






Traitement Numérique de l'Image

Segmentation - Extraction d'informations

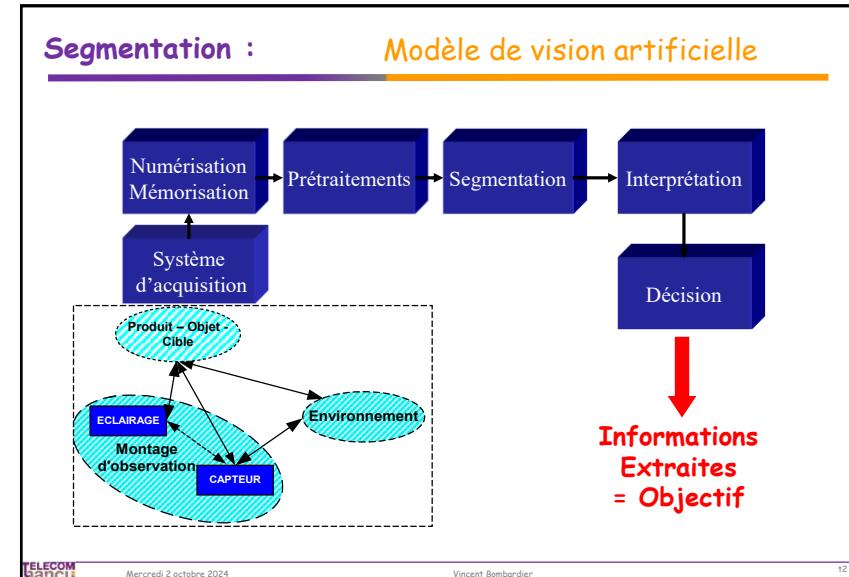
TELECOM Nancy 2A

Vincent Bombardier
(MdC HC 61ème Section)

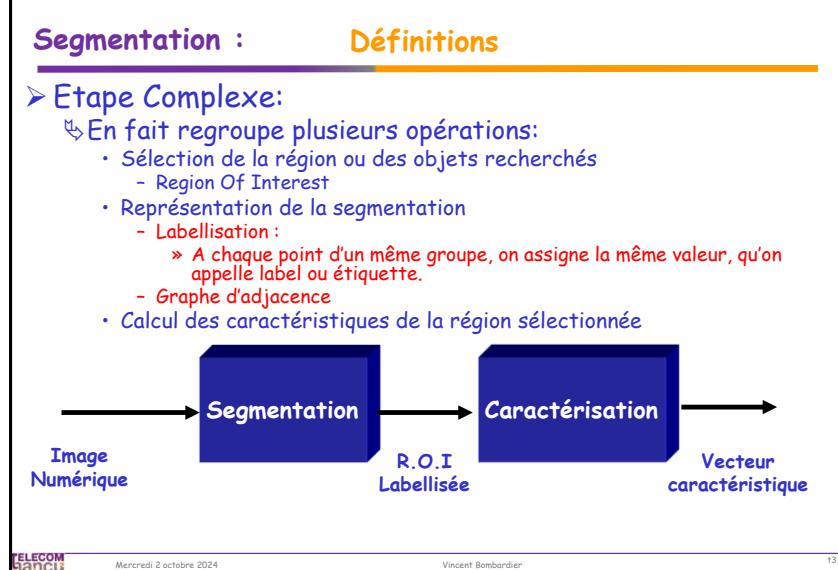
Centre de Recherche en Automatique de Nancy -UMR CNRS 7039-
Département: Modélisation, Pilotage et Sureté des systèmes Industriels

TELECOM Nancy 2A Mercredi 2 octobre 2024 Vincent Bombardier MPSI

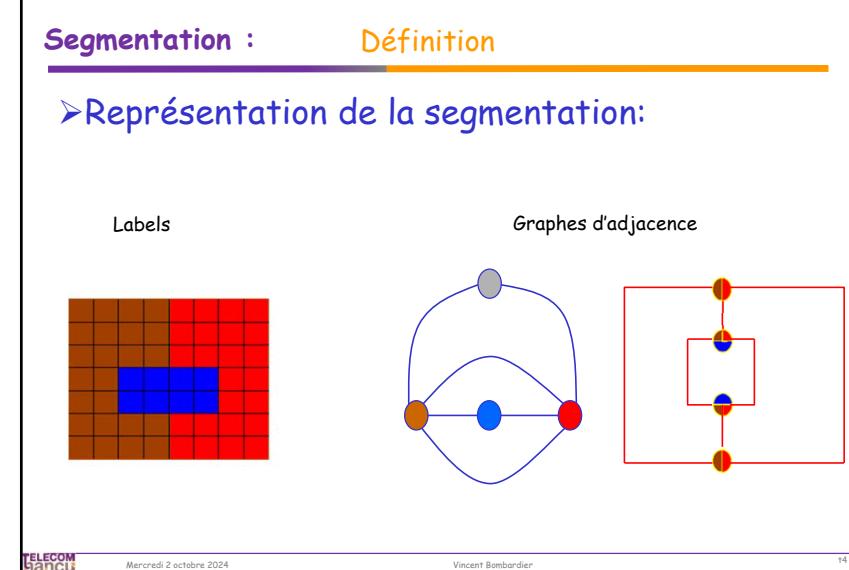
1



2



3



4

Segmentation : Modèle de vision artificielle

- Etape clé du traitement d'images.
- La segmentation vise à sous-diviser l'image en constituants distincts - objets
 - ↳ On appellera segmentation la tâche qui consiste à cataloguer chaque pixel comme appartenant à un certain groupe.
 - Création d'une partition de l'image I en ss ensembles R_i de Régions non vides
 - L'union des régions forme l'image I
 - Un pixel appartient à une et une seule région ($R_i \cap R_j = \emptyset$)



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

15

5

Segmentation : Objectifs

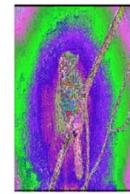
- On cherche des régions
 - ↳ Connexes
 - ↳ Homogènes en intensité
 - ↳ Délimités par des contours nets
 - ↳ Les plus grandes possible



Origine



Bonne Segmentation



Mauvaise Segmentation

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

16

8

Segmentation : Objectifs de la segmentation

- Extraire (séparer) les entités d'une image
 - ↳ Pour y appliquer un traitement spécifique
 - ↳ Pour interpréter le contenu de l'image
- Dans la pratique :
 - ↳ Construire une image de masques
 - ↳ Chaque masque est une composante connexe



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

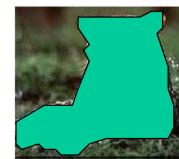
Vincent Bombardier

16

6

Segmentation : Difficultés

- Dans les problèmes de segmentation, il s'agit de diviser l'image selon une certaine sémantique, d'où la difficulté de donner une définition précise.
 - ↳ La segmentation est liée à la reconnaissance.



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

19

9

Segmentation : Les différentes approches

Approche Contour

- Recherche de la frontière de la ROI
 - Discontinuité entre deux ensembles connexes de pixels
 - Fermeture des contours obtenus

Approche Région

- Recherche d'ensembles de pixels connexes ou voisins ayant des propriétés communes
 - Similitude / homogénéité (texture, couleur, intensité)
 - Division / Fusion (split and merge)

Approche par Classification de Pixels

- Extraction de classes de pixels
 - 2 classes → Binarislation / Seuillage
 - Classification de pixels (méthodes proches Rdf..)

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

11

11

Segmentation : Approche Contours

- Par définition, un contour est la frontière qui sépare deux objets dans une image:

↳ Une discontinuité de l'image

- Les opérateurs classiques détectent toutes les lignes marquant des changements d'intensité

↳ Pas seulement les contours !

↳ Abus de langage sur la notion de contours !

- Segmentation en contours:

↳ Détections des morceaux de lignes dans l'image

↳ Une segmentation sera complète si les contours sont fermés et d'épaisseur minimale

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

13

13

Segmentation : Les différentes approches

- Il existe une dualité entre régions et contours :

- ↳ Une région est délimitée par un contour
- ↳ Un contour sépare deux régions



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

12

12

Segmentation : Approche Contours

- Détection des discontinuités : exemples de profondeur



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

14

14

Segmentation : Approche contours

➤ Après l'application d'un opérateur de détection de contours (discontinuités), on doit pour obtenir une segmentation complète de l'image :

- ↳ Choisir les pixels appartenant aux contours
- ↳ Fermer les contours sélectionnés.



