

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene
Faculté d'Electronique et d' Informatique
Département d'Informatique

Traitement et Analyse d'Images et de la Vidéo

Master Informatique Visuelle

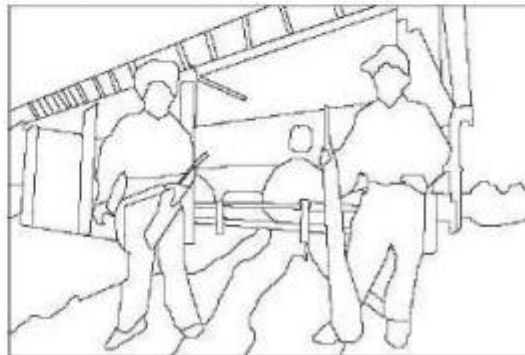
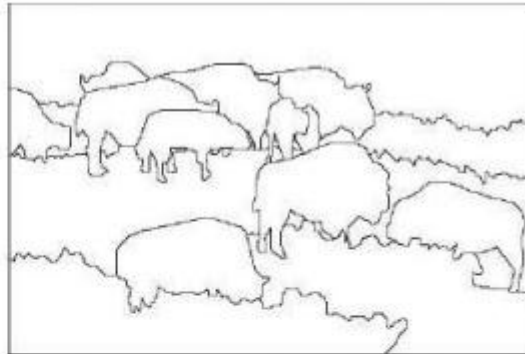
Chapitre 4

Détection de contours et Segmentation

Cours de Traitement et Analyse d'images et de la vidéo
Master MIV,TAI- par N.BAHA

Introduction

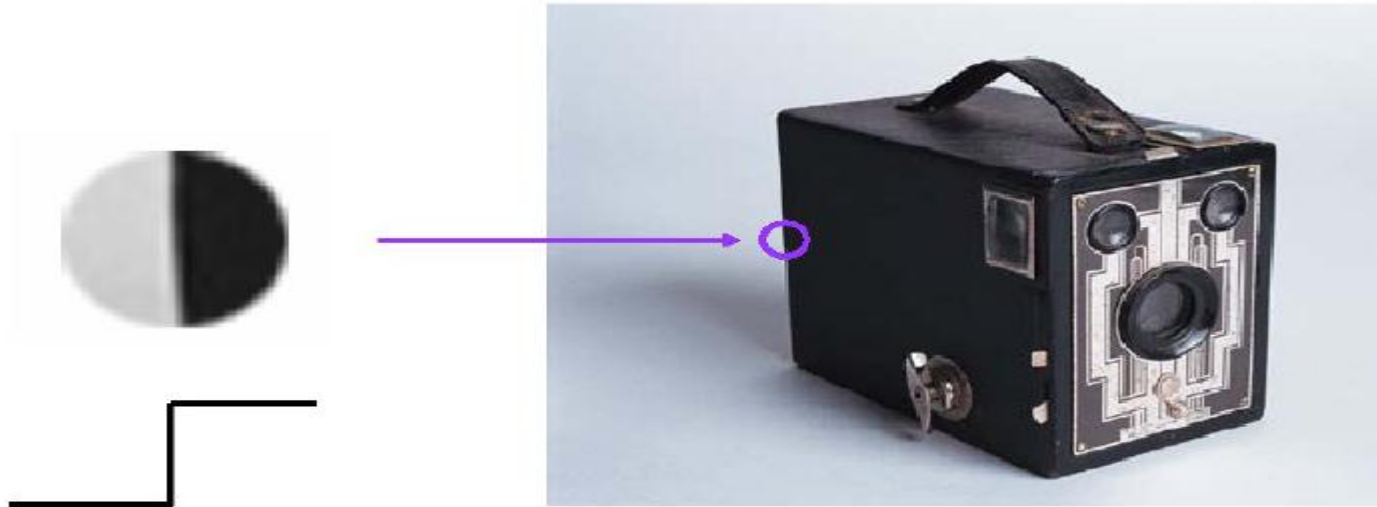
➤ Décomposer une image en plusieurs objets



Définition d'un contour

- Définition

Un contour est une variation brusque d'intensité. Il désigne la frontière entre deux objets dans une image.



Détection de contours

- La détection de contour est une étape préliminaire à de nombreuses applications de l'analyse d'images.
- L'extraction de contours a fait l'objet de nombreux travaux dans les années 80. Les méthodes à base de convolution et de calcul de masques de dérivation ont été très répandues, car rapides et faciles à implémenter: par exemple les masques et opérateurs de Sobel, Roberts, Kirsch ou Prewitt.
- Néanmoins, ces approches, basées sur une approximation du gradient spatial par des différences finies, ne sont ni précises ni robustes aux bruits. Les contours dans une image proviennent des discontinuités de la fonction d'intensité dans les images c'est-à-dire une rupture d'intensité dans l'image suivant une direction donnée.

Détection de contours

- Deux approches sont utilisées pour la détection des contours:

Approches du 1er ordre ➡ approximations du Gradient

Approches du 2eme ordre ➡ approximations du Laplacien

Des operateurs sont utilisés comme des filtres qui vont être corrélés à l'image en utilisant des masques.

