



Cours Modélisation géométrique

chapitre 5: La segmentation

Dr.Belhouchette K

Introduction



Segmentation
basée pixels



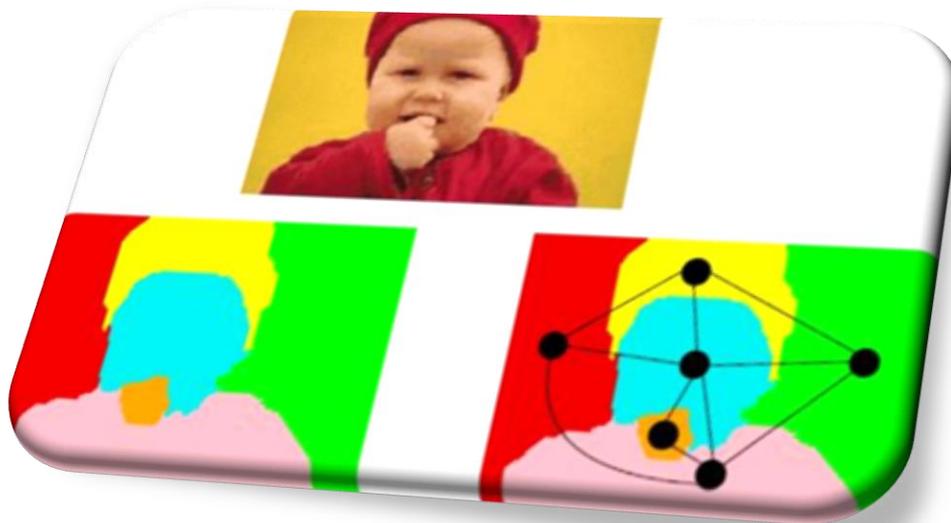
Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Pour l'humain, l'extraction des objets présents dans une scène est simple puisqu'il s'agit de reconnaître des objets que notre système visuel perçoit aisément.

Mais la question qui se pose maintenant : comment peut-on reproduire cela avec une machine et la rendre capable d'extraire des objets pertinents depuis une image ?



Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Pour reconnaître des objets afin d'interpréter les images, il faut souvent au préalable les segmenter, c'est-à-dire séparer les objets d'intérêt du fond de l'image

La **segmentation**, c'est partitionner l'image en zone homogènes selon un critère déterminé : couleur, texture, niveau de gris, indice,...



Introduction



Segmentation
basée pixels



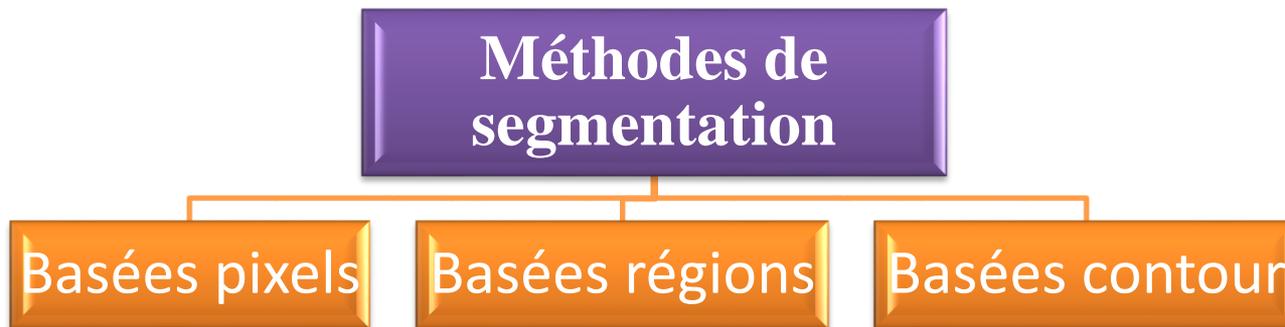
Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Méthodes de la segmentation

On regroupe généralement les algorithmes de segmentation en trois grandes classes :



Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Segmentation basée sur les pixels : Segmentation par seuillage

- ❑ Le seuillage d'une image à plusieurs niveaux est le procédé de segmentation le plus simple. L'hypothèse consiste à dire que tout objet se différencie de l'arrière-fond.
- ❑ Elle aboutit à fournir une série d'objets extraits de l'arrière-plan.
- ❑ La figure suivante illustre la difficulté à segmenter par seuillage ; l'origine du problème est l'éclairage non uniforme de la scène.

Introduction



Segmentation
basée pixels

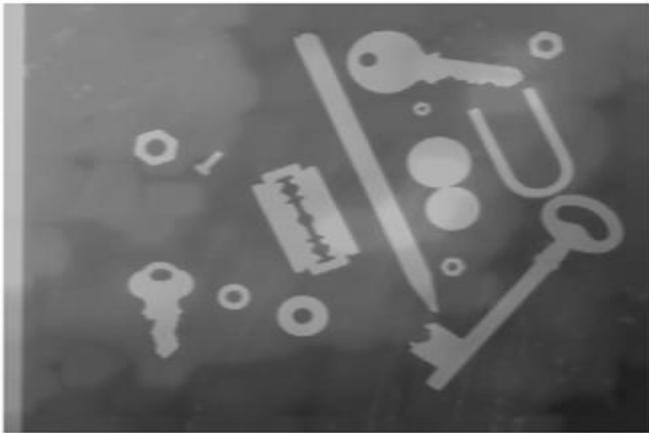


Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Segmentation basée sur les pixels : Segmentation par seuillage



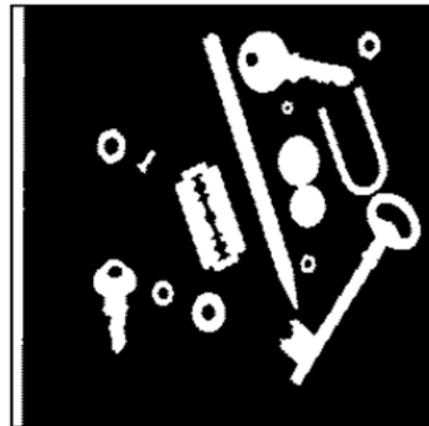
(a) Image originale



(b) Seuillage à 110



(c) Seuillage à 128



(d) Seuillage après égalisation

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

La segmentation basée sur les régions

- ❑ Cette catégorie peut correspondre aux algorithmes d'accroissement de régions.
- ❑ Ce type de segmentation consiste à prendre un ensemble de petites régions uniformes dans l'image et à regrouper les régions adjacentes de même couleur jusqu'à ce qu'aucun regroupement ne soit plus possible.
- ❑ Cette catégorie peut aussi correspondre à des algorithmes de découpage de régions on part de l'image entière que l'on va subdiviser en plus petites régions tant que ces régions ne sont pas suffisamment homogènes