TELECOM
Bâncu

Mercredi 2 octobre 2024

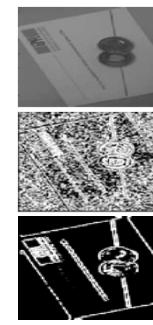
Vincent Bombardier

115

Segmentation : Approche contours

➤ La sélection des points de contours dépend fortement de :

- ↳ l'opérateur de détection utilisé,
- ↳ du contenu de l'image et de ses conditions d'acquisition
- ↳ de l'objectif visé.



TELECOM
Bâncu

Mercredi 2 octobre 2024



Vincent Bombardier



116

Segmentation : Sélection des contours : Gradient

- La plupart de ces opérateurs (sauf Roberts) lisse l'image afin d'obtenir un meilleur résultat.
- En pratique, on obtient des contours incomplets
 - ↳ il y a des pixels superflus
 - ↳ il y a des manques
 - ↳ il y a des erreurs dans la position et l'orientation des pixels contours
- Un opérateur de détection de contour n'est qu'une première étape dans la chaîne de segmentation.
- Il faudra utiliser d'autres techniques pour sélectionner les contours obtenus avec ces opérateurs et pour les compléter (approx polygonal)
- Deux méthodes de sélection:
 - ↳ Seuillage du gradient :
 - Simple, Sensible au bruit et aux différences de contraste
 - ↳ Recherche du max de gradient puis seuillage
 - Plus long en temps de calcul, Plus précis

TELECOM
Bâncu

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

117

Segmentation : Sélection des contours : Gradient

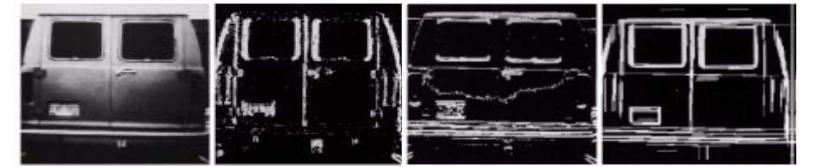
➤ Le gradient est composé de deux grandeurs

- ↳ Norme : intensité du gradient en chaque pixel

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \approx |G_x| + |G_y|$$

- ↳ Direction : la direction de gradient le plus fort pour chaque pixel

$$\theta = \arctan(G_y / G_x)$$



$$\frac{\partial f}{\partial x}$$

$$\frac{\partial f}{\partial y}$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} + \frac{\partial f}{\partial x}$$

TELECOM
Bâncu

Mercredi 2 octobre 2024

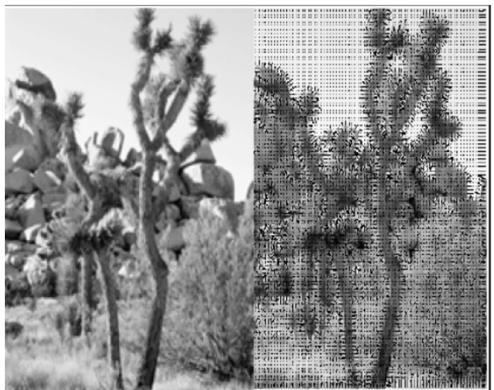
Vincent Bombardier

118

Segmentation :

Sélection des contours : Gradient

- On peut tracer les deux composantes sur l'image
- Vecteur pour chaque pixel (norme + direction)



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

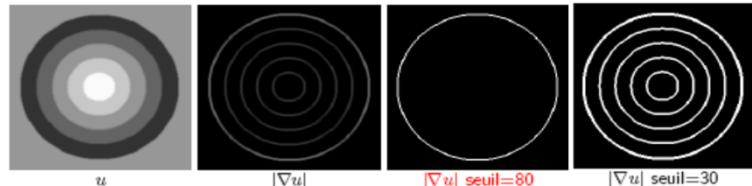
119

19

Segmentation :

Sélection des contours : Gradient

- Seuillage du gradient :
 - ↳ Problème si seuillage global
 - ↳ Possibilité de seuillage local, au voisinage du contours ou par suivi de contour
 - ↳ Epaisseur et continuité des Contours !!



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

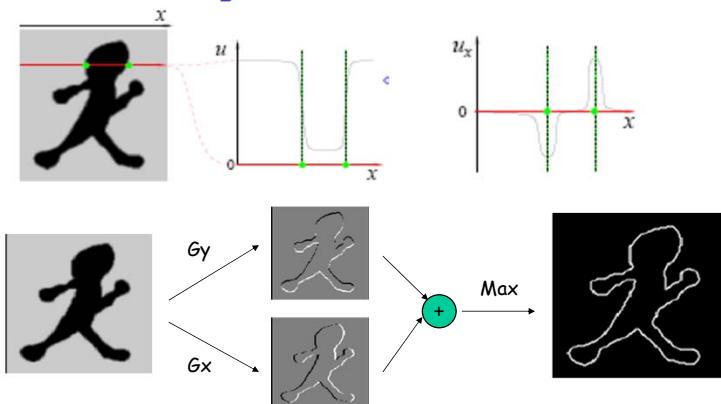
120

20

Segmentation :

Sélection des contours : Gradient

- Calcul du max du gradient :



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

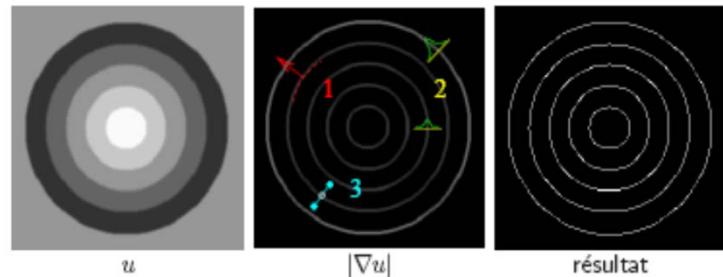
121

21

Segmentation :

Sélection des contours : Gradient

- Calcul du max du gradient dans la direction perpendiculaire à l'orientation du contour :
 - ↳ La recherche est faite dans le voisinage des pixels de forts gradients



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

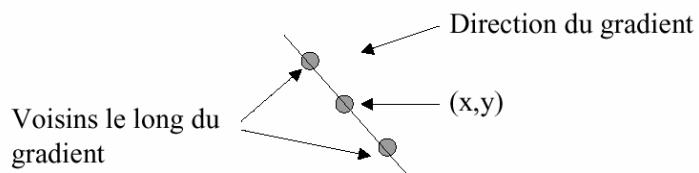
122

22

Segmentation : Sélection des contours : Gradient Canny

➤ Élimination des points de contours superflus :

- ↳ Un pixel (x,y) est supprimé si sa norme de gradient est inférieure à la norme du gradient d'un de ses deux voisins dans la direction du gradient.



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

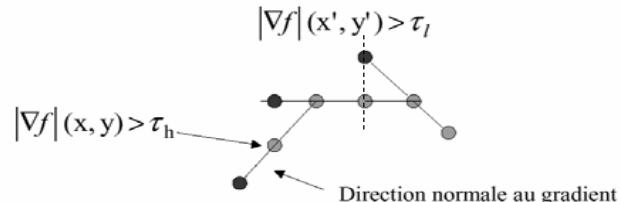
t23

23

Segmentation : Sélection des contours : Gradient Canny

➤ Seuillage par Hystérésis: deux seuils τ_h et τ_l tq $\tau_h > \tau_l$

- ↳ Ajouter le pixel (x,y) au contour si sa norme de gradient est supérieure à τ_h
- ↳ Ajouter au contour les pixels (x',y') reliés au pixel (x,y) le long de la normale au gradient si leur norme de gradient est supérieur à τ_l



