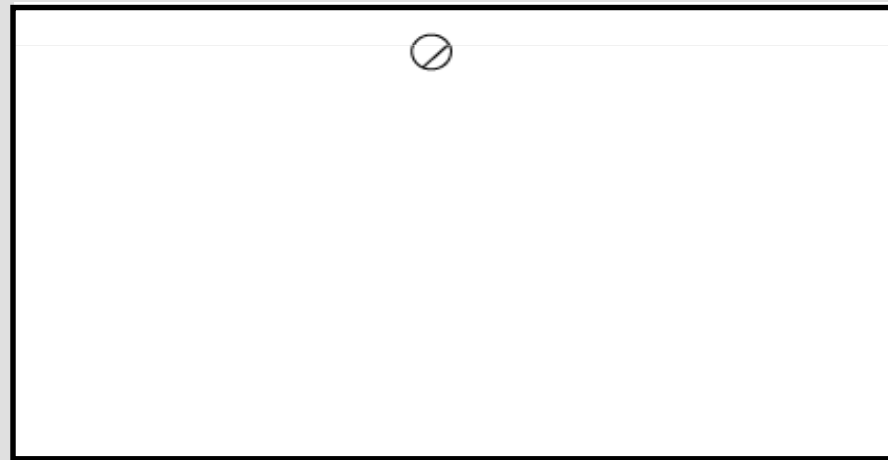
# Segmentation par régions

## ■ Le partage de région - Exemple

### ► *Quad-tree (une seule partition carrée)*



*Image originale*

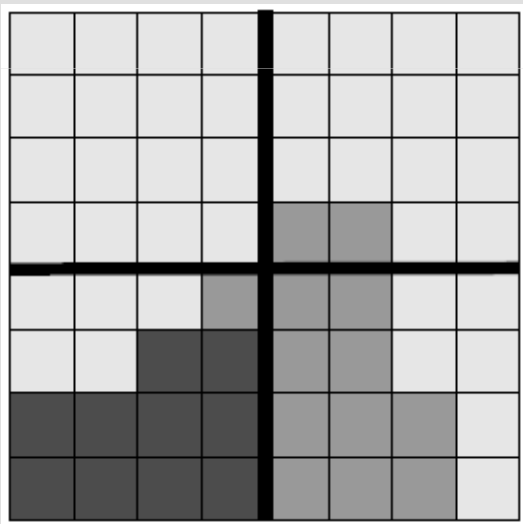


*Construction du Quad-tree  
correspondant*

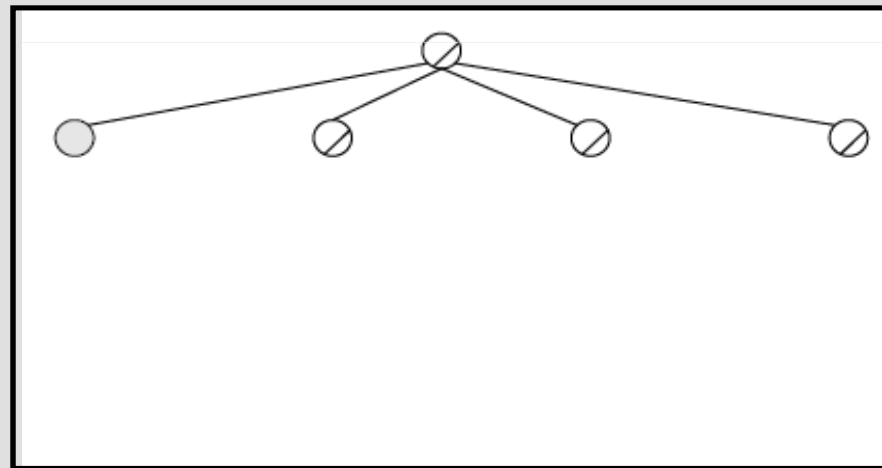
# Segmentation par régions

## ■ Le partage de région - Exemple

### ► *Quad-tree (une seule partition carrée)*



*Image originale*

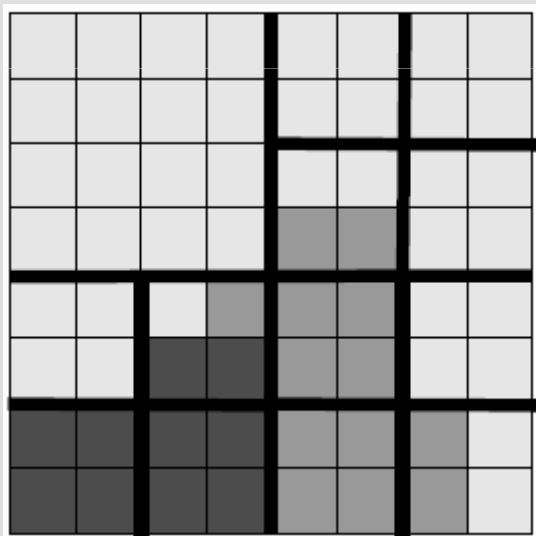


*Construction du Quad-tree  
correspondant*

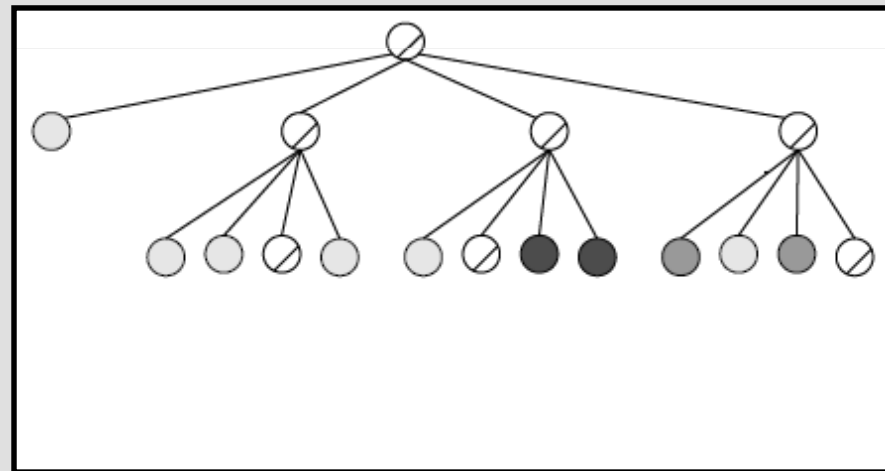
# Segmentation par régions

## ■ Le partage de région - Exemple

- ▶ *Quad-tree (une seule partition carrée)*



*Image originale*

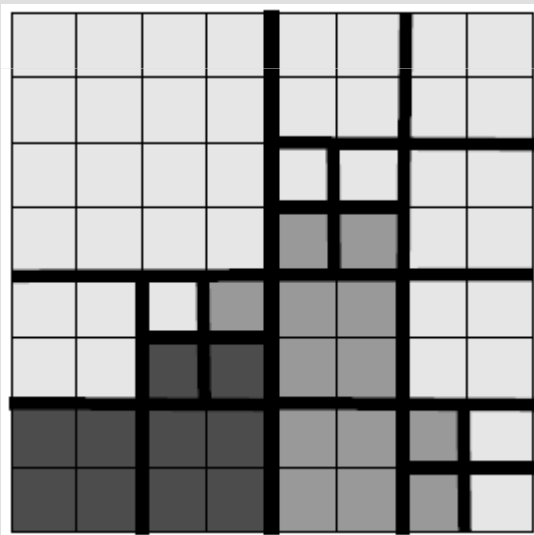


*Construction du Quad-tree  
correspondant*

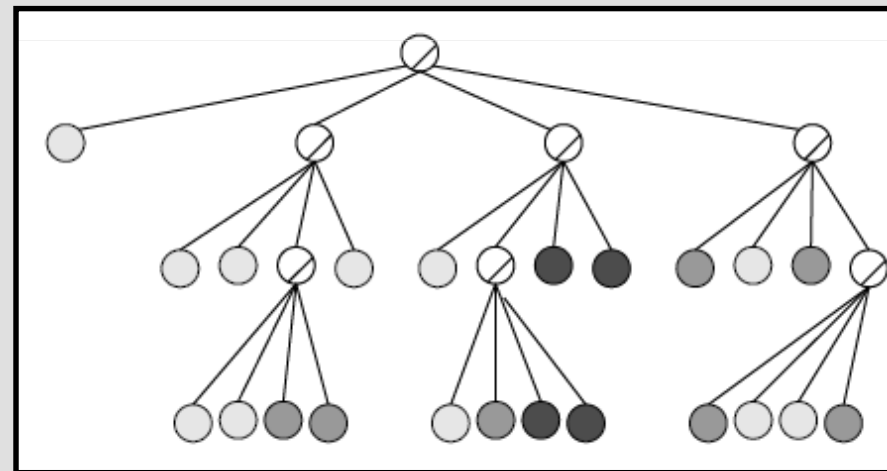
# Segmentation par régions

## ■ Le partage de région - Exemple

### ► *Quad-tree (une seule partition carrée)*



*Image originale*



*Construction du Quad-tree  
correspondant*



