

Analyse d'images

– Segmentation –

Bibliographie

Ouvrages :

- *Digital Image Processing, 3rd Ed., chapter 10 "Image segmentation"*, Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Prentice Hall, 2008.

Cours :

- Vincent Mazet, cours "Outils fondamentaux pour le traitement d'image", <http://miv.u-strasbg.fr/mazet/ofti>
- Vincent Noblet, cours "Traitement d'images" TICS2A, http://icube-miv.unistra.fr/fr/index.php/Traitement_d'images_TICS2A

Plan du chapitre

1. Définitions

1.1 Segmentation

1.2 Relations entre les pixels

1.3 Intérêt de la segmentation

2. Segmentation par seuillage

3. Méthodes basées région

4. Autres méthodes

5. Critères d'évaluation de la segmentation

Qu'est-ce que la segmentation ?

Définition

Une segmentation d'image est une partition de l'image en ensembles de pixels homogènes (selon un critère pré-défini).

Qu'est-ce que la segmentation ?

Définition

Une segmentation d'image est une partition de l'image en ensembles de pixels homogènes (selon un critère pré-défini).

Propriétés :

- La segmentation n'est pas unique (algorithmes, critère d'homogénéité, initialisation, etc)
- Partition de l'image = ensemble de régions non vides, deux à deux disjointes qui recouvrent l'intégralité de l'image.

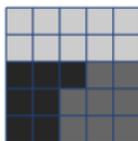
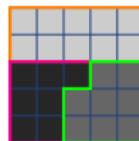
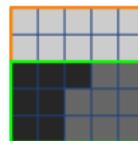


Image originale



Segmentation
à 3 classes



Segmentation
à 2 classes

Qu'est-ce que la segmentation ?

Définition

Une segmentation d'image est une partition de l'image en ensembles de pixels homogènes (selon un critère pré-défini).

Propriétés :

- La segmentation n'est pas unique (algorithmes, critère d'homogénéité, initialisation, etc)
- Partition de l'image = ensemble de régions non vides, deux à deux disjointes qui recouvrent l'intégralité de l'image.

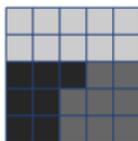
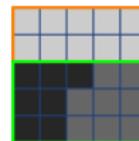


Image originale



Segmentation
à 3 classes

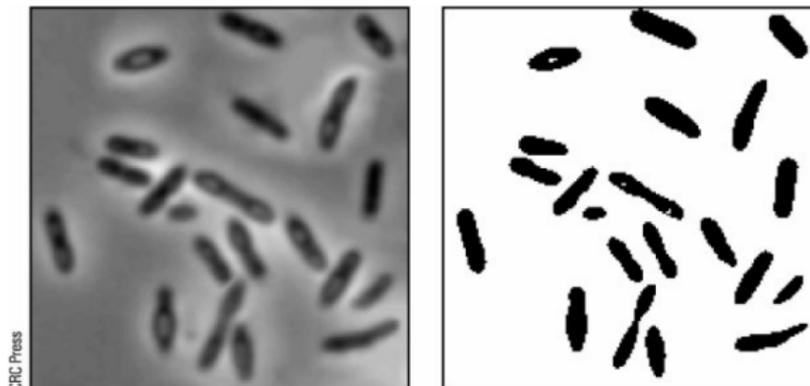


Segmentation
à 2 classes

- Segmentation d'une image = représentation haut niveau.

Critère d'homogénéité

Segmentation par niveaux de gris :



→ Utilisation de l'histogramme

Critère d'homogénéité

Segmentation par couleurs :



→ Utilisation des informations des 3 images R, G, B.

Critère d'homogénéité

Segmentation par texture :

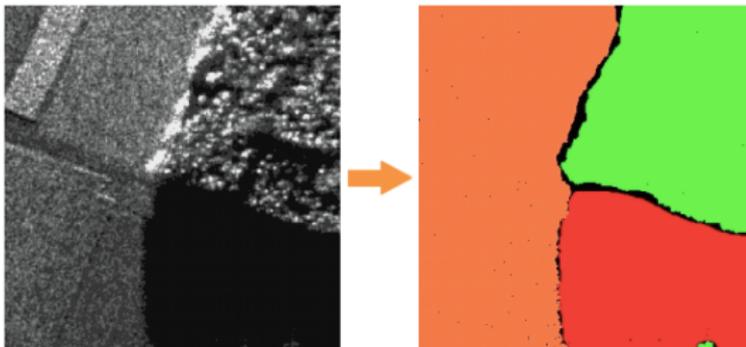
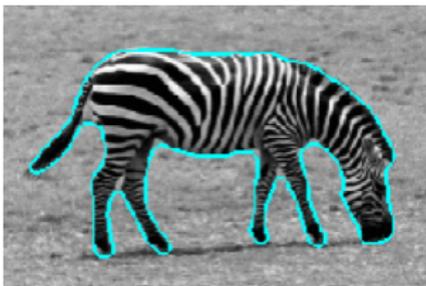