TELECOM
Bordeaux

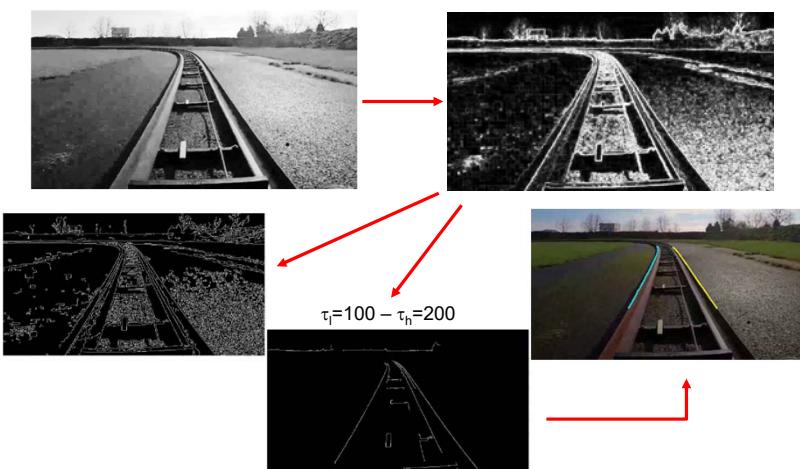
Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

t24

24

Segmentation : Sélection des contours : Gradient Canny



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

t25

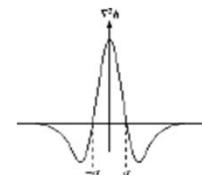
25

Segmentation : Sélection des contours : Laplacien

➤ Détection de contours par Laplacien :

- ↳ Le laplacien, comme tous les détecteurs de contours, est très sensible aux bruits.
- ↳ On préfère lisser l'image avant de détecter les contours.
- ↳ Pour ce faire, on combine un lissage Gaussien avec le Laplacien.
- ↳ La Gaussienne lisse l'image et rend les contours flous, mais conserve leurs positions
- ↳ Le Laplacien donne les passages par zéro aux contours

$$LoG(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$



0	0	-1	0	0
0	-1	-2	-1	0
-1	-2	16	-2	-1
0	-1	-2	-1	0
0	0	-1	0	0

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

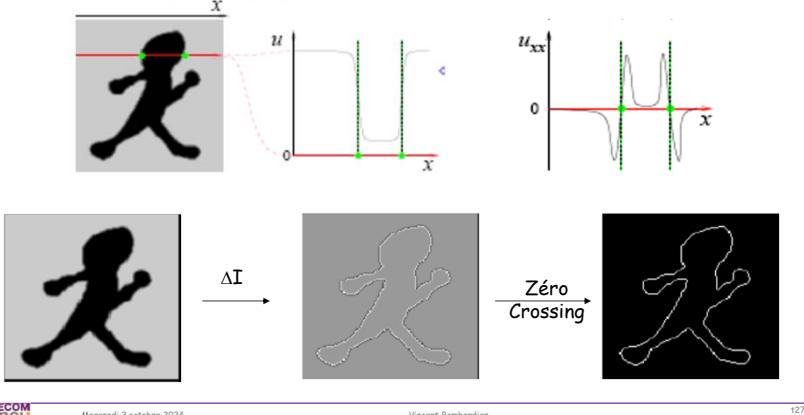
Vincent Bombardier

t26

26

Segmentation : Sélection des contours : Laplacien

- Calcul du passage par Zéro du laplacien :



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

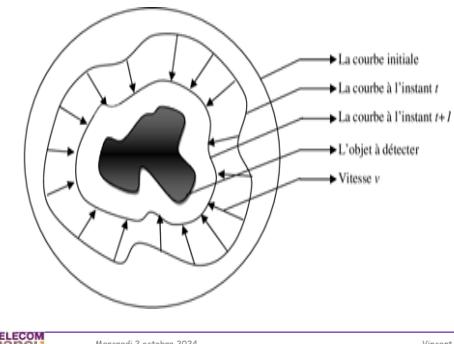
127

27

Segmentation : Contours Actifs: Snake

- Minimisation d'Energie : $E_{\text{snake}} = E_{\text{interne}} + E_{\text{externe}}$

- Compromis entre courbure (E_{int}) et gradient(E_{ext})



TELECOM
Bordeaux

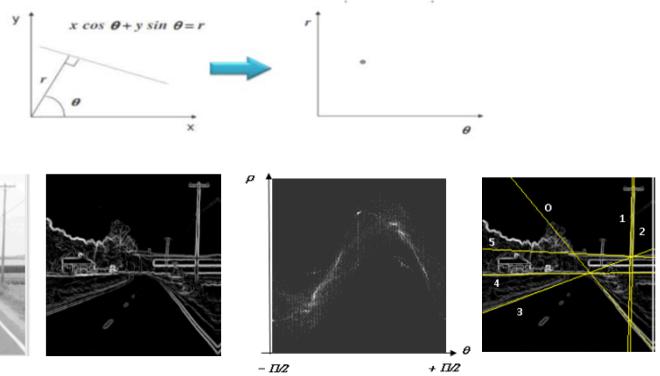
Mercredi 2 octobre 2024

129

29

Segmentation : Transformée de HOUGH

- Une droite s'exprime comme un point dans l'espace (r, θ)
- Les points d'intersection sont utilisés pour trouver les droites dans l'image



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

130

30

Segmentation : DéTECTEUR de coin de Harris

- Algorithme :

- Calculer le gradient (I_x, I_y) dans toute l'image

- Pour chaque pixel :

- ✓ Calculer sur un voisinage du pixel la matrice suivante:

$$\begin{bmatrix} \sum I_x I_x & \sum I_x I_y \\ \sum I_x I_y & \sum I_y I_y \end{bmatrix}$$

- ✓ Calculer les valeurs propres λ_1 et λ_2 (avec $\lambda_2 \leq \lambda_1$)

- ✓ Si la valeur propre minimale $\lambda_2 >$ seuil, conserver les coordonnées du pixel dans une liste L (\rightarrow coins)

- Trier L en ordre décroissant de λ_2

- Balayer la liste L de haut en bas, pour chaque pixel p_i de la liste, éliminer les autres pixels qui appartiennent au voisinage de p_i

- La liste finale contient les points saillants pour lesquels $\lambda_2 >$ seuil et dont les voisins ne se chevauchent pas.

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

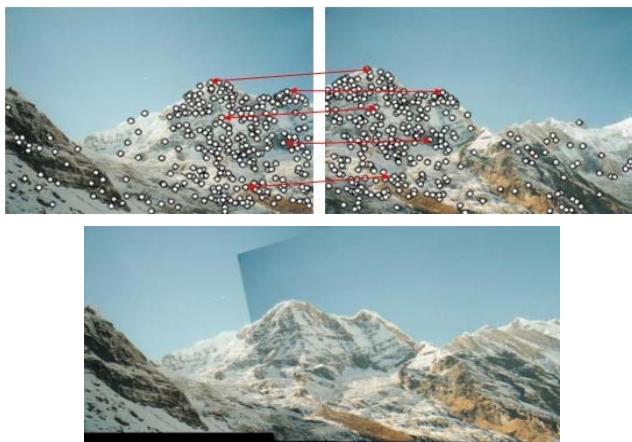
132

32

7

Segmentation :

Exemple d'utilisation : panorama



TELECOM
Bâncu

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

t33

33

Segmentation :

Similitude d'une région

- La similitude d'une région peut correspondre à différents critères:

- ↳ Niveaux de Gris,
- ↳ Couleurs,
- ↳ Mouvements,
- ↳ Textures, ...

- Il existe différents critères de regroupement de pixels



TELECOM
Bâncu

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

t35

35

Segmentation :

Approche Région

- Par définition, une région est un ensemble de pixel reliés par un critère d'homogénéité ou similitude:

- ↳ Vérification d'un prédictat

- Il existe plusieurs méthodes de segmentation par les régions:

- ↳ Division / Fusion (split and Merge)
- ↳ Croissance de régions (region growing)
- ↳ Ligne de partage des eaux (watershed line)
- ↳ Exosquelette - Squelette par Zones d'Influence

TELECOM
Bâncu

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

t34

34

Segmentation :

Similitude d'une région

- Notion de texture :

- ↳ Région de l'image qui apparaît comme homogène pour un être humain
- ↳ Répétition d'un motif de base dans différentes directions de l'espace
 - Caractéristiques spectrales : mur de briques, tissus, ...
- ↳ Ne possédant pas de contours francs
 - Caractéristiques statistiques : Herbe, écorces, ...
- ↳ Organisation de primitives (macro) ayant chacune un aspect aléatoire (micro)
 - Fortement dépendant de l'échelle