Détection de contours

Exemple l'opérateur de Sobel

- Soit **A** l'image source, G_x et G_y deux images qui en chaque point contiennent des approximations respectivement de la dérivée horizontale et verticale de chaque point.

Ces images sont calculées comme suit:

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

une approximation de la norme et l'orientation du gradient:

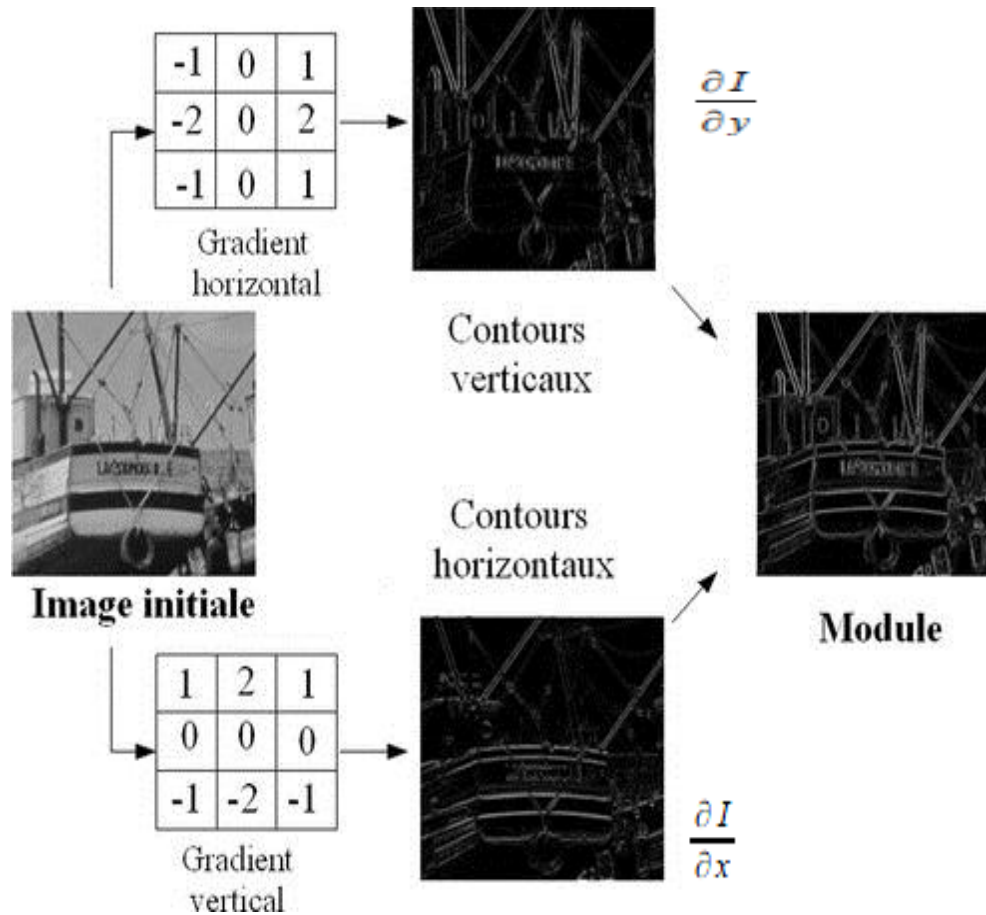
$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad \theta = \arctan(G_y / G_x)$$

Le **module du gradient** permet de quantifier l'importance du contour mis en évidence.

Détection de contours

- **Détection de contours en utilisant le gradient :**
 - Calculer d'abord le gradient de l'image dans les deux directions orthogonales G_x et G_y
 - Calculer le module du gradient
 - Sélectionner les contours les plus importants
(les points de plus fort contraste par un seuillage.)