# Segmentation par régions

## ■ Le partage de région - Propriétés

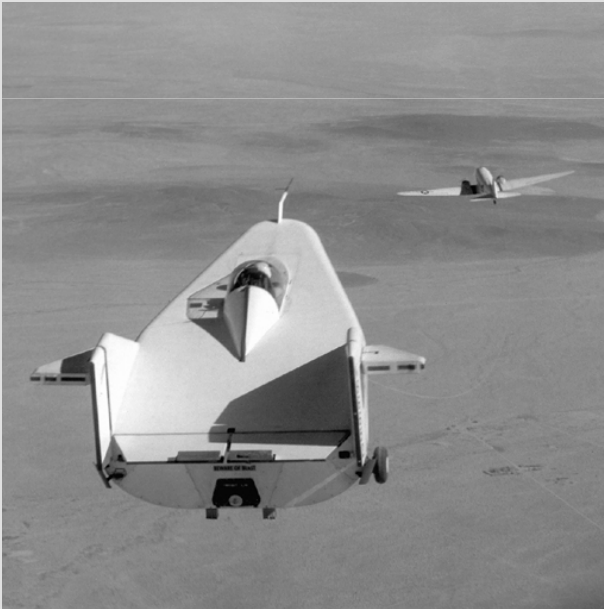
- ▶ La géométrie de découpage a une influence directe sur le résultat de segmentation
- ▶ Par exemple la méthode *quad-tree* fait apparaître des régions carrées
- ▶ Il existe d'autres type de partage (triangle, pyramide)
- ▶ Le choix du type de partage se fait en fonction des formes que l'on souhaite segmenter



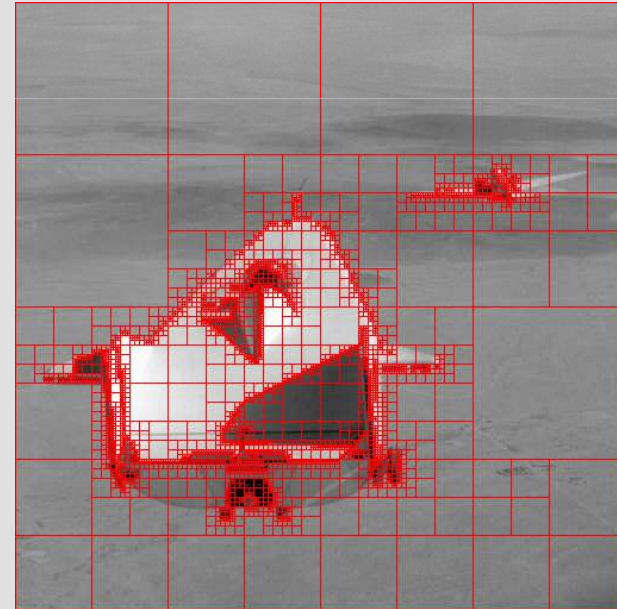
# Segmentation par régions

- ▶ *Exemple d'exploitation d'un Quad-tree*

➡ *Détection de variation d'intensité locale*



*Image originale*

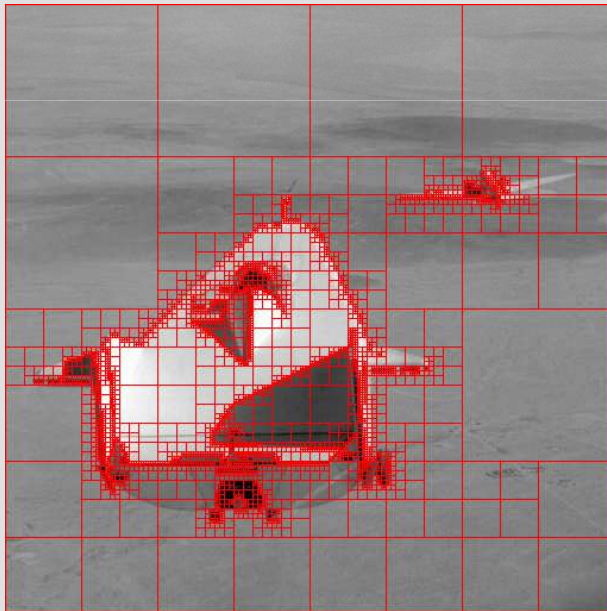


*Construction du Quad-tree correspondant*

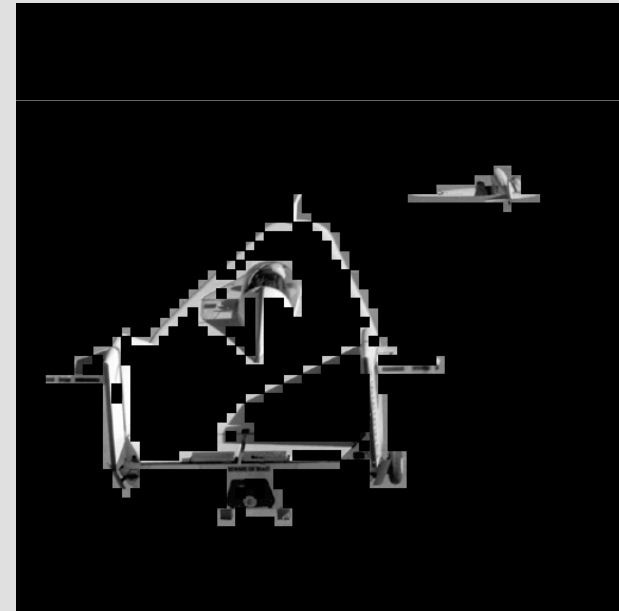
# Segmentation par régions

- ▶ *Exemple d'exploitation d'un Quad-tree*

➡ *Idée: analyser que les plus petits blocs*



***Construction du Quad-tree  
correspondant***



***Après analyse du Quad-  
tree***



# Segmentation par régions

## ■ Méthodes par transformation de régions

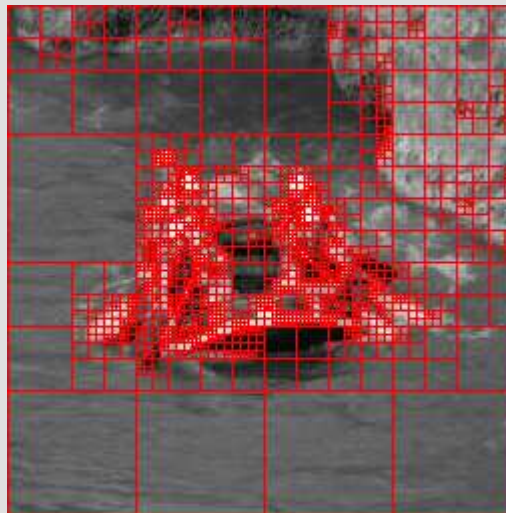
### ► Il existe trois grandes catégories

