

M5/003 - 101  
Université Abou Bekr Belkaid



جامعة ابي بكر بلقايد

تلمسان الجزائر

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Abou-Bakr BELKAID-Tlemcen

Faculté des Sciences

Département d'informatique

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du  
diplôme de Master en Informatique**

**Option : Système d'Information et de Connaissances (SIC)**

**Thème :**

*Segmentation d'Image niveau de gris par la méthode de  
Croissance de Régions*

**Présenté par :**

- M<sup>me</sup> BENHAMMOU FATIMA
- M<sup>me</sup> GAFOUR HANENE

**Soutenu le: 23/06/2014 devant la commission d'examen formée de :**

Mr KHALASSI A

Mr BRIKSSI A

Mr MOWAFAK N

Mr BENZIAN YAGHMORACEN

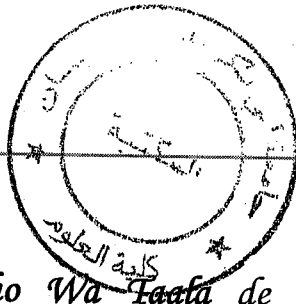
Président

Examineur

Examineur

Encadreur

**- Année Universitaire : 2013/2014 -**



## Remerciements

Nous remercions Dieu Sobhanaho Wa Taafa de nous avoir accordé des connaissances de la science et de nous avoir aidé à réaliser ce travail.

Au terme de ce modeste travail nous tenons à remercier chapeureusement et respectivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste projet de fin d'étude.

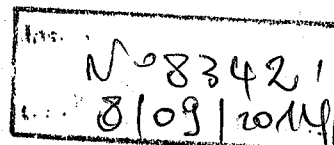
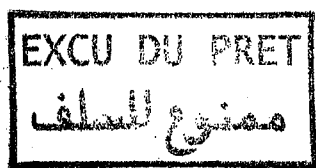
Nos vifs remerciements vont tous d'abord à notre encadreur Mr. Benzian Yaghmoracen de nous avoir proposé un tel intéressant sujet, nous ouvrant ainsi les portes sur un domaine de recherche assez vivant.

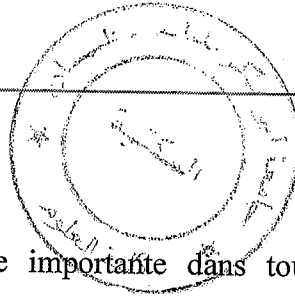
Tout notre respect et nos remerciements vont vers les membres du jury qui vont pleinement consacrer leur temps et leur attention afin d'évaluer notre travail, qui espérons le sera à la hauteur de leur attente.

Aussi, nos remerciements les plus sincères sont adressés à tous les professeurs, l'administration et le personnel de l'informatique qui ont contribué à forger nos connaissances et à assister notre formation.

Enfin, nous remercions nos chers parents, nos époux, nos frères, nos sœurs et nos petites familles pour leurs soutiens et leurs confiances tout au long de cette épreuve.

Fatima & Hanène





La segmentation d'images est une étape importante dans tout processus d'analyse d'images. Fondamentalement, elle consiste à isoler les différents objets présents dans une image.

Dans la littérature, il existe deux approches duales: l'approche de segmentation par contour consiste à localiser les frontières des objets et l'approche de segmentation par région consiste à partitionner l'image en un ensemble de régions. Les meilleurs résultats de segmentation sont obtenus en faisant coopérer ces deux approches.

Elles sont plus efficaces, car les inconvénients d'une méthode peuvent être surpassés par les avantages d'une autre méthode.

En général, ces approches de segmentation étant sensibles au bruit.

L'objectif de ce travail consiste à commencer par nettoyer l'image en appliquant les **filtres usuels** d'atténuation de bruit ensuite segmenter les images de niveaux de gris stockées sous formats BMP en faisant appel à la méthode de **segmentation par croissance des régions**.

**Mots clés:** segmentation d'image par croissance de région, multi-résolution, filtrage, coopération région-contour, traitement d'images, classification.

# TABLE DES MATIERES

	<b>Page</b>
Liste des figures .....	IV
Liste des tableaux .....	VI
Introduction générale .....	1
<b>CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR TRAITEMENT D'IMAGE</b>	
1. Introduction .....	3
2. Notions de base .....	3
2.1. Image .....	3
2.1.1. Image numérique .....	3
2.1.1.1. Les différents types d'images numériques .....	4
2.1.1.1.1. Les images couleur .....	4
2.1.1.1.2. Les images noir et blanc (monochrome) .....	4
a- Les images en niveaux de gris .....	4
b- Les images binaires .....	4
2.2. Caractéristique de l'image .....	4
2.2.1. Pixel .....	4
2.2.2. Voisinage .....	5
2.2.3. Niveau de gris.....	5
2.2.4. Contraste .....	5
2.2.5. Résolution .....	5
2.2.6. Bruit .....	5
2.2.7. Contour .....	6
2.3. Région .....	6
2.4. Traitement d'image .....	6
3. Techniques de traitement d'images .....	6
3.1. Les Techniques d'amélioration d'image .....	6
3.1.1. Seuillage .....	6
3.1.2. Histogramme de l'image .....	6
3.1.3. Minimum et maximum de niveaux de gris.....	7
3.1.3.1. Moyenne .....	7
3.1.3.2. Ecart-type et variance .....	7
3.1.4. Réduction du bruit .....	8

3.1.4.1. Convolution .....	8
3.1.4.2. Filtres linéaires.....	8
3.1.4.2.1. Filtre passe-bas (moyenneur ou lissage) .....	8
3.1.4.2.2. Filtre passe-haut (accentuation).....	9
3.1.4.2.3. Filtre gaussien .....	9
3.1.4.3. Filtres non linéaires.....	10
3.1.4.3.1. Filtre médian .....	10
3.2. Segmentation d'image .....	10
4. Conclusion .....	10

## CHAPITRE 2 : SEGMENTATION D'IMAGE

1. Introduction .....	11
2. Segmentation d'image .....	12
2.1 Définition formelle .....	12
2.2. Objectif de la segmentation.....	12
3. Différentes approches de segmentation.....	13
3.1. Approches contours (frontières) .....	13
3.2. Approches régions .....	14
3.2.1. Segmentation par classification de pixels .....	15
a. Segmentation par seuillage .....	15
b. Classification (clustering) .....	16
1. Classification non supervisée .....	16
2. Classification supervisée .....	16
3.2.2. Les méthodes de type croissance de régions (region growing).....	16
3.2.3. Les méthodes de type division-fusion (Split and Merge) .....	17
a. Segmentation par division de régions (Split) .....	17
b. Segmentation par fusion de régions (Merge) .....	17
3.3. les approches coopératives .....	19
3.3.1. Coopération séquentielle .....	19
3.3.2. Coopération des résultats .....	19
3.3.3. Coopération mutuelle .....	20
3.3.4. Segmentation par ligne de partage des eaux LPE (watershed).....	20
3.4. Les critères de choix de la technique de segmentation.....	21
4. Conclusion.....	21

## CHAPITRE 3 : L'APPROCHE CROISSANCE DE REGION

1. Introduction .....	22
-----------------------	----

2. Présentation de la méthode.....	22
2.1. Définition.....	22
2.2. Les paramètres de la croissance de régions.....	22
2.2.1. Germes initiaux.....	23
2.2.2. Mesure d'homogénéité.....	23
2.2.3. Un processus itératif.....	24
2.2.4. Convergence, critère d'arrêt .....	24
2.3. Les avantages et les inconvénients de la croissance de régions.....	25
3. Segmentation multi-résolution .....	25
4. Conclusion .....	25

#### CHAPITRE 4 : CONCEPTION ET IMPLEMENTATION

1. Introduction.....	28
2. L'environnement de développement .....	28
3. Motivation de choix de C++Builder .....	28
4. Conception .....	29
4.1. Architecture globale du logiciel .....	29
4.2. Les Principales étapes .....	29
1) Lecture de l'Image .....	29
2) L'étape de prétraitement .....	30
3) L'étape de segmentation .....	30
4.3. Le processus de développement de logiciel .....	30
4.3.1. version d'image couleur en niveau de gris .....	30
4.3.2. Histogramme .....	31
5. Implémentation .....	31
5.1. Environnement matériel et logiciel de programmation.....	31
5.2. Présentation de quelques vues .....	31
a) Filtre médian .....	32
b) Filtre Lissage ou moyenne.....	32
c) Filtre Passe-haut .....	33
d) Histogramme .....	33
e) Seuillage .....	34
5.3. Les résultats d'application de la méthode de croissance de région.....	34
6. Conclusion.....	36
Conclusion Générale.....	37
Références Bibliographiques.....	39



## Liste Des Figures

---

	<b>Page</b>
Figure 1-1 : Voisinage à 4 .....	5
Figure 1-2: Voisinage à 8 .....	5
Figure 1-3 : Histogramme d'une image en niveau de gris .....	7
Figure 1-4 : application du filtre moyen (lissage). .....	9
Figure 1-5 : masque de convolution passe-haut.....	9
Figure 1-6 : principe du filtre médian.....	10
Figure 2-1: image engineering et segmentation .....	11
Figure 2-2: exemple de segmentation d'image.....	12
Figure 2-3: Les approches de segmentation d'image.....	13
Figure 2-4: Dérivés première et seconde d'un contour de type "saut d'amplitude" ...	14
Figure 2-5 : seuillage d'une image.....	15
Figure 2-6 : classification d'une image aérienne.....	16
Figure 2-7 : Principe de la segmentation par division-fusion .....	18
Figure 2-8 : (a): Principe de la coopération séquentielle, (b): Principe de la coopération des résultats	19
Figure 2-9: Principe de la coopération mutuelle .....	20
Figure 2-10: Principe de la ligne de partage des eaux .....	21
Figure 3-1: Principe de la croissance de régions.....	22
Figure 3-2: Croissance progressive des régions.....	23
Figure 3-3: Pyramide Gaussienne.....	27
Figure 4-1 : Fenêtre principale .....	31
Figure 4-2 : Filtre médian .....	32



Figure 4-3 : Filtre moyenne .....	32
Figure 4-4: Filtre passe-haut .....	33
Figure 4-5: Histogramme .....	33
Figure 4-6: Filtre passe-haut .....	34
Figure 4-7: Image original à segmenter .....	35
Figure 4-8: Image Segmentée en régions voisinage à 4 .....	35
Figure 4-9: Image Segmentée en régions voisinage à 8 .....	36

### **Liste Des Tableaux**

---

	<b>Page</b>
Tableau 3-1: Avantages et limites de l'approche par croissance de région .....	25

# Introduction générale

Dans notre vie quotidienne, on peut estimer que près de 90% de l'information reçue par l'homme est visuelle. La production d'images de qualité, de même que leur traitement numérique (et si possible) automatique a donc une importance considérable. La plupart des appareils scientifiques fournissent des images (microscopes, télescopes, radiographies Résonance magnéto-nucléaire,...) et de nombreux domaines d'applications utilisent l'image comme source d'information et /ou de visualisation.

L'image est une collection d'informations qui, dans un premier temps, se présentait sur un support photographique qui permettait le traitement en différé du phénomène fugace, une analyse fine des phénomènes enregistrés et bien sûr l'archivage et l'illustration. Le traitement d'image est né de l'idée et de la nécessité de remplacer l'observateur humain par la machine.

L'image ou les signaux provenant de capteurs ont alors été numérisés pour pouvoir être traités par l'ordinateur. Dans un deuxième temps, l'image a été codée et mémorisée sur différents supports.

L'une des étapes les plus importantes en traitement d'images est la segmentation qui est souvent décrite comme séparation fond / objets. Elle consiste à diviser l'image en plusieurs régions disjointes présentant des caractéristiques uniformes [1].

La segmentation d'images joue un rôle très important dans de nombreux systèmes de vision par l'ordinateur. La bonne performance des algorithmes de reconnaissance dépend de la qualité de l'image segmentée. Les images segmentées sont maintenant utilisées dans plusieurs domaines informatique différentes, tels que, la recherche des images par contenu, la robotique, la localisation et la cartographie, la reconnaissance et bien d'autres encore.

En dépit de la multitude d'algorithmes ont été développés jusqu'à aujourd'hui, il est difficile de trouver une méthode de segmentation qui peut apporter des résultats parfaits pour toutes les images et aussi bien que le système visuel humain. Car le résultat de la segmentation influence beaucoup la forme d'objets et la qualité d'images [2].

Plusieurs méthodes de segmentation d'images ont été proposées durant ces dix dernières années dont certaines sont basées sur la primitive région.

Dans ce mémoire, nous proposons d'étudier l'approche de segmentation par croissance des régions appliquée à des images en niveaux de gris.

Notre travail sera organisé de la manière suivante :

- Une introduction générale.

- Le premier chapitre est constitué de deux grandes parties : la première partie est consacrée à quelques définitions et notions de base sur les images, ses types et ses formats etc... La deuxième partie sera consacrée aux techniques de traitements d'images, c'est là où on va définir les traitements les plus utiles pour l'amélioration de la qualité d'une image.
- En suite, le chapitre 2 abordera la partie segmentation d'image, où on va la définir et citer ses différentes techniques.
- Le troisième chapitre est consacré à l'approche de segmentation par croissance de région appliquée à des images en niveaux de gris stockées sous format BMP 24 bits.
- Enfin, nous terminons notre travail par une description de notre système de segmentation d'images par croissance de régions, les problèmes rencontrés durant le développement de l'application, les perspectives attendues, et finalement, une conclusion générale sur tout le travail.

## 1. Introduction

Depuis très longtemps, les gens savent que l'image vaut mieux que mille mots, ceci est valable même sur le plan des tailles de fichiers qui contiennent les deux types de données (textes et images).

Combinée avec la parole, l'image constitue un moyen essentiel dans la communication avec le monde extérieur. De ce fait, le traitement d'image est devenu une discipline nécessaire pour dégager l'information et automatiser son traitement.

## 2. Notions de base

### 2.1. Image

L'image, du latin imago (représentation, portrait, fantôme, copie), est la représentation d'une scène, elle est issue du contact des rayons lumineux provenant des objets formant la scène avec un capteur (caméra, scanner, rayons X,...). Il ne s'agit en réalité que d'une représentation spatiale de la lumière.

Mathématiquement, une image est modélisée par une fonction analogique  $I(x,y)$  tel que les deux variables  $x$  et  $y$  représentent les coordonnées spatiales d'un point de l'image et  $I$  est une fonction d'intensité lumineuse (niveau de gris) et de couleur.

Sous cet aspect, l'image est inexploitable par la machine, ce qui nécessite sa numérisation. [1]

#### 2.1.1. Image numérique

Une image «réelle» va être transformée en une image numérique par différents outils de transformation (caméra, scanner, satellite ...). La numérisation consiste à convertir une fonction image  $I(x,y)$  à distribution analogique continue d'intensité vers une fonction image  $I(x,y)$  numérique définie dans un domaine borné, représentée par une matrice bidimensionnelle à valeur numérique  $I(x,y)$  où  $x,y$  correspondent aux coordonnées cartésiennes (discrètes) d'un point de l'image, et  $I(x,y)$  la valeur de niveau de gris ou radiométrie de ce point.

On peut considérer la représentation mathématique suivante :

$$I : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$$

$$(x,y) \rightarrow I(x,y) \text{ (1.1) , Avec } \mathbb{R} : \text{ ensemble des réelles.}$$

Une image numérisée correspond à une image acquise, puis traitée de façon à être stockée sous forme binaire (succession de bits à 0 ou 1).

Le stockage de l'image numérique ainsi obtenue peut s'effectuer sous différents formats (jpeg, bmp, tiff, png, gif...). L'image numérique est l'image dont la surface est divisée en éléments de taille fixe appelés cellules ou pixels (terme issu de la contraction des mots anglais «picture» et «element»). [2]

### 2.1.1.1. Les différents types d'images numériques

**2.1.1.1.1. Les images couleur :** ces images sont en général codées en utilisant le codage des trois couleurs fondamentales (rouge, vert, bleu), on parle alors d'images RVB (Cela correspond au codage des téléviseurs couleur Français). Ce sont donc des images tri-modales.

Chaque couleur est codée sous forme d'un octet, d'où :

Image RVB	{	composante rouge, intensité de 0 à 255 composante verte, intensité de 0 à 255 composante bleu, intensité de 0 à 255
-----------	---	---

On code ainsi  $2^{24}=16\ 777\ 216$  couleurs différentes. [3]

**2.1.1.1.2. Les images noir et blanc (monochrome) :** pour ces images on ne prend pas en compte ici la couleur mais seulement l'intensité lumineuse (l'exemple classique correspond aux photographies noir et blanc). Parmi ces images on peut trouver:

**a- Les images en niveaux de gris:** les niveaux de gris correspondent aux valeurs des pixels et expriment généralement l'intensité lumineuse de la scène capturée. Dans la plupart du temps on dispose de 256 niveaux de gris variant entre 0 et 255 avec :

0 → noir.....127 → gris moyen.....255 → blanc, et ceci est commode car l'unité d'information est l'octet. Il est à noter que l'humain standard ne reconnaît au plus que 64 niveaux de gris. [3]

La transformation d'une image couleur en niveaux de gris se fait selon la recommandation 601 proposée par la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), où un pixel RVB est converti en un niveau de gris de la façon suivante : **Gris= 0.299 Rouge+0.587 Vert+0.114 Bleu.** [4]

**b- Les images binaires :** une image binaire ne contient que deux valeurs d'intensité où chaque pixel est représenté par un bit (0 ou 1) avec en général: Le 0 correspondant au noir (intensité minimale) et le 1 correspondant au blanc (intensité maximale).

D'autre part, chaque pixel placera dans un octet (code 0 ou 255 (pour coder le 1 de l'image binaire)) pour des facilités d'accès et d'écriture des algorithmes. [1]

## 2.2. Caractéristique de l'image

Une image (sous entendue image numérique) est caractérisée par :

### 2.2.1. Pixel

Le pixel est l'abréviation du mot « picture element », il matérialise un point donné (x,y) du plan de l'image. L'information représentée par le pixel est le niveau de gris (ou la couleur) prélevée à l'emplacement correspondant dans l'image réelle. [5]

La différence entre image monochrome et image couleur réside dans la quantité d'information contenue dans chaque pixel, par exemple dans une image couleur (RVB : Rouge, vert, bleu) la valeur d'un pixel est représentée sur trois octets pour chaque couleur.

Dans les ordinateurs, une image est représentée par une matrice des valeurs qui sont appelées pixels pour représenter des intensités lumineuses. [2]

**2.2.2. Voisinage**

Le plan image est divisé en termes de formes rectangulaires ou hexagonales permettant ainsi la notion de voisinage, dont on distingue deux types :

- **Voisinage à 4** : on prend en considération que les pixels qui ont un côté en commun avec le pixel considéré.

	P (i, j-1)	
P (i-1, j)	<b>P (i, j)</b>	P (i+1, j)
	P (i, j+1)	

Figure 1-1: Voisinage à 4.

- **Voisinage à 8** : on prend en compte tous les pixels qui ont au moins un point en liaison avec le pixel considéré. [6]

P (i-1, j-1)	P (i, j-1)	P (i+1, j-1)
P (i-1, j)	<b>P (i, j)</b>	P (i+1, j)
P (i-1, j+1)	P (i, j+1)	P (i+1, j+1)

Figure 1-2: Voisinage à 8.

**2.2.3. Niveau de gris**: représente l'intensité lumineuse d'un pixel, lorsque ses composantes de couleur sont identiques en intensité lumineuse. [2]

**2.2.4. Contraste**: une image contrastée présente une bonne dynamique de la distribution des valeurs de gris sur tout l'intervalle des valeurs possibles, avec des blancs bien clairs et des noirs profonds. Au contraire une image peu contrastée a une faible dynamique, la plupart des pixels ayant des valeurs de gris très proches.

**2.2.5. Résolution**: sur les moniteurs d'ordinateurs, la résolution est exprimée en nombre de pixels par unité de mesure (pouce ou centimètre). On utilise aussi le mot résolution pour désigner le nombre total de pixels horizontaux et verticaux sur un moniteur. Plus ce nombre est grand, plus la résolution est meilleure. [5]

**2.2.6. Bruit**: c'est un parasite qui représente certains défauts (poussières, petits nuages, baisse momentanée de l'intensité électrique sur les capteurs,...etc). Il se traduit par des taches de faible dimension et dont la distribution sur l'image est aléatoire.

**2.2.7. Contour:** les contours représentent la frontière entre les objets de l'image, ou la limite entre deux pixels dont les niveaux de gris représentent une différence significative. [5]

**2.3. Région:** une région R est un ensemble connexe de points image (pixels) ayant les mêmes propriétés (texture, intensité,...) qui les différencient des pixels des régions voisines. La région i est notée  $R_i$ . [2]

## 2.4. Traitement d'image

Le traitement d'image est un ensemble d'opérations qui permettent l'amélioration (filtrage, rehaussement de contraste), la modification (rotation, symétrie, ...) ou l'extraction de l'information à partir des images (segmentation). D'un point de vue syntaxique, les opérations de traitement d'images se scindent en trois catégories :

- **Les opérations ponctuelles :** l'image d'un pixel donné n'est influencée que par la valeur de ce dernier. Exemple : le négatif d'une image, l'égalisation de l'histogramme...
- **Les opérations locales :** l'image d'un pixel donné dépend de la valeur du pixel en question et de son voisinage. Exemple : filtrage ...
- **Les opérations globales :** l'image d'un pixel donné dépend de tous les pixels de la matrice qui représente l'image initiale. Exemple : la transformée de Fourier d'une image. [7]

## 3. Techniques de traitement d'images

### 3.1. Les Techniques d'amélioration d'image

Pour arriver à de meilleurs résultats de la segmentation, il est nécessaire de bien représenter les objets dans l'image et pour cela voici quelques techniques d'amélioration d'image.