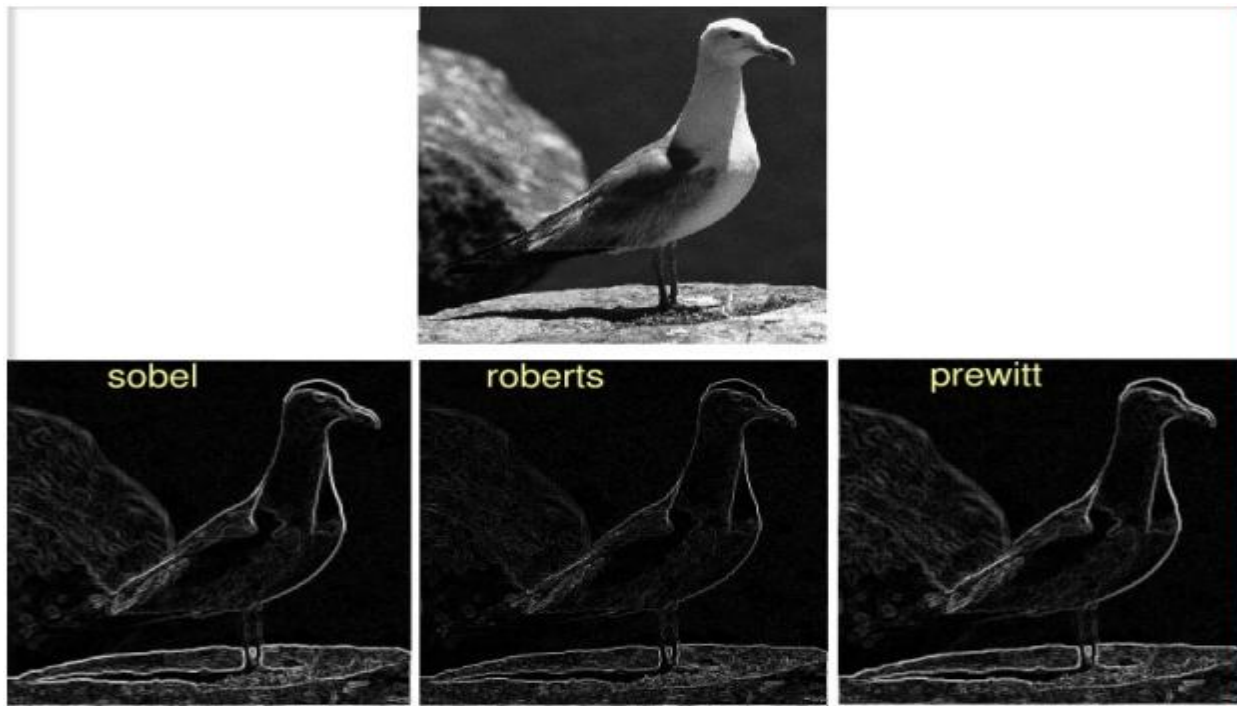
Détection de contours












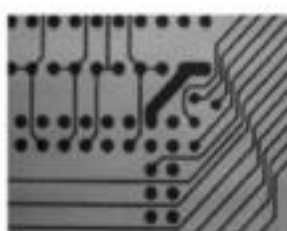

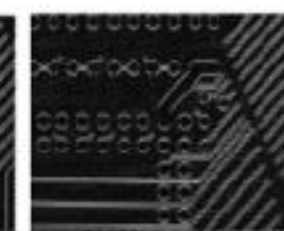
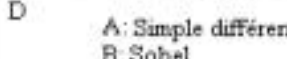
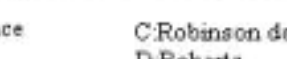

Détection de contours

- Opérateurs de Prewitt et Sobel

- Le principal avantage de ces masques est leur facilité de mise en œuvre ainsi que la rapidité de leur traitement.
- Leur inconvénient est leur grande sensibilité au bruit.
- De plus les contours obtenus sont souvent assez larges.



Détection de contours

TYPES DE MASQUE																						
<p><i>Masques de Roberts</i></p> <table border="1"> <tr> <td>-1</td><td>0</td><td>0</td><td>-1</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table> <p>G_1, G_2</p>		-1	0	0	-1	0	1	1	0	  												
-1	0	0	-1																			
0	1	1	0																			
<p><i>Masques de Sobel</i></p> <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>-1</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr> <td>2</td><td>0</td><td>-2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>-1</td><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr> </table> <p>G_x, G_y</p>		1	0	-1	1	2	1	2	0	-2	0	0	0	1	0	-1	-1	-2	-1	<p>A Original Noyau [-1 0 1]</p>   		
1	0	-1	1	2	1																	
2	0	-2	0	0	0																	
1	0	-1	-1	-2	-1																	
<p><i>Masques de Prewitt</i></p> <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>-1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>-1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr> </table> <p>G_x, G_y</p>		1	0	-1	1	1	1	1	0	-1	0	0	0	1	0	-1	-1	-1	-1	<p>B Gradient horizontal Gradient vertical Norme du gradient</p>   		
1	0	-1	1	1	1																	
1	0	-1	0	0	0																	
1	0	-1	-1	-1	-1																	
<p><i>Masques de Kirsh</i></p> <table border="1"> <tr> <td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr> <td>-3</td><td>0</td><td>-3</td></tr> <tr> <td>-3</td><td>-3</td><td>-3</td></tr> </table> <p>+ les 7 autres masques obtenus par permutation circulaire des coefficients G_i pour i de 1 à 8.</p>		5	5	5	-3	0	-3	-3	-3	-3	<p>C</p>   											
5	5	5																				
-3	0	-3																				
-3	-3	-3																				
<p><i>Masques de Robinson</i></p> <table border="1"> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>-2</td><td>1</td></tr> <tr> <td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr> </table> <p>+ les 7 autres masques obtenus par permutation circulaire des coefficients G_i pour i de 1 à 8.</p>		1	1	1	1	-2	1	-1	-1	-1	<p>D</p>   											
1	1	1																				
1	-2	1																				
-1	-1	-1																				

A: Simple différence
B: Sobel

C: Robinson dans 3 directions
D: Roberts

Segmentation d'images

- Définition

La segmentation d'image consiste à partitionner l'image en plusieurs zones homogènes.