- La croissance de région
- Le partage de région (*quad-tree*)
- Les graphes d'adjacence

# Segmentation par régions

## ■ Les graphes d'adjacence

Méthodes qui consiste à plonger les régions obtenues après segmentation dans une structure de graphe puis d'utiliser la notion de graphe pour effectuer des regroupements





# Segmentation par régions

## ■ Les graphes d'adjacence - Principe

- ▶ A partir d'une segmentation initiale, définition d'un graphe d'adjacence où une région est un nœud et un arc une relation d'adjacence
- ▶ Définition d'une fonction de similarité entre deux nœuds
- ▶ On trie tous les couples de nœuds adjacents dans une liste ordonnée
- ▶ On regroupe les deux meilleurs candidats
- ▶ On remet à jour la liste et on itère

# Segmentation par régions

## ■ Les graphes d'adjacence - Exemple

- ▶ Création d'un graphe au cours d'un *quad-tree*

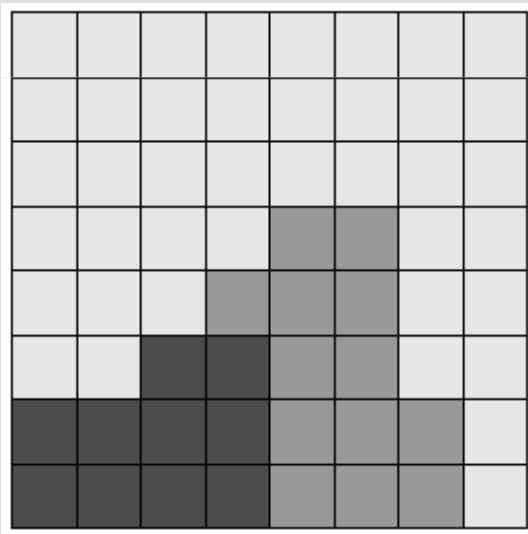
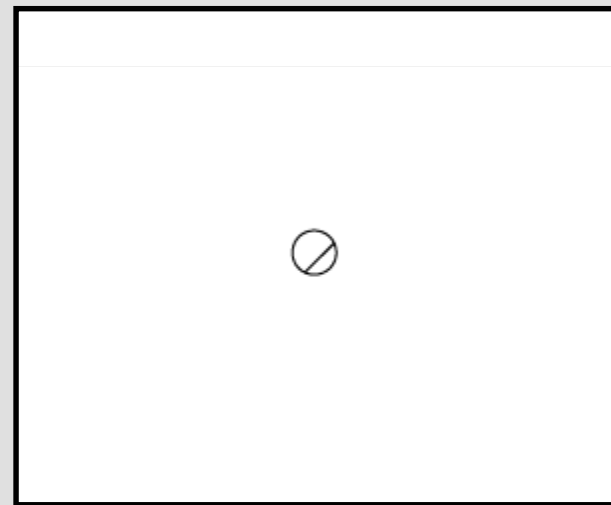