#### 3.1.1. Seuillage

Le seuillage d'image est la méthode la plus simple de segmentation d'image. À partir d'une image en niveau de gris, le seuillage d'image peut être utilisé pour créer une image binaire comportant uniquement deux valeurs, noir ou blanc, et cela en fixant un seuil S et en l'utilisant pour partitionner l'image en niveau de gris, en des pixels avec deux valeurs d'intensité telle que :

$$\begin{cases} \text{Si } I(x,y) \geq S \text{ alors IBIN} = 1 \\ \text{Si } I(x,y) < S \text{ alors IBIN} = 0 \end{cases}$$

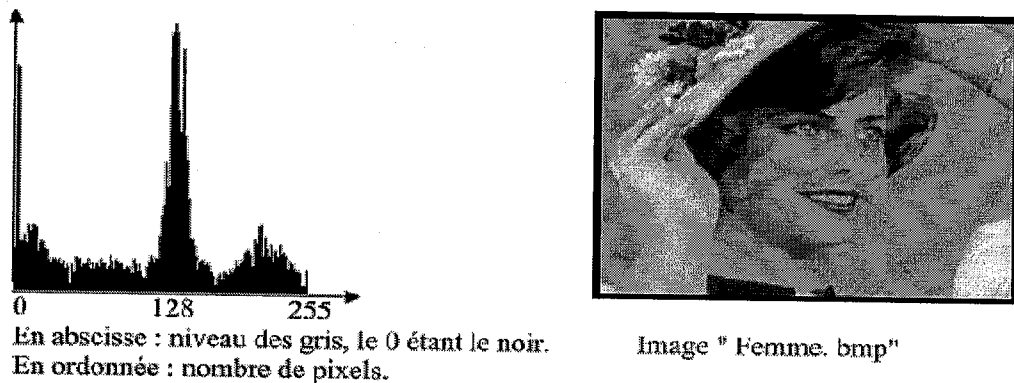
Avec IBIN est la version binarisé de l'image en niveau de gris I. [1]

#### 3.1.2. Histogramme de l'image

Un histogramme est un graphique statistique permettant de représenter la distribution des intensités des pixels d'une image, c'est-à-dire le nombre de pixels pour chaque intensité lumineuse. Par convention, un histogramme représente le niveau d'intensité en abscisse en allant du plus foncé (à gauche) au plus clair (à droite).

Ainsi, l'histogramme d'une image en 256 niveaux de gris sera représenté par un graphique possédant 256 valeurs en abscisses, et le nombre de pixels de l'image en ordonnées c'est-à-dire l'histogramme d'une image à niveau de gris est un vecteur dont la dimension est égale à 256, chaque élément de ce vecteur (noté  $h(i)$ ) représente le nombre de pixels de l'image possédant le niveau de gris  $i$  (sa fréquence d'apparition). [1]

**Exemple :**



**Figure 1-3 :** Histogramme d'une image en niveau de gris

Puisque le nombre des pixels est généralement assez grand, on peut alors normaliser l'effectif de chaque niveau de gris en divisant chaque terme du tableau par la surface du plan exprimée en nombre total des pixels de l'image, dans ce cas, chaque case  $h(i)$  du vecteur représente la probabilité d'avoir l'intensité  $i$ . [37]

### 3.1.3. Minimum et maximum de niveaux de gris

Le minimum et maximum de niveaux de gris sont respectivement la plus petite valeur et la plus grande valeur de gris de l'image, ce sont la borne minimale et maximale. La distribution présente une grande dynamique si cet intervalle est large.

#### 3.1.3.1. Moyenne

Comme la précédente, la moyenne est une grandeur de position. Elle est obtenue en calculant la somme des valeurs des pixels de l'image divisée par l'effectif total.

#### 3.1.3.2 Ecart-type et variance

Ces deux grandeurs caractérisent la dynamique de la distribution, puisqu'elles expriment le regroupement (ou la dispersion) autour de la valeur moyenne. La variance se calcule en effectuant la somme des carrés de la différence entre chaque valeur et la moyenne, divisée par l'effectif total. L'écart -type est la racine carrée de la variance.



$$\text{variance} = \frac{\sum_{i,j} (R_{i,j} - \text{moyenne})^2}{\text{nombre\_de\_pixels}} \quad \text{Où} \quad \text{moyenne} = \frac{\sum_{i,j} R_{i,j}}{\text{nombre\_de\_pixels}}$$

Plus les valeurs sont dispersées plus l'écart-type est grand et plus les valeurs sont regroupées autour de la moyenne, moins l'écart-type est élevé.

### 3.1.4. Réduction du bruit

On peut considérer l'image comme étant un ensemble de zones homogènes représentant les objets. Dans la réalité, il y a toujours des fluctuations de niveaux de gris qui se présentent dans ces objets à cause du bruit. Pour diminuer l'amplitude de ces perturbations sans toucher gravement aux zones de transitions (les contours), on applique un filtrage.

Le principe du filtrage est de modifier la valeur des pixels d'une image, généralement dans le but d'améliorer son aspect. En pratique, il s'agit de créer une nouvelle image en se servant des valeurs des pixels de l'image d'origine. Il existe un grand nombre de filtre possible, on peut les classer en deux grande catégorie : les filtre linéaire et non linéaire.

#### 3.1.4.1. Convolution

Pour mettre en œuvre un filtrage avec des filtres linéaires, on utilise un opérateur mathématique nommé convolution (noté  $\otimes$ ) qu'on utilise pour multiplier des matrices différentes entre elles. Une convolution est un traitement d'une matrice d'image par une autre appelée matrice de convolution ou « noyau ».

L'équation générale de la convolution, notée  $g(x,y)$ , de la fonction d'origine de l'image  $f(x, y)$  avec une fonction  $h(x, y)$  matrice de convolution est :

$$g(x, y) = f(x, y) \otimes h(x, y) = \sum_{m=-d}^d \sum_{n=-d}^d h(m, n) \cdot f(x + m, y + n)$$

Où la taille de masque de convolution est  $(2d+1) \times (2d+1)$ , ou  $d=1$ . [1]

#### 3.1.4.2. Filtres linéaires

Le filtrage linéaire est un produit de convolution c-à-d une combinaison linéaire du voisinage du pixel concerné.

Les différents types de filtres linéaires sont :

##### 3.1.4.2.1. Filtre passe-bas (moyenneur ou lissage)

L'intensité du pixel considéré est remplacée par la moyenne de ses voisins et de lui-même. Le filtre moyenneur est un filtre passe-bas *c'est-à-dire* qu'il laisse passer les basses fréquences (les faibles changements d'intensité de l'image) et atténue les hautes fréquences (variations rapides). [7]

Exemple :

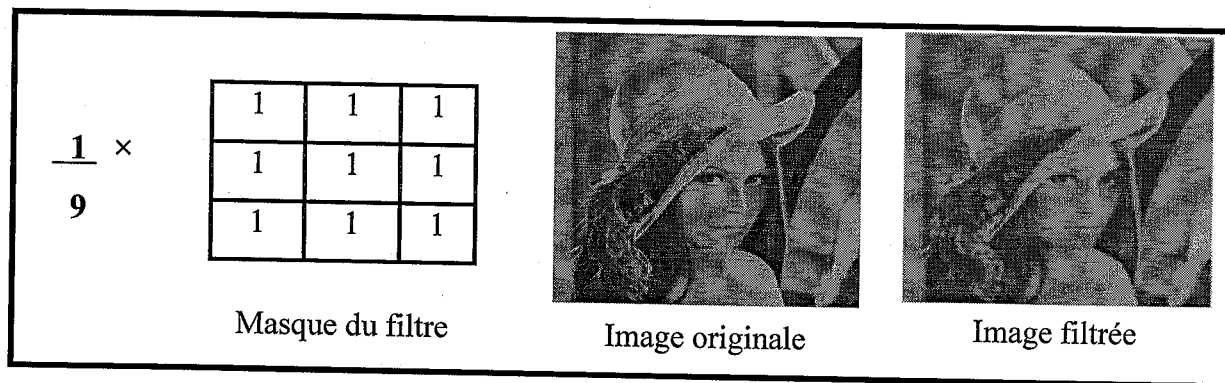


Figure 1-4 : application du filtre moyen (lissage)

**3.1.4.2.2. Filtre passe-haut (accentuation):** est un filtre qui laisse passer les hautes fréquences et qui atténue les basses fréquences. Le filtre passe-haut est l'inverse du filtre passe-bas et ces deux filtres combinés forment un filtre passe-bande.

Exemple :

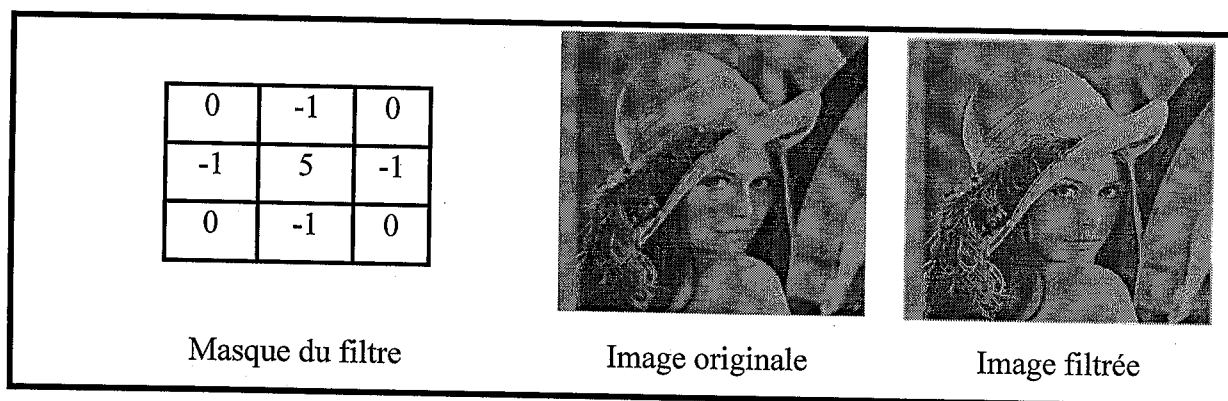


Figure 1-5 : masque de convolution passe-haut

**3.1.4.2.3. Filtre gaussien:** est un filtre isotrope spécial avec des propriétés mathématiques bien précises et très communes dans la nature.

Dans le traitement d'image on introduit une fonction gaussienne à deux dimensions  $G(x, y)$ , comme suit:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

L'intérêt de ce filtre est que l'on contrôle facilement le degré de filtrage à travers le paramètre  $\sigma$ . Le filtre gaussien donne plus d'importance aux pixels proches du pixel central, et diminue cette importance au fur et à mesure que l'on s'éloigne de celui-ci.

Les filtres moyenneurs et les filtres gaussiens ont les mêmes conséquences sur les bords des objets, ils dégradent les contours. [7]

La discrétisation de ce filtre pour une valeur de  $\sigma$  égale à 0.6 donne le masque suivant:

Masque du filtre →

$$\frac{1}{16} \times \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

### 3.1.4.3. Filtres non linéaires

Ils sont conçus pour régler les problèmes des filtre linéaires, surtout ce qui concerne la mauvaise conservation des contours. Leur principe est le même que les filtres linéaires, il s'agit toujours de remplacer la valeur de chaque pixel par la valeur d'une fonction calculée dans son voisinage. La différence est que cette fonction n'est plus linéaire mais une fonction quelconque. Parmi les filtres non linéaires on peut citer :

**3.1.4.3.1. Filtre médian:** sur un voisinage à huit, le nouveau niveau de gris du pixel central est choisi comme étant la valeur médiane de tous les pixels de la fenêtre d'analyse centrée sur le pixel. Son avantage est qu'il garde la netteté des éléments qui constituent l'image sans étaler les transitions. [1]

Exemple :

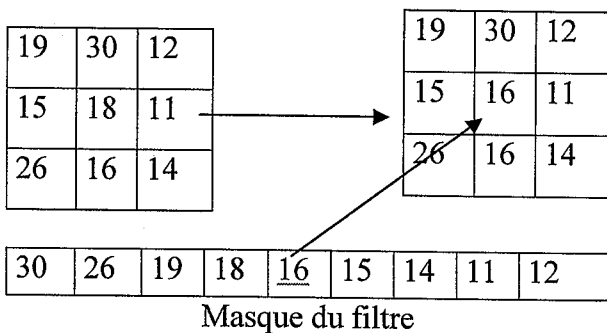


Image originale

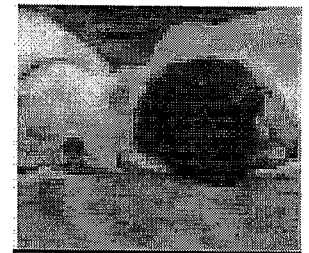


Image filtrée

Figure 1-6 : principe du filtre médian

**3.2. Segmentation d'image :** est une opération de traitement d'images qui a pour but de diviser l'image originale en plusieurs régions distinctes. [2]

## 4. Conclusion

Le traitement d'image est une nouvelle discipline qui rentre dans le cadre de la vision par ordinateur. Il a pour objectif l'acquisition de l'image, le prétraitement c'est à dire l'amélioration de l'apparence et de l'homogénéité des régions qui la composent, la segmentation (l'extraction de l'information du gisement des pixels), en plus, il inclut d'autres types de traitements que nous n'avons pas décrit (tels que la restauration d'image, la compression ...).

Le chapitre suivant abordera les différentes méthodes de segmentation d'image et qui ont pour rôle la partition de l'image en régions (ensembles de pixels) appartenant à une même structure (objets ou scène) et par conséquent la segmentation facilite la compréhension de la sémantique de l'image. En plus, on va présenter brièvement le principe de chaque approche.

## 1. Introduction

L'image, dans son sens général, pourrait englober tous les médias qui peuvent être visualisés par les êtres humains, tels que des images fixes, vidéos, animations, graphiques, tableaux, dessins et même texte. À partir d'images, les êtres humains obtiennent la majorité des informations du monde réel. Afin de mieux percevoir les images et d'obtenir plus d'informations à partir de ces perceptions, différentes techniques ont été développées et de nombreuses applications ont été découvertes.

Toutes les opérations sur l'image peuvent être regroupées sous un Framework « image engineering (IE) », qui se compose de trois couches: traitement d'image (couche basse), analyse d'image (couche intermédiaire) et compréhension d'image (couche haute), comme le montre la Figure 2-1. [8]

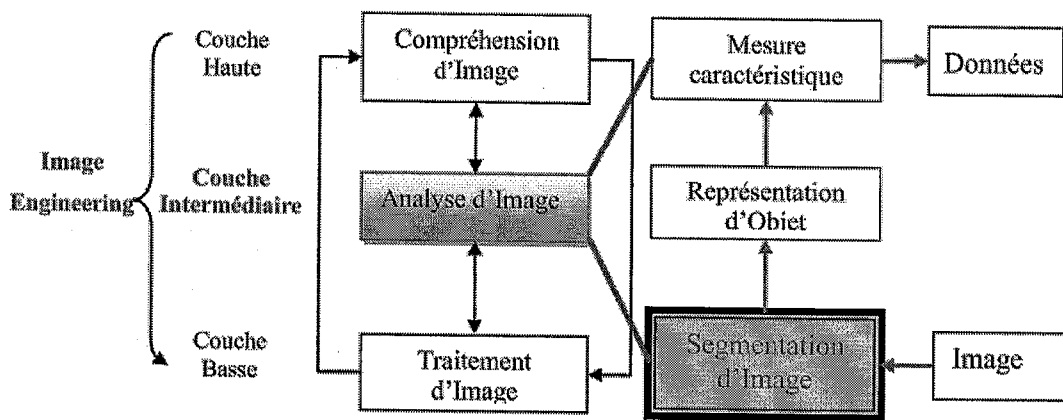


Figure 2-1: image engineering et segmentation d'image

Le processus d'analyse d'image peut être défini comme l'ensemble de méthodes et d'outils permettant de décrire quantitativement le contenu d'une image. Il est généralement décomposé en plusieurs étapes: acquisition, numérisation, prétraitement, segmentation et interprétation.

L'analyse et l'interprétation des images sont actuellement très utilisées dans différents domaines allant de l'aide au diagnostic en médecine à la navigation autonome des véhicules en passant par la reconnaissance des visages, des empreintes, de l'iris, le contrôle de qualité des produits manufacturables (bois, tissus, verre, pièces mécaniques)...etc.

La segmentation d'image est la première étape et aussi l'une des tâches les plus critiques de l'analyse d'image. Il est évident que les résultats de la segmentation ont une influence considérable sur cette analyse et la compréhension de l'image. [9]

## 2. Segmentation d'image

La segmentation est la partition d'une image en un ensemble de régions qui ne se chevauchent pas et dont l'union est l'image entière (voir figure 2-2). [10] :

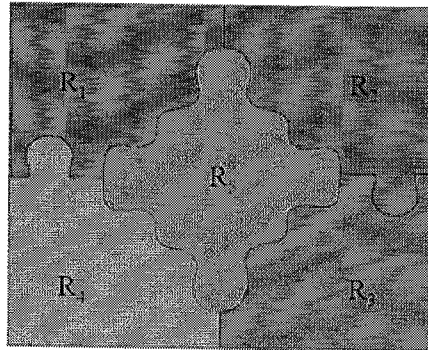


Figure 2-2: Exemple de segmentation d'image.

### 2.1 Définition formelle

Soit  $I$  une image et soient  $R_i$  ;  $1 \leq i \leq n$  des régions disjointes non vides. La définition formelle d'une segmentation d'image est la suivante [25] :

1.  $\bigcup_{i=1}^n R_i = I$
2.  $R_i \cap R_j = \emptyset$ ;  $\forall i, j$  telle que  $i \neq j$
3.  $P(R_i) = \text{vrai}$ ;  $\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$
4.  $P(R_i \cup R_j) = \text{Faux}$ ;  $\forall i, j$  telle que  $i \neq j$
5.  $R_i$  est un composant connexe;  $\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$

Où  $P(R_i)$  est un prédicat d'uniformité pour tous les éléments dans la série  $R_i$  et  $\emptyset$  l'ensemble vide.

Dans ce qui précède, la condition (1) souligne que la somme des régions segmentées doit inclure tous les pixels d'une image. La condition (2) souligne que les différentes régions segmentées ne doivent pas se chevaucher. La condition (3) souligne que les pixels dans les mêmes régions segmentées doivent avoir des propriétés similaires. La condition (4) souligne que les pixels appartenant à différentes régions segmentées doivent avoir des propriétés différentes.

Et enfin, la condition (5) souligne que les pixels dans la même région segmentée sont connexes.

### 2.2. Objectif de la segmentation

La segmentation d'image sert à fournir des zones homogènes ayant des caractéristiques identiques (selon un critère donné: niveaux de gris, couleur, texture), de réduire le bruit et de localiser de manière précise les contours des régions. Ainsi la segmentation permet de simplifier et/ou de modifier la représentation d'une image en une autre qui est plus significative et plus facile à analyser. [12]

### 3. Différentes approches de la segmentation

L'opération de segmentation est souvent confrontée aux problèmes d'ambiguïté et du bruit qui affectent certains pixels de l'image. C'est la raison pour laquelle plusieurs techniques de segmentation ont été proposées. Un algorithme de segmentation s'appuie donc sur :

1. La recherche des discontinuités afin de mettre en évidence **les contours**.
2. La recherche de l'homogénéité locale pour définir **les régions**.
3. Ou encore sur la coopération des deux principes (voir la figure 2-3). [10]

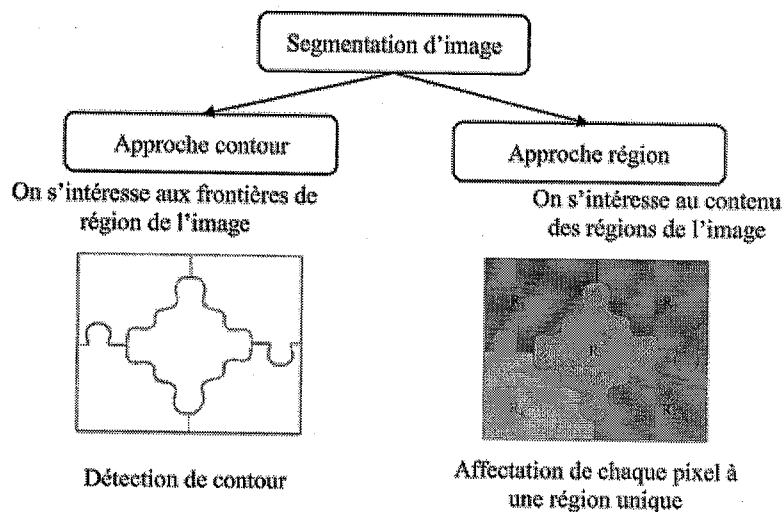


Figure 2-3: Les approches de segmentation d'image.

#### 3.1. Approches contours (frontières)

L'approche contour consiste à rechercher les frontières des objets dans l'image c'est-à-dire identifier les frontières qui délimitent les régions homogènes de l'image.

Un contour est un ensemble de pixels formant une frontière entre deux ou plusieurs régions voisines, il est défini par une variation d'intensité ou par une discontinuité entre les propriétés des deux ensembles connexes de points.

Il existe plusieurs méthodes de segmentation basées sur l'approche contour qu'on peut regrouper en trois catégories: les méthodes dérivatives, par filtrage optimal et les contours actifs.

Les **méthodes dérivatives** sont les plus utilisées dans la détection des transitions d'intensités. Elles consistent à calculer la dérivée en chaque point de l'image afin de mettre en évidence les variations de niveau de gris. On peut classer les méthodes dérivatives en deux groupes selon qu'on utilise la dérivée première (approche gradient) ou la dérivée seconde (approche Laplacien).