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions

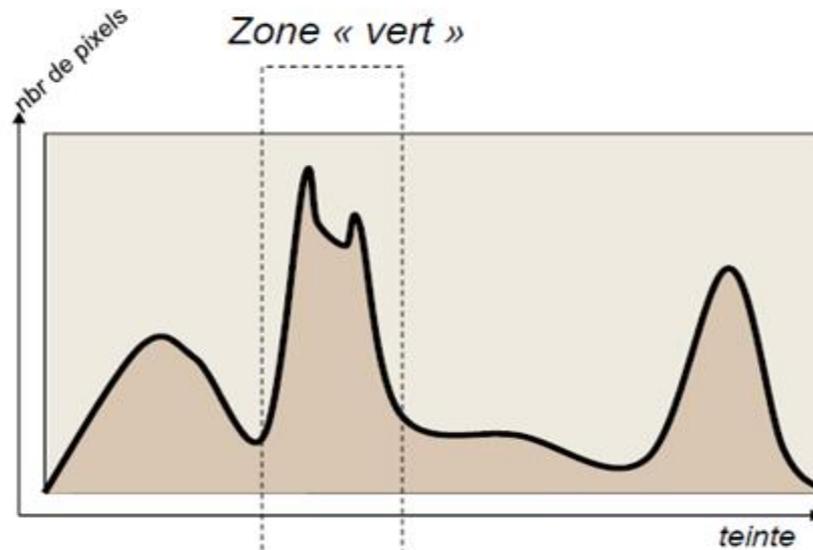


Segmentation
basée contours

Segmentation par histogramme

□ Travaille sur les histogrammes de l'image. Par seuillage, ou clustering, l'algorithme construit des classes de couleurs et on suppose que chaque cluster de l'historgramme correspond à une région dans l'image

□ L'idée est basée sur le fait que les objets présents dans une image ont des couleurs bien distinctes et uniformes, ils vont apparaître comme des pics dans l'historgramme.



Les régions correspondent aux pixels des pics qui seront extraits de l'image initiale.

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Segmentation par histogramme

- C'est une méthode très rapide. Mais étant une méthode globale, elle ignore les informations de proximité qui permettent d'utiliser des seuils des variables locaux.
- Elle est également sensible au bruit et ne donne pas de solution si deux objets ont la même couleur.
- Nécessite en général d'affiner le résultat

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Accroissance des régions

- ❑ La segmentation par croissance de région consiste à choisir un pixel dans l'image, appelée graine (seed)
- ❑ Puis à agglomérer les pixels voisins tant qu'un certain critère est satisfait. Lorsqu'il n'est plus possible de faire croître la région, l'algorithme choisit un autre point ailleurs dans l'image et le même processus recommence.
- ❑ Dans la pratique les résultats obtenus par cet algorithme dépendent bien sûr du critère choisi, ils dépendent aussi de l'implémentation : comment choisit-on le point de départ, dans quel ordre cherche-t-on à agglomérer les pixels voisins.

Introduction



Segmentation
basée pixels

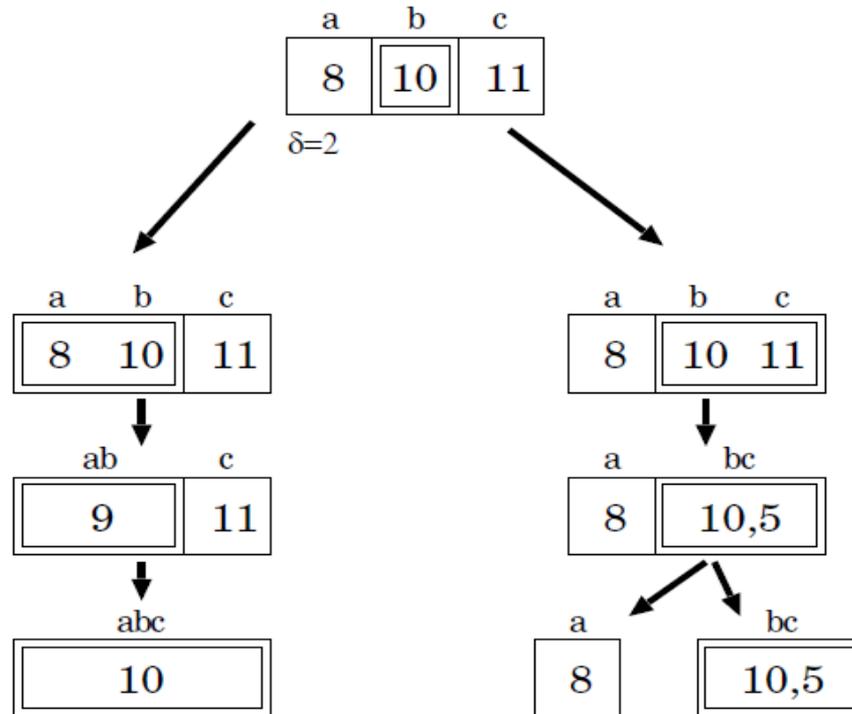


Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Accroissement des régions



Introduction



Segmentation
basée pixels

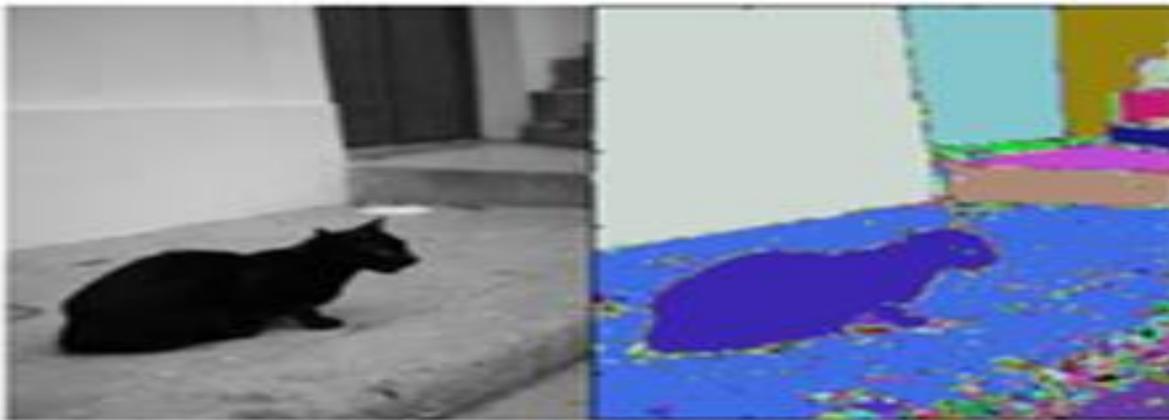


Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Accroissement des régions



(a) Image de départ (b) Image segmentée,
avec $s = 4$

Segmentation par accroissement de régions

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Segmentation par fusion de régions (Merge) :

- Les techniques de réunion sont des méthodes ascendantes où tous les pixels sont visités.
- Pour chaque voisinage de pixel, un prédicat P est testé. S'il est vérifié les pixels correspondants sont regroupés dans une région.
- Après le parcours de toute l'image, les groupes de voisinages se voient appliquer le même test, et sont réunis si P est vérifié.
- Le processus est itéré jusqu'à satisfaction d'un critère d'arrêt.