Image originale

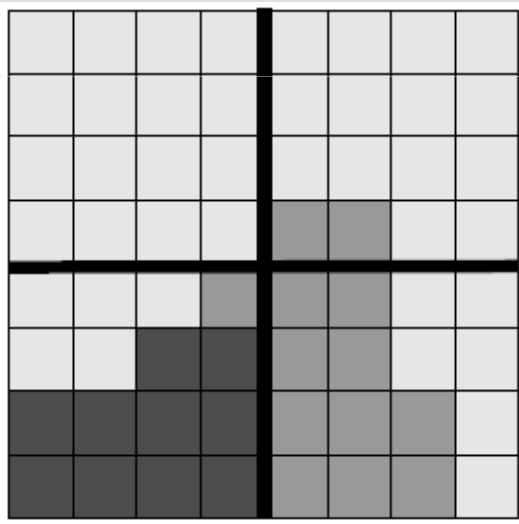


Construction du Graphe  
d'adjacence correspondant

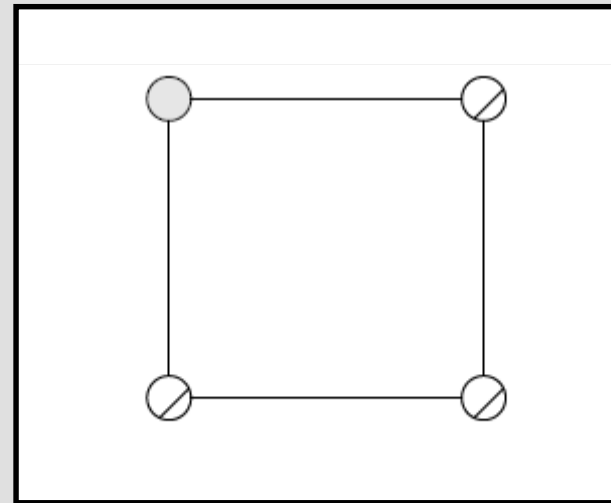
# Segmentation par régions

## ■ Les graphes d'adjacence - Exemple

- ▶ Création d'un graphe au cours d'un *quad-tree*



*Image originale*

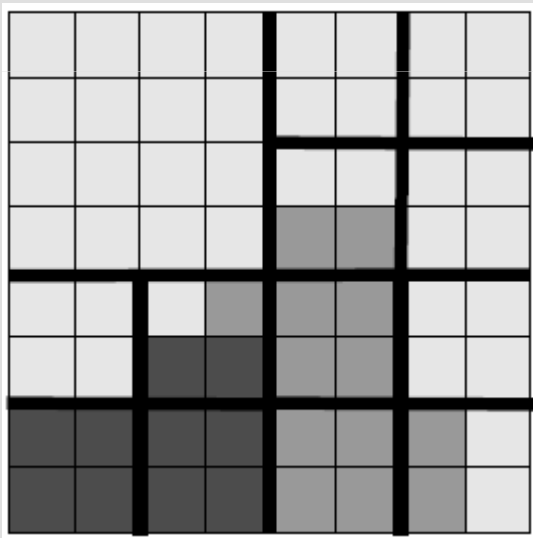


*Construction du Graphe  
d'adjacence correspondant*

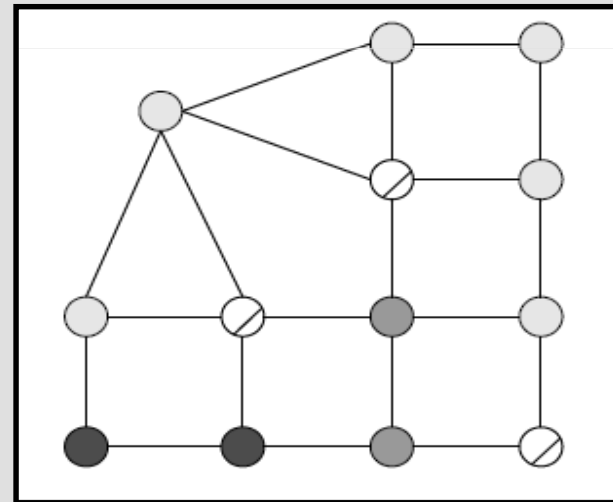
# Segmentation par régions

## ■ Les graphes d'adjacence - Exemple

- Création d'un graphe au cours d'un *quad-tree*



*Image originale*



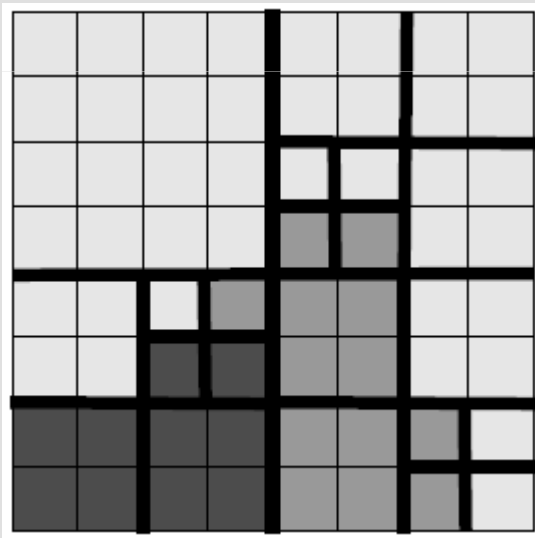
*Construction du Graphe d'adjacence correspondant*



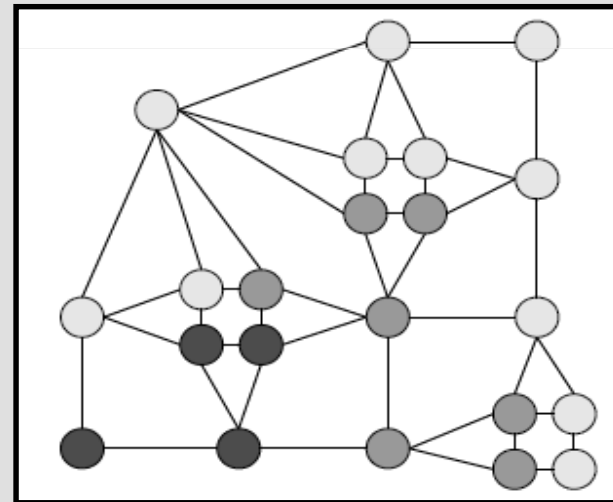
# Segmentation par régions

## ■ Les graphes d'adjacence - Exemple

- ▶ Création d'un graphe au cours d'un *quad-tree*



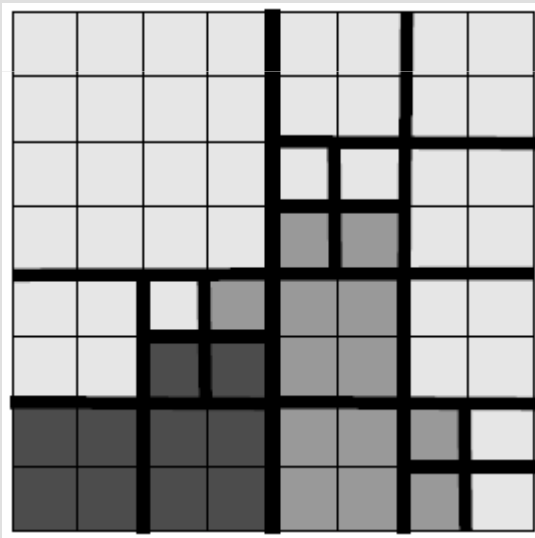
*Image originale*



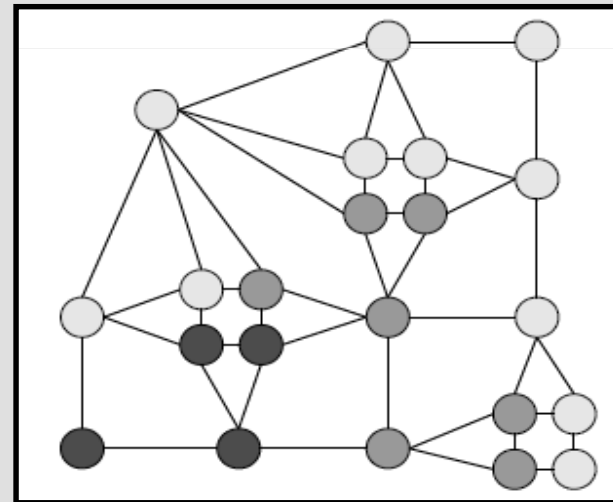
*Construction du Graphe  
d'adjacence correspondant*