L'allure de la dérivée première et de la dérivée seconde d'un signal de type "saut d'amplitude", qui peut correspondre à une variation locale et dans une seule direction du niveau de gris, est donnée par la figure (2.4) suivante:

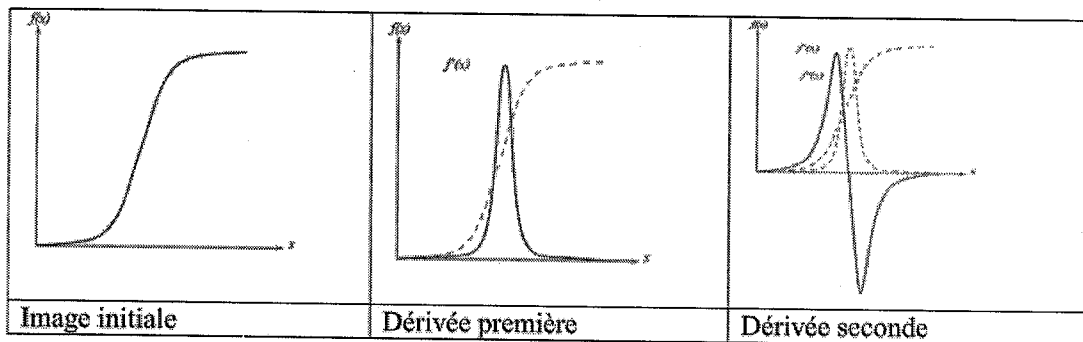


Figure 2- 4: Dérivées première et seconde d'un contour de type "saut d'amplitude"

Une zone de transition dans le signal correspond à un maximum (ou un minimum) local de la dérivée première et un passage par zéro de la dérivée seconde. L'identification d'une zone de transition dans l'image peut être ainsi faite par seuillage de la norme de sa dérivée première ou du passage par zéro de sa dérivée seconde. Parmi les opérateurs gradient les plus connus, on trouve les masques de *Robert* [26], de *Prewit* [27], de *Sobel* [28], de *Kirsch* [29]. [11]

Les méthodes dérivatives sont faciles à implémenter, rapides en termes de temps de calcul et donnent généralement de bons résultats sur des images non bruitées. Elles restent cependant sensibles aux petites variations non significatives des niveaux de gris (bruit) et produisent des contours discontinus qu'il faut ensuite fermer. Pour améliorer la qualité des méthodes dérivatives et pallier aux problèmes de précision et de localisation des contours, des opérateurs de dérivation avec filtrages optimaux ont été introduits.

Un **filtrage optimal** est un filtre dérivateur qui permet de détecter des contours en respectant les 3 critères suivants [13]:

- \* Une bonne détection: l'opérateur donne une réponse au voisinage d'un contour.
- \* Une bonne localisation: optimisation de la précision avec laquelle le contour est détecté.
- \* Unicité de la réponse: le contour doit provoquer une réponse unique de l'opérateur.

Plusieurs filtres optimaux sont apparus dans la littérature. Parmi eux, on trouve les filtres de *Canny* [32], de *Deriche*[33] et celui de *Shen et Castan* [34].

### 3.2. Approches régions

Contrairement aux approches frontières qui recherchent la dissimilarité, les approches région recherchent plutôt la similarité. La segmentation par régions consiste à décomposer l'image en régions homogènes. Ces régions sont composées d'ensembles de pixels connexes possédant des

propriétés au sens d'un prédicat d'homogénéité donné.

On distingue les méthodes qui tiennent compte de la **connexité des pixels** et celles qui n'utilisent pas cette information. En plus de l'information de niveau de gris, l'information **spatiale** est automatiquement intégrée dans le processus de segmentation [16], le contrôle géométrique peut être aussi utilisé pour contrôler ce processus. Le problème fondamental associé à cette approche est lié à la définition du critère d'homogénéité utilisé dans le processus de segmentation de l'image. On distingue quatre types de méthodes que nous présentons ci-dessous.

### 3.2.1. Segmentation par classification de pixels

Le principe consiste à regrouper les pixels selon leurs attributs (intensité, contraste, vecteur moment) sans tenir compte de leur localisation au sein de l'image. Cela permet de construire des classes de pixels ; les pixels adjacents, appartenant à une même classe, forment alors des régions. Parmi les approches de classification, on distingue les méthodes par **seuillage**, basées uniquement sur un seul attribut (souvent l'intensité du pixel) et des méthodes permettant une **classification multi attributs** (par exemple l'intensité du pixel et un calcul de distances). L'objectif consiste à affecter à chaque pixel de l'image une étiquette  $e_i$  indiquant la classe (région)  $i$  la plus proche (mesure de distance entre le pixel et le centre de gravité de la classe).

#### a. Segmentation par seuillage

La **segmentation par seuillage** d'histogramme constitue un cas particulier de la segmentation par classification. Elle se base exclusivement sur la distribution des niveaux de gris de l'histogramme de l'image et ne tient pas compte des relations de voisinage entre les pixels. Il s'agit s'utiliser l'histogramme de l'image dans le but de partitionner l'image en une ou plusieurs classes (objets), chaque classe correspond à une gamme distincte de niveaux de gris. Ceci est réalisé en associant à chaque pic de l'histogramme une classe. Le cas où la segmentation par seuillage donne seulement deux classes est appelé **binarisation**.

La binarisation transforme l'image d'entrée en une image binaire c'est-à-dire que les pixels sont soit noirs soit blancs, le problème de cette transformation est de trouver le bon seuil. [6]

Exemple :

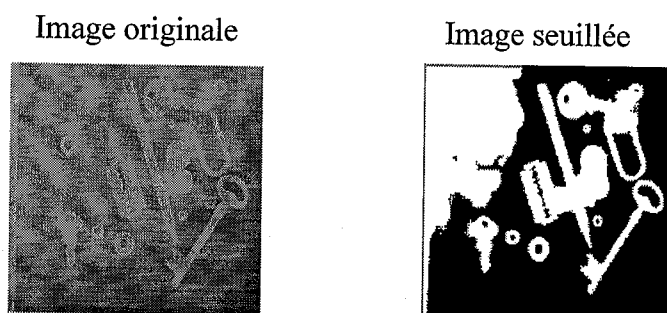


Figure 2-5 : seuillage d'une image.



### b. Classification (clustering)

Cette méthode consiste à regrouper et à classer les pixels d'une image en classes en fonction de leurs propriétés. A chaque point de l'image est associé un vecteur d'attributs. La classification est alors effectuée sur ces vecteurs d'attributs de façon à aboutir à un nombre restreint de régions homogènes au sein de l'image. Il existe deux grandes tendances : [1]

#### 1. Classification non supervisée

Elle vise à séparer automatiquement l'image en clusters sans aucune connaissance a priori sur les classes. Elle se base sur une mesure de distance entre les vecteurs d'attributs.

#### 2. Classification supervisée

Elle s'opère à partir de la connaissance de chacune des classes définies par une approche probabiliste. Elle se base sur l'apprentissage de propriétés discriminantes sur un échantillon de données déjà classées. L'inconvénient des méthodes de classification est qu'elles sont très sensibles au bruit.

Nous présentons ici trois algorithmes de classification qui nous paraissent être les plus utilisées: les k-plus-proches-voisins, les réseaux de neurones (approches supervisée) et les k-moyennes(ou K-means: approche non supervisée).

**Exemple:** classification des images satellitaires aérienne SAR (voir figure (2.7)):

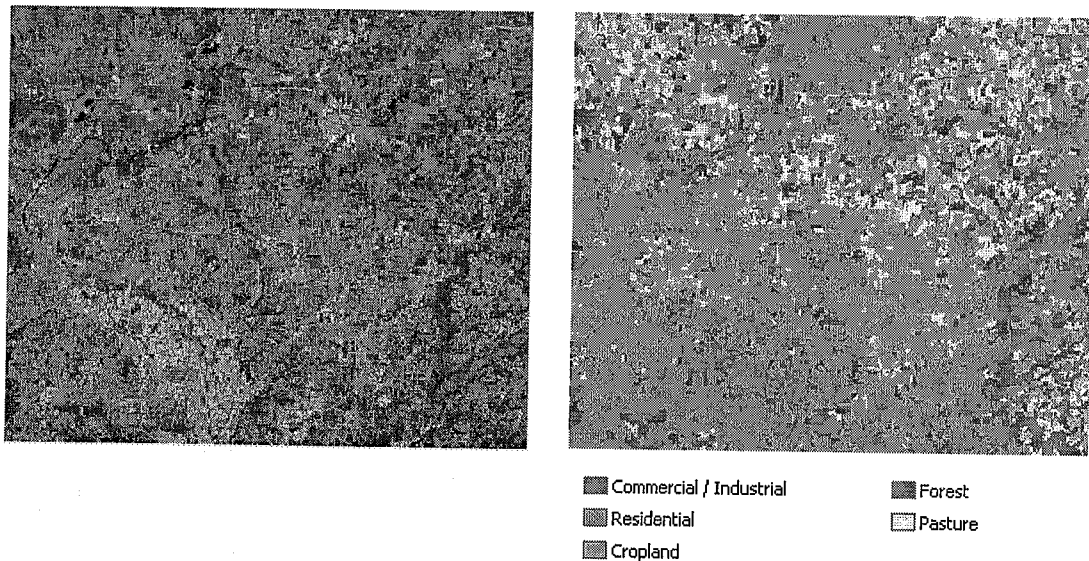


Image satellite brute

Image classifiée

**Figure 2-6 :** classification d'une image aérienne.

### 3.2.2. Les méthodes de type croissance de régions (region growing)

Egalement appelées agrégation de pixels, ces méthodes intègrent implicitement l'information spatiale dans le processus de segmentation.

Les régions sont créées les unes après les autres avec pour chaque région, une phase d'initialisation et une phase itérative. La phase d'initialisation est la phase du choix d'un nouveau germe (point de départ d'une nouvelle région). La phase itérative est la phase d'agrégation des pixels voisins au germe selon un critère d'homogénéité jusqu'à convergence. Ceci sera bien détaillé dans le chapitre suivant.

### 3.2.3. Les méthodes de type division-fusion (Split and Merge)

L'algorithme "split and merge" a été présenté la première fois en 1974 par *Pavlidis et Horowitz* [31]. Cet algorithme s'apparente dans son principe à l'algorithme d'accroissement de région que nous venons de présenter. La différence principale provient de la nature des régions élémentaires agrégées. [6]

#### a. Segmentation par division de régions (Split)

Elle consiste à partitionner l'image en régions homogènes selon un critère donné. Son principe est de considérer l'image elle-même comme région initiale, qui par la suite est divisée en régions. Le processus de division est réitéré sur chaque nouvelle région (issue de la division) jusqu'à l'obtention de classes homogènes [17].

#### b. Segmentation par fusion de régions (Merge)

La procédure de division décrite précédemment aboutit à un nombre de régions trop élevé. La cause fondamentale de ce problème de sur-segmentation est que l'algorithme découpe les régions de manière arbitraire. Il se peut qu'il coupe de cette façon une zone homogène en deux ou quatre parties. Alors, la fusion de régions est la solution qui correspond après le découpage.

Elle consiste à chercher tous les couples de régions adjacentes dans l'arbre issu du découpage et à les fusionner si leur couleur est assez proche.

Cette approche est fondée sur l'analyse d'un **graphe d'adjacence** de régions qui représente une image pré-segmentée, constituée d'un ensemble de régions provenant d'une méthode de division. Dans le graphe, chaque nœud représente une région et chaque arête représente une adjacence entre deux régions.

Alors, le procédé consiste à fusionner deux nœuds reliés par une arête à condition qu'ils respectent un critère de fusion (critère d'homogénéité). Cette méthode peut introduire l'effet de sous-segmentation.

Et par conséquent, le principe de L'algorithme "split and merge" est de combiner les deux dernières méthodes présentées afin de pallier à leurs inconvénients (division de régions et fusion de régions) de la manière suivante : une première étape de division donne comme résultat, une image divisée en plusieurs régions. Par la suite, une étape de fusion intervient afin de corriger le résultat

obtenu par la première étape, en regroupant les régions similaires .Ce procédé est répété jusqu'à l'obtention d'une segmentation .

Les deux des méthodes de décomposition et fusion de régions les plus utilisées reposent sur le diagramme de Voronoï et l'utilisation d'un arbre **quaternaire**.

• **Diagramme de Voronoï**

L'utilisation du diagramme de Voronoï permet un partitionnement de l'image en polygones. A l'initialisation, le diagramme est construit sur un ensemble de germes sélectionnés de façon aléatoire sur l'image via un processus de Poisson.

L'application des phases de fusion et de décomposition permet la suppression de régions (et de germes) superflus ainsi qu'une décomposition des régions hétérogènes au sens du critère adopté initialement.

• **Arbre quaternaire (« quadtree »)**

Le principe consiste à diviser l'image initiale en régions rectangulaires répondant toutes au critère d'homogénéité avant d'appliquer la phase de fusion. Partant de l'image comme région initiale, on construit l'arbre en subdivisant en quatre la région si elle ne répond pas au critère d'homogénéité.

On réitère alors l'opération sur les 4 régions filles si besoin. Chaque nœud de l'arbre contient alors exactement quatre nœuds fils. Une fois l'arbre quaternaire établi, certaines feuilles de l'arbre ont des caractéristiques similaires ; elles sont alors regroupées ensemble durant la phase de fusion (voir la figure 2-8). [7]

**Notons que:**

Le critère d'homogénéité est fixé par un seuil sur la variance de la couleur dans la zone en cours d'examen. Au dessus de ce seuil, la zone est découpée en quatre, en dessous, elle est conservée et constitue un nœud terminal De l'arbre. On lui attribue alors la couleur de la moyenne des pixels la constituant. [11]

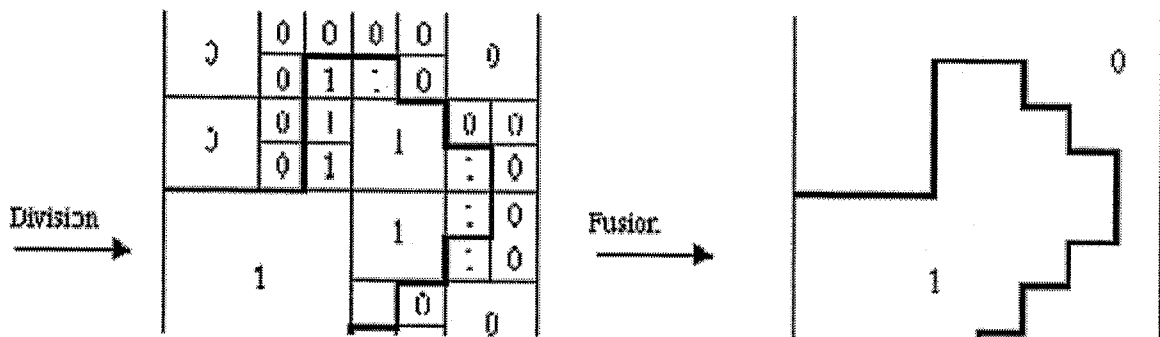


Figure 2-7: Principe de la segmentation par division-fusion.

### 3.3. Les approches coopératives

La segmentation par coopération régions-contours suscite un grand intérêt [37]. Elle consiste en une coopération entre la segmentation par régions et la segmentation par contours. *Salotti* [18] a également proposé une technique de coopération entre un détecteur de contours et un processus de croissance de régions par agrégation de pixels.

Globalement, une approche contour permet la localisation des contours non continus donc difficilement utilisables. En y joignant une approche région dont les caractéristiques sont l'obtention de zones fermées et homogènes, elle peut ainsi pallier les faiblesses de chacune des techniques : la faible précision du contour (approche région) et l'obtention de régions non fermées (approche contour).

Il existe trois formes de coopération région-contour [19] :

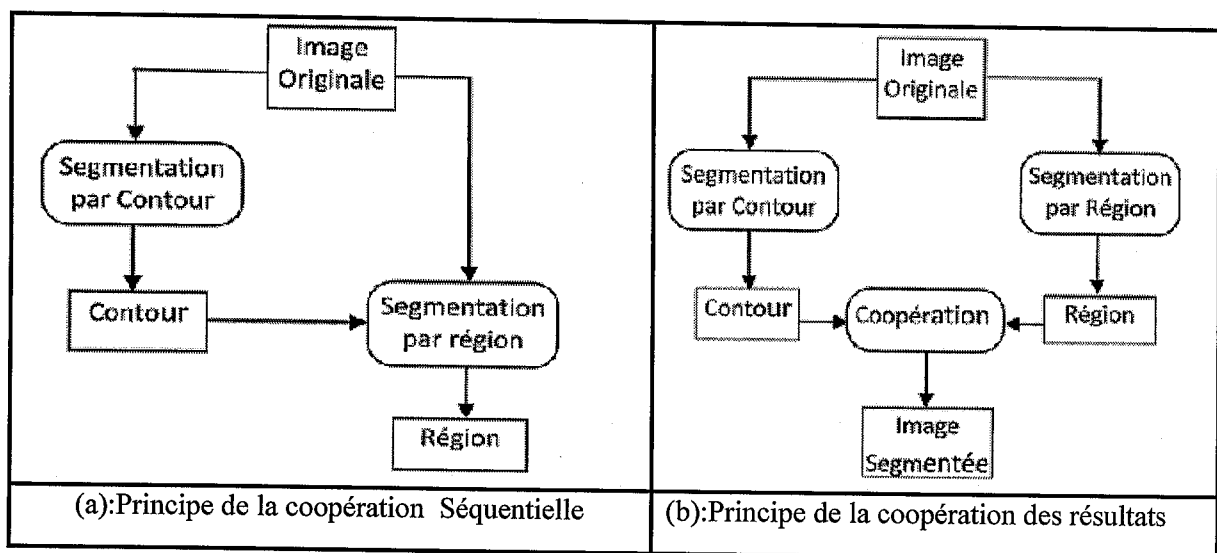
#### 3.3.1. Coopération séquentielle

L'une des techniques de segmentation (région ou contour) est réalisée en premier lieu. Son résultat va être exploité par l'autre technique pour renforcer la définition des critères ou des paramètres de la segmentation.

L'intégration de l'information provenant de la segmentation par contours dans une segmentation par régions est l'une des formes de coopération les plus courantes (voir la figure 2.9(a)). [20]

#### 3.3.2. Coopération des résultats

Les deux types de segmentation seront réalisés indépendamment ; la coopération concernera leurs résultats qui seront intégrés afin d'atteindre une meilleure segmentation (Figure 2.9 (b)). [20]



- Figure 2.8 -

### 3.3.3. Coopération mutuelle

Les deux types de segmentation coopéreront mutuellement au cours de leur processus d'exécution (Figure 2.10). La coopération permet de prendre des décisions plus sûres et plus fiables [20].

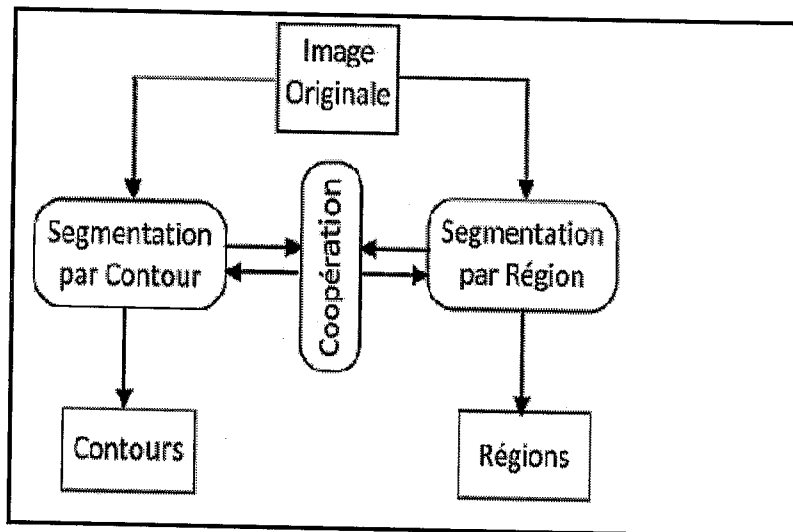


Figure 2.9: Principe de la coopération mutuelle

### 3.3.4. Segmentation par ligne de partage des eaux LPE (watershed)

Un exemple de cette approche hybride peut être l'utilisation d'une segmentation d'images par Ligne de partage des eaux.

L'algorithme de la ligne de partage des eaux (LPE), proposé par *Digabel et Lantuéjoul* [30], permet de compléter la segmentation par croissance de régions dans son principe et casser le problème de sur-segmentation. Ce qui revient à décomposer une image en régions homogènes. Il consiste à faire grossir simultanément toutes les régions jusqu'à ce que l'image soit entièrement segmentée.

En chaque minimum local, une source d'eau est placée. Le niveau d'eau est ensuite augmenté. Une contrainte doit être alors respectée : "Les eaux de différentes sources ne doivent pas se rejoindre". Par conséquent, lorsque les eaux montent, des barrages sont érigés afin que les eaux ne se mélangent pas.

Le résultat de la segmentation est l'ensemble des barrages, ce qui représente une image binaire (Figure 2.11). [3]

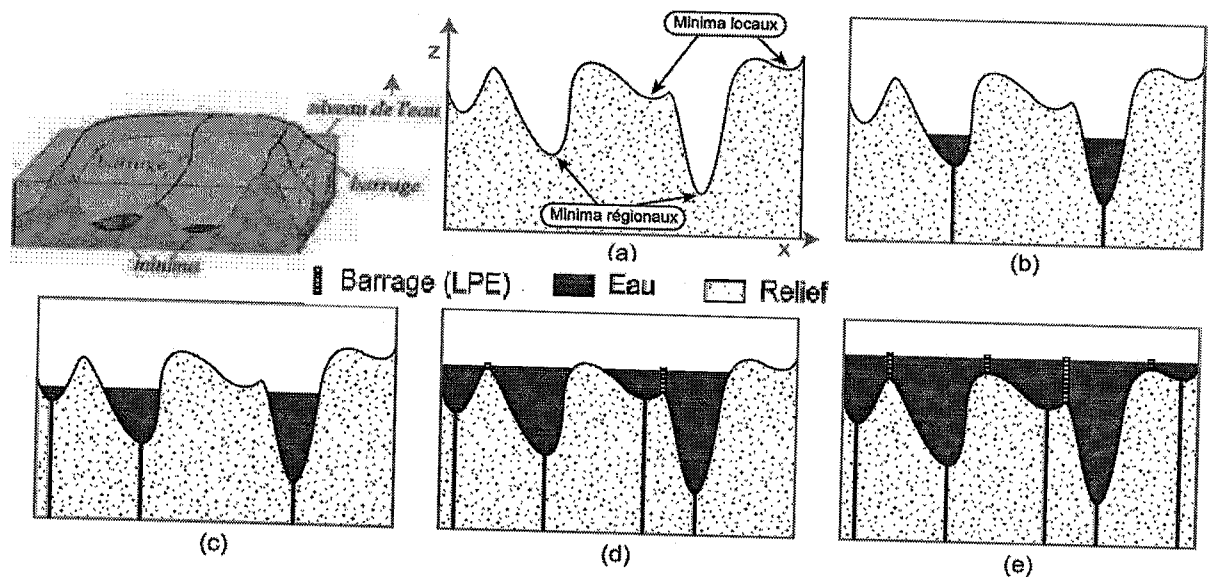


Figure 2.10: Principe de la ligne de partage des eaux

### 3.4. Les critères de choix de la technique de segmentation

Il n'y a pas de méthode unique de segmentation d'une image. Le choix d'une technique est lié : [3]

- **A la nature de l'image** : Eclairage non homogène, reflets, présence de bruit, de zones texturées, contours flous ...
- **Aux opérations situées en aval de la segmentation** : Localisation, mesure, reconnaissance des formes, interprétation, diagnostic, contrôle de qualité...
- **Aux primitives à extraire** : Contours, angles, région, formes, textures...
- **Aux contraintes d'exploitation** : complexité algorithmique, fonctionnement en temps réel, taille de la mémoire disponible...