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Segmentation par division de régions (Split) :

- La division consiste à partitionner l'image en régions homogènes selon un critère donné.
- Le principe de cette technique 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 jusqu'à l'obtention de classes homogènes

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Segmentation par division-fusion (Split and Merge) :

- ❑ Son principe est de combiner les deux dernières méthodes présentées afin de pallier à leurs inconvénients de la manière suivante :
- ❑ une première étape de division donne comme résultat, une image divisée en plusieurs régions (figure suivante).
- ❑ Par la suite, une étape de fusion intervient afin de corriger le résultat obtenu par la première étape, en regroupant les régions similaires (figure suivante). Ce procédé est répété jusqu'à l'obtention d'une segmentation.

Introduction



Segmentation
basée pixels

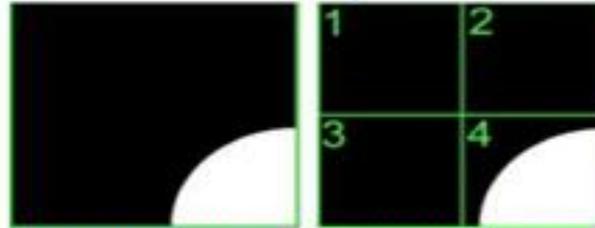


Segmentation
basée régions

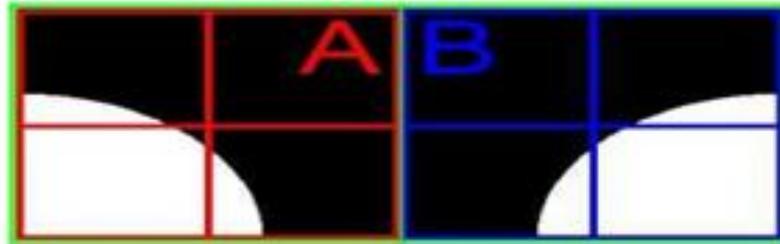


Segmentation
basée contours

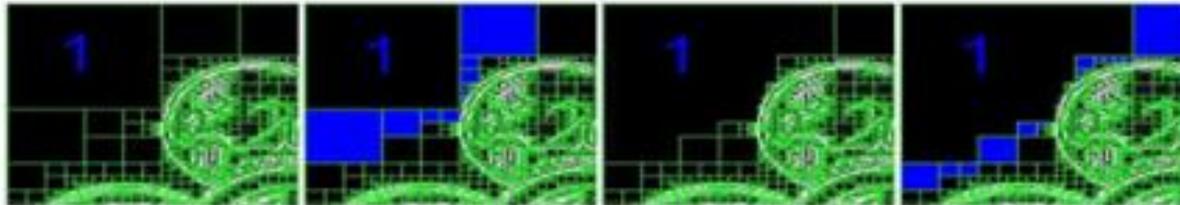
Segmentation par division-fusion (Split and Merge) :



:La décomposition en 4 peut faire apparaître des blocs similaires.



:Les décompositions successives peuvent faire apparaître des blocs similaires.



Agrégation itérative des blocs similaires au bloc 1.

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions

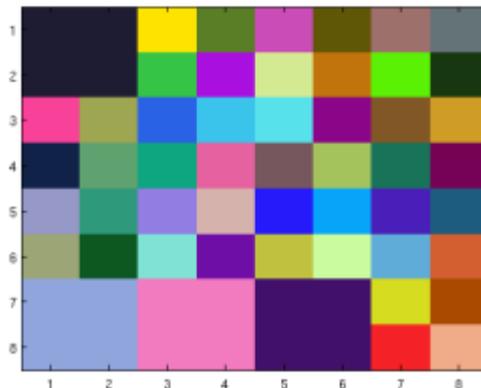


Segmentation
basée contours

Segmentation par division-fusion (Split and Merge) :

$$I = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 40 & 40 & 60 & 60 & 200 \\ 10 & 10 & 10 & 40 & 40 & 60 & 60 & 200 \\ 80 & 100 & 100 & 40 & 40 & 60 & 60 & 200 \\ 80 & 100 & 100 & 150 & 150 & 60 & 60 & 200 \\ 80 & 1 & 1 & 150 & 150 & 60 & 60 & 200 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 200 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 200 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 200 \end{bmatrix}$$

Avec un critère d'homogénéité tel que tout les pixels d'une région aient la même intensité, l'étape split donne



