

# Segmentation

## Master Système Embarqué

Aissa. Belmeguenai

Laboratoire de Recherche en Electronique de Skikda  
Université 20 Août 1955- Skikda  
BP 26 Route d'El-hadaeik Skikda, Algeria

2020

## 1 Introduction

- Définitions:
- Champs d'applications:

## 2 Méthodes de segmentation

- Méthodes par histogramme
- Méthodes par Régions
- Méthodes par optimisation

## 1 Introduction

- Définitions:
- Champs d'applications:

## 2 Méthodes de segmentation

- Méthodes par histogramme
- Méthodes par Régions
- Méthodes par optimisation

# 1. Introduction

## Définitions:

- Partitionner l'image en zones homogènes selon un critère déterminé : niveau de gris, couleur, texture,...
- Découper une image en ensemble de régions d'intersection vide et l'union de ces régions doit redonner l'image initiale.
- Regrouper les pixels de l'image qui partagent une même propriété pour former des régions connexes.
- Il n'existe pas une méthode de segmentation d'images, mais des milliers!
- La méthode utilisée dépend très fortement du type d'images et de l'application visée.

# Exemple de segmentation d'image

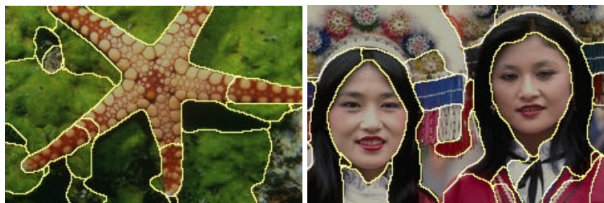


Figure : *Exemple de segmentation d'image*

## 1 Introduction

- Définitions:
- Champs d'applications:

## 2 Méthodes de segmentation

- Méthodes par histogramme
- Méthodes par Régions
- Méthodes par optimisation

# 1. Introduction

## Champs d'applications:

- Segmentation de visages;
- Biométrie;
- Vidéo-surveillance;
- Robotique;
- Télédétection;
- Reconnaissance des formes, i.e., reconnaissance de caractères;
- Médecine : Imagerie médicale,
  - Planification d'un traitement
  - Étude d'une structure anatomique
  - Chirurgie assistée par ordinateur
  - Localisation d'une pathologie
  - Quantification des volumes des tissus, des organes

# Exemple de champs d'application de segmentation

## Face Detection

Carnegie Mellon University



Figure : *Détection de visage*



# Exemple de champs d'application de segmentation

## Reconstruction 3D du cortex cérébral

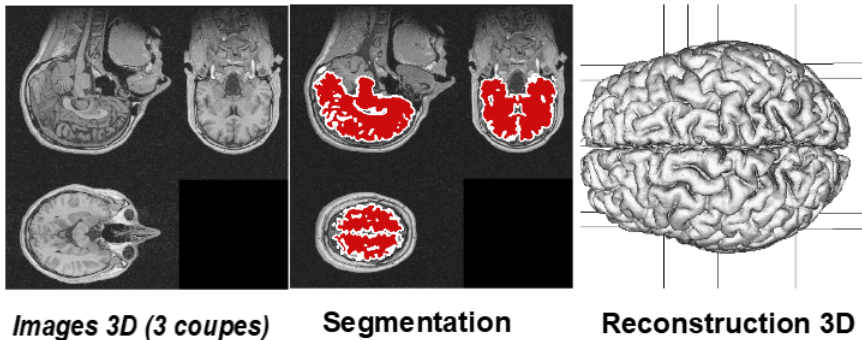


Figure : *Reconstruction 3D*

Il existe plusieurs méthodes de segmentation, le choix d'une méthode est lié

- à la forme des primitives à extraire;
- à la nature des images (éclairage, texture, ...)
- aux contraintes de temps.

Dans ce cours nous allons voir les méthodes suivantes:

- Méthodes par histogramme
- Méthodes par régions
- Méthodes par optimisation

## 1 Introduction

- Définitions:
- Champs d'applications:

## 2 Méthodes de segmentation

- Méthodes par histogramme
- Méthodes par Régions
- Méthodes par optimisation

Ces méthodes sont recommandées dans les cas suivants:

- Lorsque les images présentent des classes évidentes: documents écrits ou schémas en noir et blanc ou en couleur, objets très contrastés (par exemple cellules d'une biopsie ou avion sur un ciel), etc.
- Lorsque les images sont définies sur de nombreux canaux (images multi-ou hyper-spectrales), ce qui enrichit l'information portée par l'histogramme.
- L'idée générale de ces méthodes consiste à isoler des pics de l'histogramme, puis de seuiller les zones correspondantes.