TELECOM
Bâncu

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

t36

36

Segmentation : Similitude d'une région

➤ Statistiques du 1er ordre:

$$\mu_1 = \sum_{k=0}^{255} k p_k \quad \text{Moyenne}$$

$$\mu_2 = \sigma^2 = \sum_{k=0}^{255} (k - \mu_1)^2 p_k \quad \text{Variance}$$

$$\mu_3 = \frac{1}{\sigma^3} \sum_{k=0}^{255} (k - \mu_1)^3 p_k \quad \text{Skewness (Asymétrie)}$$

$$\mu_4 = \frac{1}{\sigma^4} \sum_{k=0}^{255} (k - \mu_1)^4 p_k - 3 \quad \text{Kurtosis}$$

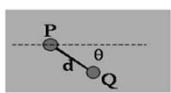
p_k : Probabilité d'avoir un niveau de gris égale à k (cf. Histogramme)

Segmentation : Similitude d'une région

➤ Statistiques du 2nd ordre: matrices de co-occurrences

$$M_{[dx,dy]}(u,v) = \frac{1}{(N_x - dx)(N_y - dy)} \sum_{i,j} [I(i,j) = u \& I(i+dx, j+dy) = v]$$

- (N_x, N_y) : taille de l'image
- (u, v) : niveaux de gris de l'image (valeur quantifiée)



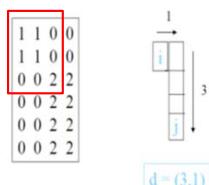
$P_{i,j} = \text{Probabilité}[\text{Luminance } P = i, \text{ luminance } Q = j]$

$$\text{Énergie} = \sum_i \sum_j P_{i,j}^2$$

$$\text{Entropie} = H = - \sum_i \sum_j P_{i,j} \log P_{i,j}$$

$$\text{Probabilité max} = \max[P_{i,j}]$$

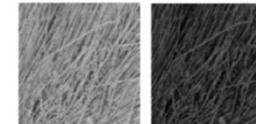
$$\text{Contraste} = C = \sum_i \sum_j |i - j|^2 P_{i,j}$$



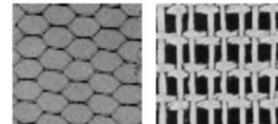
co-occurrence matrix

Segmentation : Similitude d'une région

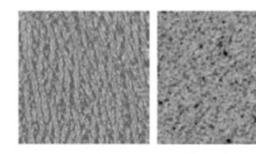
➤ Statistiques du 1er ordre:



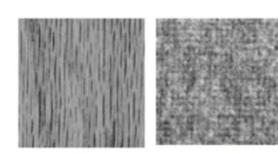
moyenne=137 moyenne=50



variance=30 variance=71



skew=0.25 skew=-1.15



kurt=2.31 kurt=-0.09

Segmentation : Similitude d'une région

➤ Matrices de co-occurrences: Exemples

- Calcul du contraste, de la corrélation, de l'énergie et de l'homogénéité.

Ctr 1.8861	Ctr 2.0764	Ctr 0.42713
Cor 0.43344	Cor 0.38608	Cor 0.87385
Eng 0.22253	Eng 0.1932	Eng 0.26818
Hmg 0.71607	Hmg 0.6924	Hmg 0.83924

Ctr 2.5973	Ctr 3.0085	Ctr 3.0805
Cor 0.23471	Cor 0.12351	Cor 0.107
Eng 0.05259	Eng 0.047498	Eng 0.048122
Hmg 0.5947	Hmg 0.54981	Hmg 0.55833

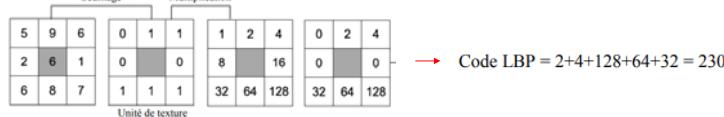
Orientation 0° 45° 135°

Segmentation :

Similitude d'une région

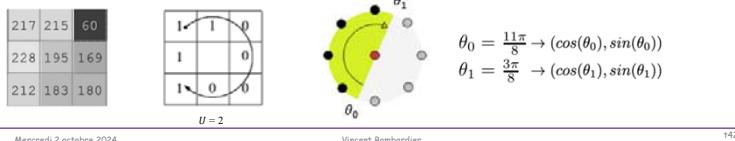
➤ Les motifs binaires locaux (LBP) :

- Attribution à chaque pixel un code binaire calculé en comparant ce pixel à ses N pixels voisins.
- Multiplication du code binaire par un masque de poids pour calculer le code LBP du pixel.



➤ Les LBP uniformes non invariants par rotation (nriLBP) :

- Code LBP uniforme : nombre de transitions U , 01 ou 10, est inférieur ou égal à 2.
- Représentation du code LBP uniforme par des angles de début θ_0 et de fin θ_1



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

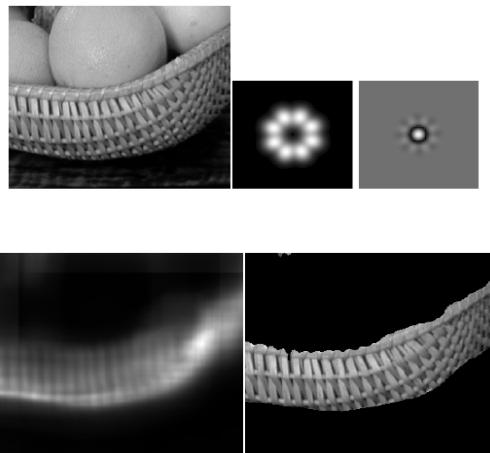
142

42

Segmentation :

Similitude d'une région

➤ Exemple:



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

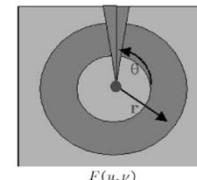
144

44

Segmentation :

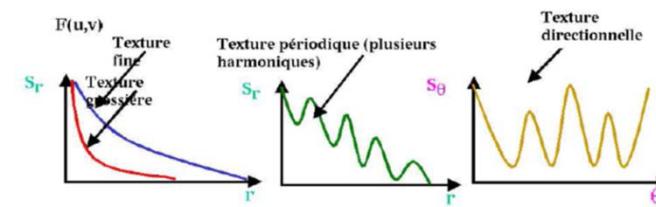
Similitude d'une région

➤ Caractéristiques spectrales :



$$S_r(r) = \int_0^\pi |F(r, \theta)| d\theta$$

$$S_\theta(\theta) = \int_0^R |F(r, \theta)| dr$$



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

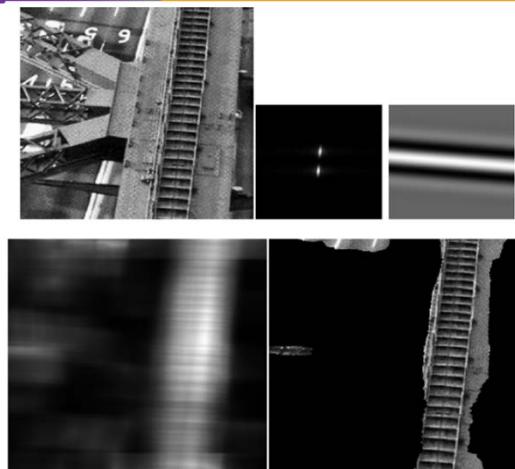
Vincent Bombardier

143

Segmentation :

Similitude d'une région

➤ Exemple:



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

145

45

Segmentation : Approche Split and Merge

- Initialisation :
 - ↳ l'image initiale entière forme un bloc
- Étape de division :
 - ↳ Diviser récursivement tout bloc non-homogène selon un prédictat défini (variance, max-min, ...)
 - ↳ La division d'un bloc donne 4 sous-blocs
 - ↳ Les attributs de chaque sous-bloc sont recalculés
- Étape de fusion :
 - ↳ Regrouper les blocs adjacents représentant de régions homogènes selon un prédictat défini
- Post-traitement :
 - ↳ Lissage pour éliminer la forme carré des régions

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

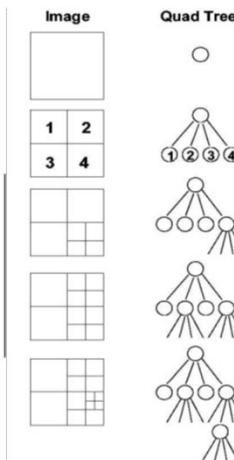
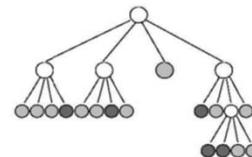
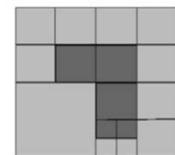
Vincent Bombardier

146

46

Segmentation : Approche Région : Splitting

- Division (Split):
 - ↳ selon les Quadtree:



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

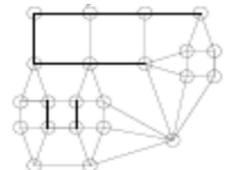
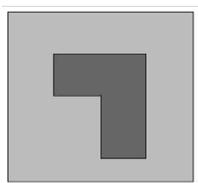
Vincent Bombardier

147

47

Segmentation : Approche Région : Merging

- Fusion (Merge):
 - ↳ Fusionne les « feuilles » du Quadtree qui sont similaires.
 - ↳ Analyse d'un graphe d'adjacence de régions qui analyse une image présegmentée, constitue d'un ensemble de régions.
 - ↳ L'analyse du graphe d'adjacence de régions permet de fusionner des régions d'une image sur-segmentee.
 - ↳ Le procédé consiste à fusionner deux noeuds reliés par une arête à condition qu'ils respectent un critère de fusion.