## 4. Conclusion

Ce que nous avons présenté dans ce chapitre n'est qu'une présentation très générale et non exhaustive des méthodes de segmentation d'images qui existent. A savoir celles de l'approche: contour, région ou coopérative.

Nous avons vu que le choix d'une technique de segmentation est lié aux critères déjà précités. Et que les travaux actuels sur la segmentation d'image s'orientent vers l'approche coopérative, car elle donne des résultats plus intéressants par rapport aux deux autres approches (par région et par contour) ce qui est apparu dans l'approche ligne de partage des eaux (LPE) qui sert à compléter le principe de croissance de région. Cette dernière sera bien détaillée dans le chapitre suivant.

## 1. Introduction

Dans ce chapitre, Nous allons présenter le contexte dans lequel se situe la problématique de ce mémoire.

Nous présenterons dans un premier temps l'objet de ce mémoire qui est la segmentation d'images niveaux de gris par l'approche croissance de régions, ensuite on va expliquer l'approche de la multi-résolution ainsi qu'elle va se baser sur la technique de segmentation en régions, c'est pourquoi nous présenterons ces deux approches.

## 2. Présentation de la méthode

### 2.1. Définition

La croissance de région est une méthode itérative de segmentation basée sur une approche région dont le principe initial a été proposé par Zucker en 1976 [21].

La croissance s'effectue à partir de pixels initiaux appelés « germes ou amorces » (seeds) ou noyaux des régions. Ces germes peuvent être sélectionnés de façon aléatoire ou automatique [13]. Lors d'une itération du processus, les pixels adjacents à la région sont étudiés. S'ils vérifient les conditions d'homogénéité (critère défini au préalable), le pixel sera alors agrégé dans la région (voir la figure (3.1)). [35]

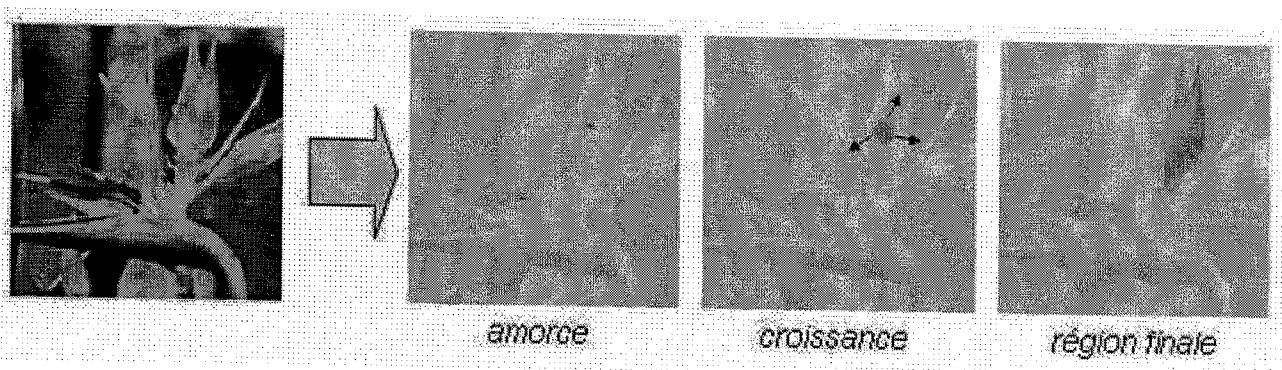
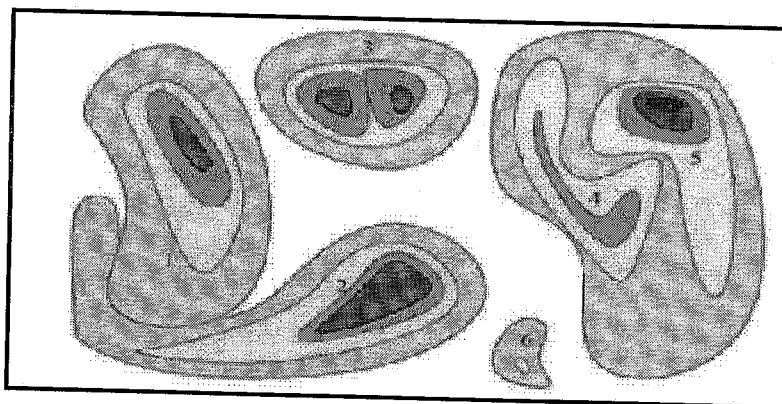


Figure 3-1: Principe de la croissance de régions

Les pixels non intégrés aux régions peuvent générer eux-mêmes de nouvelles régions ou être quand même assimilés à la région la plus proche (cas du bruit dans une image par exemple). Généralement, une mesure de similarité peut être évaluée par un calcul de distance entre les attributs du pixel candidat et ceux de la région. Lorsqu'une région intègre un nouvel élément, ses attributs sont alors remis à jour. La croissance de région s'interrompt lorsque tous les pixels adjacents aux régions ont été affectés (voir la figure (3.2)).



**Figure 3-2:** Croissance progressive des régions

L'approche demeure efficace lorsque les paramètres de critères d'homogénéité (intensité et spatial), de choix de germes, de choix du parcours des pixels candidats, de seuils, sont bien choisis.

En effet, la méthode reste très sensible à la variation d'un de ces paramètres et le résultat final en est fortement dépendant. Cette méthode est donc bien adaptée aux séquences d'images présentant de faibles variations comme par exemple les images d'une acquisition vidéo. Le choix des paramètres est alors effectué sur la première image, puis conservé pour l'ensemble des images suivantes [8].

## 2.2. Les paramètres de la croissance de régions

Pour segmenter une image avec la méthode de croissance de régions, il faut faire un certain nombre de choix tels que la mesure d'homogénéité, le positionnement des germes initiaux et le critère d'arrêt.

### 2.2.1. Germes initiaux

La détermination des germes initiaux est une phase importante pour que les régions puissent croître facilement dans toutes les directions. Leur position influe fortement sur le résultat de la segmentation.

La localisation de ces germes peut être réalisée manuellement. Mais l'intervention humaine ne donne pas toujours des meilleurs résultats. Il faudra alors disposer d'une méthode permettant de choisir automatiquement les positions des germes initiaux dans l'image.

Généralement, toutes les méthodes de croissance de régions ne nécessitent pas une localisation précise des germes. Elles sont basées sur leur choix aléatoire. A partir de ce germe au hasard de l'image, on va construire une première région. Lorsque cette région ne peut plus croître, la méthode choisit un autre germe parmi les points non segmentés.



Alors le résultat de ce processus contient des régions trop petites. Ce cas nécessite une étape supplémentaire qui est la fusion de régions adjacentes ayant les mêmes caractéristiques (dans notre cas: les mêmes niveaux de gris), et afin diminuer le nombre de régions obtenu [22].

### 2.2.2. Mesure d'homogénéité

Le premier choix à faire dans la segmentation d'une image par croissance de régions est la mesure d'homogénéité. Ce choix est lié à l'application finale et aux propriétés de l'image à traiter. Le choix de la mesure semble très vaste.

En pratique, cette mesure est souvent une distance entre la valeur de l'intensité (ou une autre grandeur propre à l'espace utilisé: dans notre cas c'est la valeur de niveaux de gris) d'un point à agréger et la moyenne et parfois la variance et l'écart type des intensités des points constituant la région (comme notre cas bien sûr). Si cette distance est inférieure à un seuil, ou bien cette distance est la plus petite des distances obtenues avec tout autre pixel candidat à l'agglomération, alors le point est ajouté à la région[19]. Le choix de seuil  $S$  a une forte influence sur le résultat de la segmentation. Un mauvais réglage de ce paramètre peut permettre à une région de croître à l'extérieur de la zone à segmenter.

### 2.2.3. Un processus itératif

Suite au choix des germes initiaux et le critère d'homogénéité, un processus itératif de déformation ajoute progressivement des points situés à l'extérieur de la région en train de croître, s'ils respectent la mesure d'homogénéité (les mêmes niveaux de gris). Ces nouveaux points sont regroupés dans l'ensemble que l'on note  $C^{[n]}$  appelé couronne. Considérons une croissance de région ne faisant croître qu'une seule région. Étant donné une région initiale  $R^{[0]}$ , la région suivante  $R^{[n+1]}$  est obtenue à partir de la région courante  $R^{[n]}$  et de la couronne  $C^{[n]}$  par la réunion suivante [23] :  $R^{[n+1]} = R^{[n]} \cup C^{[n]}$

Dans notre mémoire, le processus de croissance de région s'applique sur l'image niveau de gris de format Bmp. Alors, la mesure de similarité est évaluée par la moyenne et la variance des niveaux de gris des pixels de l'image à segmenter. Ces deux grandeurs seront comparées avec une valeur d'un seuil global générera aléatoirement par l'utilisateur.

Le pseudo-code ci-dessous [1] présente une procédure récursive, où  $(i_c, j_c)$  représente la position de tous les pixels connexes (4-connexes ou 8-connexes) à la position  $(i, j)$ . Les arguments transmis à la procédure avant la première récursion sont les valeurs représentatives d'un germe, à savoir sa position  $(i, j)$  et une valeur (label) qui le distingue des autres germes.

La table de référence Visité [] est un tableau booléen servant à mémoriser les endroits déjà visités par la croissance. L'algorithme fabrique au final une l'image labellisée où chaque région est

caractérisée par une même valeur d'intensité. Le pseudo-code de croissance d'une région s'exprime de la façon suivante:

```

Croissance (i, j, label)  {
    Visité [i, j] = VRAI;
    Image_labellisée(i,j) = label;
    POUR chaque position connexe à (i,j) FAIRE
    SI (Visité [ic,jc] == FAUX) ET ( Image_source(ic,jc) répond aux
        critères de croissance) ALORS Croissance(ic,jc,label);
    FIN POUR  }
    
```

### 2.2.4. Convergence, critère d'arrêt

Comme l'itération porte sur une région croissante et bornée, la convergence est assurée au bout d'un nombre fini d'itérations. Le processus de croissance peut s'arrêter selon deux cas de figure:

- 1) Toutes les régions satisfont la mesure d'homogénéité et la segmentation comprend **n** régions.
- 2) Il existe **n-1** régions qui vérifient la mesure d'homogénéité, la **nième** région comprend les points ne vérifiant pas la mesure d'homogénéité. [23]

### 2.3. Les avantages et les inconvénients de la croissance de régions

Parmi les avantages et les inconvénients de cette technique, nous pouvons citer :

Avantages	Limites
<ul style="list-style-type: none"> <li>* D'être simple et rapide.</li> <li>* Elle permet la segmentation d'objet à topologie complexe.</li> <li>* Elle préserve la forme de chaque région de l'image.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Une mauvaise sélection des germes ou un choix du critère de similarité mal adapté peuvent entraîner des phénomènes de sous-segmentation<sup>1</sup> ou de sur-segmentation<sup>2</sup>.</li> <li>* Il peut y avoir des pixels qui ne peuvent pas être classés.</li> </ul>

Tableau 3.1: Avantages et limites de l'approche par croissance de région. [23]

### 3. Segmentation multi-résolution

La multi-résolution [1] est un concept qui est apparu très tôt dans le domaine de l'image numérique lorsque les chercheurs se sont intéressés au filtrage par masques (en particulier pour la détection de contours).

<sup>1</sup> *Sous-segmentation: intervient lorsqu'une région couvre plusieurs objets d'intérêt de classes différentes.*

<sup>2</sup> *Sur-segmentation : intervient quant les objets d'intérêt sont divisé en plusieurs régions à l'issus de la segmentation ce qui la rends de moins bonne qualité.*

Quelle valeur fallait-il choisir pour la taille du masque ? Y-a-t-il une valeur optimale? La réponse est bien sûr **non** car toute image contient des informations à plusieurs niveaux de détails. C'est pourquoi sont apparues des techniques dites de multi-résolution qui permettaient de manipuler plusieurs résolutions (et donc plusieurs tailles de masques) dans un même environnement.

Parmi les différents environnements proposés, le plus connu est le modèle pyramidal dont voici les grands principes.

Lorsque l'on souhaite appliquer à une image un traitement mettant en jeu un opérateur linéaire cela revient à remplacer la valeur en un point quelconque par une somme pondérée des valeurs du voisinage de ce point.

Plus le voisinage sera grand, plus la somme comportera de valeurs et donc plus le traitement sera long.

Une alternative consiste à utiliser un voisinage constant en taille mais à réduire l'image à traiter. C'est de cette idée qu'est venue la notion de **pyramide**.

Cependant, on ne peut pas réduire n'importe comment la taille d'une image. Il est nécessaire de valider un ensemble de propriétés (dont le principal est issu du théorème de Shannon sur l'échantillonnage).

La construction d'images de tailles réduites à partir d'une image initiale constitue ce que l'on appelle une pyramide. En segmentation d'images, la **pyramide** est une représentation multi-résolution d'une image. Elle permet de modéliser l'image à différentes résolutions, depuis l'image initiale à une image très grossière.

Une pyramide multi-résolution est une séquence  $(I_0, I_1, \dots, I_p)$  d'images dont la taille décroît régulièrement, généralement d'un facteur 2 à chaque étape (pyramide dyadique).  $I_0$  est l'image d'origine et classiquement, l'image  $I_{k+1}$  est obtenue à partir de l'image  $I_k$  par enchaînement de deux opérations : **un filtrage passe-bas** (moyennage sur un voisinage, lissage gaussien, filtrage morphologique. . .) et **une opération de sous-échantillonnage**, généralement par décimation, i.e. rétention d'un échantillon sur  $d$ .

L'idée donc consiste à empiler les différentes représentations de la même image. Cette structure forme alors une pyramide où chaque niveau peut se calculer à partir du niveau précédent et de règles de simplification. On peut citer les principaux types de construction d'une pyramide d'images: Gaussienne, Laplacienne, Irrégulière et Adaptative [24].

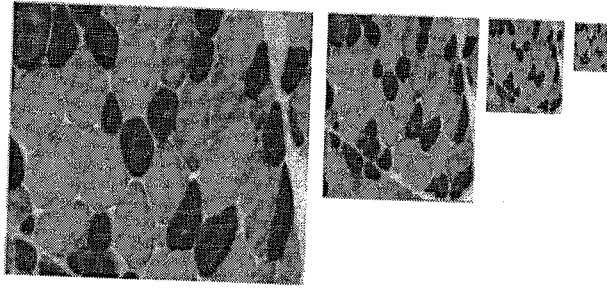


Figure 3.3 : Pyramide Gaussienne.

#### 4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté quelques notions concernant la segmentation d'images niveaux de gris par la technique croissance de région, ainsi que la technique de multi-résolution. Nous avons cité l'algorithme de segmentation par croissance des régions dont nous aurons besoin dans notre prochain chapitre et qui va être le chapitre d'application.

## 1. Introduction

L'image, dans son sens général, pourrait englober tous les médias qui peuvent être visualisés par les êtres humains, tels que des images fixes, vidéos, animations, graphiques, tableaux, dessins et même texte. À partir d'images, les êtres humains obtiennent la majorité des informations du monde réel. Afin de mieux percevoir les images et d'obtenir plus d'informations à partir de ces perceptions, différentes techniques ont été développées et de nombreuses applications ont été découvertes.

Toutes les opérations sur l'image peuvent être regroupées sous un Framework « image engineering (IE) », qui se compose de trois couches: traitement d'image (couche basse), analyse d'image (couche intermédiaire) et compréhension d'image (couche haute), comme le montre la Figure 2-1. [8]

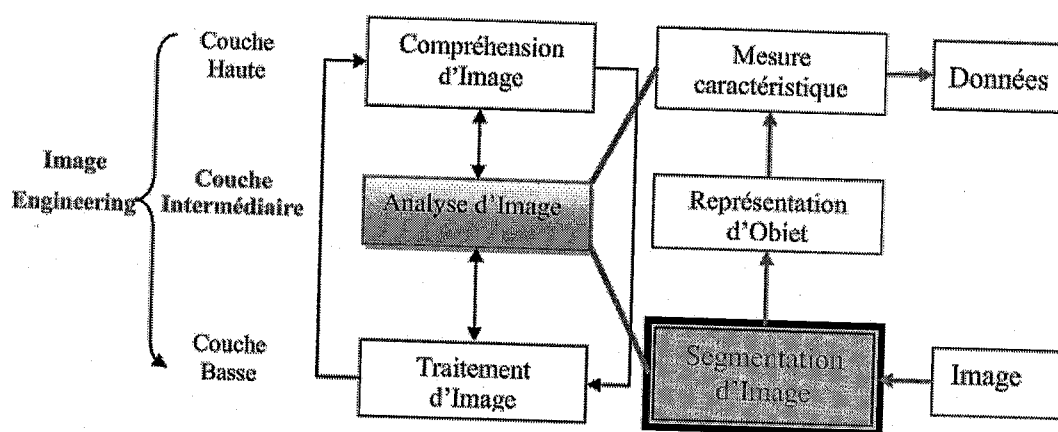


Figure 2-1: image engineering et segmentation d'image

Le processus d'analyse d'image peut être défini comme l'ensemble de méthodes et d'outils permettant de décrire quantitativement le contenu d'une image. Il est généralement décomposé en plusieurs étapes: acquisition, numérisation, prétraitement, segmentation et interprétation.

L'analyse et l'interprétation des images sont actuellement très utilisées dans différents domaines allant de l'aide au diagnostic en médecine à la navigation autonome des véhicules en passant par la reconnaissance des visages, des empreintes, de l'iris, le contrôle de qualité des produits manufacturables (bois, tissus, verre, pièces mécaniques)...etc.

La segmentation d'image est la première étape et aussi l'une des tâches les plus critiques de l'analyse d'image. Il est évident que les résultats de la segmentation ont une influence considérable sur cette analyse et la compréhension de l'image. [9]

## 2. Segmentation d'image

La segmentation est la partition d'une image en un ensemble de régions qui ne se chevauchent pas et dont l'union est l'image entière (voir figure 2-2). [10] :

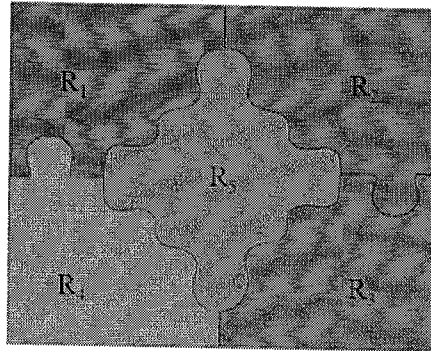


Figure 2-2: Exemple de segmentation d'image.

### 2.1 Définition formelle

Soit  $I$  une image et soient  $R_i$  ;  $1 \leq i \leq n$  des régions disjointes non vides. La définition formelle d'une segmentation d'image est la suivante [25] :

1.  $\bigcup_{i=1}^n R_i = I$
2.  $R_i \cap R_j = \emptyset$ ;  $\forall i, j$  telle que  $i \neq j$
3.  $P(R_i) = \text{vrai}$ ;  $\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$
4.  $P(R_i \cup R_j) = \text{Faux}$ ;  $\forall i, j$  telle que  $i \neq j$
5.  $R_i$  est un composant connexe;  $\forall i \in \{1, 2, \dots, n\}$

Où  $P(R_i)$  est un prédicat d'uniformité pour tous les éléments dans la série  $R_i$  et  $\emptyset$  l'ensemble vide.

Dans ce qui précède, la condition (1) souligne que la somme des régions segmentées doit inclure tous les pixels d'une image. La condition (2) souligne que les différentes régions segmentées ne doivent pas se chevaucher. La condition (3) souligne que les pixels dans les mêmes régions segmentées doivent avoir des propriétés similaires. La condition (4) souligne que les pixels appartenant à différentes régions segmentées doivent avoir des propriétés différentes.

Et enfin, la condition (5) souligne que les pixels dans la même région segmentée sont connexes.