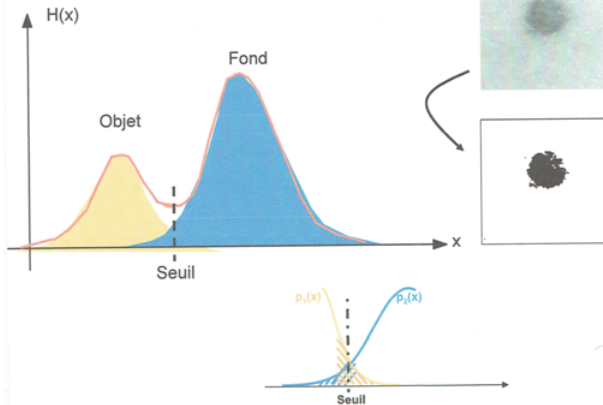
- Soit  $f(i,j)$  une image originale telle que  $f = \text{font} + \text{objet}$ .
- l'image segmentée  $g(i,j)$  est donnée par:

$$g(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(i,j) \geq S \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

## Seuillage global

### Utiliser l'histogramme

Exemple: image=fond+objet



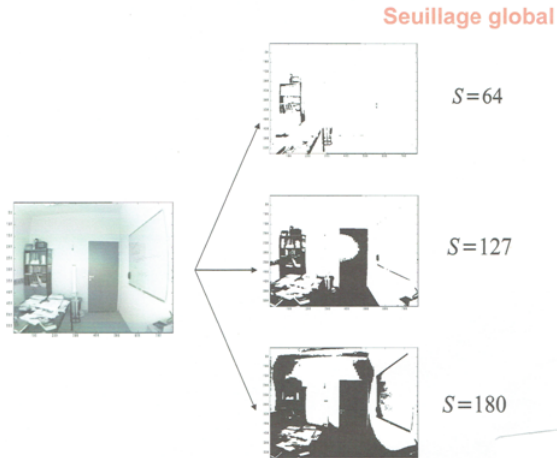


Figure : Exemple de seuillage global

# Seuillage Local

Le seuil est la valeur moyenne d'une fenêtre 5x5 centrée en  $(i,j)$ .



Image originale

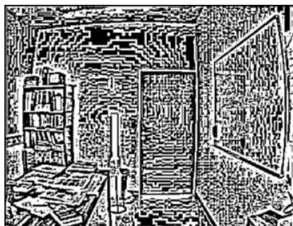


Image segmentée

Figure : *Exemple de seuillage local*



Ayant une image constituée des informations fond + objet. Comment trouver le seuil optimum séparant l'objet et le fond ?

## Algorithme Otsu

On sépare les niveaux en deux classes:

- $C_1$  : Classe des niveaux de 1 à  $k$
- $C_2$ : Classe des niveaux de  $k + 1$  à 255.
- Pour chaque classe, on détermine les éléments statistiques
- $|C_1|$  : Nombre de pixels  $\in C_1$ ,  $C_1 = \sum_{i=0}^k H(i)$
- $|C_2|$  : Nombre de pixels  $\in C_2$ ,  $C_2 = \sum_{i=k+1}^{255} H(i)$
- $\mu_1$  : Niveau moyen de  $C_1$ ,  $\mu_1 = \frac{1}{|C_1|} \sum_{i=0}^k i \times H(i)$
- $\mu_2$ : Niveau moyen de  $C_2$ ,  $\mu_2 = \frac{1}{|C_2|} \sum_{i=k+1}^{255} i \times H(i)$

- $\sigma_1^2 = \frac{1}{|C_1|} \sum_{i=0}^k (i - \mu_1)^2 H(i)$
- $\sigma_2^2 = \frac{1}{|C_2|} \sum_{i=k+1}^{255} (i - \mu_2)^2 H(i)$   
Où  $\sigma_1^2$  et  $\sigma_2^2$  les variances de  $C_1$  respectivement  $C_2$
- Puis on calcule la fonction d'estimation  $W(k) = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$
- En variant  $k$  de  $k + 1$  à 254, on détermine  $k_0$  le niveau correspondant au minimum de  $W(k)$ .
- Ce niveau représente le seuil optimum.