Introduction



Segmentation
basée pixels

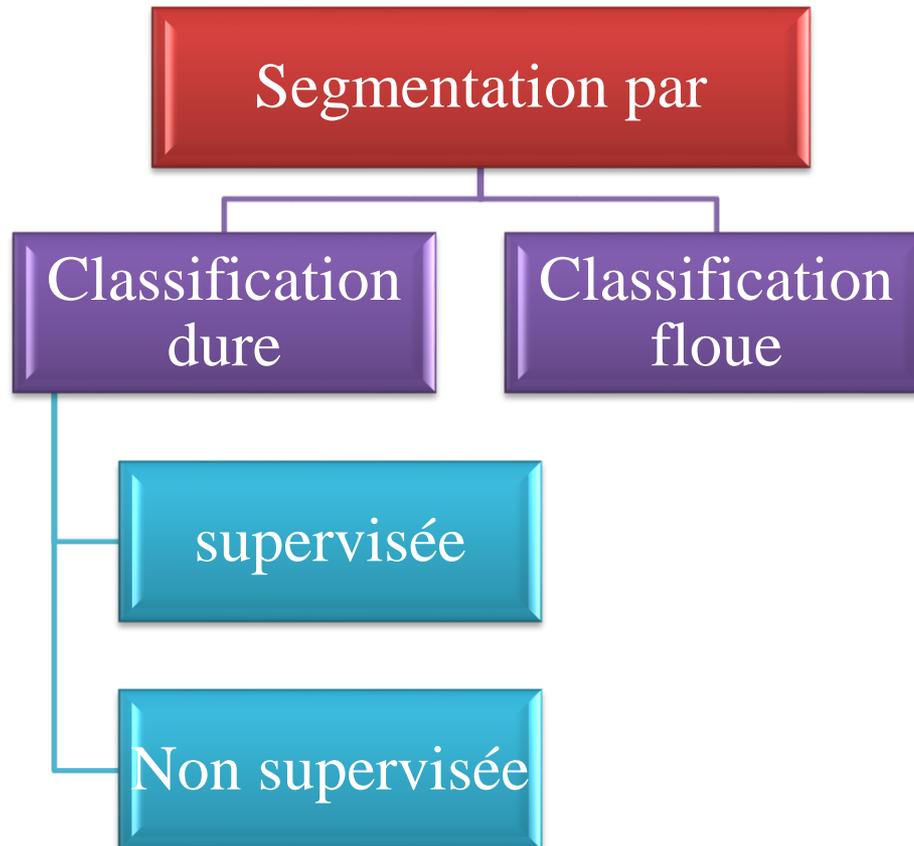


Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Segmentation par classification :



Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Segmentation par classification :

Classification floue

on affecte au pixel un degré d'appartenance pour chacune des classes de la partition qui indique la probabilité que le pixel y appartienne.

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Segmentation par classification :

Classification dure

un pixel ne peut être affecté qu'à une seule classe dans la partition.

Dans la classification supervisée, le nombre de classes est connu et on dispose d'un ensemble de pixels déjà étiquetés, servant d'ensemble d'apprentissage. Il s'agit alors de pouvoir associer chaque nouveau pixel à la classe la plus adaptée en se servant des pixels déjà étiquetés. Les réseaux de neurones

aucune information sur le nombre et le contenu des classes possible n'est fourni. L'objectif est alors de pouvoir regrouper automatiquement des pixels considérés similaires dans une même classe. Dans ce cas il s'agira de définir une fonction de similarité entre pixels qui sera maximum entre les pixels d'une même classe et minimum avec ceux des autres classes. La méthode k-moyennes (K-means)

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

K-means (ou K-moyennes)

- ❑ Un des algorithmes de clustering les plus répandus.
- ❑ permet d'analyser un jeu de données caractérisées par un ensemble de descripteurs, afin de regrouper les données "similaires" en groupes (ou clusters).
- ❑ La similarité entre deux données peut être inférée grâce à la "distance" séparant leurs descripteurs ; ainsi deux données très similaires sont deux données dont les descripteurs sont très proches.
- ❑ Cette définition permet de formuler le problème de partitionnement des données comme la recherche de K "données prototypes", autour desquelles peuvent être regroupées les autres données.
- ❑ Ces données prototypes sont appelés centroïdes ; en pratique l'algorithme associe chaque donnée à son centroïde le plus proche, afin de créer des clusters.

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

K-means (ou K-moyennes)

□ D'autre part, les moyennes des descripteurs des données d'un cluster, définissent la position de leur centroïde dans l'espace des descripteurs : ceci est à l'origine du nom de cet algorithme (K-moyennes ou K-means en anglais).

□ Après avoir initialisé ses centroïdes en prenant des données au hasard dans le jeu de données, K-means alterne plusieurs fois ces deux étapes pour optimiser les centroïdes et leurs groupes :

- 1. Regrouper chaque objet autour du centroïde le plus proche.*
- 2. Remplacer chaque centroïde selon la moyenne des descripteurs de son groupe.*

Après quelques itérations, l'algorithme trouve un découpage stable du jeu de données : on dit que l'algorithme a convergé.

Introduction



Segmentation
basée pixels

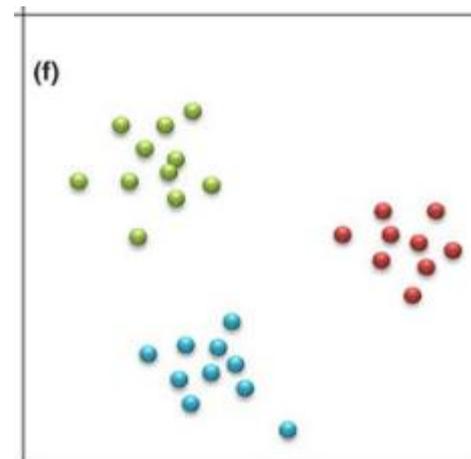
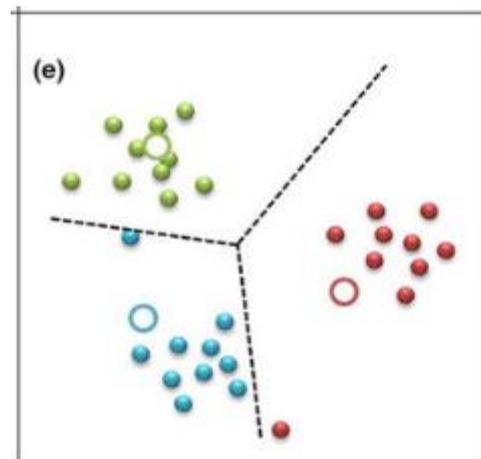
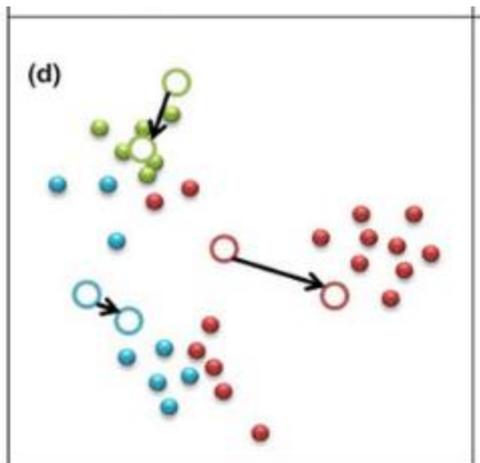
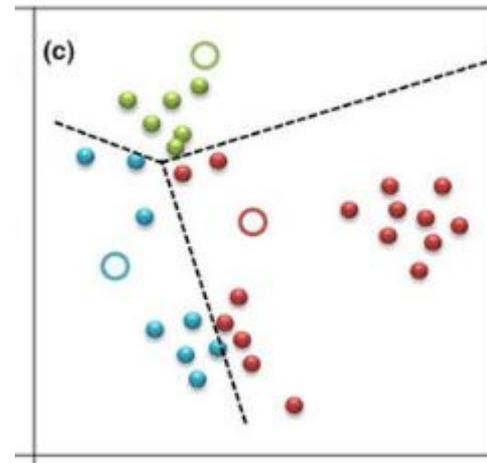
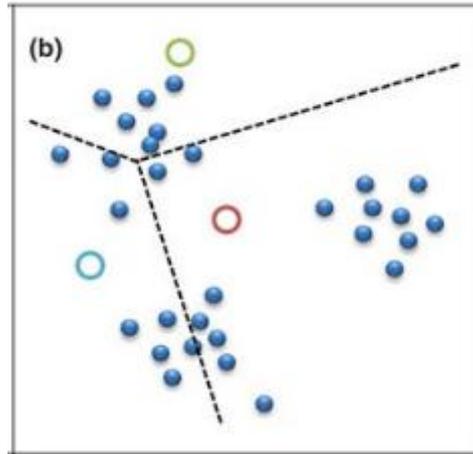
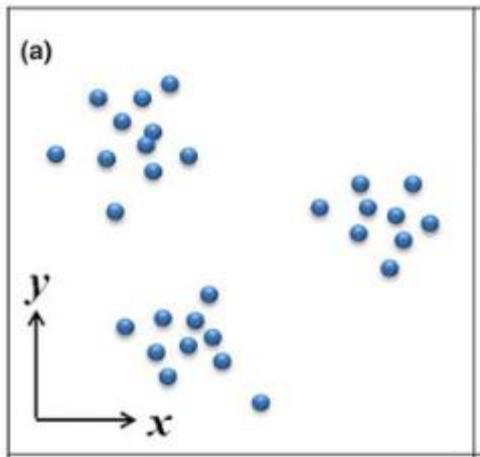


Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

K-means (ou K-moyennes)



Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

K-means (ou K-moyennes)

Algorithme particulièrement simple

Entrée : X (n obs., p variables), K #classes

Initialiser K centres de classes G_k

REPETER

Allocation. Affecter chaque individu à la classe dont le centre est le plus proche

Représentation. Recalculer les centres de classes à partir des individus rattachés

JUSQU'À Convergence

Sortie : Une partition des individus caractérisée par les K centres de classes G_k

Peut être K individus choisis au hasard. Ou encore, K moyennes calculées à partir d'une partition au hasard des individus en K groupes.

Variante MacQueen : remettre à jour les centres de classes à chaque individu traité. Accélère la convergence, mais le résultat dépend de l'ordre des individus.

Propriété fondamentale : l'inertie intra-classe diminue à chaque étape (nouvelles valeurs des barycentres conditionnels G_k)

Nombre d'itérations fixé
Ou aucun individu ne change de classe
Ou encore lorsque W ne diminue plus
Ou lorsque les G_k sont stables

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Segmentation basée contours

- ❑ Un contour est un ensemble des points d'une image numérique qui correspond à un Changement brutal de l'intensité lumineuse.
- ❑ Dans l'approche " contour ", on considère que les primitives à extraire sont les lignes de contrastes séparant des régions de niveaux de gris différents et relativement homogènes, ou bien des régions de texture différentes.
- ❑ En pratique, il s'agit de reconnaître les zones de transition et de localiser au mieux la frontière entre les régions.
- ❑ Il existe plusieurs méthodes de segmentation par contour qu'on peut regrouper en : les méthodes dérivatives, les méthodes Analytiques

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Méthodes dérivatives

- ❑ Les méthodes dérivatives sont très faciles à l'implémentation ainsi que leur temps de calcul relativement court, et leur résultat satisfaisant pour des images non bruitées. Leur inconvénient est qu'elles sont très sensibles au bruit.
- ❑ Elles détectent les contours par le calcul de la mesure de la puissance du contour (gradient), ensuite par le recherche du maxima local directionnel du gradient (direction du gradient).

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Calcul du Gradient

Les contours dans une image étant caractérisés par une forte variation de contraste. Il est évident de chercher un opérateur permettant de caractériser les zones où les niveaux de gris augmentent ou diminuent très vite. La dérivée (le gradient) répond tout à fait à ce problème.

Le gradient d'une image donne les taux de changement de niveau de gris par unité de distance dans les directions des axes de coordonnées. Il est défini comme un vecteur caractérisé par son amplitude et sa direction, tels que :

- L'amplitude est liée à la quantité de variation locale des pixels.
- La direction du gradient est orthogonale à la frontière qui passe au point considéré

Le gradient d'une image dans un point $p(x, y)$ est le vecteur $\nabla I(x, y)$ qui est défini par

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

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Calcul du Gradient

Et pour calculer ce gradient, on effectue généralement, le produit de convolution de l'image avec un opérateur de dérivation fournissant deux masques M1 et M2 tels que:

$$\frac{\partial I(x, y)}{\partial x} = M1 \times f(x, y)$$

$$\frac{\partial I(x, y)}{\partial y} = M2 \times f(x, y).$$

Introduction

Segmentation
basée pixelsSegmentation
basée régionsSegmentation
basée contours

Calcul du Gradient

Il existe plusieurs opérations permettant l'approximation du gradient, on peut citer

	0°	45°	90°	135°
Robert	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$		$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$	
Prewit	$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$
sobel	$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{pmatrix}$
kirsch	$\begin{pmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{pmatrix}$

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Calcul du Gradient

Le module m de gradient est défini par :

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

Tandis que sa direction est défini par :

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

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Recherche de contour par une technique de type gradient

Principe :

- Construire le champ de gradient
- Construire l'image de la norme du gradient
- Ne conserver que les pixels où la norme est élevée
- Suppression des Non Maxima locaux.