### 2.2. Objectif de la segmentation

La segmentation d'image sert à fournir des zones homogènes ayant des caractéristiques identiques (selon un critère donné: niveaux de gris, couleur, texture), de réduire le bruit et de localiser de manière précise les contours des régions. Ainsi la segmentation permet de simplifier et/ou de modifier la représentation d'une image en une autre qui est plus significative et plus facile à analyser. [12]

### 3. Différentes approches de la segmentation

L'opération de segmentation est souvent confrontée aux problèmes d'ambiguïté et du bruit qui affectent certains pixels de l'image. C'est la raison pour laquelle plusieurs techniques de segmentation ont été proposées. Un algorithme de segmentation s'appuie donc sur :

1. La recherche des discontinuités afin de mettre en évidence **les contours**.
2. La recherche de l'homogénéité locale pour définir **les régions**.
3. Ou encore sur la coopération des deux principes (voir la figure 2-3). [10]

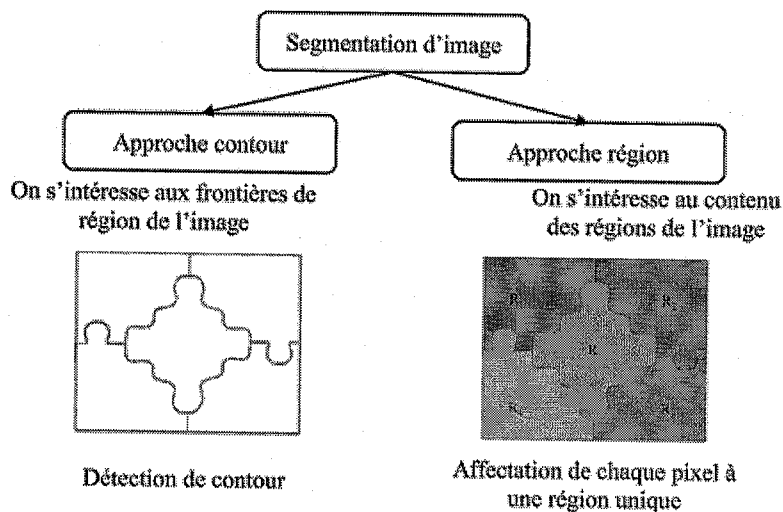


Figure 2-3: Les approches de segmentation d'image.

#### 3.1. Approches contours (frontières)

L'approche contour consiste à rechercher les frontières des objets dans l'image c'est-à-dire identifier les frontières qui délimitent les régions homogènes de l'image.

Un contour est un ensemble de pixels formant une frontière entre deux ou plusieurs régions voisines, il est défini par une variation d'intensité ou par une discontinuité entre les propriétés des deux ensembles connexes de points.

Il existe plusieurs méthodes de segmentation basées sur l'approche contour qu'on peut regrouper en trois catégories: les méthodes dérivatives, par filtrage optimal et les contours actifs.

Les **méthodes dérivatives** sont les plus utilisées dans la détection des transitions d'intensités. Elles consistent à calculer la dérivée en chaque point de l'image afin de mettre en évidence les variations de niveau de gris. On peut classer les méthodes dérivatives en deux groupes selon qu'on utilise la dérivée première (approche gradient) ou la dérivée seconde (approche Laplacien).

L'allure de la dérivée première et de la dérivée seconde d'un signal de type "saut d'amplitude", qui peut correspondre à une variation locale et dans une seule direction du niveau de gris, est donnée par la figure (2.4) suivante:

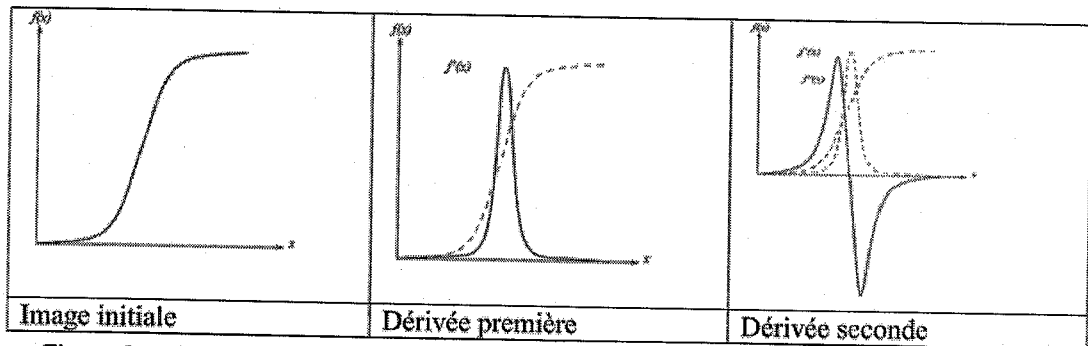


Figure 2- 4: Dérivées première et seconde d'un contour de type "saut d'amplitude"

Une zone de transition dans le signal correspond à un maximum (ou un minimum) local de la dérivée première et un passage par zéro de la dérivée seconde. L'identification d'une zone de transition dans l'image peut être ainsi faite par seuillage de la norme de sa dérivée première ou du passage par zéro de sa dérivée seconde. Parmi les opérateurs gradient les plus connus, on trouve les masques de *Robert* [26], de *Prewit* [27], de *Sobel* [28], de *Kirsch* [29]. [11]

Les méthodes dérivatives sont faciles à implémenter, rapides en termes de temps de calcul et donnent généralement de bons résultats sur des images non bruitées. Elles restent cependant sensibles aux petites variations non significatives des niveaux de gris (bruit) et produisent des contours discontinus qu'il faut ensuite fermer. Pour améliorer la qualité des méthodes dérivatives et pallier aux problèmes de précision et de localisation des contours, des opérateurs de dérivation avec filtrages optimaux ont été introduits.

Un **filtrage optimal** est un filtre dérivateur qui permet de détecter des contours en respectant les 3 critères suivants [13]:

- \* Une bonne détection: l'opérateur donne une réponse au voisinage d'un contour.
- \* Une bonne localisation: optimisation de la précision avec laquelle le contour est détecté.
- \* Unicité de la réponse: le contour doit provoquer une réponse unique de l'opérateur.

Plusieurs filtres optimaux sont apparus dans la littérature. Parmi eux, on trouve les filtres de *Canny* [32], de *Deriche*[33] et celui de *Shen et Castan* [34].

### 3.2. Approches régions

Contrairement aux approches frontières qui recherchent la dissimilarité, les approches région recherchent plutôt la similarité. La segmentation par régions consiste à décomposer l'image en régions homogènes. Ces régions sont composées d'ensembles de pixels connexes possédant des



propriétés au sens d'un prédicat d'homogénéité donné.

On distingue les méthodes qui tiennent compte de la **connexité des pixels** et celles qui n'utilisent pas cette information. En plus de l'information de niveau de gris, l'information **spatiale** est automatiquement intégrée dans le processus de segmentation [16], le contrôle géométrique peut être aussi utilisé pour contrôler ce processus. Le problème fondamental associé à cette approche est lié à la définition du critère d'homogénéité utilisé dans le processus de segmentation de l'image. On distingue quatre types de méthodes que nous présentons ci-dessous.

### 3.2.1. Segmentation par classification de pixels

Le principe consiste à regrouper les pixels selon leurs attributs (intensité, contraste, vecteur moment) sans tenir compte de leur localisation au sein de l'image. Cela permet de construire des classes de pixels ; les pixels adjacents, appartenant à une même classe, forment alors des régions. Parmi les approches de classification, on distingue les méthodes par **seuillage**, basées uniquement sur un seul attribut (souvent l'intensité du pixel) et des méthodes permettant une **classification multi attributs** (par exemple l'intensité du pixel et un calcul de distances). L'objectif consiste à affecter à chaque pixel de l'image une étiquette  $e_i$  indiquant la classe (région)  $i$  la plus proche (mesure de distance entre le pixel et le centre de gravité de la classe).

#### a. Segmentation par seuillage

La **segmentation par seuillage** d'histogramme constitue un cas particulier de la segmentation par classification. Elle se base exclusivement sur la distribution des niveaux de gris de l'histogramme de l'image et ne tient pas compte des relations de voisinage entre les pixels. Il s'agit s'utiliser l'histogramme de l'image dans le but de partitionner l'image en une ou plusieurs classes (objets), chaque classe correspond à une gamme distincte de niveaux de gris. Ceci est réalisé en associant à chaque pic de l'histogramme une classe. Le cas où la segmentation par seuillage donne seulement deux classes est appelé **binarisation**.

La binarisation transforme l'image d'entrée en une image binaire c'est-à-dire que les pixels sont soit noirs soit blancs, le problème de cette transformation est de trouver le bon seuil. [6]

**Exemple :**

Image originale

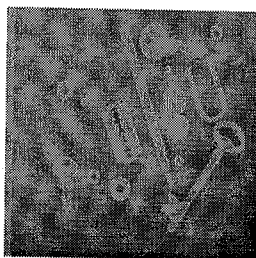


Image seuillée

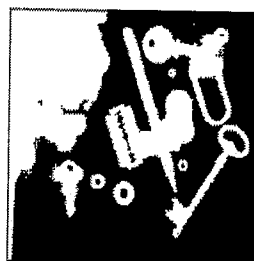


Figure 2-5 : seuillage d'une image.

## b. Classification (clustering)

Cette méthode consiste à regrouper et à classer les pixels d'une image en classes en fonction de leurs propriétés. A chaque point de l'image est associé un vecteur d'attributs. La classification est alors effectuée sur ces vecteurs d'attributs de façon à aboutir à un nombre restreint de régions homogènes au sein de l'image. Il existe deux grandes tendances : [1]

### 1. Classification non supervisée

Elle vise à séparer automatiquement l'image en clusters sans aucune connaissance a priori sur les classes. Elle se base sur une mesure de distance entre les vecteurs d'attributs.

### 2. Classification supervisée

Elle s'opère à partir de la connaissance de chacune des classes définies par une approche probabiliste. Elle se base sur l'apprentissage de propriétés discriminantes sur un échantillon de données déjà classées. L'inconvénient des méthodes de classification est qu'elles sont très sensibles au bruit.

Nous présentons ici trois algorithmes de classification qui nous paraissent être les plus utilisées: les k-plus-proches-voisins, les réseaux de neurones (approches supervisée) et les k-moyennes(ou K-means: approche non supervisée).

**Exemple:** classification des images satellitaires aérienne SAR (voir figure (2.7)):

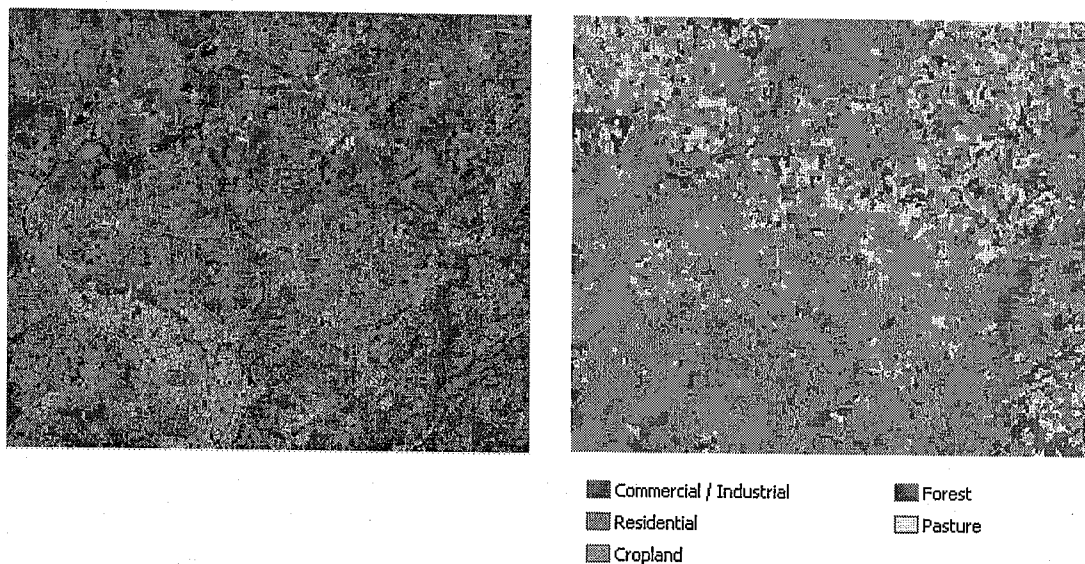


Image satellite brute

Image classifiée

**Figure 2-6 :** classification d'une image aérienne.

### 3.2.2. Les méthodes de type croissance de régions (region growing)

Egalement appelées agrégation de pixels, ces méthodes intègrent implicitement l'information spatiale dans le processus de segmentation.

Les régions sont créées les unes après les autres avec pour chaque région, une phase d'initialisation et une phase itérative. La phase d'initialisation est la phase du choix d'un nouveau germe (point de départ d'une nouvelle région). La phase itérative est la phase d'agrégation des pixels voisins au germe selon un critère d'homogénéité jusqu'à convergence. Ceci sera bien détaillé dans le chapitre suivant.

### 3.2.3. Les méthodes de type division-fusion (Split and Merge)

L'algorithme "split and merge" a été présenté la première fois en 1974 par *Pavlidis et Horowitz* [31]. Cet algorithme s'apparente dans son principe à l'algorithme d'accroissement de région que nous venons de présenter. La différence principale provient de la nature des régions élémentaires agrégées. [6]

#### a. Segmentation par division de régions (Split)

Elle consiste à partitionner l'image en régions homogènes selon un critère donné. Son principe est de considérer l'image elle-même comme région initiale, qui par la suite est divisée en régions. Le processus de division est réitéré sur chaque nouvelle région (issue de la division) jusqu'à l'obtention de classes homogènes [17].

#### b. Segmentation par fusion de régions (Merge)

La procédure de division décrite précédemment aboutit à un nombre de régions trop élevé. La cause fondamentale de ce problème de sur-segmentation est que l'algorithme découpe les régions de manière arbitraire. Il se peut qu'il coupe de cette façon une zone homogène en deux ou quatre parties. Alors, la fusion de régions est la solution qui correspond après le découpage.

Elle consiste à chercher tous les couples de régions adjacentes dans l'arbre issu du découpage et à les fusionner si leur couleur est assez proche.

Cette approche est fondée sur l'analyse d'un **graphe d'adjacence** de régions qui représente une image pré-segmentée, constituée d'un ensemble de régions provenant d'une méthode de division. Dans le graphe, chaque nœud représente une région et chaque arête représente une adjacence entre deux régions.

Alors, le procédé consiste à fusionner deux nœuds reliés par une arête à condition qu'ils respectent un critère de fusion (critère d'homogénéité). Cette méthode peut introduire l'effet de sous-segmentation.

Et par conséquent, le principe de L'algorithme "split and merge" est de combiner les deux dernières méthodes présentées afin de pallier à leurs inconvénients (division de régions et fusion de régions) de la manière suivante : une première étape de division donne comme résultat, une image divisée en plusieurs régions. Par la suite, une étape de fusion intervient afin de corriger le résultat

obtenu par la première étape, en regroupant les régions similaires .Ce procédé est répété jusqu'à l'obtention d'une segmentation .

Les deux des méthodes de décomposition et fusion de régions les plus utilisées reposent sur le diagramme de Voronoï et l'utilisation d'un arbre **quaternaire**.

• **Diagramme de Voronoï**

L'utilisation du diagramme de Voronoï permet un partitionnement de l'image en polygones. A l'initialisation, le diagramme est construit sur un ensemble de germes sélectionnés de façon aléatoire sur l'image via un processus de Poisson.

L'application des phases de fusion et de décomposition permet la suppression de régions (et de germes) superflus ainsi qu'une décomposition des régions hétérogènes au sens du critère adopté initialement.

• **Arbre quaternaire (« quadtree »)**

Le principe consiste à diviser l'image initiale en régions rectangulaires répondant toutes au critère d'homogénéité avant d'appliquer la phase de fusion. Partant de l'image comme région initiale, on construit l'arbre en subdivisant en quatre la région si elle ne répond pas au critère d'homogénéité.

On réitère alors l'opération sur les 4 régions filles si besoin. Chaque nœud de l'arbre contient alors exactement quatre nœuds fils. Une fois l'arbre quaternaire établi, certaines feuilles de l'arbre ont des caractéristiques similaires ; elles sont alors regroupées ensemble durant la phase de fusion (voir la figure 2-8). [7]

**Notons que:**

Le critère d'homogénéité est fixé par un seuil sur la variance de la couleur dans la zone en cours d'examen. Au dessus de ce seuil, la zone est découpée en quatre, en dessous, elle est conservée et constitue un nœud terminal De l'arbre. On lui attribue alors la couleur de la moyenne des pixels la constituant. [11]

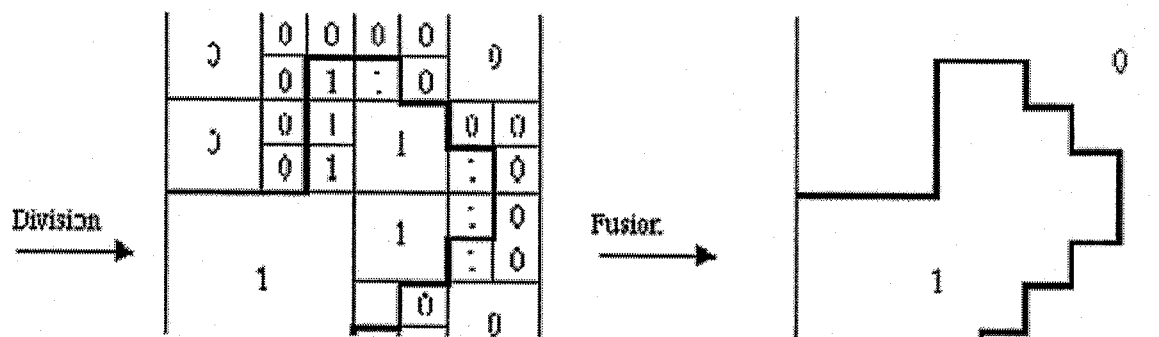


Figure 2-7: Principe de la segmentation par division-fusion.

**3.3. Les approches coopératives**

La segmentation par coopération régions-contours suscite un grand intérêt [37]. Elle consiste en une coopération entre la segmentation par régions et la segmentation par contours. *Salotti* [18] a également proposé une technique de coopération entre un détecteur de contours et un processus de croissance de régions par agrégation de pixels.

Globalement, une approche contour permet la localisation des contours non continus donc difficilement utilisables. En y joignant une approche région dont les caractéristiques sont l'obtention de zones fermées et homogènes, elle peut ainsi pallier les faiblesses de chacune des techniques : la faible précision du contour (approche région) et l'obtention de régions non fermées (approche contour).

Il existe trois formes de coopération région-contour [19] :

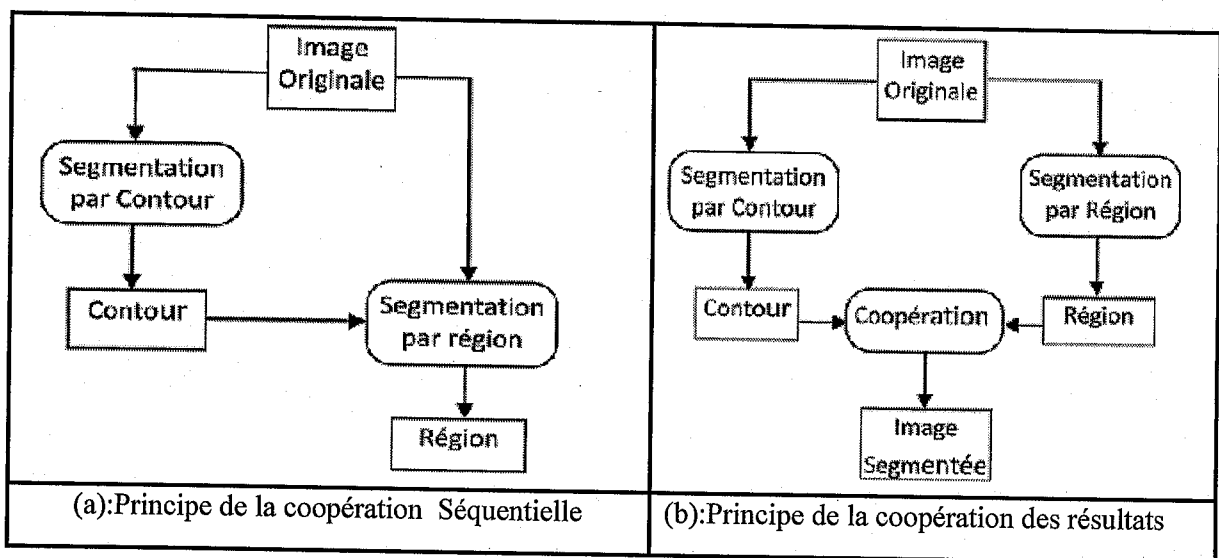
**3.3.1. Coopération séquentielle**

L'une des techniques de segmentation (région ou contour) est réalisée en premier lieu. Son résultat va être exploité par l'autre technique pour renforcer la définition des critères ou des paramètres de la segmentation.

L'intégration de l'information provenant de la segmentation par contours dans une segmentation par régions est l'une des formes de coopération les plus courantes (voir la figure 2.9(a)). [20]

**3.3.2. Coopération des résultats**

Les deux types de segmentation seront réalisés indépendamment ; la coopération concernera leurs résultats qui seront intégrés afin d'atteindre une meilleure segmentation (Figure 2.9 (b)). [20]



- Figure 2.8 -

### 3.3.3. Coopération mutuelle

Les deux types de segmentation coopéreront mutuellement au cours de leur processus d'exécution (Figure 2.10). La coopération permet de prendre des décisions plus sûres et plus fiables [20].

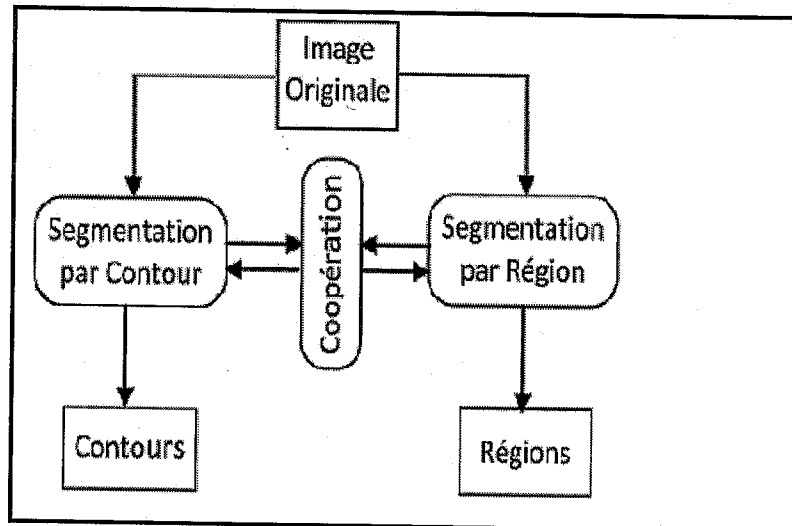


Figure 2.9: Principe de la coopération mutuelle

### 3.3.4. Segmentation par ligne de partage des eaux LPE (watershed)

Un exemple de cette approche hybride peut être l'utilisation d'une segmentation d'images par Ligne de partage des eaux.