- La segmentation d'image est une étape clé en traitement d'images qui a pour but de regrouper des pixels semblables entre eux suivant des critères:

- ✓ couleur,
- ✓ texture,
- ✓ niveaux de gris,
- ✓ mouvement.

- La segmentation est située à la limite du traitement d'Image et l'Analyse d'Image

Segmentation d'images

- Les pixels sont regroupés en régions, qui constituent une partition de l'image. Chaque partition(région) est supposée correspondre à un “objet” de l'image. L'union de ces régions doit redonner l'image initiale.
- De point de vue mathématique:
- La segmentation consiste à créer une partition d'une image I en sous-ensembles R_i appelés régions tel que :

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

$$\forall i, j \ R_i \cap R_j = \emptyset$$

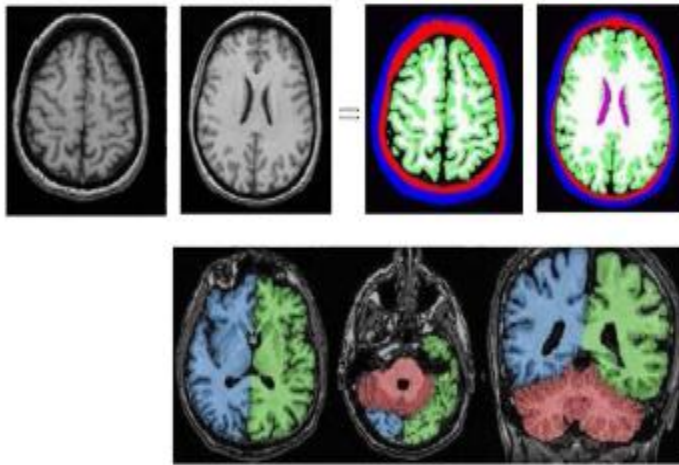
$$I = \cup_i R_i$$

Segmentation d'images

- Difficultés:
 - Problème souvent mal posé, pour une même image on peut trouver plusieurs segmentations correspondantes dépendant du contexte.
 - Souvent très calculatoire
- Les techniques de segmentation peuvent être traitées sous un aspect global ou local

Segmentation d'images

- Exemple de segmentation



Images de l'HDR de J.F. Mangin

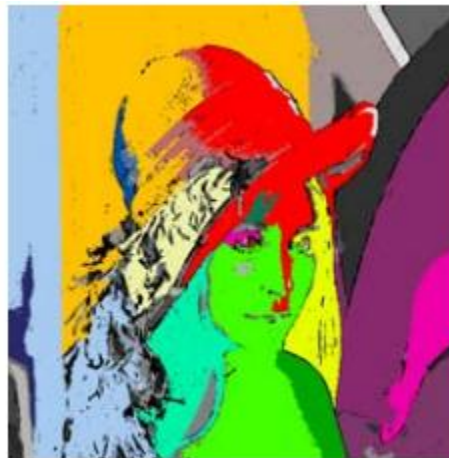
- Hémisphère gauche, Hémisphère droit et cervelet

Segmentation d'images

- A quoi sert la segmentation
 - ✓ Indexation : rechercher dans une base d'images, les images "ressemblantes" à une image initiale,
 - ✓ Reconnaissance d'objets,
 - ✓ Biometrie (Segmentation de visages)
 - ✓ Imagerie médicale IRM,
 - ✓ Mises en correspondance.....
 - ✓ Détection de zones d'intérêt

Segmentation d'images

- La segmentation est basée sur :
 - Similarité (couleur, intensité, texture ...)
 - Proximité spatiale.
- Exemple de segmentation d'image couleur et en niveau de gris:



N.BAHA

Segmentation d'images

- Méthodes de segmentation

- Approche **region** : region-based segmentation,
- Approche **contour**: edge-based segmentation,
- Approche **par apprentissage (classification)** : learning-based segmentation,
- Approche **hybride** : mélange des méthodes précédentes.

Pas de solution universelle: en général, l'algorithme est limité à un type d'application et/ou d'image. Pour une image donnée, **plusieurs segmentation correctes peuvent être proposées.**

Segmentation d'images

- Méthodes de segmentation basées régions

Cette méthode utilise les similitudes locales des pixels tel que le niveau de gris, la couleur ou la texture.

- a - Seuillage à partir d'histogrammes,
- b - Méthodes de clustering (k-means, c-means, Fuzzy-means) ,
- c - Croissance de régions (region-growing) ,
- d - Division-fusion (split-merge).

Segmentation d'images

Méthodes de segmentation basées contour

- Elle se base sur la recherche des contours qui délimitent les régions homogènes de l'image. Un contour est un ensemble de pixels formant une frontière entre deux ou plusieurs régions voisines. Néanmoins, cette méthode ne conduit pas toujours à une bonne segmentation de l'image car très souvent les contours obtenus sont rarement fermés.
- Il existe plusieurs méthodes de segmentation basées sur l'approche contour qu'on peut regrouper en trois catégories :
 - les méthodes dérivatives,
 - par filtrage linéaire
 - les contours actifs.