Introduction

Segmentation
basée pixels

Segmentation
basée régions

Segmentation
basée contours



Recherche de contour par une technique de type gradient

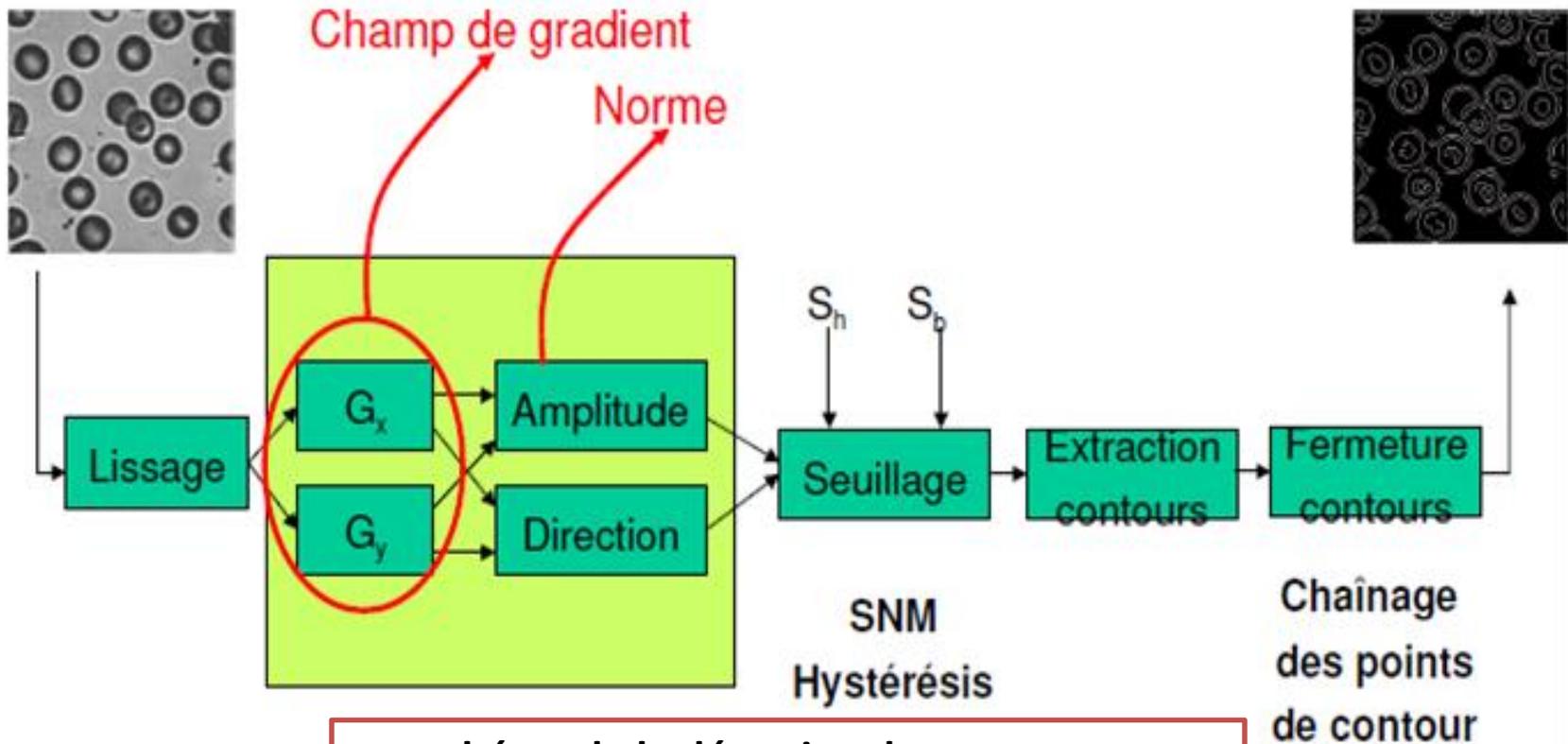


schéma de la détection de contours en utilisant le gradient

SNM : Suppression des Non Maxima locaux.

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Recherche de contour par une technique de type gradient

- ❑ Une fois la norme du gradient calculée en chaque point de l'image, il faut seuiller cette norme pour décider si un pixel fait partie ou non d'un contour
- ❑ Tous les pixels possédant une norme supérieure à un seuil S sont déclarés appartenir à un contour. Tout le problème réside alors dans le choix du seuil :

Introduction



Segmentation
basée pixels



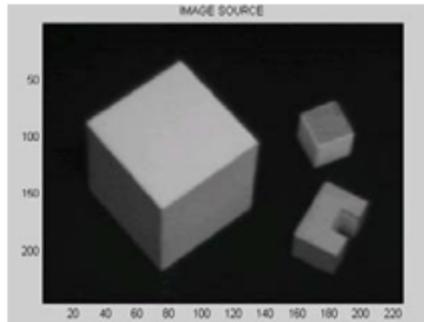
Segmentation
basée régions



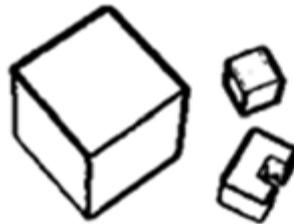
Segmentation
basée contours

Recherche de contour par une technique de type gradient

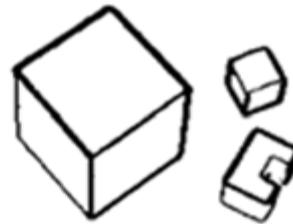
- Un seuillage trop bas nous amène à une sur-détection : **on détecte beaucoup de bruit et des contours épais apparaissent**
- Un seuillage trop haut amène à une sous-détection : **contours non fermés**



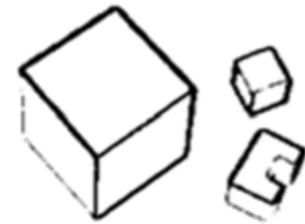
Originale



seuil=10



seuil=15



seuil=20

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Recherche de contour par une technique de type gradient

Seuillage avec hystérésis

❑ Il s'agit de diminuer l'importance du seuil lors du seuillage du gradient. Avant, il y avait un seuil unique qui amenait soit à des fausses alarmes, soit à des lacunes. Il était très difficile, voire impossible, de trouver un seuil adapté à toute l'image.

❑ Dans le seuillage avec hystérésis, le critère de décision est le suivant. Pour chaque point, si l'intensité de son gradient est:

- Inférieur au seuil bas, le point est rejeté;
- Supérieur au seuil haut, le point est accepté comme formant un contour;
- Entre le seuil bas et le seuil haut, le point est accepté s'il est connecté à un point déjà accepté.

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions

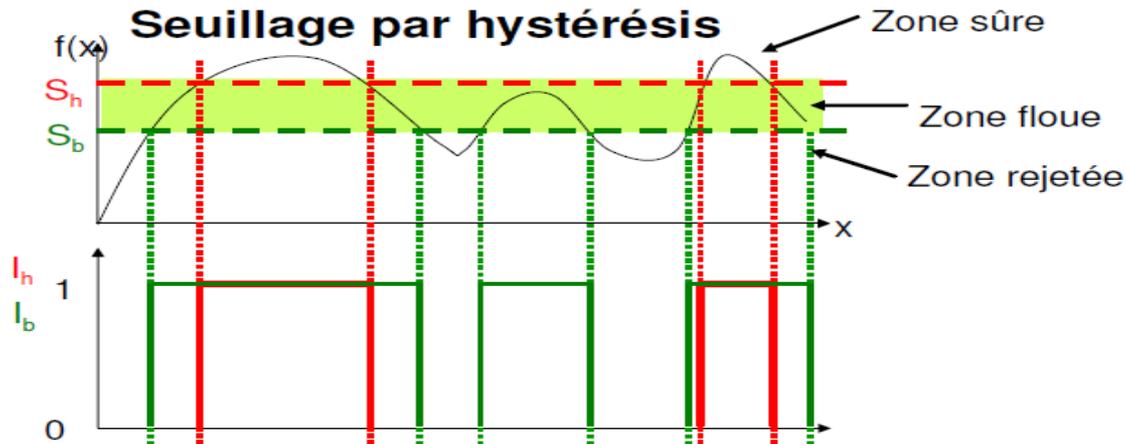


Segmentation
basée contours

Recherche de contour par une technique de type gradient

Ainsi

- Si norme $>$ seuil haut \rightarrow contour sûr 1
- Si norme $<$ seuil bas \rightarrow pas de contour 0
- Si seuil bas $<$ norme $<$ seuil haut \rightarrow contour de fermeture 2