L'algorithme de la ligne de partage des eaux (LPE), proposé par *Digabel* et *Lantuéjoul* [30], permet de compléter la segmentation par croissance de régions dans son principe et casser le problème de sur-segmentation. Ce qui revient à décomposer une image en régions homogènes. Il consiste à faire grossir simultanément toutes les régions jusqu'à ce que l'image soit entièrement segmentée.

En chaque minimum local, une source d'eau est placée. Le niveau d'eau est ensuite augmenté. Une contrainte doit être alors respectée : "Les eaux de différentes sources ne doivent pas se rejoindre". Par conséquent, lorsque les eaux montent, des barrages sont érigés afin que les eaux ne se mélangent pas.

Le résultat de la segmentation est l'ensemble des barrages, ce qui représente une image binaire (Figure 2.11). [3]

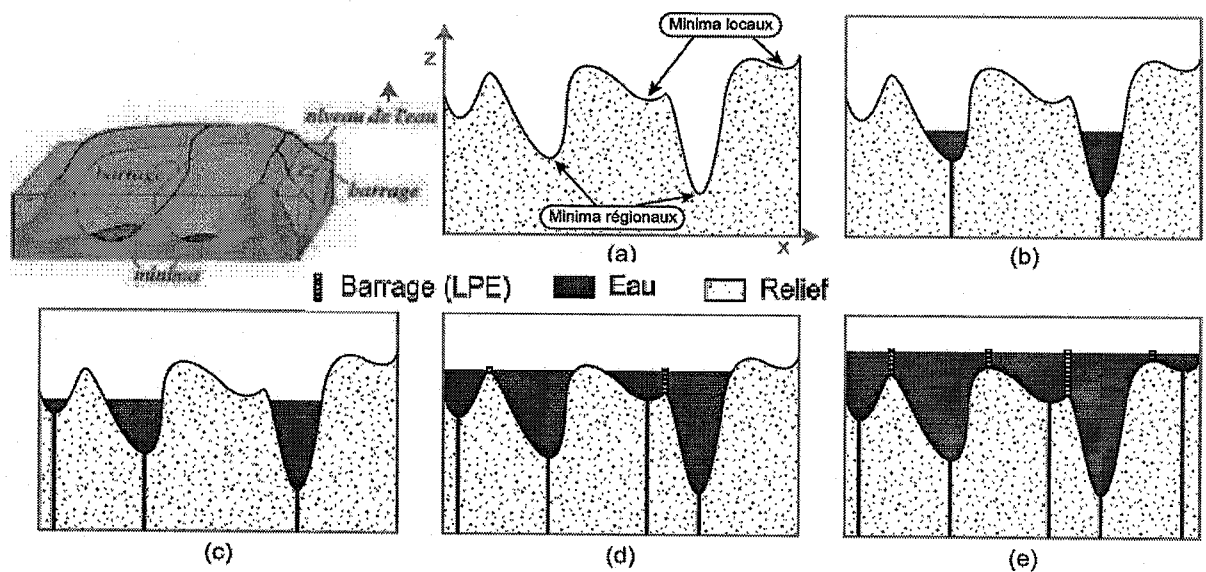


Figure 2.10: Principe de la ligne de partage des eaux

### 3.4. Les critères de choix de la technique de segmentation

Il n'y a pas de méthode unique de segmentation d'une image. Le choix d'une technique est lié : [3]

- **A la nature de l'image :** Eclairage non homogène, reflets, présence de bruit, de zones texturées, contours flous ...
- **Aux opérations situées en aval de la segmentation :** Localisation, mesure, reconnaissance des formes, interprétation, diagnostic, contrôle de qualité...
- **Aux primitives à extraire :** Contours, angles, région, formes, textures...
- **Aux contraintes d'exploitation :** complexité algorithmique, fonctionnement en temps réel, taille de la mémoire disponible...

## 4. Conclusion

Ce que nous avons présenté dans ce chapitre n'est qu'une présentation très générale et non exhaustive des méthodes de segmentation d'images qui existent. A savoir celles de l'approche: contour, région ou coopérative.

Nous avons vu que le choix d'une technique de segmentation est lié aux critères déjà précités. Et que les travaux actuels sur la segmentation d'image s'orientent vers l'approche coopérative, car elle donne des résultats plus intéressants par rapport aux deux autres approches (par région et par contour) ce qui est apparu dans l'approche ligne de partage des eaux (LPE) qui sert à compléter le principe de croissance de région. Cette dernière sera bien détaillée dans le chapitre suivant.

## 1. Introduction

Dans ce chapitre, Nous allons présenter le contexte dans lequel se situe la problématique de ce mémoire.

Nous présenterons dans un premier temps l'objet de ce mémoire qui est la segmentation d'images niveaux de gris par l'approche croissance de régions, ensuite on va expliquer l'approche de la multi-résolution ainsi qu'elle va se baser sur la technique de segmentation en régions, c'est pourquoi nous présenterons ces deux approches.

## 2. Présentation de la méthode

### 2.1. Définition

La croissance de région est une méthode itérative de segmentation basée sur une approche région dont le principe initial a été proposé par Zucker en 1976 [21].

La croissance s'effectue à partir de pixels initiaux appelés « germes ou amorces » (seeds) ou noyaux des régions. Ces germes peuvent être sélectionnés de façon aléatoire ou automatique [13]. Lors d'une itération du processus, les pixels adjacents à la région sont étudiés. S'ils vérifient les conditions d'homogénéité (critère défini au préalable), le pixel sera alors agrégé dans la région (voir la figure (3.1)). [35]

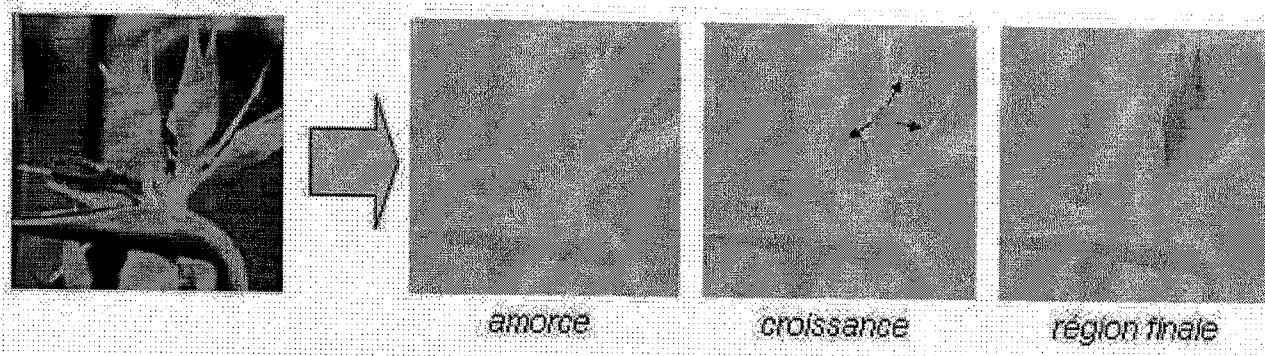
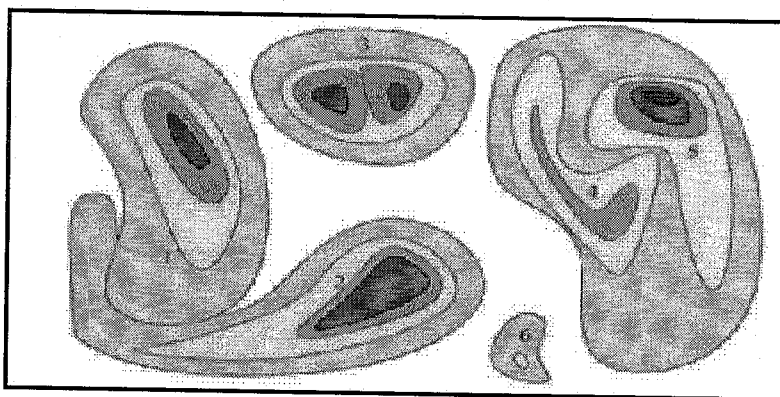


Figure 3-1: Principe de la croissance de régions

Les pixels non intégrés aux régions peuvent générer eux-mêmes de nouvelles régions ou être quand même assimilés à la région la plus proche (cas du bruit dans une image par exemple). Généralement, une mesure de similarité peut être évaluée par un calcul de distance entre les attributs du pixel candidat et ceux de la région. Lorsqu'une région intègre un nouvel élément, ses attributs sont alors remis à jour. La croissance de région s'interrompt lorsque tous les pixels adjacents aux régions ont été affectés (voir la figure (3.2)).





**Figure 3-2:** Croissance progressive des régions

L'approche demeure efficace lorsque les paramètres de critères d'homogénéité (intensité et spatial), de choix de germes, de choix du parcours des pixels candidats, de seuils, sont bien choisis.

En effet, la méthode reste très sensible à la variation d'un de ces paramètres et le résultat final en est fortement dépendant. Cette méthode est donc bien adaptée aux séquences d'images présentant de faibles variations comme par exemple les images d'une acquisition vidéo. Le choix des paramètres est alors effectué sur la première image, puis conservé pour l'ensemble des images suivantes [8].

## 2.2. Les paramètres de la croissance de régions

Pour segmenter une image avec la méthode de croissance de régions, il faut faire un certain nombre de choix tels que la mesure d'homogénéité, le positionnement des germes initiaux et le critère d'arrêt.

### 2.2.1. Germes initiaux

La détermination des germes initiaux est une phase importante pour que les régions puissent croître facilement dans toutes les directions. Leur position influe fortement sur le résultat de la segmentation.

La localisation de ces germes peut être réalisée manuellement. Mais l'intervention humaine ne donne pas toujours des meilleurs résultats. Il faudra alors disposer d'une méthode permettant de choisir automatiquement les positions des germes initiaux dans l'image.

Généralement, toutes les méthodes de croissance de régions ne nécessitent pas une localisation précise des germes. Elles sont basées sur leur choix aléatoire. A partir de ce germe au hasard de l'image, on va construire une première région. Lorsque cette région ne peut plus croître, la méthode choisit un autre germe parmi les points non segmentés.

Alors le résultat de ce processus contient des régions trop petites. Ce cas nécessite une étape supplémentaire qui est la fusion de régions adjacentes ayant les mêmes caractéristiques (dans notre cas: les mêmes niveaux de gris), et afin diminuer le nombre de régions obtenu [22].

### 2.2.2. Mesure d'homogénéité

Le premier choix à faire dans la segmentation d'une image par croissance de régions est la mesure d'homogénéité. Ce choix est lié à l'application finale et aux propriétés de l'image à traiter. Le choix de la mesure semble très vaste.

En pratique, cette mesure est souvent une distance entre la valeur de l'intensité (ou une autre grandeur propre à l'espace utilisé: dans notre cas c'est la valeur de niveaux de gris) d'un point à agréger et la moyenne et parfois la variance et l'écart type des intensités des points constituant la région (comme notre cas bien sûr). Si cette distance est inférieure à un seuil, ou bien cette distance est la plus petite des distances obtenues avec tout autre pixel candidat à l'agglomération, alors le point est ajouté à la région[19]. Le choix de seuil  $S$  a une forte influence sur le résultat de la segmentation. Un mauvais réglage de ce paramètre peut permettre à une région de croître à l'extérieur de la zone à segmenter.

### 2.2.3. Un processus itératif

Suite au choix des germes initiaux et le critère d'homogénéité, un processus itératif de déformation ajoute progressivement des points situés à l'extérieur de la région en train de croître, s'ils respectent la mesure d'homogénéité (les mêmes niveaux de gris). Ces nouveaux points sont regroupés dans l'ensemble que l'on note  $C^{[n]}$  appelé couronne. Considérons une croissance de région ne faisant croître qu'une seule région. Étant donné une région initiale  $R^{[0]}$ , la région suivante  $R^{[n+1]}$  est obtenue à partir de la région courante  $R^{[n]}$  et de la couronne  $C^{[n]}$  par la réunion suivante [23] :  $R^{[n+1]} = R^{[n]} \cup C^{[n]}$

Dans notre mémoire, le processus de croissance de région s'applique sur l'image niveau de gris de format Bmp. Alors, la mesure de similarité est évaluée par la moyenne et la variance des niveaux de gris des pixels de l'image à segmenter. Ces deux grandeurs seront comparées avec une valeur d'un seuil global générera aléatoirement par l'utilisateur.

Le pseudo-code ci-dessous [1] présente une procédure récursive, où  $(i_c, j_c)$  représente la position de tous les pixels connexes (4-connexes ou 8-connexes) à la position  $(i, j)$ . Les arguments transmis à la procédure avant la première récursion sont les valeurs représentatives d'un germe, à savoir sa position  $(i, j)$  et une valeur (label) qui le distingue des autres germes.

La table de référence Visité [] est un tableau booléen servant à mémoriser les endroits déjà visités par la croissance. L'algorithme fabrique au final une l'image labellisée où chaque région est

caractérisée par une même valeur d'intensité. Le pseudo-code de croissance d'une région s'exprime de la façon suivante:

```

Croissance (i, j, label)  {
    Visité [i, j] = VRAI;
    Image_labellisée(i,j) = label;
    POUR chaque position connexe à (i,j) FAIRE
    SI (Visité [ic,jc] == FAUX) ET ( Image_source(ic,jc) répond aux
        critères de croissance) ALORS Croissance(ic,jc,label);
    FIN POUR  }
    
```

**2.2.4. Convergence, critère d'arrêt**

Comme l'itération porte sur une région croissante et bornée, la convergence est assurée au bout d'un nombre fini d'itérations. Le processus de croissance peut s'arrêter selon deux cas de figure:

- 1) Toutes les régions satisfont la mesure d'homogénéité et la segmentation comprend **n** régions.
- 2) Il existe **n-1** régions qui vérifient la mesure d'homogénéité, la **nième** région comprend les points ne vérifiant pas la mesure d'homogénéité. [23]

**2.3. Les avantages et les inconvénients de la croissance de régions**

Parmi les avantages et les inconvénients de cette technique, nous pouvons citer :

Avantages	Limites
<ul style="list-style-type: none"> <li>* D'être simple et rapide.</li> <li>* Elle permet la segmentation d'objet à topologie complexe.</li> <li>* Elle préserve la forme de chaque région de l'image.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Une mauvaise sélection des germes ou un choix du critère de similarité mal adapté peuvent entraîner des phénomènes de sous-segmentation<sup>1</sup> ou de sur-segmentation<sup>2</sup>.</li> <li>* Il peut y avoir des pixels qui ne peuvent pas être classés.</li> </ul>

**Tableau 3.1:** Avantages et limites de l'approche par croissance de région. [23]

**3. Segmentation multi-résolution**

La multi-résolution [1] est un concept qui est apparu très tôt dans le domaine de l'image numérique lorsque les chercheurs se sont intéressés au filtrage par masques (en particulier pour la détection de contours).

<sup>1</sup> *Sous-segmentation: intervient lorsqu'une région couvre plusieurs objets d'intérêt de classes différentes.*

<sup>2</sup> *Sur-segmentation : intervient quant les objets d'intérêt sont divisé en plusieurs régions à l'issus de la segmentation ce qui la rends de moins bonne qualité.*

Quelle valeur fallait-il choisir pour la taille du masque ? Y-a-t-il une valeur optimale? La réponse est bien sûr **non** car toute image contient des informations à plusieurs niveaux de détails. C'est pourquoi sont apparues des techniques dites de multi-résolution qui permettaient de manipuler plusieurs résolutions (et donc plusieurs tailles de masques) dans un même environnement.

Parmi les différents environnements proposés, le plus connu est le modèle pyramidal dont voici les grands principes.

Lorsque l'on souhaite appliquer à une image un traitement mettant en jeu un opérateur linéaire cela revient à remplacer la valeur en un point quelconque par une somme pondérée des valeurs du voisinage de ce point.

Plus le voisinage sera grand, plus la somme comportera de valeurs et donc plus le traitement sera long.

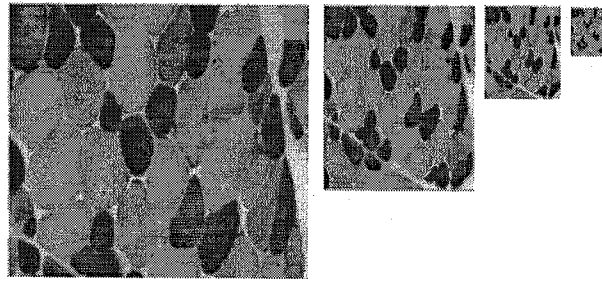
Une alternative consiste à utiliser un voisinage constant en taille mais à réduire l'image à traiter. C'est de cette idée qu'est venue la notion de **pyramide**.

Cependant, on ne peut pas réduire n'importe comment la taille d'une image. Il est nécessaire de valider un ensemble de propriétés (dont le principal est issu du théorème de Shannon sur l'échantillonnage).

La construction d'images de tailles réduites à partir d'une image initiale constitue ce que l'on appelle une pyramide. En segmentation d'images, la **pyramide** est une représentation multi-résolution d'une image. Elle permet de modéliser l'image à différentes résolutions, depuis l'image initiale à une image très grossière.

Une pyramide multi-résolution est une séquence  $(I_0, I_1, \dots, I_p)$  d'images dont la taille décroît régulièrement, généralement d'un facteur 2 à chaque étape (pyramide dyadique).  $I_0$  est l'image d'origine et classiquement, l'image  $I_{k+1}$  est obtenue à partir de l'image  $I_k$  par enchaînement de deux opérations : un **filtrage passe-bas** (moyennage sur un voisinage, lissage gaussien, filtrage morphologique. . .) et une **opération de sous-échantillonnage**, généralement par décimation, i.e. rétention d'un échantillon sur  $d$ .

L'idée donc consiste à empiler les différentes représentations de la même image. Cette structure forme alors une pyramide où chaque niveau peut se calculer à partir du niveau précédent et de règles de simplification. On peut citer les principaux types de construction d'une pyramide d'images: Gaussienne, Laplacienne, Irrégulière et Adaptative [24].



**Figure 3.3 :** Pyramide Gaussienne.

#### **4. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté quelques notions concernant la segmentation d'images niveaux de gris par la technique croissance de région, ainsi que la technique de multi-résolution. Nous avons cité l'algorithme de segmentation par croissance des régions dont nous aurons besoin dans notre prochain chapitre et qui va être le chapitre d'application.

## 1. Introduction

Une fois les résultats de l'étape de conception sont disponibles, l'étape suivante consiste à utiliser un langage de programmation particulier pour les implémenter. Elle est consacrée pour présenter les différentes étapes de la mise en œuvre de la segmentation d'images niveaux de gris par l'approche croissance de régions.

## 2. L'environnement de développement

Notre système a été implémenté en langage C/C++ et compilé avec Borland Builder C/C++ 6.0 sous Windows. Le C++ est l'un des langages de programmation les plus utilisés actuellement. Il est à la fois facile à utiliser et très efficace.

Tout d'abord C++ est un outil RAD, c'est à dire tourné vers le développement rapide d'applications (Rapid Application Development) sous Windows. En un mot, C++ Builder permet de réaliser de façon très simple l'interface des applications et de relier aisément le code utilisateur aux événements Windows, quelle que soit leur origine (souris, clavier, événement système, etc.).

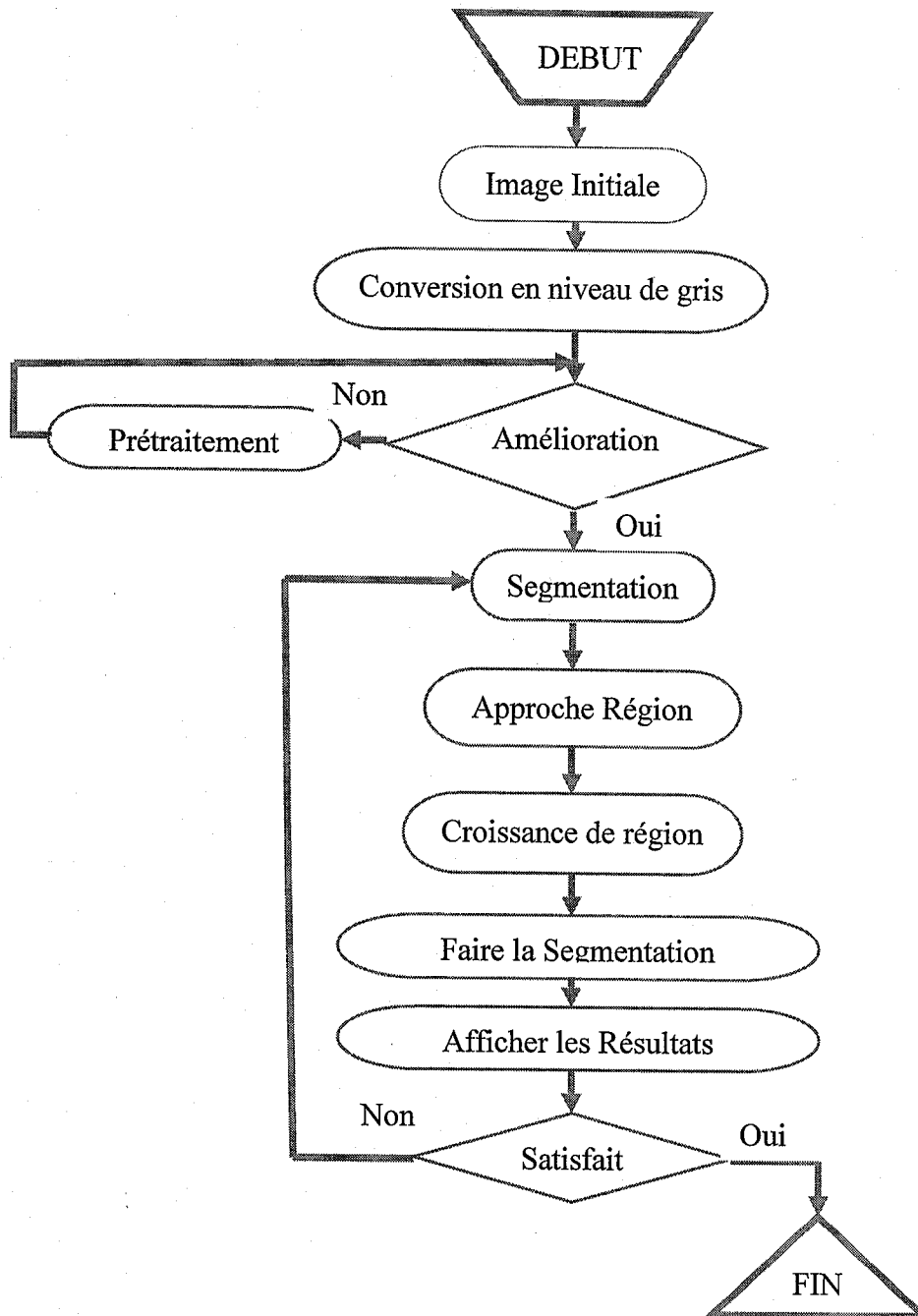
Pour ce faire, C++ Builder repose sur un ensemble très complet de composants visuels prêts à l'emploi. La quasi-totalité des contrôles de Windows (boutons, boîtes de saisies, listes déroulantes, menus et autres barres d'outils) y sont représentés, regroupés par famille. Leurs caractéristiques sont éditables directement dans une fenêtre spéciale intitulée éditeur d'objets. L'autre volet de cette même fenêtre permet d'associer du code au contrôle sélectionné.