Segmentation d'images

- Méthodes de segmentation basées sur l'apprentissage

Segmentation d'images

- Choix de la méthode

Le choix de l'approche dépend du type d'applications et du type d'images:

- Images très structurées (objets homogènes) / Images texturées,
- Apparition de contours bien marqués,
- Présence de bruit ou non,
- Type d'application: détection d'une ou de quelques régions aux caractéristiques connues a priori ou partition de l'ensemble de l'image.

Segmentation d'images

- Méthode supervisée ou non (l'utilisateur définit des seuils sur la taille ou le nombre des régions, le niveau d'homogénéité, etc),
- Précision de la segmentation (la segmentation doit-elle aboutir à un résultat visuellement acceptable),
- Rapidité d'exécution (temps réel),
- Compromis temps de calcul/précision.

Segmentation d'image

Approche Région

➤ Segmentation basée sur les régions

a- Segmentation basée sur le seuillage

Le seuillage a pour objectif de segmenter une image en plusieurs classes homogènes en n'utilisant par exemple l'histogramme. Elle consiste à extraire des seuils à partir de l'histogramme puis la classification d'un pixel p est faite par comparaison de $I(p)$ aux seuils.

A chaque pic de l'histogramme est associée une classe. Il existe de très nombreuses méthodes de seuillage d'un histogramme. La plupart de ces méthodes s'appliquent correctement si l'histogramme contient réellement des pics séparés.

Segmentation d'image

Approche Région

Algorithme

1. Localiser sur l'histogramme d'un pic isolé,
2. Détecter les zones correspondantes par seuillage,
3. Parmi les zones de l'image contribuant à ce pic, sélectionner la région connexe la plus grande,
4. Retour à 1

Segmentation d'image

- Exemple de segmentation basée sur l'histogramme

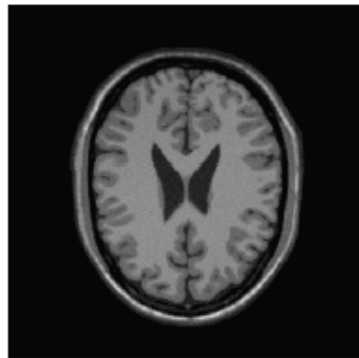
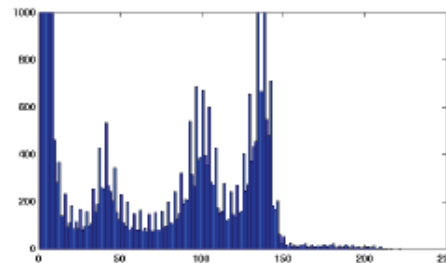
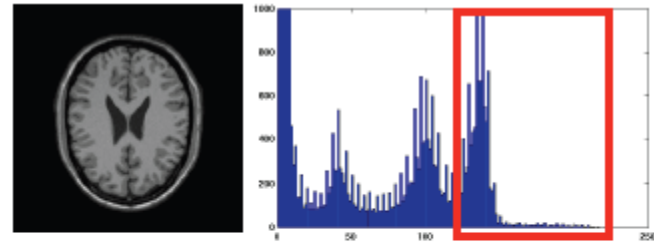


Image originale



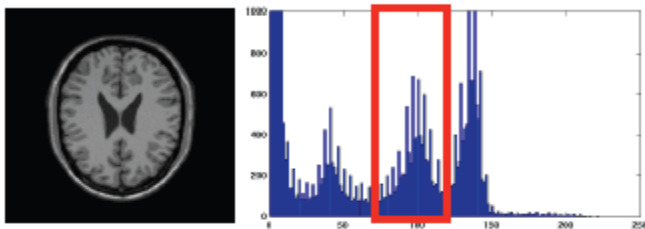
Histogramme de l'image



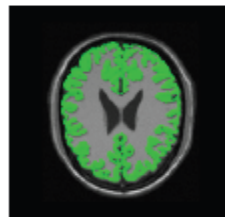
- Sélection de la région connexe la plus grande



- Localisation sur l'histogramme d'un 2eme mode



- Sélection de la région connexe la plus grande



Itération jusqu'au résultat final

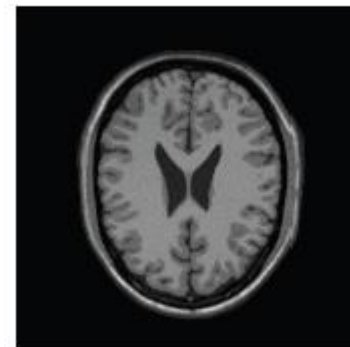


Image originale

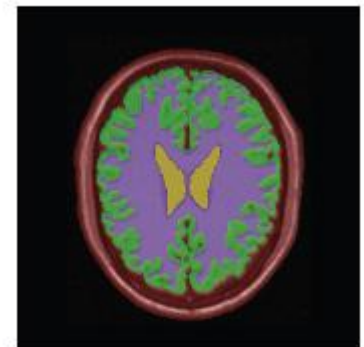


Image segmentée

Segmentation d'images

Approche Région

➤ Détermination du (ou des) seuil(s)