Introduction

Segmentation
basée pixelsSegmentation
basée régionsSegmentation
basée contours

Recherche de contour par une technique de type gradient

Pour la recherche des maxima dans la direction du gradient

Les points de contour sont les maxima locaux de norme du gradient. L'exemple suivant donne un cas d'application du filtre de Sobel.

⁻¹ 190	⁰ 190	⁰ 200	⁰ 210	¹ 213
⁻² 190	⁰ 190	⁰ 200	⁰ 210	² 213
⁻³ 186	⁰ 190	⁰ 200	⁰ 200	³ 200
⁻² 50	⁰ 50	⁰ 1	⁰ 100	² 100
⁻² 10	⁰ 10	⁰ 10	⁰ 30	² 30
⁻² 50	⁰ 50	⁰ 14	⁰ 100	² 100
⁻¹ 10	⁰ 10	⁰ 10	⁰ 30	¹ 30

	-4	-10	-33	
	-619	-628	-492	
	-726	-730	-700	
	+13	+26	+13	
	0	0	0	

Carte de gradients G_y
(direction y)

	+44	+70	+39	
	-11	+90	+112	
	-84	+130	+218	
	-85	+140	+225	
	-72	+140	+212	

Carte de gradients G_x
(direction x)

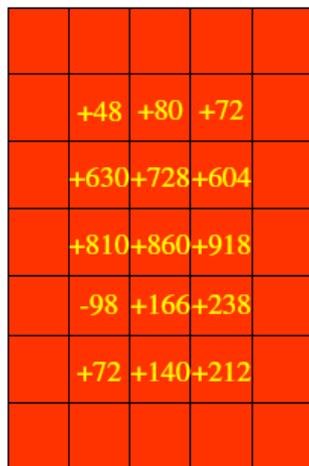


Image

	+48	+80	+72	
	+630	+728	+604	
	+810	+860	+918	
	-98	+166	+238	
	+72	+140	+212	

Carte des normes du gradient
 $G = |G_x| + |G_y|$

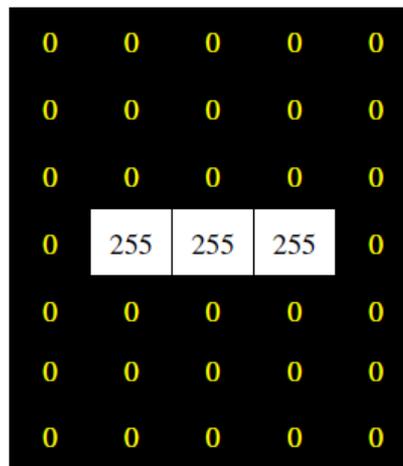
$S_b=800$ et $S_n=850$



Carte des normes
du gradient

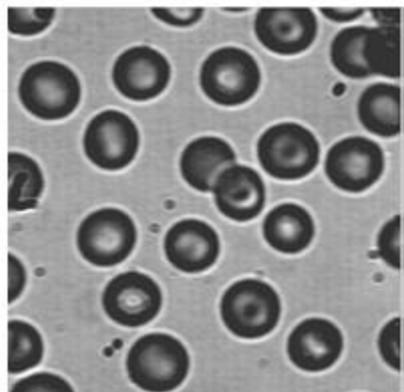
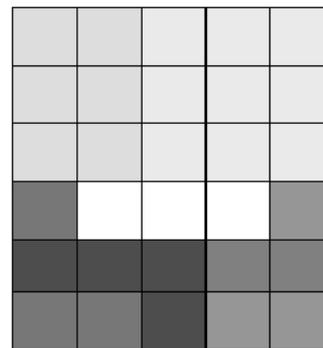


SNM
et



Résultat

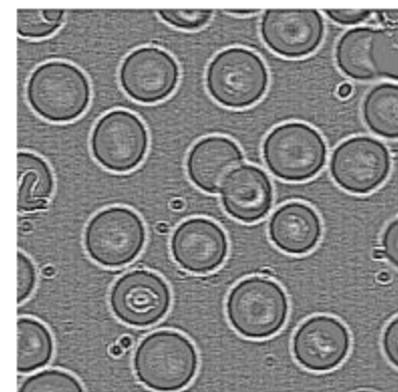
190	190	200	210	213
190	190	200	210	213
186	190	200	200	200
50	50	1	100	100
10	10	10	30	30
50	50	14	100	100



Original



Sobel



Laplacien

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



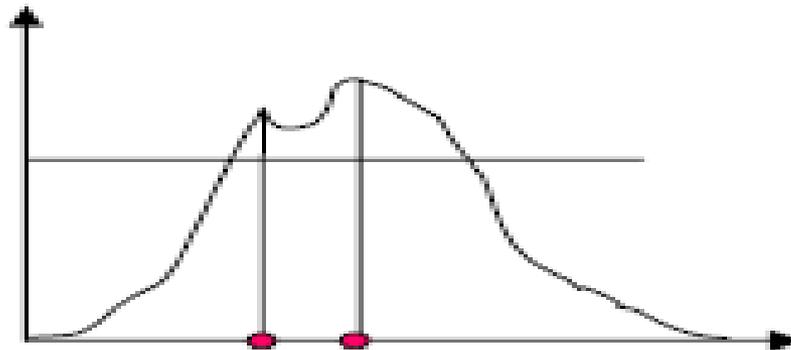
Segmentation
basée contours

Recherche de contour par une technique de type gradient

Le seuillage par hystérésis permet de limiter le nombre de fausses alarmes et de lacunes mais il amène aussi à des contours épais lorsqu'un fort filtrage a été réalisé.