## 3. Motivation de choix de C++Builder

- Il est possible d'ajouter à l'environnement de base des composants fournis par des sociétés tierces et même d'en créer soit même.
- Un outil RAD c'est également un ensemble de *squelettes* de projets qui permettent de créer plus facilement une application SDI ou MDI, une DLL, des objets OLE, etc.
- A chacun de ces squelettes est habituellement associé un *expert* qui par une série de boîtes de dialogues permet de fixer une partie des options essentielles à la réalisation du projet associé.

4. Conception

4.1. Architecture globale du logiciel



4.2. Les Principales étapes: notre prototype est constitué de:

1) Lecture de l'image

- Si l'image est en couleur, faire la conversion vers une image en niveau de gris ;

- Les images doivent avoir l'extension Bitmap (.BMP): Une image Bitmap est une image représentée sous forme numérique ; elle est donc stockée sous la forme d'un tableau de pixels. Une image couleur peut être convertie en niveau du gris

2) **L'étape de prétraitement:** le choix d'une méthode de prétraitement:

- Affichage de l'histogramme de l'image
- Le choix d'un opérateur de filtrage (median, gaussien, ...)

Après l'obtention d'une image améliorée on passe à l'étape de segmentation.

3) **L'étape de segmentation**

- Le choix d'une méthode de segmentation ; seuillage, l'approche croissance de régions.
- Affichage de l'image segmentée ;

### 4.3. Le processus de développement de logiciel

#### 4.3.1. Conversion d'image couleur en niveau de gris

La conversion des images couleurs en niveaux de gris se fait par l'une des méthodes suivantes :

- Soit, par le calcul de la moyenne des taux de couleurs (Rouge, Vert et Bleu), ces trois couleurs auront le même taux avec la formule suivante :

$mg = ((3 \cdot R) + V + (2 \cdot B)) / 6$  ; avec mg est la nouvelle valeur au niveau de gris et  $Morigine[i][j]$  est la matrice image.

- Soit, appliquer la formule définie par la commission de l'éclairage :

$valpxl[i][j] = (((76 \cdot r) / 255) + ((149 \cdot v) / 255) + ((29 \cdot b) / 255))$ .

Dans notre application, une image "I" peut être représentée à travers une matrice de  $N \cdot M$  éléments. Où N est le nombre de lignes « longueur de l'image » et M est le nombre de colonnes « largeur de l'image ».

Pour la raison de grande taille de ces matrices, typiquement liées à la taille l'image, nous préférons utiliser l'allocation dynamique de l'espace mémoire associé à ces matrices pour qu'on puisse les supprimer facilement "lorsque la suppression est nécessaire". Alors I a la structure suivante:

```
typedef int PIXEL;
PIXEL **S = new PIXEL*[N];
for (int i = 0; i < N; i++)
S[i] = new PIXEL [M];
```

Donc S est un pointeur d'une matrice de nombres entiers représentant le niveau de



gris de chaque pixel, dont on alloue pour chaque image, seulement la taille utile et nécessaire.

**4.3.2. Histogramme:** il est réalisé par l'algorithme suivant:

```
for (ng = 0; ng < 256; ng++) OccNG[ng] = 0;    /* Initialisation de l'histogramme */
for (int i = 0; i < h; i++)
for (int j = 0; j < w; j++)
    ng = (int)GetRValue(ColorToRGB(ptr->Image1->Canvas->Pixels[i][j]));
    OccNG[ng]++;                               /* Calcul de l'histogramme */
```

## 5. Implémentation:

Nous présentons dans cette partie les différentes interfaces de notre application, les différents résultats du traitement, ainsi que l'interprétation de ces résultats.

### 5.1. Environnement matériel et logiciel de programmation:

Notre application a été réalisée sur un PC de type pentium Core 2 duo 1.6 GHz, 1Go de RAM sous Windows XP.

### 5.2. Présentation de quelques vues :

L'application est composée d'une fenêtre principale. Elle contient un menu déroulant permettant d'accéder aux différentes fonctionnalités, voir la figure suivante:

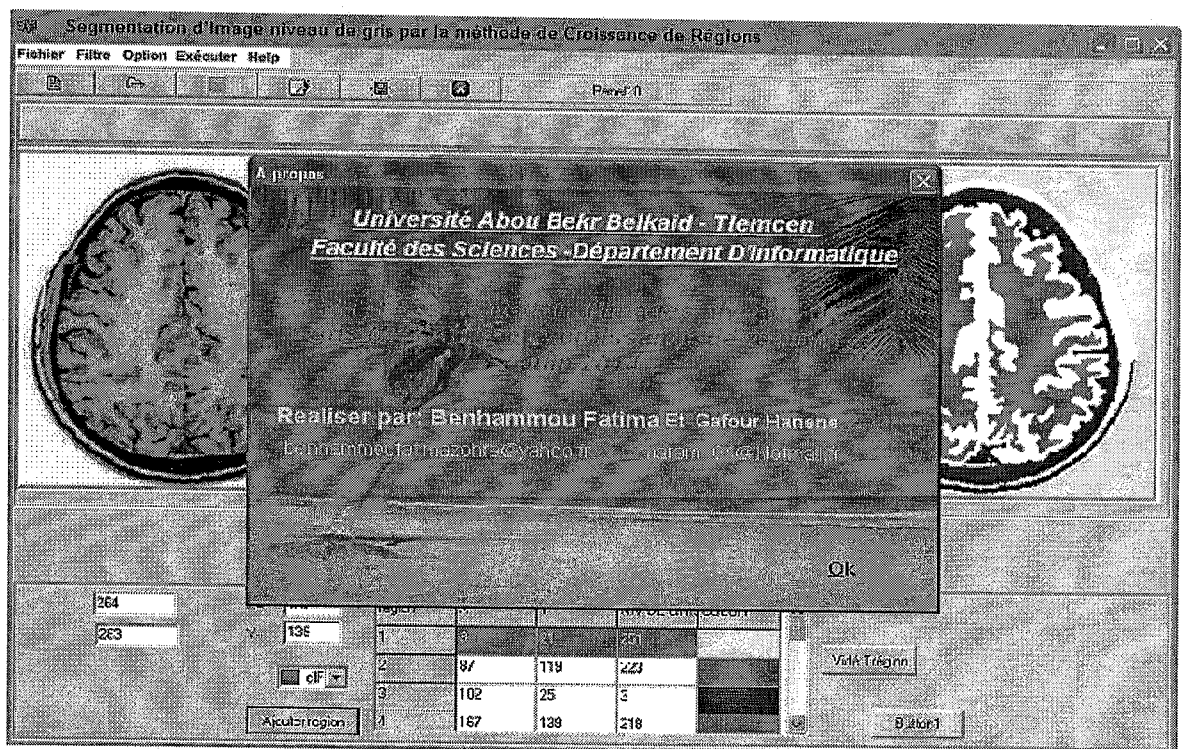


Figure 4.1 : Fenêtre principale

Par exemple:

**a) Filtre médian**

Lancé à partir du sous menu de filtrage non linéaire du menu prétraitement, il élimine les taches isolées.

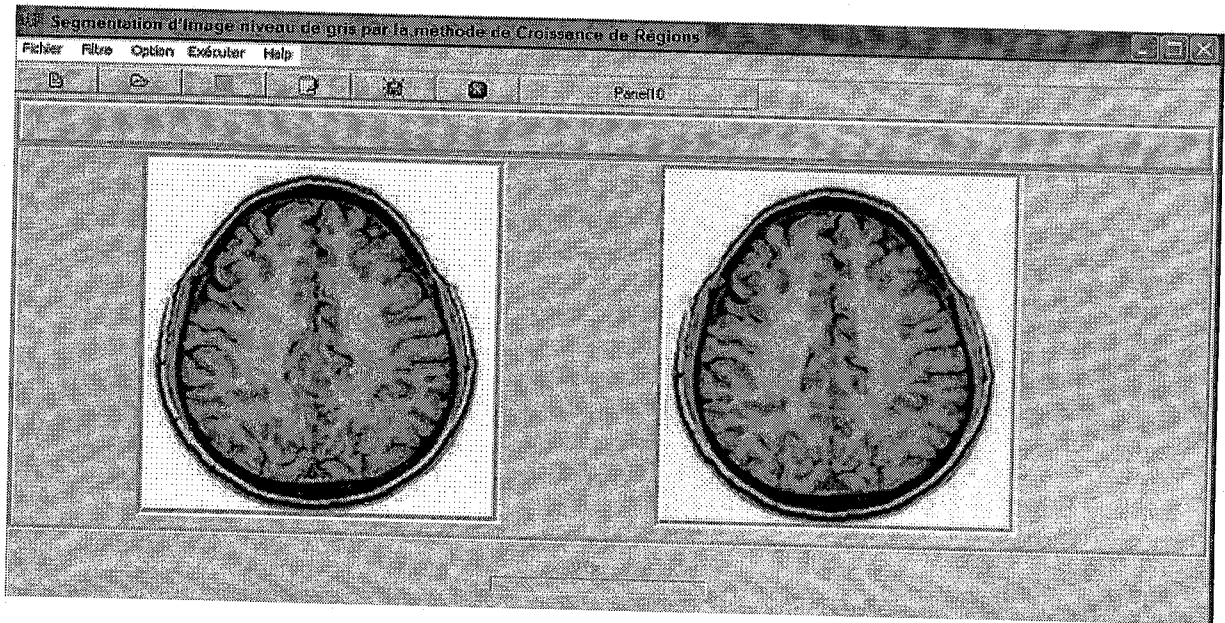


Figure 4.2 : Filtre médian

**b) Filtre Lissage ou moyenne**

Ce filtre atténue le bruit et provoque un effet de flou.

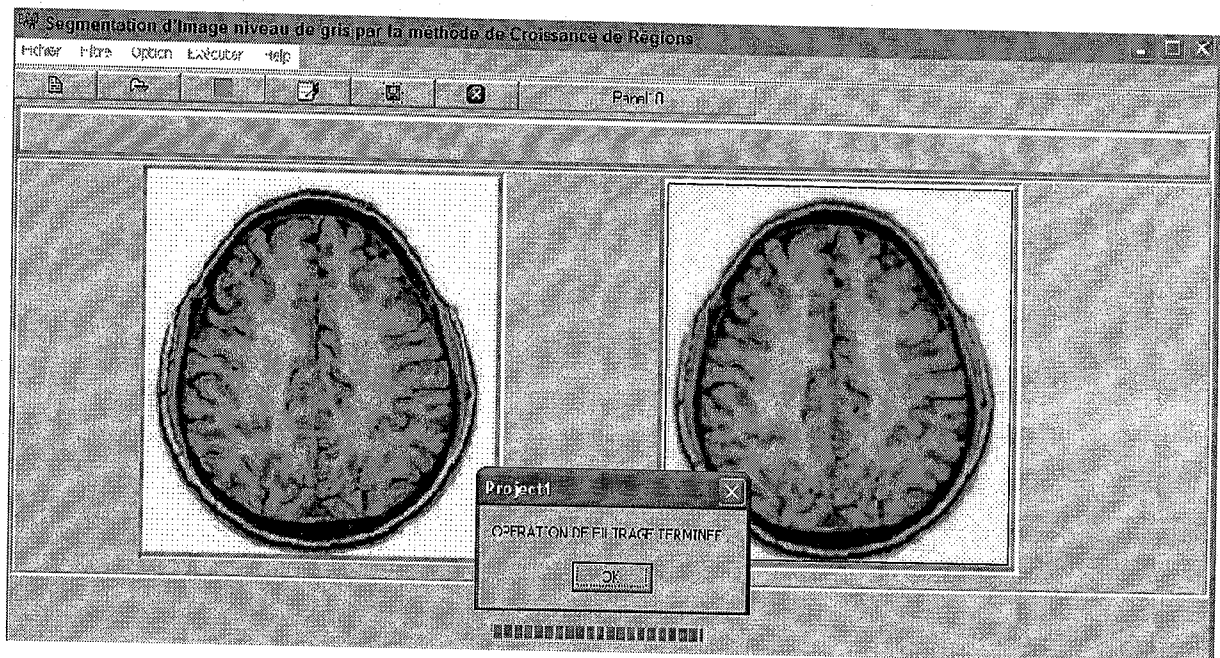


Figure 4.3 : Filtre moyenne

c) Filtre Passe-haut

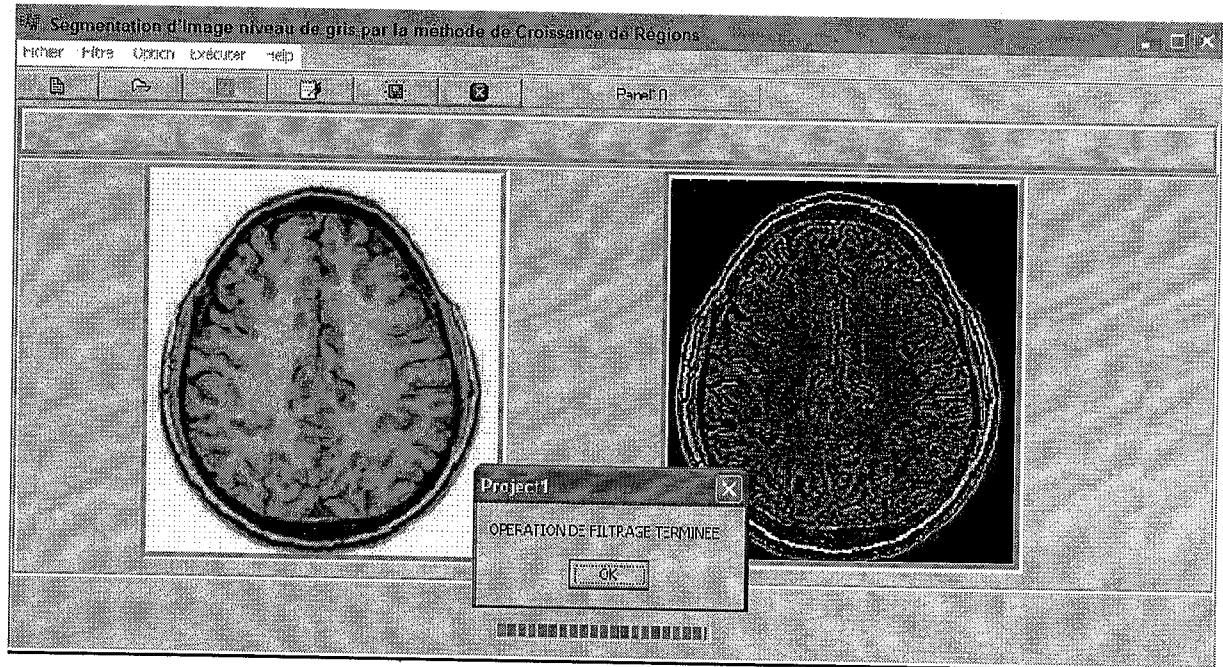


Figure 4.4: Filtre passe-haut

d) Histogramme

Il met en évidence les régions qui existent dans l'image et prépare l'étape de segmentation (seuillage).

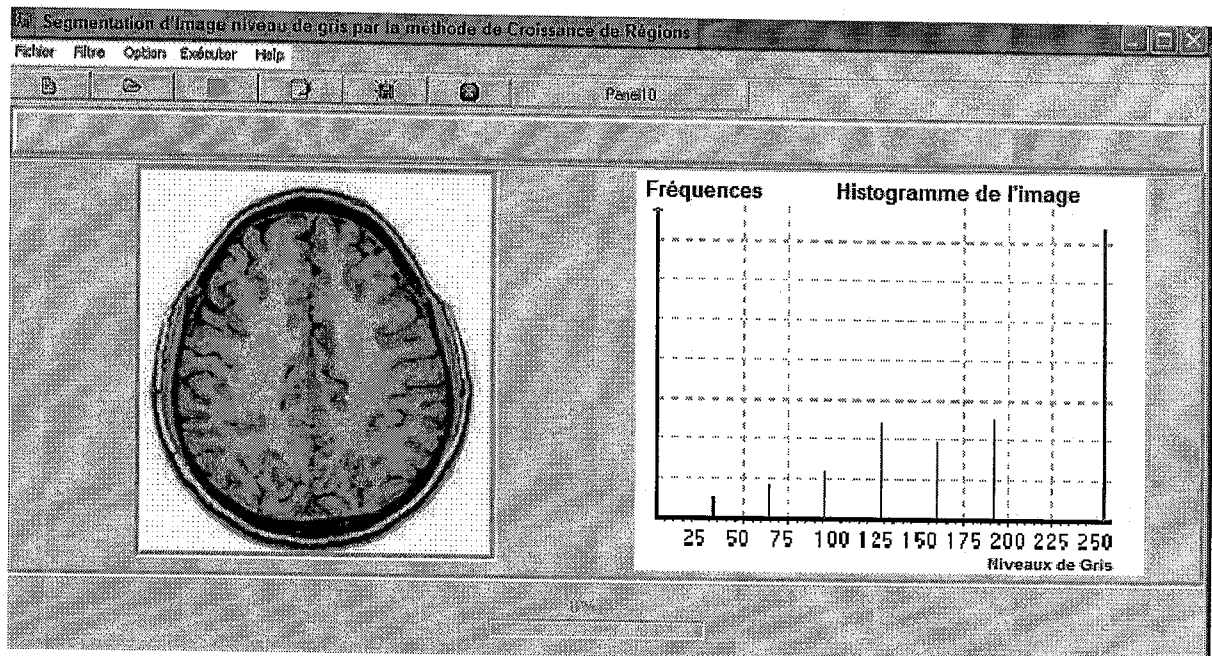


Figure 4.5: Histogramme

## e) Seuillage

Transforme l'image (en niveau de gris) en une autre binaire (noir & blanc).

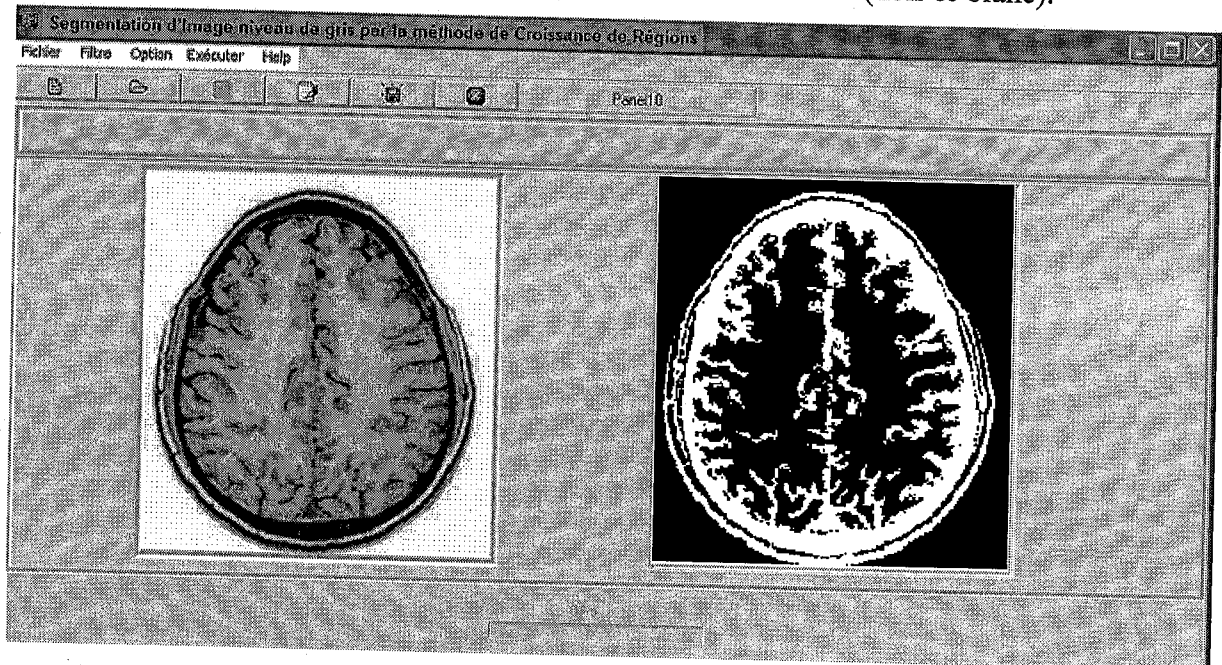


Figure 4.6: Filtre passe-haut

### 5.3. Les résultats d'application de la méthode de croissance de région :

Le but de la segmentation est d'extraire les entités d'une image :

- Pour y appliquer un traitement spécifique.
- Pour interpréter le contenu de l'image.