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

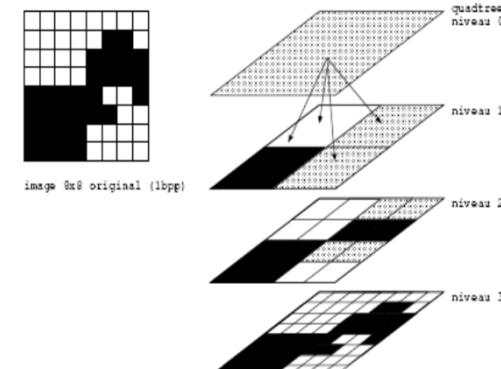
Vincent Bombardier

148

48

Segmentation : Approche Région : Splitting

- Division à 100% :



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

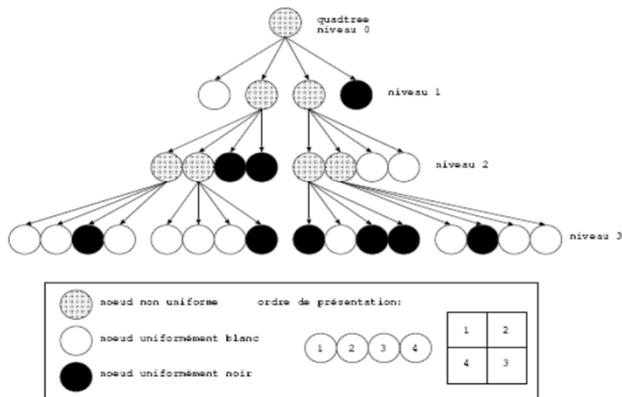
149

49

Segmentation :

Approche Région : Merging

➤ Fusion à 100% :



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

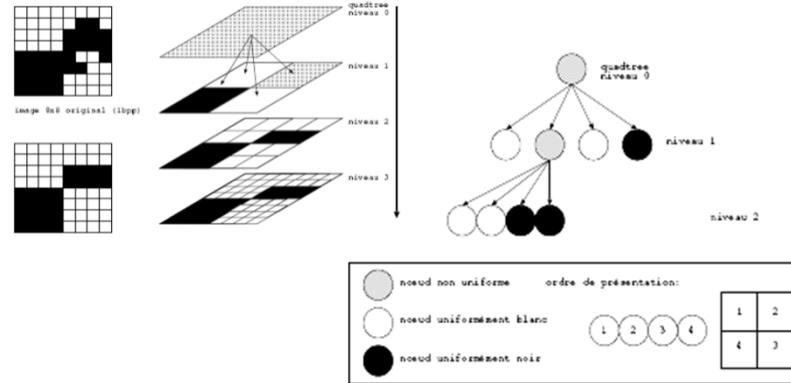
Vincent Bombardier

150

Segmentation :

Approche Région : split & merge

➤ Division / Fusion à 75% :



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

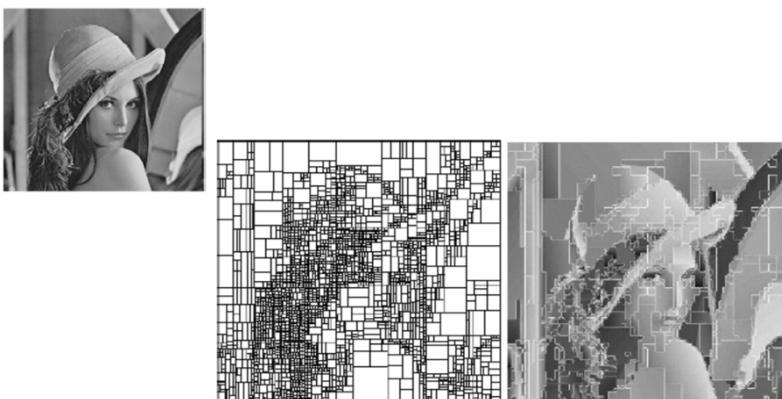
Vincent Bombardier

151

Segmentation :

Approche Région : split & merge

➤ Exemple :



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

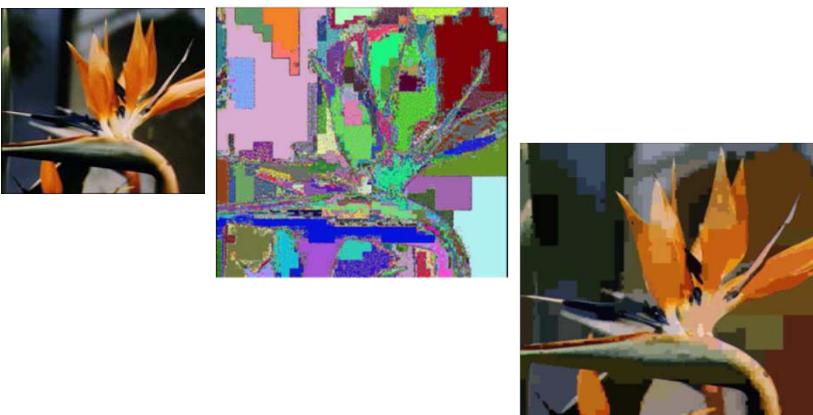
Vincent Bombardier

152

Segmentation :

Approche Région : split & merge

➤ Exemple sur-segmentation:



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

153

Segmentation :

Approche Région : Croissance

➤ Exemples:



S=6

S=7

S=3

S=4

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

t59

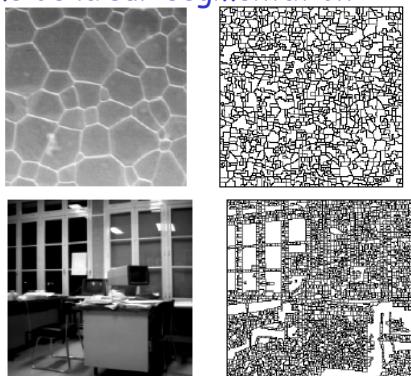
59

Segmentation :

Approche Région : LPE

➤ Ligne de partage des Eaux :

↳ Problème de la sur-segmentation



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

t64

64

Segmentation :

Approche Région : LPE

➤ Ligne de partage des Eaux : Morphologie Math.

➤ Principe :

↳ En partant du principe d'une analogie de l'image avec un relief géodésique, recherche les plateaux du relief ce qui lui permet de trouver des régions d'intensité uniforme sans utiliser le gradient.

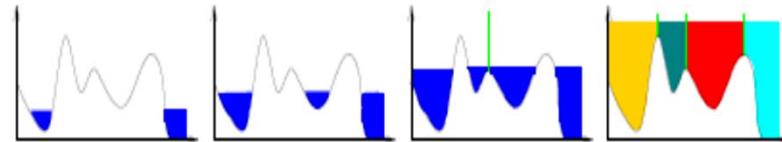
➤ Les germes correspondent aux minima locaux.

➤ Inconvénients

↳ Sur-segmentation

↳ Il est souvent nécessaire d'opérer certaines transformations pour se ramener à cette problématique.