# Seuillage par minimisation de variance



Figure : Exemple de seuillage par méthode d'Otsu

## 1 Introduction

- Définitions:
- Champs d'applications:

## 2 Méthodes de segmentation

- Méthodes par histogramme
- Méthodes par Régions
- Méthodes par optimisation

- La segmentation par région fait références à des groupements des pixels ayant des propriétés communes  $R_i$  appelés régions.
- Traitement qui consiste à créer une partition de l'image  $f$  en régions  $R_i$ .
- 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.

**prédicat:** la région  $R_i$  est homogène.

- Arguments utilisés pour vérifier le prédicat précédent:

- Contraste sur la région:

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

- Écart-type sur la région:

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

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

- L'entropie:

$$P(R_i) = \text{Vrai} \Leftrightarrow - \sum_{R_i} P(f(x, y)) \log(P(f(x, y))) < \sigma.$$

- Une partition  $\Pi$  est un ensemble de régions  $R_i$  de l'image, vérifiant:

$$\Pi \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \forall i, j, (i \neq j) R_i \cap R_j = \emptyset \\ f = \bigcup R_i \\ \forall i R_i \neq \emptyset \end{array} \right. .$$

- Il existe plusieurs catégories
  - Croissance de région
  - Partage de région (quad-tree)
  - Graphes d'adjacence

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

## 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;
- Lorsque il n'y a plus de pixel candidat dans le voisinage, on choisit un nouveau pixel et on itère le processus jusqu'à traitement de tous les pixels de l'image;
- On regroupe les régions avec un double critère de similarité des niveaux de gris et d'adjacence.
- Le critère de similarité peut être : la variance des niveaux de gris de la région est inférieure à un seuil.



# Segmentation par Croissance de région

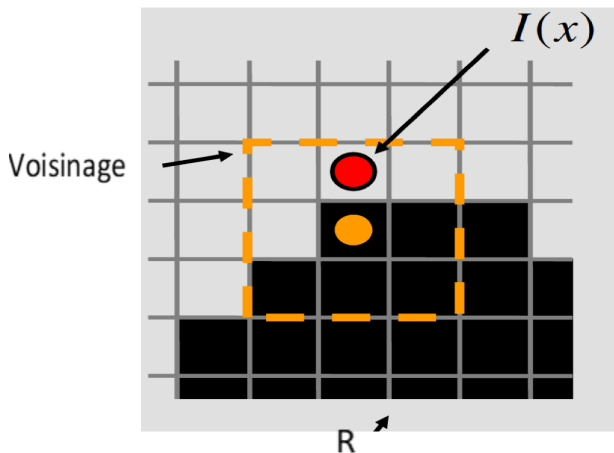


Figure : Exemple de segmentation par croissance de région

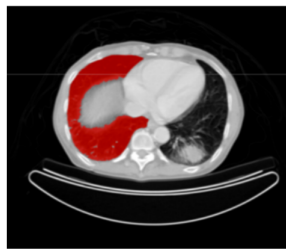
# Segmentation par croissance de région



*Après quelques  
itérations*



*Après 5000  
itérations*



*Convergence obtenue à  
10 119 itérations*

*Figure : Exemple de Segmentation par 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 le partatge de région

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

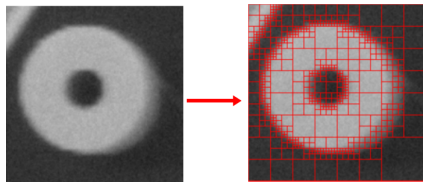


Figure : *partatge de région*

## Principe:

- La région initiale est l'image originale, si la région n'est pas homogène (critère d'homogénéité), elle est divisée en plusieurs régions, sinon, le processus se termine;
- Chaque région nouvellement créée est potentiellement redivisée en plusieurs régions si elle n'est pas homogène.
- Lors de la division, on peut rajouter un critère d'arrêt sur la taille des régions par exemple;
- La morphologie mathématique peut également être utilisée pour la reconstruction des régions.