- Valeur obtenue par test,
- valeur moyenne,
- valeur médiane,
- choix automatique

Segmentation d'images

Approche Région

➤ Méthode d'Otsu (1979)

- Un seuil t définit deux groupes de pixels : C_1 et C_2 ,
- On cherche alors le seuil qui minimise la variance intra-classe :
$$\sigma_w^2(t) = \omega_1(t)\sigma_1^2(t) + \omega_2(t)\sigma_2^2(t)$$
- Les poids $\omega_i(t)$ représentent la probabilité d'être dans la $i^{\text{ème}}$ classe,
- les σ^2_i sont les variances de ces classes



<http://www.labbookpages.co.uk/software/imgProc/otsuThreshold.html>

Segmentation d'images

Approche Région

Inconvénient: Problème de seuil.

- Ces méthodes de segmentation par classification se révèlent efficaces si la classification des luminances permet de mettre en évidence les différentes régions homogènes de l'image. Dans le cas d'images comprenant des objets de luminances différentes se détachant sur un fond, cette approche donne de bons résultats. Mais lorsque les images sont bruitées et contiennent un nombre important d'objets la classification se révèle peu utilisable. En plus elle n'utilise pas l'information spatiale.
- *Ces méthodes ont très souvent été développées pour traiter le cas particulier de la segmentation en deux classes (passage à une image binaire) et leur généralité face aux cas multi-classes n'est que très rarement garantie.*

Segmentation d'Images

Approche Région

b-Segmentation Croissance de région: region-growing (Zucker 1976)

- Approche ascendante,
 - 1 - Départ d'un pixel (ou d'un groupe de pixels) : pixel germe,
 - 2- Analyse de ses pixels voisins et analyse du critère d'homogénéité .
 - 3- Croissance de la région jusqu'au critère d'arrêt (plus aucun pixel ne satisfait le critère).

Avantages

- Implémentation relativement simple avec de bons résultats notamment en médecine
- Méthodes rapides

Limite:

- Performance très dépendante de l'initialisation: un mauvais choix des pixels germe entraine une mauvaise segmentation.
- Dépend souvent de l'ordre de traitement : L'ordre dans lequel sont ajoutés les pixels dans une région a une influence sur le résultat
- Choix du seuil

Segmentation d'Images

Approche Région

C- Méthode de Division: Split (Pavlidis et al. 1974)

En partant de l'image de départ , cette méthode consiste à diviser l'image de façon automatique (Division récursive) en plusieurs images jusqu'à obtenir des régions homogènes .

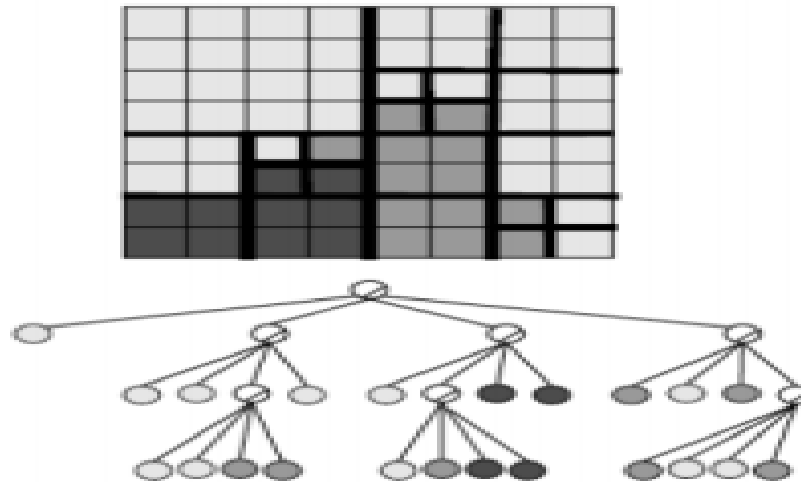
- Approche descendante

- 1- Partitionner la région, par exemple à partir d'une partition de son histogramme.
- 2- Pour chaque région résultante, si possible (et nécessaire) revenir en 1.

Segmentation d'Images

Approche Région

- Exemple de méthode de division de régions : QuadTree
 - Codage de l'image par un arbre,
 - Racine : image entière,
 - Découpage en 4 de la portion d'image correspondant à un nœud si elle n'est pas homogène), chaque nœud a 4 fils.



Segmentation d'Images

Approche Région

- Inconvénients:
 - Les découpes sont contraintes par le cadre rigide de la définition, elle est adaptée pour des images carrées.
 - Utilisable comme partition initiale pour une méthode de fusion.