# Segmentation par régions

- Les graphes d'adjacence - Exemple
  - Exploitation d'un graphe d'adjacence



*Image originale*

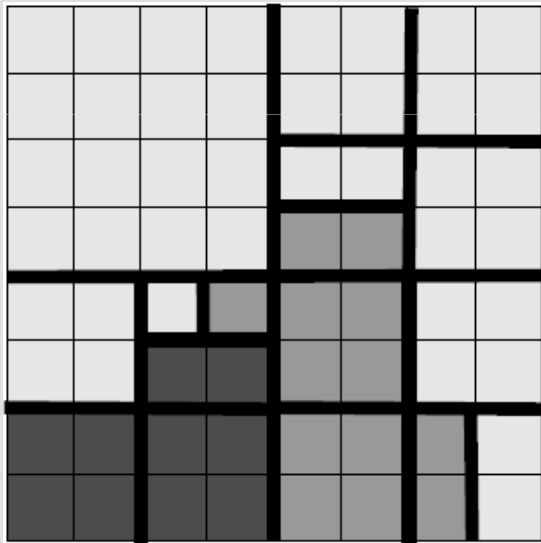


*Construction de la segmentation  
par régions correspondante*

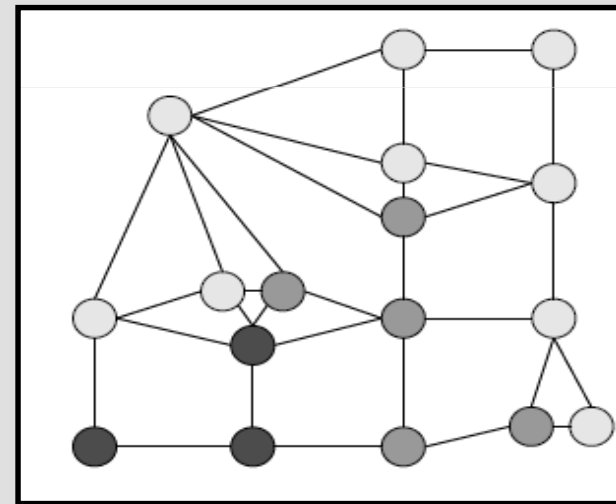
# Segmentation par régions

## ■ Les graphes d'adjacence - Exemple

### ► Exploitation d'un graphe d'adjacence



*Image originale*

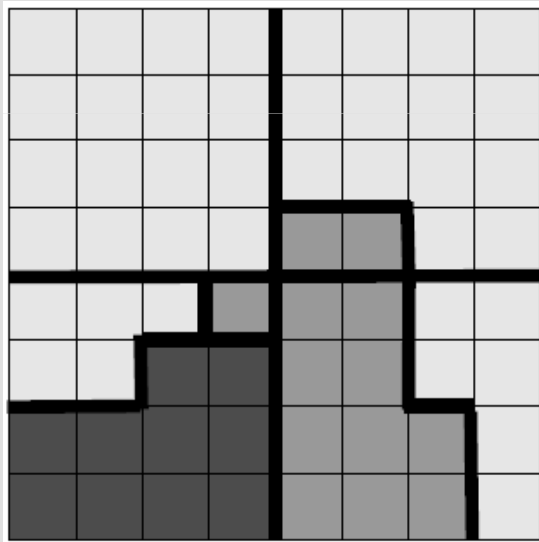


*Construction de la segmentation  
par régions correspondante*

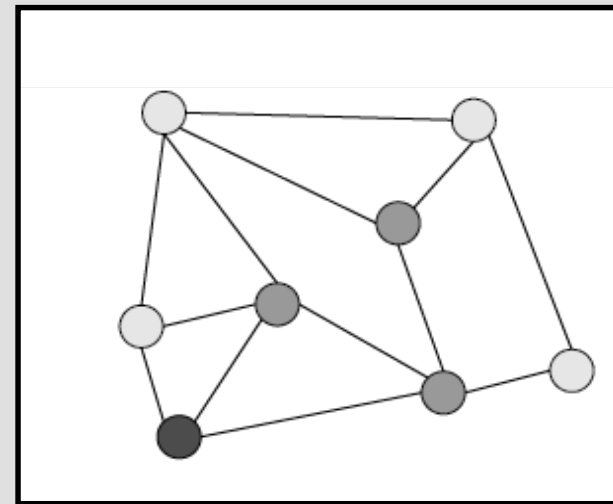
# Segmentation par régions

## ■ Les graphes d'adjacence - Exemple

### ► Exploitation d'un graphe d'adjacence



*Image originale*

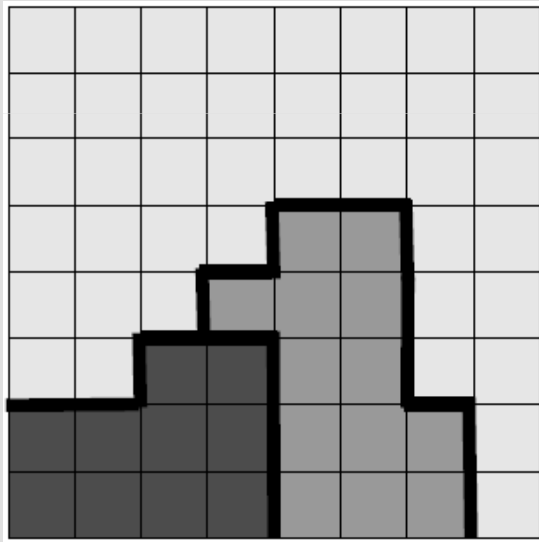


*Construction de la segmentation  
par régions correspondante*

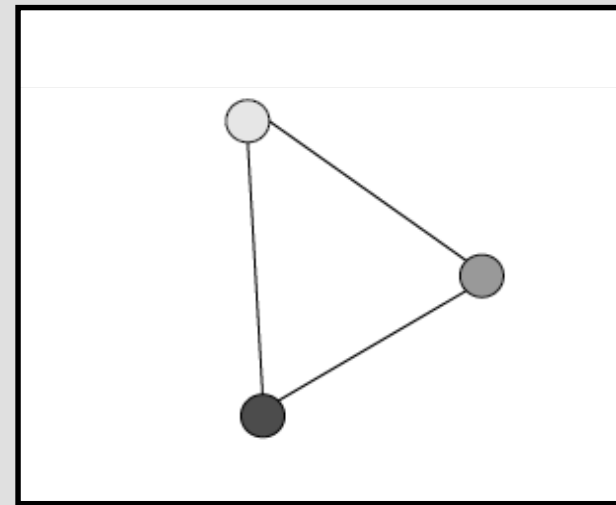
# Segmentation par régions

## ■ Les graphes d'adjacence - Exemple

### ► Exploitation d'un graphe d'adjacence



*Image originale*



*Construction de la segmentation  
par régions correspondante*



# Segmentation par régions

## ■ Les graphes d'adjacence - Propriétés

- ▶ L'ordre dans lequel s'effectue le regroupement des régions a une influence sur le résultat
- ▶ En général, il est préférable de regrouper les petites régions en premier