## Exemple de partage de régions à deux partitions:

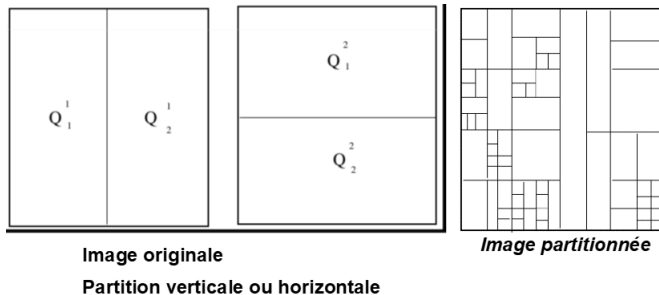
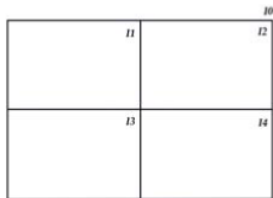


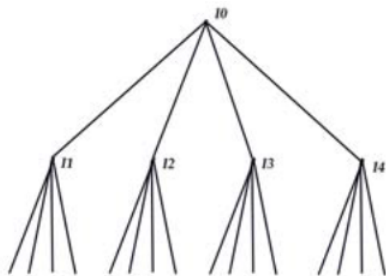
Figure : *Segmentation par le partatge de région*

# Segmentation par Quad-tree

## Exemple de segmentation par Quad-tree:



Division de l'image en quadrants



Structure de données Quadtree

Figure : Segmentation par Quad-tree





## Propriétés:

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

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.

## Principe:

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

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

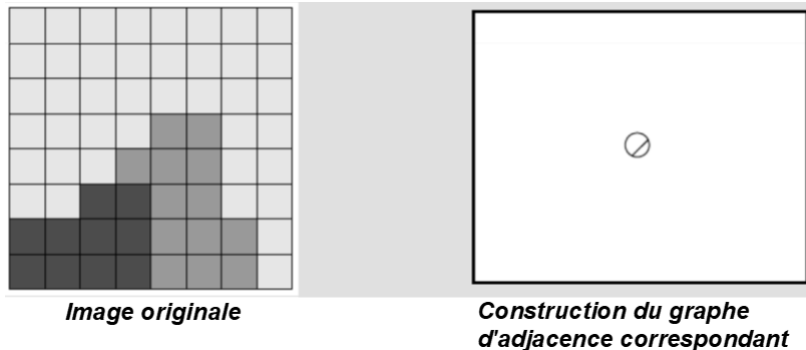
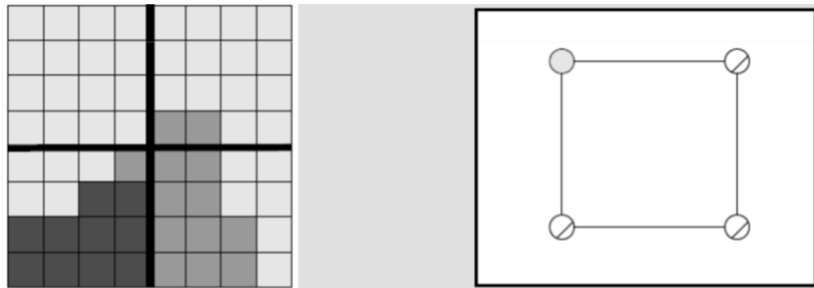


Figure : Exemple de segmentation par les graphes d'adjacence:

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



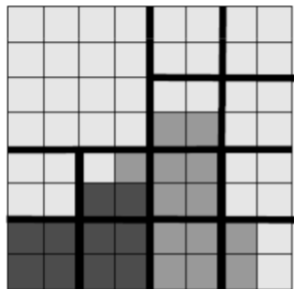
*Image originale*

*Construction du graphe  
d'adjacence correspondant*

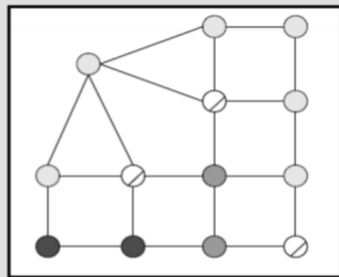
Figure : Exemple de segmentation par les graphes d'adjacence