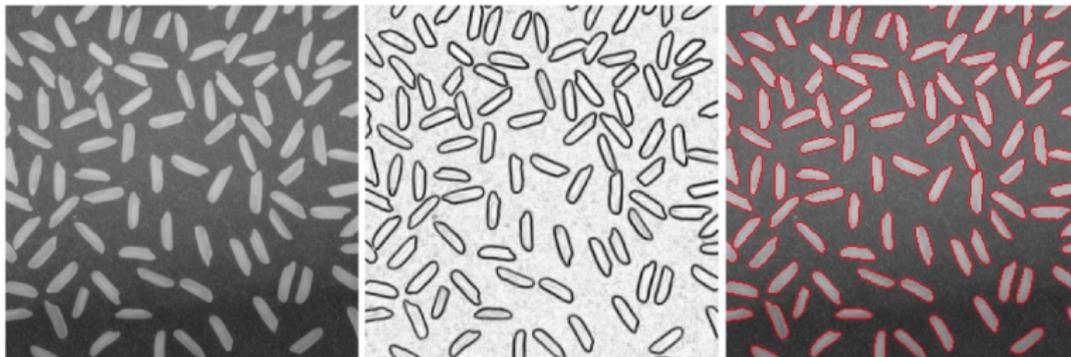
Image aérienne



→ Utilisation du contenu fréquentiel de l'image.

Critère d'homogénéité

Segmentation par contours :



→ Approche frontière : recherche des pixels dissemblables → contours entre les zones homogènes.

Relations entre les pixels

Voisinage

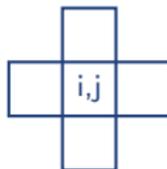
Le pixel p de coordonnées (i, j) a quatre voisins horizontaux et verticaux :

$$(i - 1, j), (i + 1, j), (i, j - 1), (i, j + 1)$$

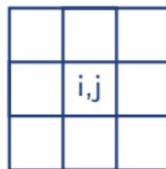
Cet ensemble est appelé le 4-voisinage de p .

On appelle 8-voisinage de p l'ensemble de pixels constitué du 4-voisinage et des pixels voisins dans la diagonale :

$$(i - 1, j - 1), (i - 1, j + 1), (i + 1, j - 1), (i + 1, j + 1)$$



4-voisinage



8-voisinage

Relations entre les pixels

Adjacence

Soit V un ensemble de valeurs d'intensité. Les pixels p et q à valeur dans V sont dits 4-adjacents (resp. 8-adjacents) si q appartient au 4-voisinage (resp. 8-voisinage) de p .

Chemin

On appelle chemin un ensemble de pixels

$$(i_0, j_0), (i_1, j_1), \dots, (i_n, j_n)$$

tels que pour tout $k = 1, \dots, n$, (i_{k-1}, j_{k-1}) et (i_k, j_k) sont adjacents. On note n la longueur du chemin.

Si $(i_0, j_0) = (i_n, j_n)$ on dira que le chemin est fermé.

Application :

- quels pixels sont adjacents dans $V = \{0\}$ (pixels noirs) ?
- quels chemins possibles dans V ?

| | | |
|---|---|---|
| p | q | r |
| s | t | u |
| v | w | x |

Relations entre les pixels

Pixels connectés

Soit S un ensemble de pixels. Deux pixels p et q sont dit connectés dans S s'il existe un chemin les reliant constitué uniquement de pixels de S .

Application :

→ s et u sont-ils connectés ?

| | | |
|---|---|---|
| p | q | r |
| s | t | u |
| v | w | x |

Relations entre les pixels

Pixels connectés

Soit S un ensemble de pixels. Deux pixels p et q sont dit connectés dans S s'il existe un chemin les reliant constitué uniquement de pixels de S .