# **Analyse d'images**

**Fin de la deuxième partie**



# ANNEXES

- ✓ *Méthodes par optimisation*
- ✓ *Exemple code matlab*





# Segmentation par régions

## ■ Contexte

- ☐ Définition

- ☐ Principe

## ■ Les différentes méthodes

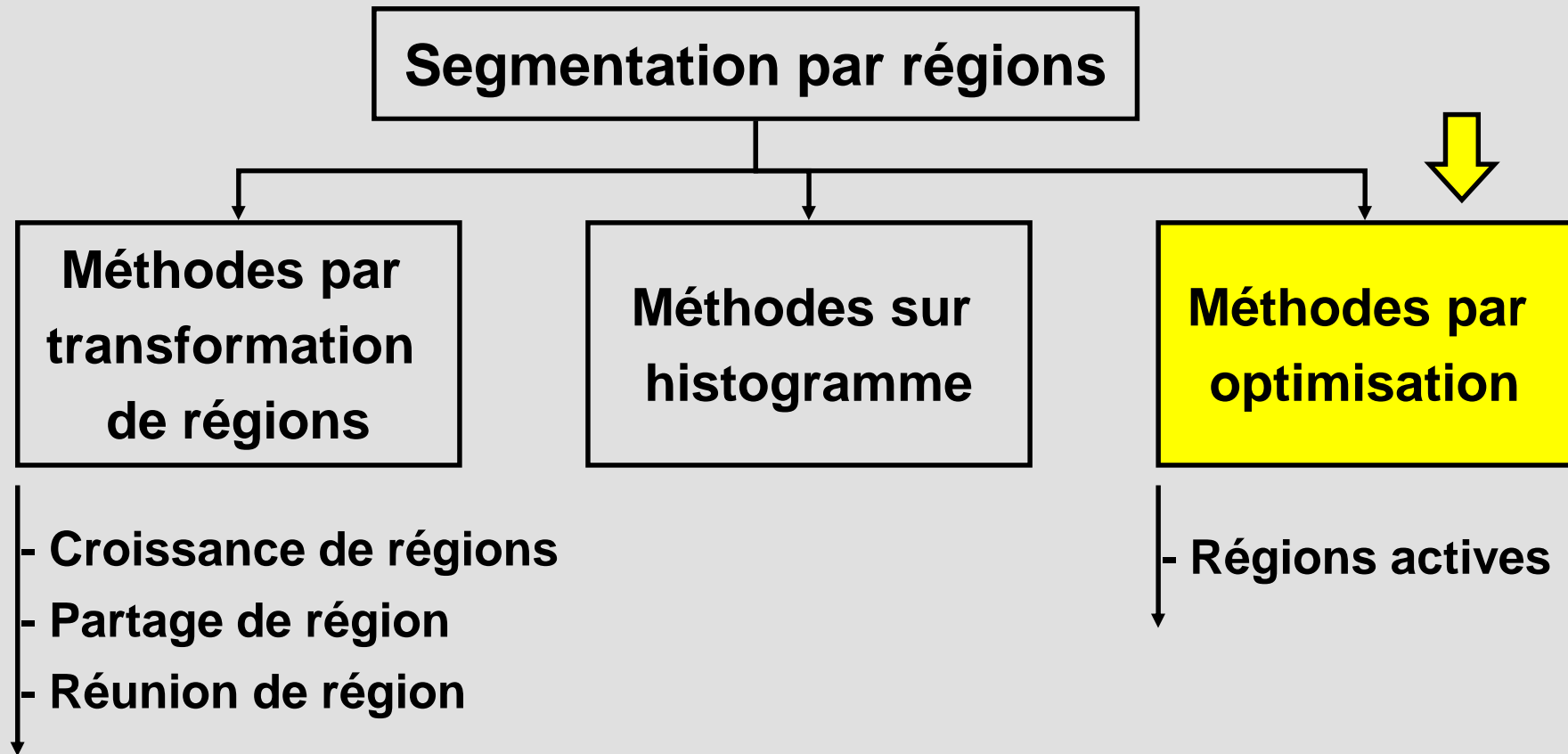
- ☐ Méthodes par histogramme

- ☐ Méthodes par transformation de régions

- ☐ Méthodes par optimisation

# Segmentation par régions

## ■ Contexte – Les différentes méthodes



# Segmentation par régions

## ■ Les méthodes par optimisation

Le problème de segmentation est formalisé par l'estimation d'une fonction  $f$  bidimensionnelle devant rester le plus proche possible de l'image  $I$  sous contraintes particulières

- ▶ Les contraintes peuvent être de type
  - régularité des contours
  - $f$  constante par morceaux
  - régulière sur l'ensemble de définition

# Segmentation par régions

## ■ Les méthodes par optimisation

### ► Principe

Le but des méthodes par optimisation est de trouver un compromis entre les différentes propriétés de la fonction, en minimisant une fonctionnelle d'énergie

➡ Similarité avec les contours actifs

# Segmentation par régions

## ■ Les méthodes par optimisation

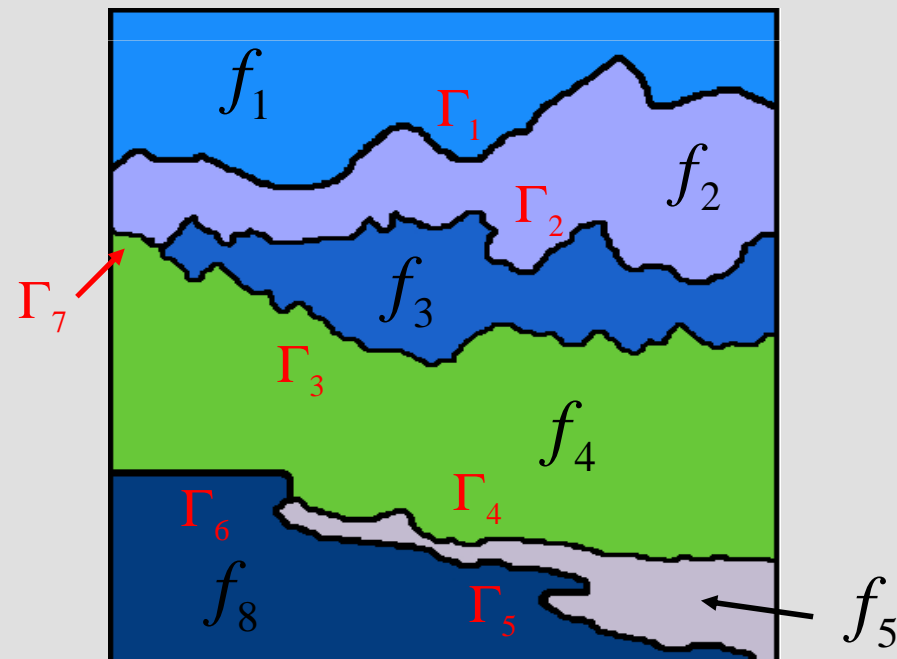
### ► Formalisme mathématique

- $I$  : l'image à traiter
- $\{\Omega_i\}_{i \in P}$  : la partition (segmentation) calculée
- $\{\Gamma_i\}_{i \in Q}$  : les courbes frontières associées à la segmentation
- $f$  : la fonction recherchée, représentant l'image  $I$  segmentée

# Segmentation par régions

## ■ Les méthodes par optimisation

- La fonction  $f$  est représentée par ses restrictions  $f_i$  sur chaque région  $R_i$ :  $f \equiv \{f_i\}_{i \in P}$



# Segmentation par régions

## ■ Les méthodes par optimisation - Fonctionnelle

$$E(I, f, R, \Gamma) = \underbrace{\mu \sum_{i \in P} \iint_{R_i} (I(x, y) - f_i(x, y))^2 dx dy}_{\text{①}} + \underbrace{\sum_{i \in P} \iint_{R_i} \|\nabla f_i(x, y)\|^2 dx dy}_{\text{②}} + \underbrace{\nu \sum_{j \in Q} \int_{\Gamma_j} ds}_{\text{③}}$$

- ① *Terme de ressemblance à l'image initiale*
- ② *Terme de régularité des fonctions sur chaque région*
- ③ *Terme de simplicité géométrique (longueur des frontières)*

# Segmentation par régions

## ■ Les méthodes par optimisation - Simplification

- ▶ On impose que chaque fonction  $f_i$  doit être constante sur la région  $R_i$
- ▶  $f_i$  est alors égale à la valeur moyenne de  $I$  sur la région  $R_i$
- ▶ Le problème revient alors à minimiser la fonctionnelle suivante

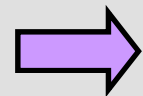
$$E(I, f, R, \Gamma) = \sum_{i \in P} \iint_{R_i} (I(x, y) - f_i(x, y))^2 dx dy + \frac{\nu}{\mu} \sum_{j \in Q} \int_{\Gamma_j} ds$$



# Segmentation par régions

## ■ Les méthodes par optimisation - Propriétés

- ▶ Il n'existe pas de solution directe au problème de minimisation de la fonctionnelle d'énergie
- ▶ Implémentation de méthodes d'optimisation permettant d'obtenir un minimum local

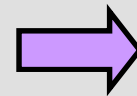
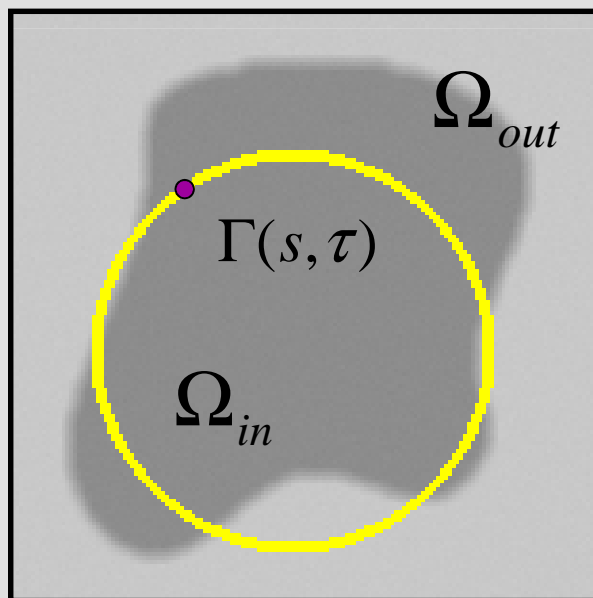