Segmentation d'Images

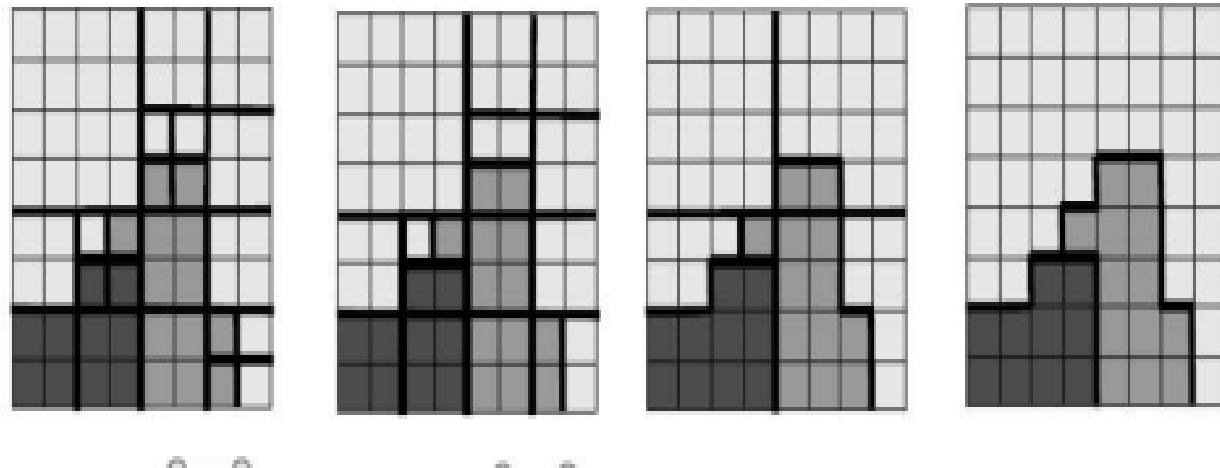
Approche Région

- Méthode Fusion: Merge
 - Approche ascendante
 - Point de départ = une partition de l'image en régions homogènes,
 - Fusionner tout couple de régions adjacentes qui vérifie un critère d'homogénéité.
- Les algorithmes de fusion diffèrent par
 - La forme des régions de fusion: nombre de pixels par région,
 - Les critères de fusion,
 - L'ordre dans lequel se font les fusions.

Segmentation d'Images

Approche Région

- **Remarque** : De meilleurs résultats sont obtenus en alternant divisions et fusions : **Split and Merge**.



Segmentation d'Images

Approche Région

- Méthode basée sur la classification
 - Ces méthodes utilisent les caractéristiques des pixels plutôt que la disposition spatiale des pixels. Chaque pixel se voit affecté une étiquette qui représente la classe à laquelle il est affecté.
 - Il existe 2 approches de classification:
 - **Supervisée**: on connaît le nombre de classes.
 - **Non supervisée**: Kmeans, Fuzzy C-means
- **limite** : Ces méthodes nécessitent de fixer le nombre de centres des classes à l'avance.

Segmentation d'Images

Approche Région

Algorithme des K-moyennes (K-means)

On initialise K centres (aléatoires par ex.) étiquetées de 1 à K

- On répète, jusqu'à convergence :
 - 1. Pour chaque pixel, on trouve le centre i le plus proche au sens de la distance euclidienne,
 - 2. On donne à ce pixel l'étiquette du centre i ,
 - 3. On calcule le barycentre de chaque classe → les barycentres deviennent les nouveaux centres.

Inconvénients

Dépend de:

- l'initialisation
- Choix du nombre de classe k
- Limité aux clusters "sphériques"



Segmentation d'Images:

Approche Région

Algorithme des Fuzzy c-means

c est une variante de l'algorithme K-means dont le principes est comme suit:

Fuzzy C-Means : chaque point a un degré "flou" d'appartenance à chaque classe cad une probabilité d'appartenance à une classe donnée.

Segmentation d'Images

Approche Contour

- Méthode de segmentation basée contour

Contrairement à la méthode région, elle ne tient pas compte des relations entre les pixels mais plutôt des frontières entre les régions. Le principe est de chercher dans l'image les contours afin de séparer les différentes régions.

- ✓ Estimation du gradient en chaque point de l'image (dérivateur, Laplacien),
- ✓ Extraction des maxima locaux de la norme du gradient dans la direction du gradient,
- ✓ Sélection des maxima locaux significatifs par seuillage,
- ✓ Fermeture des contours en traçant les chemins (exemple interpolation, Seuillage par hystérésis...).

- **Limite:** Des discontinuités peuvent apparaître et pour y remédier on utilise des méthodes qui permettent la fermeture des contours et ainsi obtenir des régions fermées.

Segmentation d'images

Approche Contour

1- Méthodes basées sur l'utilisation des filtres

Sobel, Canny, Prewitt, Deriche...

Problème: les contours non fermés,
délimitation des régions

Segmentation d'images

Approche Contour

2- Contour actif ou Snake : optimisation itérative

Méthode très utilisée et connue en vision par ordinateur

- **Initialisation** : courbe assez proche du contour à extraire;
- **Itérations** : déformations du contour actif de façon à ce qu'il atteigne une position d'énergie minimum.