# Segmentation par les graphes d'adjacence

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



*Image originale*

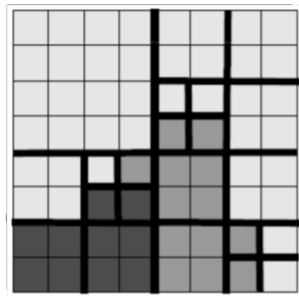


*Construction du graphe d'adjacence correspondant*

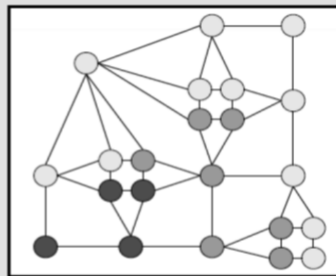
Figure : Exemple de segmentation par les graphes d'adjacence

# Segmentation par les graphes d'adjacence

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



*Image originale*

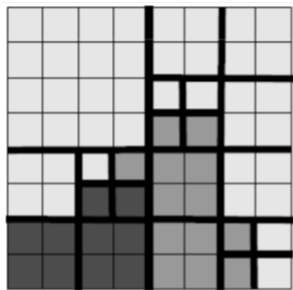


*Construction du graphe d'adjacence correspondant*

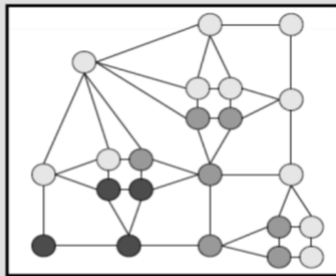
Figure : Exemple de segmentation par les graphes d'adjacence

# Segmentation par les graphes d'adjacence

## Création dun graphe au cours dun quad-tree



*Image originale*

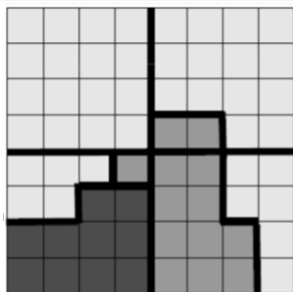


*Construction de la  
segmentation par régions  
correspondante*

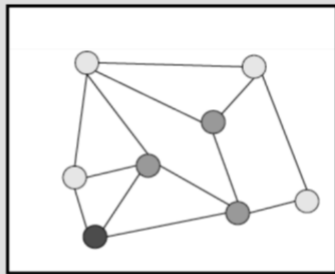
Figure : Exemple de segmentation par les graphes d'adjacence

# Segmentation par les graphes d'adjacence

## Exploitation d'un graphe d'adjacence



*Image originale*

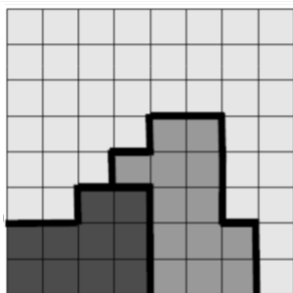


*Construction de la  
segmentation par régions  
correspondante*

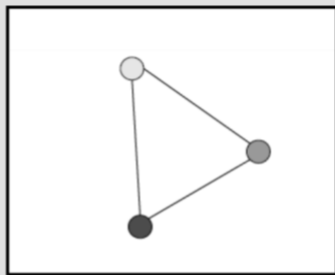
Figure : *Exemple de segmentation par les graphes d'adjacence*