**Méthodes variationnelles à partir de courbes fermées**

# Segmentation par régions

## ■ Exemple de méthode variationnelle

- ▶ Recherche de deux régions homogènes en niveaux de gris (par exemple l'objet et le fond de l'image)



**Les contours actifs ?  
Les régions actives !!**

# Segmentation par régions

## ■ Les régions actives

### ► Modélisation mathématique

**1 - choix de la représentation du contour actif**

2 - conception d'une fonction énergie dont le minimum correspond aux contours de l'objet à segmenter

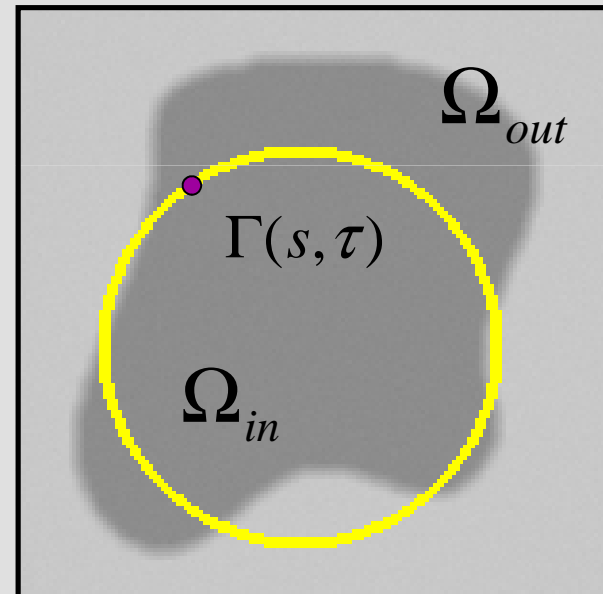
3 - évolution du contour guidée par la minimisation de la fonction d'énergie

# Segmentation par régions – les régions actives

## ► Choix de la représentation du contour actif

### Représentation continue

- $\Gamma(s, \tau) : [0, 1] \times [0, \infty[ \rightarrow \mathbb{R}^2$
- $\Omega_{in}$ ,  $\Omega_{out}$  région intérieure et extérieure à  $\Gamma$



# Segmentation par régions – les régions actives

## ■ Comment faire évoluer le contour actif ?

### ► Modélisation mathématique

1 - choix de la représentation du contour actif

**2 - conception d'une fonction énergie dont le minimum correspond aux contours de l'objet à segmenter**

3 - évolution du contour guidée par la minimisation de la fonction d'énergie

# Segmentation par régions – les régions actives

## ► Fonction d'énergie

$$E(\Gamma) = \int_{\Omega_{in}} (I(x, y) - f_{in})^2 dx dy + \int_{\Omega_{out}} (I(x, y) - f_{out})^2 dx dy + \int_0^1 \left| \frac{\partial \Gamma(s)}{\partial s} \right| ds$$

avec  $\left\{ \begin{array}{l} I : \text{image traitée} \\ f_{in} : \text{valeur moyenne à l'intérieur du contour (à mettre} \\ \quad \text{à jour à chaque itération)} \\ f_{out} : \text{valeur moyenne à l'extérieur du contour (à mettre} \\ \quad \text{à jour à chaque itération)} \end{array} \right.$

# Segmentation par régions – les régions actives

## ■ Comment faire évoluer le contour actif ?

### ► Modélisation mathématique

1 - choix de la représentation du contour actif

2 - conception d'une fonction énergie dont le minimum correspond aux contours de l'objet à segmenter

**3 - évolution du contour guidée par la minimisation de la fonction d'énergie**

## Segmentation par régions – les régions actives

- ▶ Évolution du contour guidée par la minimisation de la fonction d'énergie
  - Utilisation d'outil mathématique de calcul variationnel

$$\frac{\partial \Gamma(\tau)}{\partial \tau} = V(x, y) \vec{N}$$

**avec**  $V(x, y) = \underbrace{\kappa}_{\text{terme de lissage}} + \underbrace{(I(x, y) - f_{in})^2 - (I(x, y) - f_{out})^2}_{\text{terme d'attache aux données}}$