↳ Un résultat pas toujours comme on l'attendrait



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

t65

62

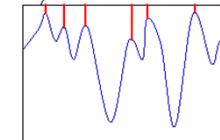
Segmentation :

Approche Région : LPE

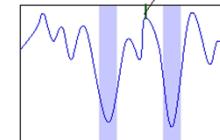
➤ Ligne de partage des Eaux :

↳ Contraintes par marquage

LPE non contrainte

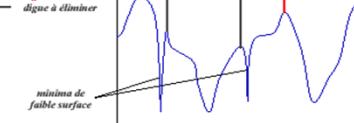


LPE contrainte

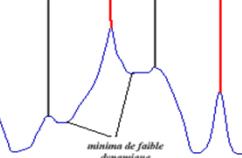


↳ Contraintes par filtre

— digue à conserver
— digue à éliminer



La surface



La profondeur

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

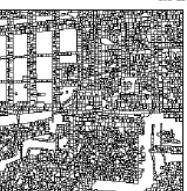
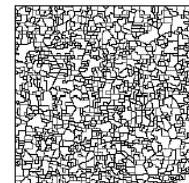
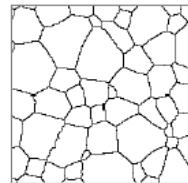
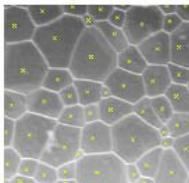
t65

65

Segmentation :

Approche Région : LPE

➤ Ligne de partage des Eaux : avec contraintes



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

166

Segmentation :

Approche Région : LPE

➤ Ligne de partage des Eaux : Application

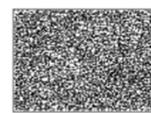
exemple 2



Séquence du Taxi de Hambourg



marqueurs : objets mobiles + fond



LPE brute



LPE contrainte

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

167

Segmentation :

Approche Classification de pixels

➤ La segmentation par classification (clustering) consiste à regrouper les pixels par classes de même critère, mais contrairement à l'approche région, on ne fait pas intervenir de notion de voisinage

↳ Classification sur l'histogramme

- Binarisation si 2 classes
- Classification couleur sur histogramme R, V et B

↳ Classification sur n'importe quelle caractéristique

- K-moyennes (K-means)
- Nuées Dynamiques
- Bayes
- ... voir RDF(si méthodes supervisées)

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

168

68

Segmentation :

Approche Classification de pixels

➤ Classification sur Histogramme :

↳ Seuillage - Binarisation

- Méthode simple et très populaire pour la segmentation d'objets dans les images numériques.

↳ Le seuillage peut être de nature

- Globale : un seuil pour toute l'image
- Locale: un seuil pour une portion de l'image
- Adaptative: un seuil qui s'ajuste selon les images/parties de l'image.

↳ Inconvénients:

- Connaître le nombre de classes
- Apparition de faux éléments (aucune prise en compte de la composante spatiale)
- Choix du ou des seuils : seuillage automatique (Otsu)

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

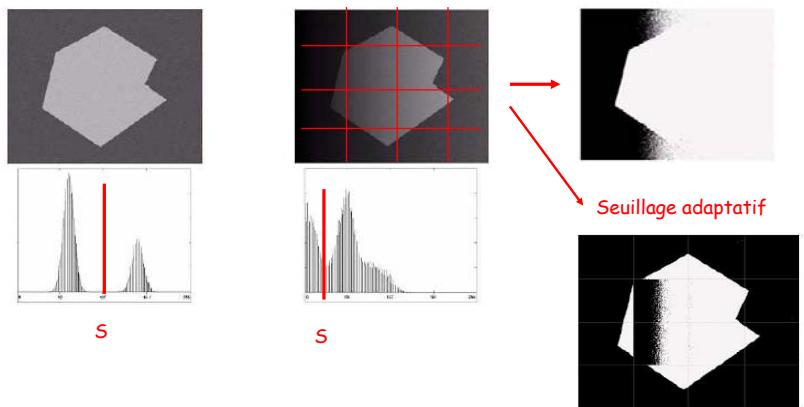
169

69

Segmentation :

Approche Classification de pixels

➤ Classification sur Histogramme :

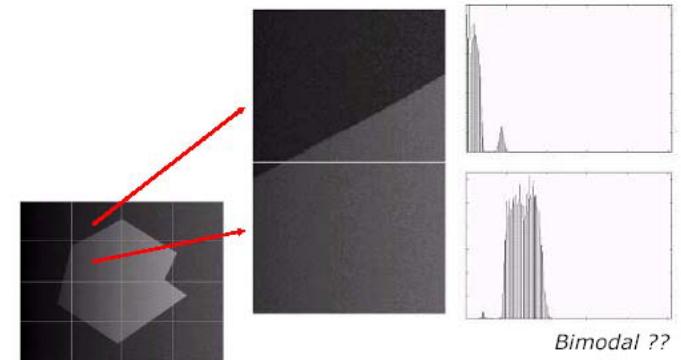


70

Segmentation :

Approche Classification de pixels

➤ Classification sur Histogramme :

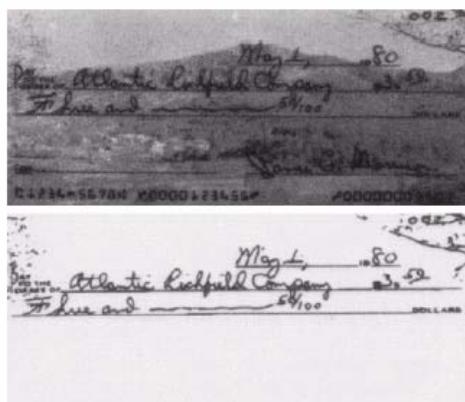


71

Segmentation :

Approche Classification de pixels

➤ Classification sur Histogramme : Application



72

Segmentation :

Approche Classification de pixels

➤ Segmentation par Classificateur

↳ K-moyennes (K-Means)

- Division des pixels en K groupes (clusters)
- K doit être fixé à l'avance (paramètre)

↳ Algorithme :

- On fixe les centres des groupes
- Algorithmes de découpage en k groupes de variance minimale selon un critère de distance
- On alloue chaque pixel au centre le plus proche

$$\sum_{i \in \text{clusters}} \left\{ \sum_{j \in \text{elements of } i^{\text{th}} \text{ cluster}} \|x_j - \mu_i\|^2 \right\}$$

- x peut être n'importe quel vecteur de paramètres

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

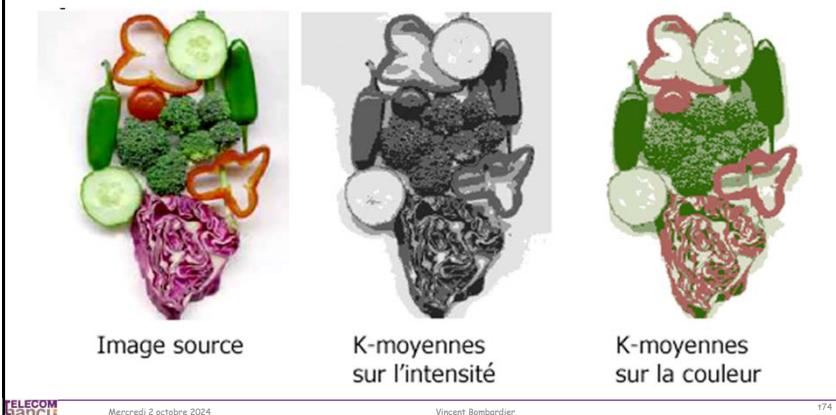
t73

73

Segmentation :

Approche Classification de pixels

➤ Segmentation par Classificateur K-moyennes



74

Segmentation :

Approche Classification de pixels

➤ Segmentation par Classificateur K-moyennes

↳ 11 classes

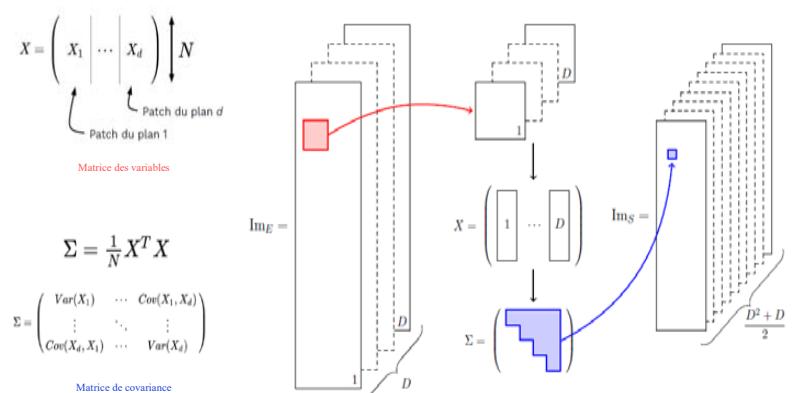


75

Segmentation :

Fusion d'information région

➤ Matrices de covariance:



76

Segmentation :

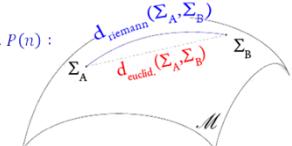
Fusion d'information région

➤ Matrices de covariance:

C Les matrices de covariance de taille $n \times n$ font partie d'un espace appelé variété riemannienne $P(n)$.