## Exploitation d'un graphe d'adjacence



*Image originale*



*Construction de la  
segmentation par régions  
correspondante*

*Figure : Exemple de segmentation par les graphes d'adjacence*

# Segmentation par les graphes d'adjacence

## Illustration de partage

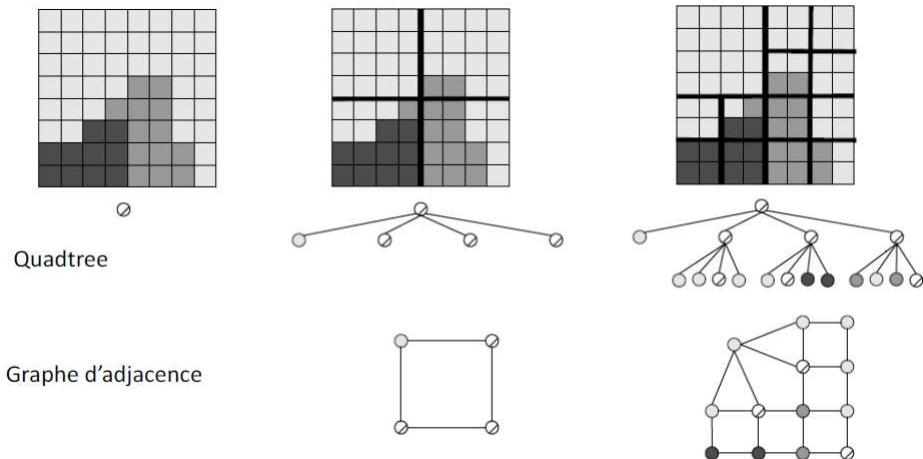


Figure : Exemple de segmentation par les graphes d'adjacence

## Illustration de partage

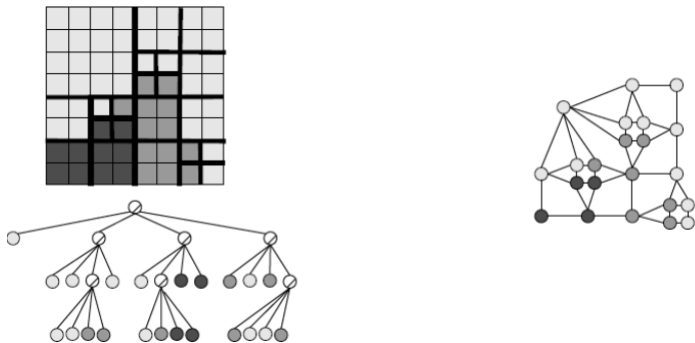


Figure : Exemple de segmentation par les graphes d'adjacence

## Illustration de fusion

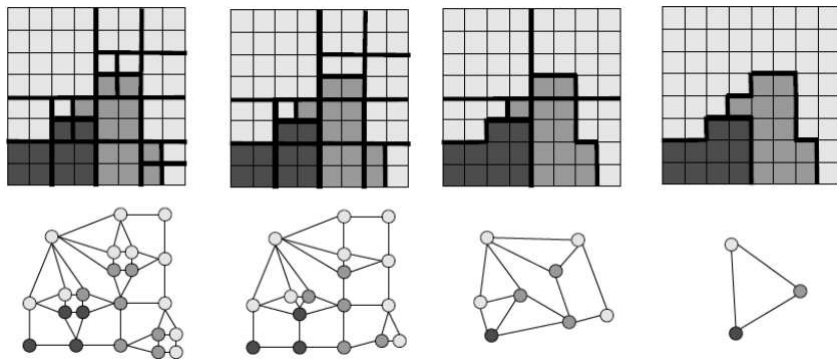


Figure : Exemple de segmentation par les graphes d'adjacence

## 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;

## 1 Introduction

- Définitions:
- Champs d'applications:

## 2 Méthodes de segmentation

- Méthodes par histogramme
- Méthodes par Régions
- Méthodes par optimisation

Le problème de segmentation est formalisé par l'estimation d'une fonction  $g$  très proche possible de l'image originale  $f$  sous contraintes particulières liées à la forme de l'espace de solution (fonction régulière, régularité des contours, constante par morceaux, . . .).

**Principe:** Le but de ce type des méthodes est de trouver un compromis entre les différentes propriétés de la fonction, en minimisant une fonctionnelle d'énergie.

## Formalisme mathématique:

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



# Méthodes par optimisation

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

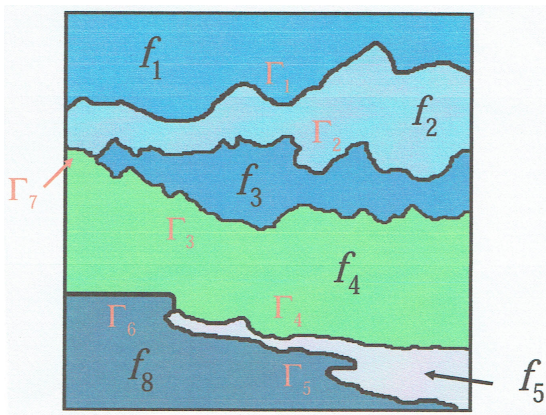


Figure :

## Fonctionnelle:

Dans cette approche, le problème de la segmentation consiste à minimiser la fonctionnelle d'énergie:

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

- 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)

## 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

$$K_0(I, f, R, \Gamma) = \frac{1}{\mu^2} E(I, f, R, \Gamma) = \sum_{i \in P} \iint_{R_i} (I(x, y) - f_i(x, y))^2 dx dy + \frac{V}{\mu^2} \sum_{j \in Q} \int_{\Gamma_j} dl$$

## 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