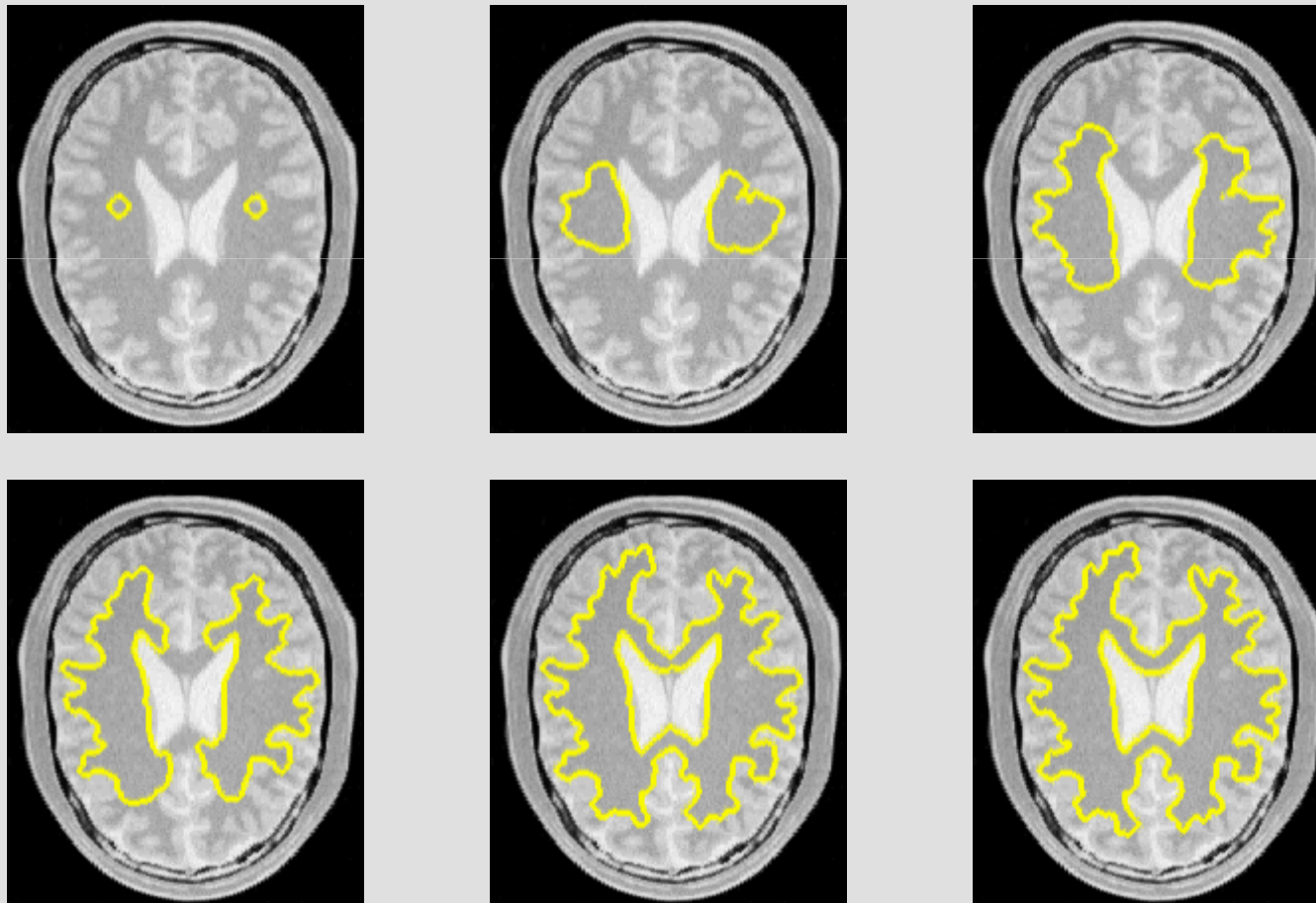
*terme de  
lissage*

*terme d'attache  
aux données*



## Segmentation par régions – les régions actives

- ▶ Évolution du contour guidée par la minimisation de la fonction d'énergie





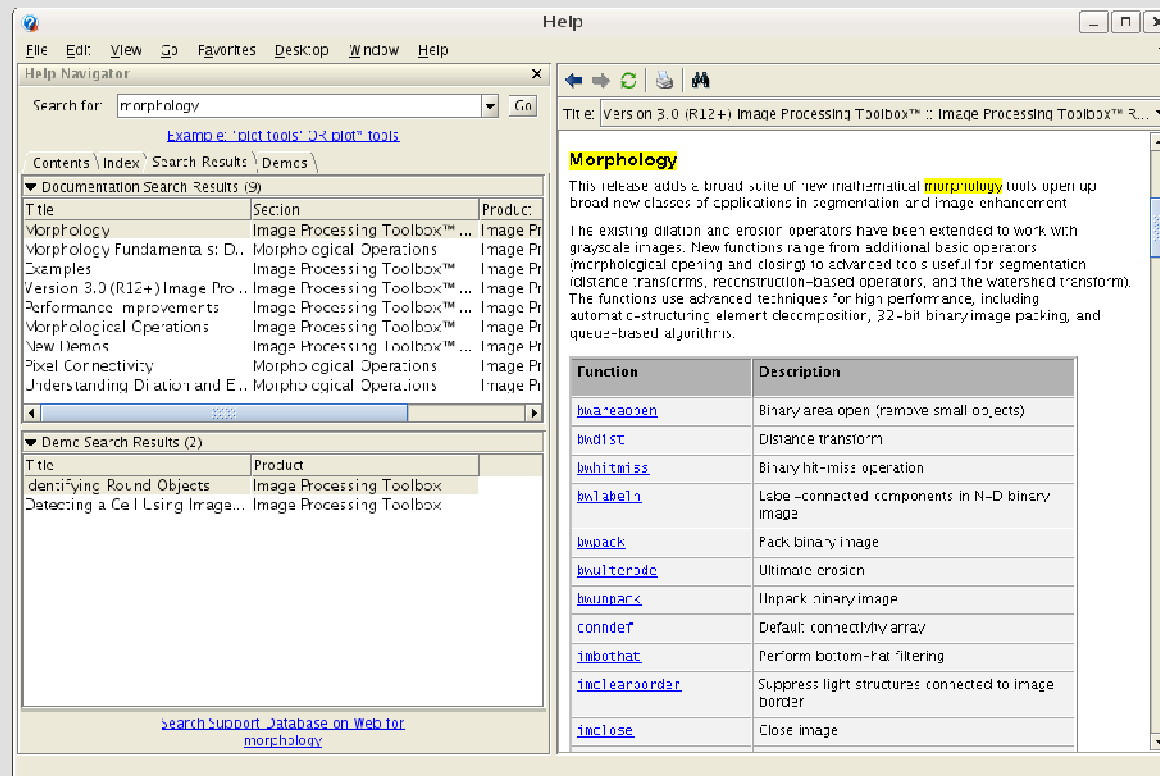
# Analyse d'images - Annexes

- ▶ *L'ensemble des résultats du cours obtenus en utilisant matlab est téléchargeable à l'adresse internet suivante*

*[www.creatis.insa-lyon.fr/~bernard/AnalyseImage](http://www.creatis.insa-lyon.fr/~bernard/AnalyseImage)*

# Analyse d'images - Annexes

- **Liste des fonctions de morphologie mathématique accessible dans la documentation matlab en écrivant « morphology » dans l'onglet content**



The screenshot shows the MATLAB Help Navigator window. The search bar contains 'morphology'. The 'Contents' pane on the left shows a tree structure with 'Morphology' selected. The 'Search Results' pane on the right displays a list of search results. The 'Documentation Search Results (9)' section lists various topics related to morphology, including 'Morphology Fundamentals', 'Morphological Operations', 'Performance Improvements', 'New Demos', 'Pixel Connectivity', and 'Understanding Dilation and Erosion'. The 'Demos Search Results (2)' section lists 'Identifying Round Objects' and 'Detecting a Cell Using Image...'. The 'Search Support Database on Web for morphology' link is also visible.

**Morphology**

This release adds a broad suite of new mathematical **morphology** tools open up broad new classes of applications in segmentation and image enhancement.

The existing dilation and erosion operators have been extended to work with grayscale images. New functions range from additional basic operators (morphological opening and closing) to advanced tools useful for segmentation (distance transforms, reconstruction-based operators, and the watershed transform). The functions use advanced techniques for high performance, including automatic structuring element decomposition, 32-bit binary image packing, and queue-based algorithms.

Function	Description
<a href="#">bwa*erode</a>	Binary area open (remove small objects)
<a href="#">bwdist</a>	Distance transform
<a href="#">bwhitmiss</a>	Binary hit-miss operation
<a href="#">bwlabeln</a>	Label n-connected components in N-D binary image
<a href="#">bwpack</a>	Pack binary image
<a href="#">bwunpack</a>	Ultimate erosion
<a href="#">bwunpack</a>	Unpack binary image
<a href="#">conndef</a>	Default connectivity array
<a href="#">imbothat</a>	Perform bottom-hat filtering
<a href="#">imclearborder</a>	Suppress light structures connected to image border
<a href="#">imclose</a>	Close image

# Analyse d'images - Annexes

## ► *Code matlab de la fonction hystérésis (connexité 4)*

```
function out = hysteresis(in1,in2)

out = in2; count = 1; k=0;
MAXITERATION = 200;
while ( ( count ~= 0 ) && ( k < MAXITERATION ) )
    count = 0;
    for i=2:(size(out,1)-1)
        for j=2:(size(out,2)-1)
            if ( out(i,j) > 0 )
                if ( in1(i-1,j) > 0 )
                    out(i-1,j) = 255; count = count + 1;
                end
                if ( in1(i+1,j) > 0 )
                    out(i+1,j) = 255; count = count + 1;
                end
                if ( in1(i,j-1) > 0 )
                    out(i,j-1) = 255; count = count + 1;
                end
                if ( in1(i,j+1) > 0 )
                    out(i,j+1) = 255; count = count + 1;
                end
            end
        end
    end
    k = k + 1;
end
```