Segmentation d'images par apprentissage

Segmentation par apprentissage

- La segmentation par apprentissage est une techniques de segmentation quelques peu différente des approches classiques du fait que la segmentation ne se base par sur des caractéristiques globales de l'image comme l'intensité ou la couleur des pixels;
- La segmentation par apprentissage est une méthode de segmentation orientée pixel ou un modèle d'apprentissage est mis en place dans un premier temps afin de pouvoir attribuer chaque pixel à une classe particulière. C'est qu'après la révolution apportée par les techniques du Deep Learning que les approches par apprentissage de segmentation sont renaît.
-

Segmentation d'images

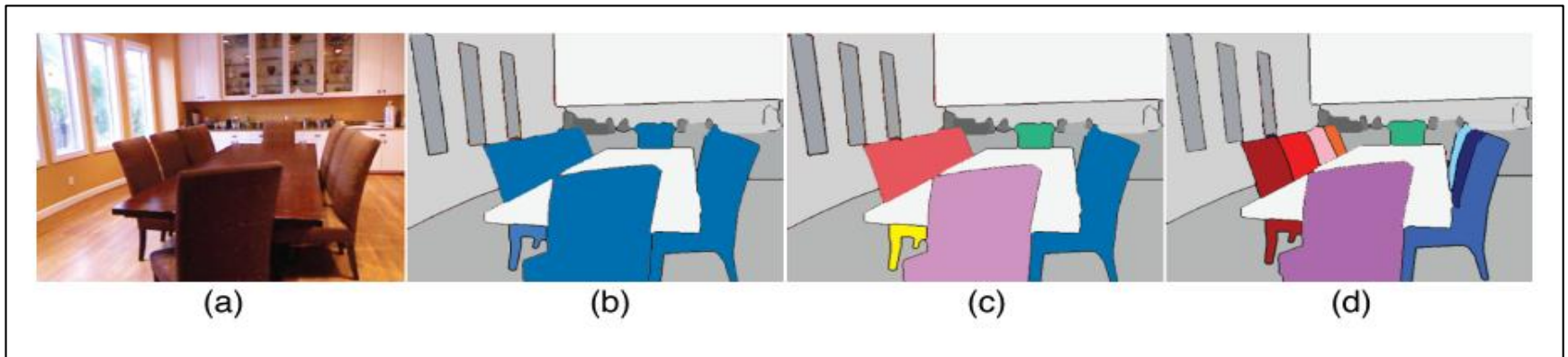
par apprentissage

- Les approches de segmentation basées sur l'apprentissage se divisent en deux grands type:
 - Approches basées sur la classification non-supervisée appelée « Segmentation Sémantique »
 - Approches basées sur la classification supervisée appelée « Segmentation d'Instance ».

Segmentation d'images par apprentissage

- 1- Segmentation Sémantique

A la différence des approches de segmentations classiques qui segmentent les pixels d'une image en un ensemble de régions en se basant sur des caractéristiques générales comme la couleur ou l'intensité, la segmentation sémantique, quant à elle, est une approche de segmentation basée sur chaque pixel qui effectue une opération de classification à une classe particulière. Le processus de classification peut être supervisé ou non supervisé mais dans tous les cas, une seule et unique segmentation est proposée comme résultat final à l'instar des approches de segmentation classiques qui peuvent supporter plusieurs segmentations possibles



(a) est l'image d'entrée, (b) présente une parfaite segmentation sémantique, il est à noter que toutes les chaises appartiennent à une seule classe illustrée par une coloration bleu. (c) présente une segmentation par instance dite « naïve » du fait que toutes les instances de chaises connectées dans la scène sont considérées comme étant dans un segment commun. Les parties de chaises étant dans une zone de la scène différente sont étiquetées dans un autre segment. ie (d) présente une segmentation d'instance « correcte » du fait que toutes les chaises sont séparées une par une. L'instance chaise est reconnue et dénombrée suivant le nombre de chaises existantes dans la scène. Cette propriété de dénombrement et énumération d'instance d'objet dans la scène est une spécificité propre à l'approche de segmentation par instance à l'instar de la segmentation sémantique qui regroupe toutes les instances de chaises dans un seul et même segment. Toujours est-il, il est très difficile de réaliser une segmentation par instance parfaite comme le montre la différence entre les parties (c) et (d)

Segmentation d'images par apprentissage

2- Segmentation d'Instance SegNet (deeplearning)

Cette approche tend à assigner chaque pixel à une instance au préalablement étiqueté. A la différence de la segmentation sémantique ou les pixels son aussi bien assignés à des instances, aucune information n'est donnée à propos du nombre d'instances de chaque classe dans une image.

Segmentation d'images

En résumé pour obtenir une bonne segmentation

Pré-traitements:

- ✓ **Correction de la géométrie** (rectification) : basés sur l'interpolation,
- ✓ **Amélioration du contraste** : basés sur l'histogramme,
- ✓ **Réduction du bruit** : filtres de voisinage.

Post-traitements

Basés sur l'utilisation des filtres morphologiques

- ✓ **Élimination**
 - des trous dans les objets,
 - des artefacts dans le fond
- ✓ **Fusion d'objets scindés,**
- ✓ **Division d'objets fusionnés.**