C La distance de Riemann entre deux matrices A et B de $P(n)$:

$$\delta_R(A, B) = \|\log(A^{-1}B)\|_F = \left[\sum_{i=1}^n \log^2 \lambda_i \right]^{1/2}$$



Où $\|\cdot\|_F$ est la norme de Frobenius, λ_i sont les valeurs propres de $(A^{-1}B)$ et \log désigne le logarithme népérien.

C L'approximation du calcul du barycentre par une composition de suite:

$$G(A_1, A_2, \dots, A_m) = (((A_1 \#_{1/2} A_2) \#_{1/3} A_3) \dots \#_{1/m} A_m) \#_{1/(m+1)} A_1 \#_{1/(m+2)} A_2 \dots$$

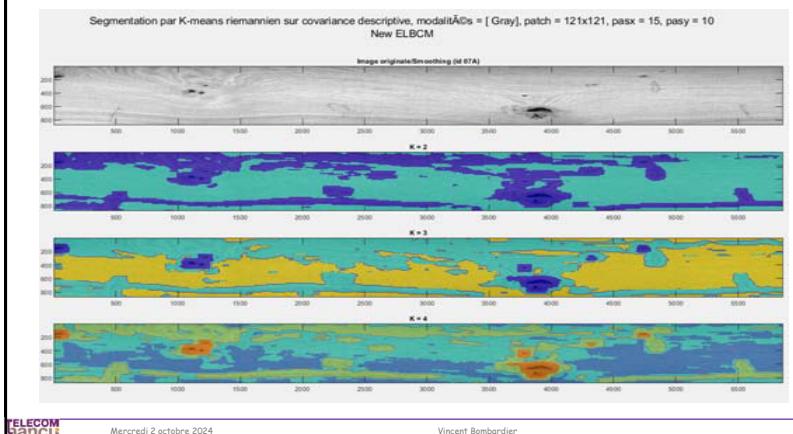
Où:

$$A \#_t B = A^{1/2} * \left(A^{-1/2} B A^{-1/2} \right)^t * A^{1/2}$$

77

Segmentation : Approche Classification de pixels

➤ Matrices de covariance: Exemples



78

Segmentation : Extraction de caractéristiques

- La caractérisation correspond à l'extraction d'un vecteur caractéristique qui sera exploité par les étapes suivantes (Interprétation - Décision)
- Elle s'appuie sur la géométrie discrète et la topologie
- Elle dépend fortement de l'objectif du traitement:
 - ↳ Rdf, Compression, Analyse, ...



Segmentation : Notion de topologie

➤ Notion de topologie - Relation d'imbrication:

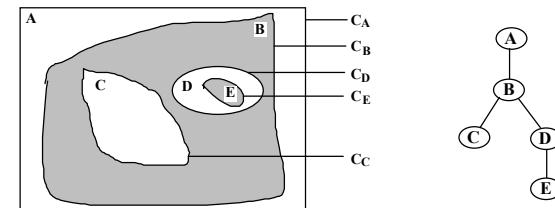
- **Courbe frontière**: courbe fermée de l'image qui sépare deux régions.
- **Extérieur ou fond**: région de l'image qui contient l'ensemble des courbes frontières.
- **Région** : groupe de pixels connectés par une ou plusieurs propriétés.
- **Frontière d'objet** : courbe frontière de niveau de gris "1" en son intérieur.
- **Objet** : intérieur d'une frontière d'objet.
- **Frontière d'évidement** : courbe frontière incluse dans un objet ou dans un objet interne ayant le niveau de gris "0" en son intérieur.
- **Trou ou évidement** : intérieur d'une frontière d'évidement.
- **Frontière d'objet interne** : courbe frontière incluse dans un évidement de niveau de gris "1" en son intérieur.
- **Objet interne** : intérieur d'une frontière d'objet interne.
- **Forme** : objet, objet interne ou évidement.
- **Forme parent** : Forme qui englobe une ou plusieurs autres formes.
- **Forme fille** : Forme englobée par une autre forme.
- **Relation d'imbrication** : relation qui lie les formes parents et les formes filles

80

Segmentation : Relation d'imbrication

➤ Notion de topologie - Relation d'imbrication:

- ↳ CA, CB, CC, CD, CE représente respectivement les contours des formes A, B, C, D. La forme A étant le fond de l'image, CA est assimilé à son cadre
- ↳ L'arbre donne les relations d'imbrications entre les différentes formes : B, C, D, E sont imbriquées dans A. Les évidements C et D ont le même niveau d'imbrication.



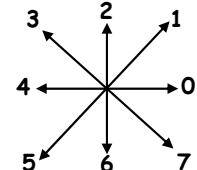
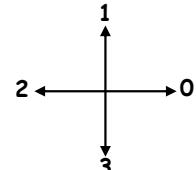
- Nombre d'Euler : 1 - Nb d'évidements de la forme
- Exemple : Nb d'Euler (B) = - 1

81

Segmentation :

Codage d'un contour

➤ Codage de Freeman:



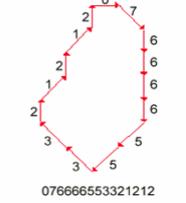
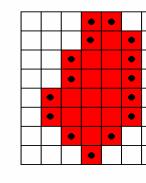
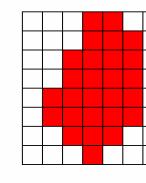
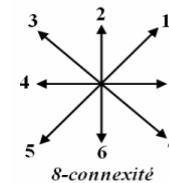
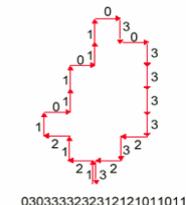
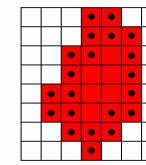
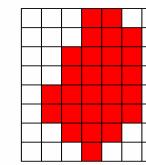
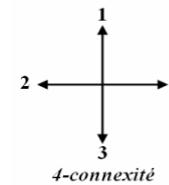
→ Codage sur 2 bits

→ Codage sur 3 bits

➤ Principe : on part d'un pixel du contour et on code le contour en le parcourant dans le sens des aiguilles d'une montre.

Segmentation :

Codage d'un contour : code de Freeman



Segmentation :

Suivi de contour:

➤ Principe de codage :

- ↳ L'image binaire de départ sera remplacée par un tableau de nombres qui utilisera les nombres :
 - ↳ 0 pour les pixels de fond,
 - ↳ 1 pour les pixels de l'objet,
 - ↳ 2 pour repérer la position de voisinage du pixel courant,
 - ↳ 3 pour la case du premier pixel (1) rencontré lors d'un balayage de gauche à droite et de haut en bas de l'image,
 - ↳ 4 pour le remplacement d'un pixel par cette valeur dès que l'on sait que la case où se trouve le pixel appartient au contour.
- ↳ A l'issue de l'algorithme, les pixels du contour seront remplacés par la valeur 4 ; alors, l'intérieur de l'objet conservera la valeur 1 des pixels, l'extérieur conservant des 0.