Pour cette raison, nous avons choisi l'approche de croissance de région. Dans cette technique de segmentation, nous allons débiter avec un pixel initial appelé "germe" choisi manuellement, et nous allons ajouter les pixels voisins qui répondent à un critère d'appartenance:

- Variance faible.
- Niveau de gris similaire (ou proche) entre les pixels voisins.

La région grandit à partir de son germe jusqu'à la convergence.

Parmi les résultats d'application de l'approche, nous trouvons:

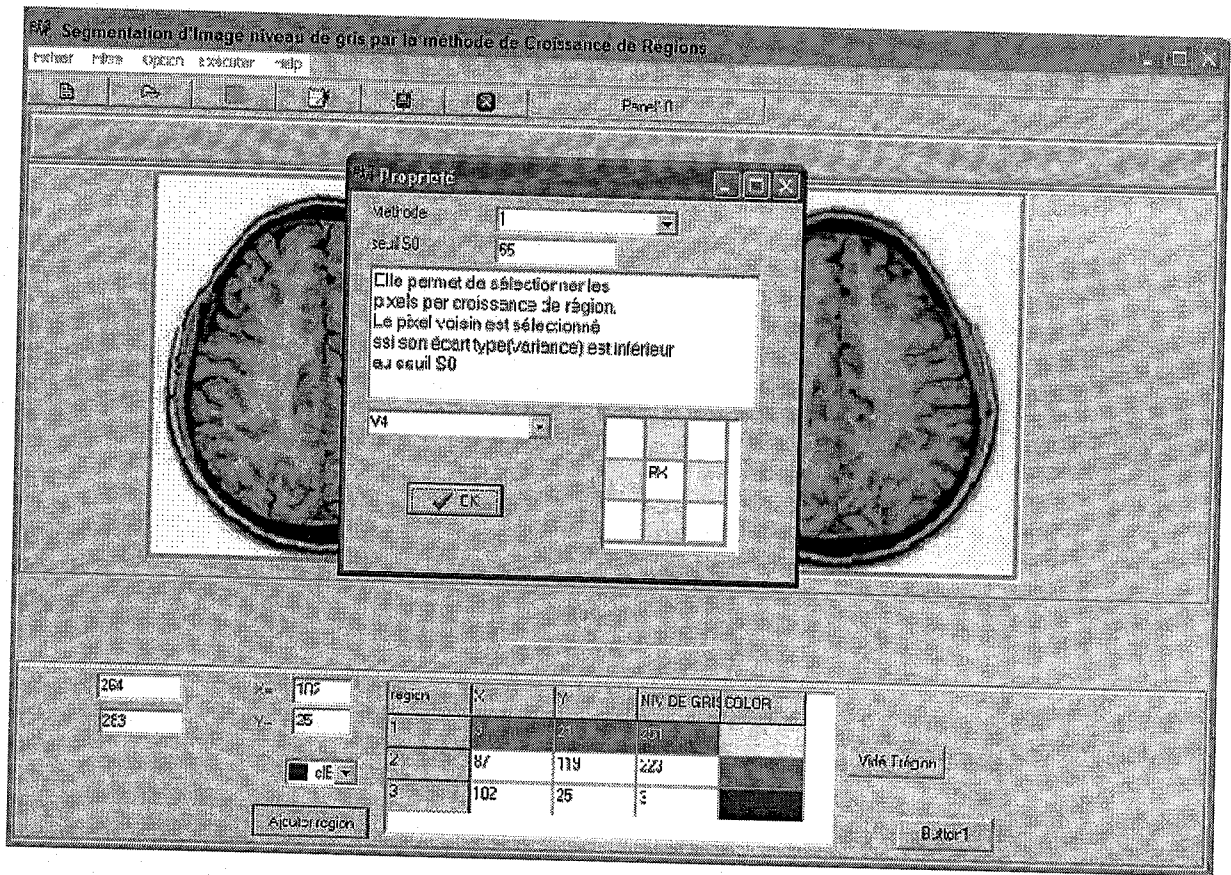


Figure 4.7: Image original à segmenter

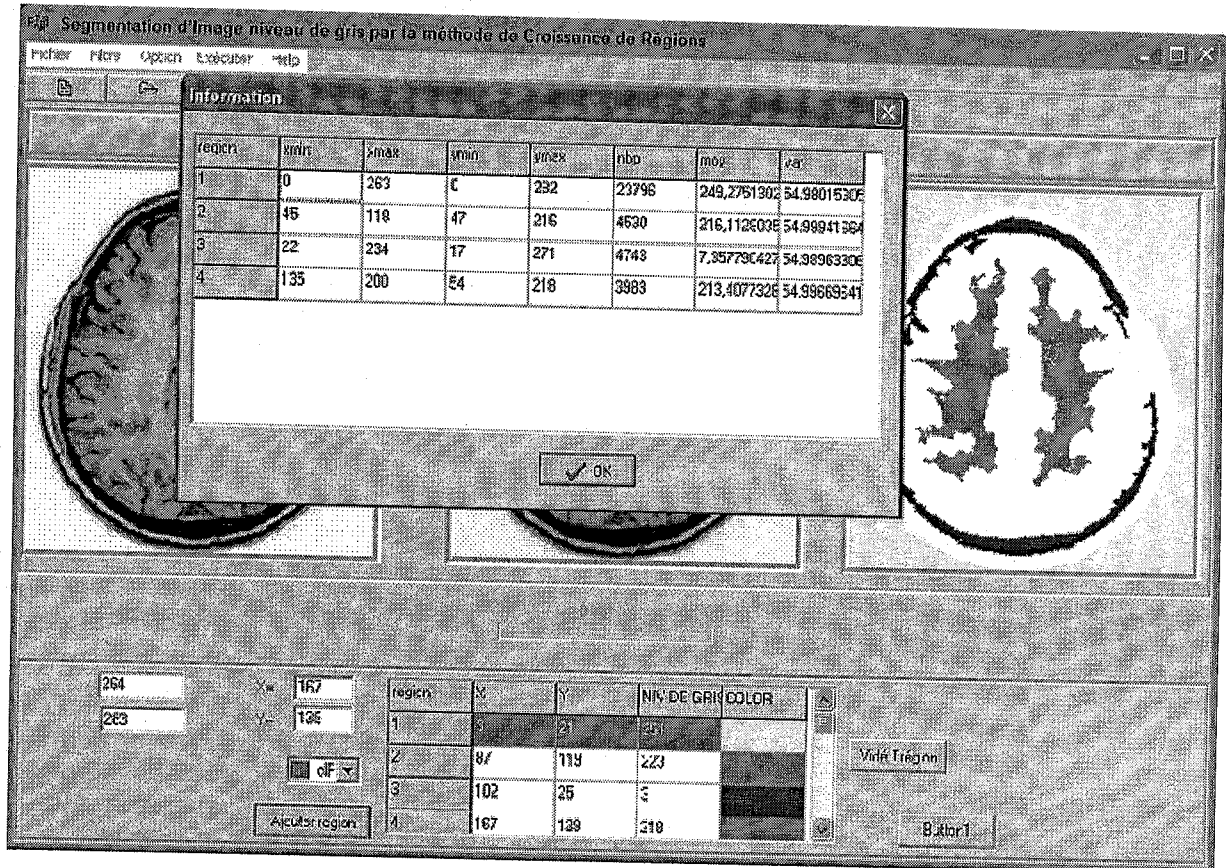


Figure 4.8: Image Segmentée en régions voisinage à 4

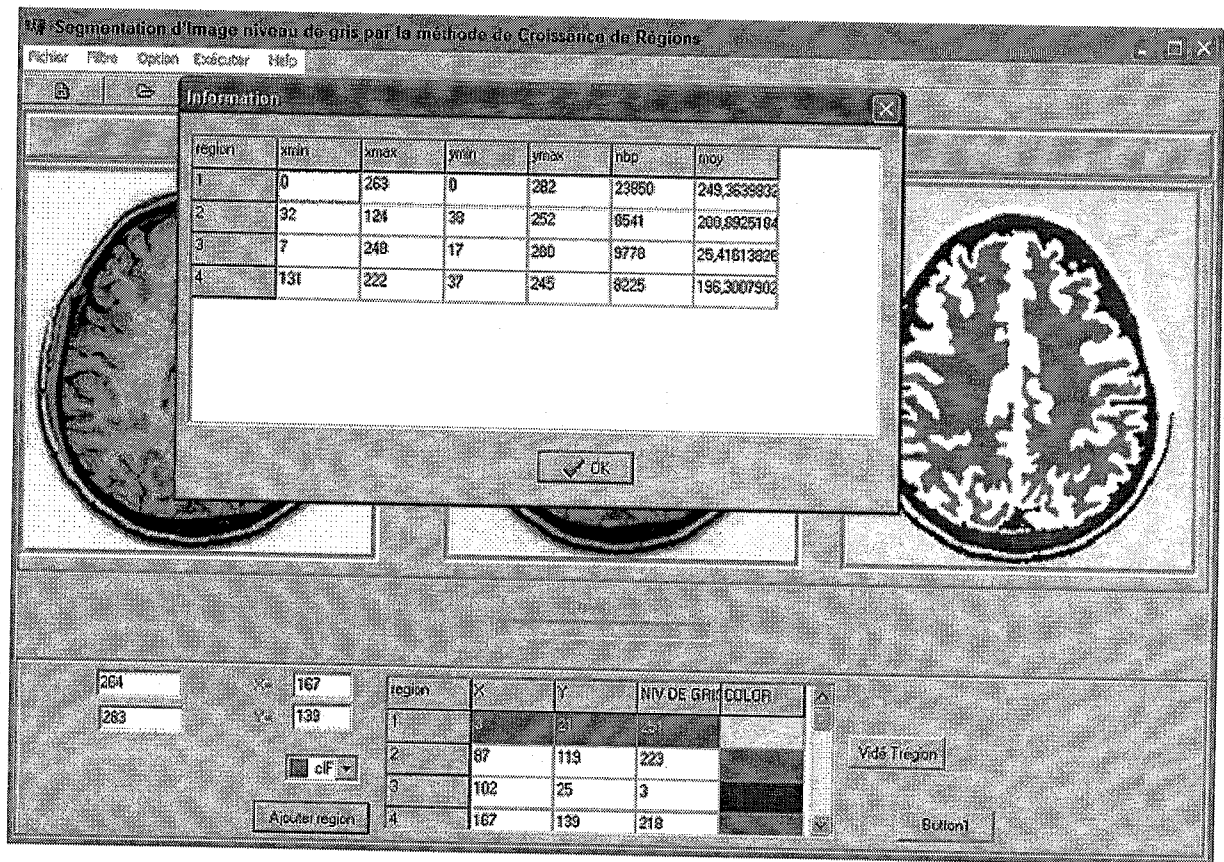


Figure 4.9: Image Segmentée en régions voisinage à 8

## 6. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les grandes parties de l'application, ainsi que l'organigramme du fonctionnement de l'approche **croissance des régions**. En effet, cette dernière demeure efficace lorsque les paramètres du critère d'homogénéité (intensité et spatial), de choix de germes, de choix du parcours des pixels candidats, de seuils, sont bien choisis.

Enfin, nous pouvons conclure que l'approche croissance des régions sera utile selon la meilleure sélection de ses **paramètres**, et afin d'éviter les phénomènes de sous-segmentation ou de sur-segmentation.

## Conclusion générale

Fondamentalement, La segmentation d'une image consiste à isoler les différents objets présents dans une image.

Autrement dit, la segmentation est un processus qui consiste à découper une image en régions connexes présentant une homogénéité selon un certain critère, comme par exemple le niveau de gris. L'union de ces régions doit redonner l'image initiale.

C'est une étape importante pour l'extraction des informations qualitatives de l'image.

Dans notre travail, nous avons abordé le problème de segmentation des images en niveaux de gris stockées sous format BMP par l'approche croissance de régions.

Tout au long de notre étude, nous avons constaté que l'analyse d'image est un domaine très vaste, on peut le partager en deux étapes: la première, correspond aux différents traitements effectués sur les images pour les améliorer et les préparer à des traitements automatiques; la deuxième étape est l'ensemble des traitements permettant l'interprétation des images afin de pouvoir identifier les objets espérés parmi les autres objets existants.

L'introduction de la phase de segmentation par région dans un système complet permet de faciliter l'extraction des objets significatifs dans des images en niveaux de gris. Dans notre document, nous utilisons les algorithmes de segmentation qui consistent à regrouper en régions les pixels qui vérifient le critère d'homogénéité ; les résultats obtenus par cette étude sont :

- Présentation de différentes méthodes de segmentation.
- Implémentation de l'algorithme de segmentation de croissance de régions appliqué à des images niveaux de gris stockées sous format BMP.

Les connaissances sont des informations qui concernent les pixels et sont utilisées pour pouvoir l'identifier, dans notre travail les seules informations utilisées pour le regroupement des pixels sont des informations radiométriques :

- Les valeurs de niveau de gris ;
- La valeur absolue de la différence de niveau de gris maximum et minimum ;
- La moyenne et la variance des niveaux de gris des pixels de la même région .

La qualité de l'interprétation d'une image dépend fortement de celle de la segmentation, malgré la grande diversité des méthodes. Les résultats de segmentation restent moyens et varient beaucoup en fonction de la technique choisie. Une méthode générale et automatique est difficile à concevoir étant donné que différents types de régions peuvent être présents dans une image.

Les résultats obtenus par l'approche croissance de régions ne sont pas une fin en soi (une mauvaise application de la procédure peut entraîner des phénomènes de sous-segmentation ou de sur-segmentation), au contraire ils nous mènent à poser les questions sur d'autres perspectives intéressantes comme, une coopération régions-contours qui met en correspondance nos algorithmes et d'autres (à titre d'exemple l'algorithme de la ligne de partage des eaux).

Nous remarquons que ce qui s'ouvre en perspective est plus large de ce qui a été accompli puisque, l'analyse d'image a surpassé le but qu'elle s'était fixée au début ; ce, qui n'était d'autre que de remplacer l'observateur humain par la machine.

Ce sujet nous a permis d'une part de découvrir le monde du traitement d'image : ses concepts, les différentes techniques qui existent, d'autre part, nous avons aussi acquis une base assez approfondie sur les méthodes de segmentations (méthode par croissance de régions...). En outre, nous avons également appris beaucoup de choses sur la programmation orientée objet.

Enfin, nous espérons que notre modeste travail servira de référence pour les étudiants qui veulent aborder le domaine de segmentation d'image, en particulier celui de la segmentation d'image par croissance de régions.

**Perspectives :** Images 3D, coupes d'images médicales

Multi-résolution (plusieurs niveaux de résolution), Évaluation de la segmentation d'images.



## *Bibliographie*

---

### Articles, Livres Et Thèses

- [1] : Thèse présentée à l'université d'Orléans pour obtenir le grade de docteur :  
Caractérisation des objets dans une image en vue d'une aide à l'interprétation et d'une  
compression adaptée au contenu : application aux images échographiques.  
Présenté par : Arnaud CAPRI  
Discipline : Sciences et Technologies Industrielles
- [2] : Mémoire de DEA: Classification non supervisée de pixels d'images couleur par  
analyse d'histogrammes tridimensionnels", en Septembre 2005.  
Présenté par : Mr Sami Touhami  
Université d' Angers49000, Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Automatisés  
FRE 2656 CNRS 62, avenue Notre Dame du Lac.
- [3] : Rapport final: Segmentation interactive d'images, Hanoï, Juillet 2010.  
Présenté par : Mr DUONG Van Do  
Promotion : 15  
INSTITUT DE : LA FRANCOPHONIE POUR L'INFORMATIQUE
- [4] : Titre de l'ouvrage: JMicroVision: un logiciel d'analyse d'images pétrographiques  
polyvalent.  
Auteur : Nicolas RODUIT.  
Université de: GENÈVE  
FACULTÉ DES: Sciences, Département d'informatique  
Année : 2007.
- [5] : Mémoire de fin d'étude: élaboration d'un système de détection et de reconnaissance  
des visages & identification des émotions faciales.  
Présenté par : Melle. El Hannani Faiza et Melle. Koudacke Latifa  
Université de : Djillali liabèse- Sidi Bel Abbes.  
Faculté : des sciences de l'ingénieur, département : informatique  
Promotion : 2001-2002.
- [6] : Titre de l'ouvrage : Vision par ordinateur en deux et trois dimension  
auteur : Jacques E. Besançon.  
Maison d'édition : Eyrolles  
Année : 1988.
- [7] : Mémoire de magister en informatique : Segmentation d'Image par Coopération Régions-  
Contours  
Présenté par : Mr MELIANI Maamar  
Ecole Nationale Supérieure en Informatique Oued-Smar Alger, Ecole Doctorale STIC,  
Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication  
Promotion : ESI 2012
- [8] : Zhang, Y. (2002a). Image engineering and related publications. International  
Journal of Image and Graphics, 2(3), (pp. 441-452).

- [9]: Zhang. (1995). Influence of segmentation over feature measurement. Pattern Recognition Letters, 16(2), (pp. 201-206.).
- [10]: Haralick, R. M. (1985). Image segmentation techniques. L. G.
- [11]: MONGA, O. H. (2004). Vision par ordinateur outils fondamentaux. Editions Hermes .
- [12]: Chu C. C. and Aggarwal J. K. (1993). "The integration of image segmentation maps using region and edge information". IEEE. Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol.15(12), pp. 1241-1252.
- [13]: J.P Cocquerez and S. Philipp. Analyse d'images : filtrage et segmentation. Masson, Paris, 1995.
- [14]: Kass, M., Witkin, A. et Terzopoulos, D. (1987). Snakes : active contour models. International Journal of Computer Vision, 1(4): 321-331.
- [15]: O. Chilali. Classification automatique de données utilisant les modèle deformable. Thèse de magister, université mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algerie, 2006.
- [16]: Pavlidis and Y-T. Liow. "integrating region growing and edge detection" IEEE Trans. Pattern analysis and machine intelligence. vol. 12, n°3, pp. 225-233, 1990.
- [17]: Baillie, J.C. (2003). cours de Segmentation Module D9 : traitement d'images et vision artificielle. ENSA.
- [18]: J.M. Salotti, « Gestion des informations dans les premières étapes de la vision par ordinateur », Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 1994.
- [19]: Imane Sebari et Dong-Chen HE « Les approches de segmentation d'image par coopération régions-contours».Centre d'applications et de recherches en télédétection (CARTEL), Département de géomatique appliquée.Université de Sherbrooke, 2500, boulevard de l'Université, Sherbrooke (Québec), Canada J1K 2R1Revue Télédétection, 2007, vol.7, n°1-2-3-4, p. 499-506.
- [20]: Mémoire de MAGISTER en Informatique: Un algorithme évolutionnaire pour la segmentation d'images basé sur le diagramme de Voronoï .  
Option : Technologie d'information et de communication  
Universite kasdi merbah-ouargla.  
Présenté Par : Mme. Naima MERZOUGUI  
Soutenu publiquement le 28/06/2012
- [21]: [ZUCKER '76], ZUCKER S. W. Region growing: childhood and adolescence. Computer Graphics Image Processing, 1976, vol. 5, pp. 382-399.
- [22]: Chang Y.L, LI X. Fast image region growing. Image and Vision Computing, 1995, vol.13, n°7, pp.559-571.

- [23] : Jean Loïc Rose « Croissance de région variationnelle et contraintes géométriques tridimensionnelles pour la segmentation d'image », thèse de Doctorat à l'Institut National des sciences appliquées de Lyon, Décembre 2008.
- [24] : Image Segmentation by a multiresolution approach, Nacera BENAMRANE, Karima KIES and Jun SHEN\*.  
Institut d'Informatique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran.
- [25] : Jean-Christophe Baillie, SEGMENTATION, Module D9  
ES322-Traitement d'Image et Vision Artificielle, 2003
- [26] : L.G. Roberts. Machine perception of 3-d solids. In OE-OIP, vol. 65, pp.159–197, 1965.
- [27] : J.M.S. Prewitt. Object enhancement and extraction. In PPP, vol. 70, pp 75– 149, 1970.
- [28] : I. Sobel. Neighbourhood coding of binary images for fast contour following and general array binary processing. Computer Graphics and Image Processing, vol.8, pp. 127-135, 1978.
- [29] : R. Kirsch. Computer determination of the constituent structures of biomedical images. Computer and Biomedical Research. USA, vol. 4, n° 3, pp 315-328, 1971.
- [30] : H. Digabel et C. Lantuéjoul. Iterative algorithms Dans J. L. Chermant, éditeur, Proc. 2nd European Symp. Quantitative Analysis of Microstructures in Material Science, Biology and Medicine, Stuttgart, Riederer Verlag, pp.85-99, 1978.
- [31] : S.L. Horowitz and T. Pavlidis. Picture segmentation by a directed split and merge procedure. In CMetImAly77, pages 101–11, 1977.
- [32] : J. Canny, "A computational approach to edge detection", IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, n°6, p.679-698, novembre 1986.
- [33] : R. Deriche, "Using Canny's criteria to derive a recursively implemented optimal edge detector", International Journal of Computer Vision, p. 167-187, 1987.
- [34] : J. Shen and S. Castan. An optimal linear operator for edge detection. In Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'86), Miami Beach, Florida, pp. 109--114, USA, 1986.
- [35] : Julien DUBOIS – TER M2 GEII – Segmentation par approche contours  
Université de ROUEN

### Sites web

- [36] : Segmentation d'image  
[http://www.esiee.fr/~barjonej/Site/iii\\_segmentation\\_dimage.html](http://www.esiee.fr/~barjonej/Site/iii_segmentation_dimage.html)
- [37] : Traitement d'image  
<http://www.iro.umontreal.ca/~mignotte\ift6150>