Pour revenir à des contours plus fins, on procède à une recherche **des lignes de crête**. Un point est gardé comme contour s'il est supérieur au seuil et s'il est maximum local dans une direction :

Problème des lignes de crête



Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Méthodes analytiques : Canny

Canny a proposé un filtre déterminé analytiquement à partir de trois critères :

1. Une bonne détection : l'opérateur donne une réponse au voisinage d'un contour. faible taux d'erreur dans la signalisation des contours (robustesse au bruit)

$$\epsilon = \frac{A \int_0^{+\infty} f(x) dx}{b_0 \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} f^2(x) dx}}$$

2. Une bonne localisation minimisation des distances entre les contours détectés et les contours réels

$$\Lambda = \frac{A |f'(0)|}{b_0 \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} f'^2(x) dx}}$$

3. Unicité de la réponse : le contour doit provoquer une réponse unique de l'opérateur. La solution qui vérifie ces trois critères, proposée par Canny est la suivante

$$x_{max} = 2\pi \sqrt{\frac{\int_{-\infty}^{+\infty} f'(x) dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} f''^2(x) dx}}$$

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Méthodes analytiques : Canny

$$f(x) = a_1 e^{x/\sigma} \sin wx + a_2 e^{x/\sigma} \sin wx \\ + a_3 e^{-x/\sigma} \sin wx + a_4 e^{-x/\sigma} \sin wx$$

Où les coefficients a_i et w sont déterminés à partir de la taille du filtre. Le paramètre σ est un paramètre de grande importance que nous retrouverons dans tous les autres filtres dérivé de l'approche de Canny.

C'est un paramètre d'échelle qui indique de quelle distance deux contours parallèles seront confondus en un seul.

Canny montre que la dérivée d'une gaussienne est une bonne approximation de son filtre.

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Fermeture des contours

- ❑ L'opération de segmentation se termine par une extraction des points de contours sûrs par une phase de seuillage.
- ❑ Elle consiste à reconstituer les contours par l'introduction des manques, dus à la présence de bruit ou à des occultations. Cette opération est très importante en segmentation.
- ❑ Elle permet d'obtenir des régions fermées interprétables comme projections des objets de la scène.
- ❑ La fermeture des contours se fait par extrapolation. Pour chaque pixel $f(p,q)$ d'un contour (fort gradient), on cherche les pixels adjacents $f(p',q')$ dont le gradient est peu différent de celui de $f(p,q)$; i.e.

Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions

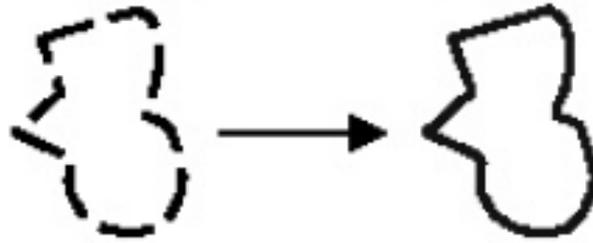


Segmentation
basée contours

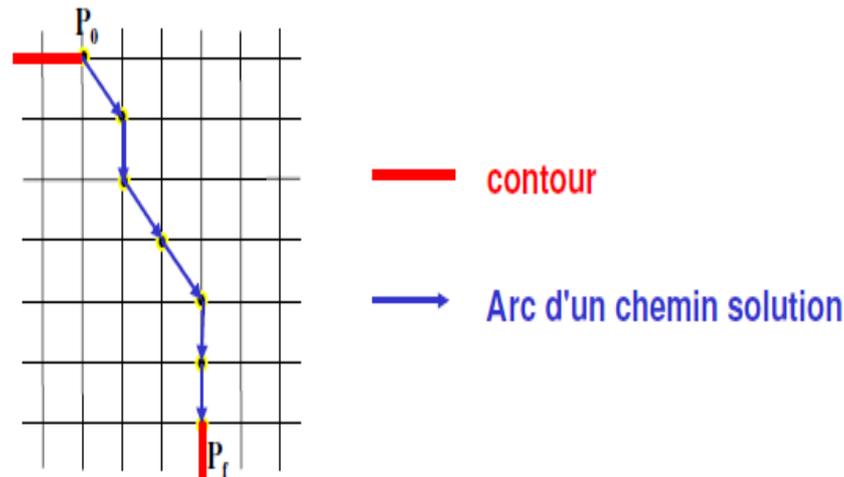
Fermeture des contours

$$|\theta(p, q) - \theta(p', q')| < s_{angle}$$

$$|\nabla f(p, q) - \nabla f(p', q')| < s_{module}$$



Ainsi, on dispose de l'image de la norme du gradient et des extrémités du contour à fermer.



Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Fermeture des contours

Un exemple d'algorithme consiste à balayer l'image des éléments essentiels :

- Si le point est une extrémité, on recherche parmi les voisins le meilleur candidat à la fermeture

- Elaboration de l'arborescence de tous les chemins possibles

- Attribution à chaque chemin d'un coût qui est la somme des normes des gradients du chemin

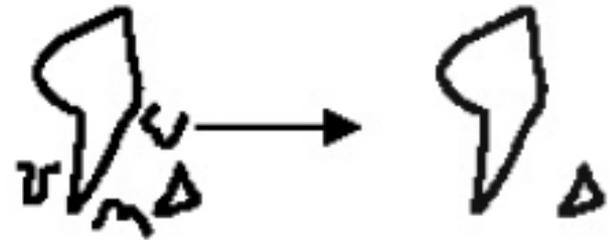
- Prolongation du contour par le premier point du chemin au plus fort coût (donc selon gradient le plus élevé)

- Réitération de l'algorithme à partir de ce nouveau point

Cette phase peut également comporter :

- Une suppression des contours non fermés,

- Suppression de branches pendantes des contours fermés,



Introduction



Segmentation
basée pixels



Segmentation
basée régions



Segmentation
basée contours

Les limites de segmentation par contour

- ❑ Les contours extraits selon les méthodes classiques souvent ne correspondent pas nécessairement à la limite des objets.
- ❑ Dans des nombreuses images de basse qualité, quelques unes des méthodes produisent des faux contours.
- ❑ Les techniques de détection de contour dépendent de l'information contenue dans le voisinage local de l'image. Il n'y a pas d'information globale.
- ❑ Dans la plupart des cas, les stratégies de détection des contours ignorent l'organisation d'ordre supérieur qui peut être utilement présent dans l'image
- ❑ Après l'extraction des points de contours, ces derniers sont reliés afin de déterminer les frontières. Le processus de fermeture des contours peut parfois conduire à des discontinuités et des lacunes dans l'image.
- ❑ Il est souvent difficile d'identifier et de classer les contours parasites