Segmentation :

Codage d'un contour

➤ Principe de codage :

0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 2 0 0 0
0 1 1 0 0	0 3 1 0 0	0 3 1 0 0
0 1 1 0 0	0 1 1 0 0	0 1 1 0 0
0 0 0 1 0	0 0 0 1 0	0 0 0 1 0
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
Image initiale		Initialisation 1er pixel rencontré par balayage de la gauche vers la droite et du haut vers le bas, remplacé par un "3". "2" au dessus de ce pixel
0 2 0 0 0	0 0 2 0 0	0 3 1 0 0
0 3 -1 0 0	0 3 -4 0 0	0 1 1 0 0
0 1 1 0 0	0 1 1 0 0	0 0 0 1 0
0 0 0 1 0	0 0 0 1 0	0 0 0 0 0
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0
1ère étape		Remplacement du pixel "0" de l'avant dernière exploration par un "2" en gras Le "2" précédent est remplacé par "0" souligné
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	

Segmentation :

Codage d'un contour

➤ Principe de codage :

0	0	2	0	0
0	3	— 4 —	0	0
0	1	1	0	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0

2 ième étape
On reprend autour de "4" l'exploration des positions de voisinage 8, comme autour du "3" précédent

0	0	0	0	0
0	3	— 4 —	0	0
0	1	4	— 2 —	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0

3 ième étape

0	0	0	0	0
0	3	— 4 —	0	0
0	1	4	— 2 —	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0

4 ième étape

0	0	0	0	0
0	3	— 4 —	0	0
0	1	4	— 2 —	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	3	— 4 —	0	0
0	1	4	— 2 —	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	3	— 4 —	0	0
0	1	4	— 2 —	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0

Segmentation :

Border Following: Suzuki-Abe Method

(1) Select one of the following:

- (a) If $f_{ij} = 1$ and $f_{i,j+1} = 0$, then decide that the pixel (i, j) is the border following starting point of an outer border, increment NBD, and $(i_1, j_1) \leftarrow (i, j - 1)$.
- (b) Else if $f_{ij} \geq 1$ and $f_{i,j+1} = 0$, then decide that the pixel (i, j) is the border following starting point of a hole border, increment NBD, $(i_1, j_1) \leftarrow (i, j + 1)$, and LNBD $\leftarrow f_{ij}$ in case $f_{ij} > 1$.
- (c) Otherwise, go to (4).

(2) Depending on the types of the newly found border and the border with the sequential number LNBD (i.e., the last border met on the current row), decide the parent of the current border as shown in Table 1.

(3) From the starting point (i_1, j_1) , follow the detected border: this is done by the following substeps (3.1) through (3.5).

(3.1) Starting from (i_1, j_1) , look around clockwise the pixels in the neighborhood of (i_1, j_1) and find a nonzero pixel. Let (i_2, j_2) be the first found nonzero pixel. If no nonzero pixel is found, assign -NBD to f_{ij} and go to (4).

(3.2) $(i_2, j_2) \leftarrow (i_1, j_1)$ and $(i_1, j_1) \leftarrow (i_2, j_2)$.

(3.3) Starting from the next element of the pixel (i_1, j_1) in the counterclockwise order, examine counterclockwise the pixels in the neighborhood of the current pixel (i_1, j_1) to find a nonzero pixel and let the first one be (i_4, j_4) .

(3.4) Change the value f_{i_1,j_1} of the pixel (i_1, j_1) as follows:

(a) If the pixel $(i_1, j_1 + 1)$ is a 0-pixel examined in the substep (3.3), then $f_{i_1,j_1} \leftarrow -NBD$.

(b) If the pixel $(i_1, j_1 + 1)$ is not a 0-pixel examined in the substep (3.3) and $f_{i_1,j_1} > 1$, then $f_{i_1,j_1} \leftarrow -NBD$.

(c) Otherwise, do not change f_{i_1,j_1} .

(3.5) If $(i_4, j_4) = (i_1, j_1)$ and $(i_1, j_1) = (i_2, j_2)$ (coming back to the starting point), then go to (4); otherwise, $(i_2, j_2) \leftarrow (i_1, j_1)$, $(i_3, j_3) \leftarrow (i_4, j_4)$, and go back to (3.3).

(4) If $f_{ij} \neq 1$, then LNBD $\leftarrow |f_{ij}|$ and resume the raster scan from the pixel $(i, j + 1)$. The algorithm terminates when the scan reaches the lower right corner of the picture.

Segmentation :

Codage d'un contour

➤ Principe de codage :

0	0	0	0	0
0	3	— 4 —	0	0
0	1	4	— 2 —	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0

5 ième étape

0	0	0	0	0
0	3	— 4 —	0	0
0	1	4	— 2 —	0
0	2	0	4	0
0	0	0	0	0

6 ième et dernière étape
En retrouvant le "3", un dernier point de contour est générée

0	0	0	0	0
2	3	— 4 —	0	0
0	4	— 4 —	0	0
0	0	0	4	0
0	0	0	0	0

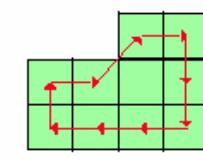
Segmentation :

Calcul de périmètre

➤ Calcul du périmètre d'un objet à partir du code de freeman:

↳ Trois critères sont possibles pour calculer Pi :

- Compter le nombre de paires adjacentes $(p, q) : p \in S$ et $q \in \bar{S}$
- Compter le nombre d'étapes pour suivre le bord par l'algorithme de suivi de contour.
- Même critère que précédemment, mais les étapes obliques sont comptées pour $\sqrt{2}$.

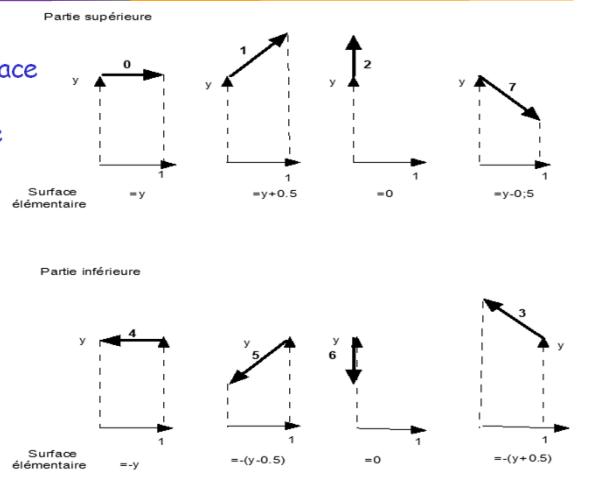


Ex pour critère 3 : péri (X) = 9.414

Segmentation :

Calcul de surface

Calcul de la surface d'un objet à partir du code de freeman:



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

191

91

Segmentation :

Exemple de Caractéristiques

➤ Il existe de nombreuses autres mesures, primitives ou caractéristique à calculer sur une image

↳ Regroupées par catégories :

- Statistiques (moyenne, écart type, moments, ...),
- Géométriques,
- Topologiques,
- Etc...

↳ Diamètres de Ferets,

↳ Indice de compacité ($C = \frac{4\pi S}{P^2}$), circularité, rectangularité, ...

↳ Rectangle encadrant,

↳ Axes principaux,

↳ Orientation,

↳ Ellipse (petit axe, grand axe)

TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

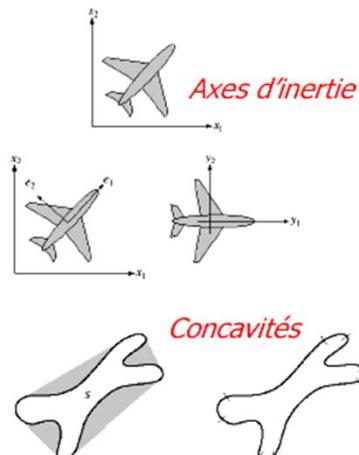
Vincent Bombardier

192

92

Segmentation :

Exemple de Caractéristiques



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

193

93

Segmentation :

Exemple de calcul : IRIS

Exemple : 3 variétés d'Iris sont classifiées par la longueur et la largeur de leurs pétales

➤ Nous avons donc trois classes

↳ Iris virginica, Iris versicolor, Iris setosa w1, w2 et w3

➤ Chaque fleur est évaluée par deux descripteurs

↳ Longueur des pétales, largeur des pétales



TELECOM
Bordeaux

Mercredi 2 octobre 2024

Vincent Bombardier

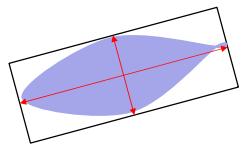
194

94

Segmentation :

Exemple de calcul : IRIS

- La variété Setosa est bien différenciée des deux autres variétés.
- Il est difficile de différencier les deux autres variétés sans erreur.
- Il s'agit d'un problème avec la sélection des caractéristiques pour décrire la forme.



↳ Importance
de la sélection de
caractéristiques
Significatives !