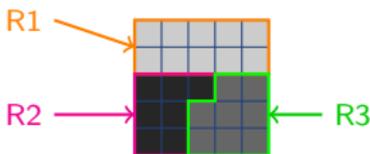
Application :

→ s et u sont-ils connectés ?

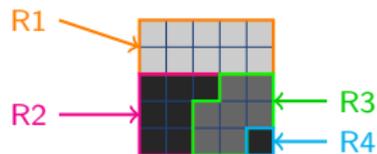
| | | |
|---|---|---|
| p | q | r |
| s | t | u |
| v | w | x |

Régions

On appelle région ou ensemble connecté tout sous-ensemble de pixels connectés dans l'image.



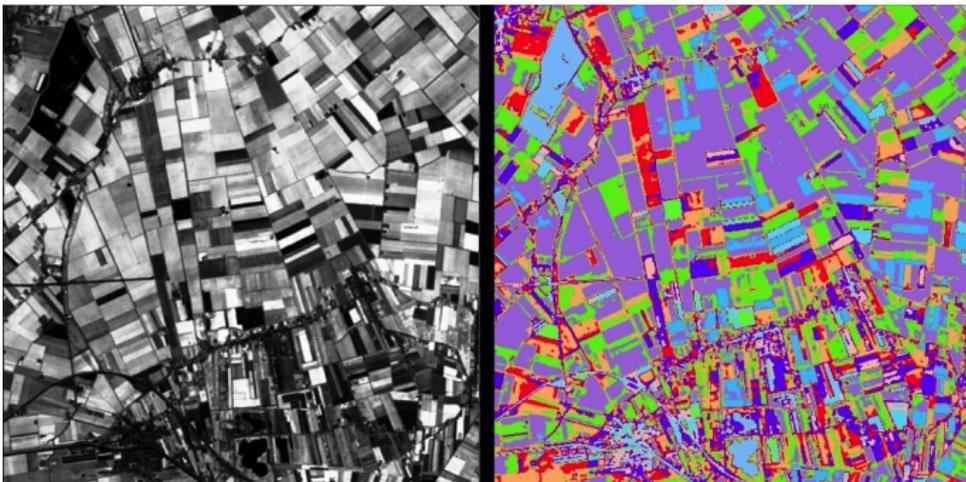
3 régions



4 régions
(pas de connexion entre R4 et R2)

Intérêt de la segmentation : classification

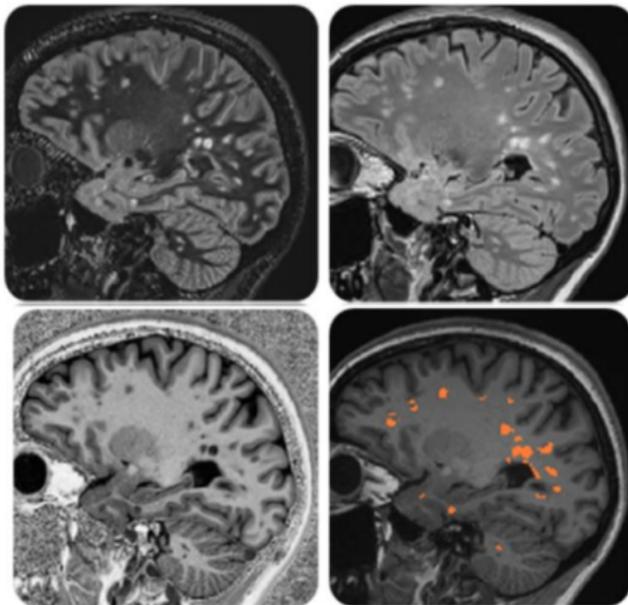
La segmentation sert de base à la classification des régions de l'image



Segmentation pour la classification d'une région agricole. © INRIA - Projet Ariana

Intérêt de la segmentation : imagerie médicale

Estimation de la taille des lésions dans le cerveau



Intérêt de la segmentation : incrustation vidéo

Exemple basé sur la segmentation couleur (fond vert)



Intérêt de la segmentation : incrustation vidéo

Importance de faire une bonne segmentation :



→ mauvaise segmentation de l'image sur fond vert = problème d'incrustation de la vidéo.

Plan du chapitre

1. Définitions

2. Segmentation par seuillage

2.1 Binarisation

2.2 Choix du seuil

2.3 Seuillage automatique

2.4 Méthode de Otsu

2.5 Seuillage multiple

2.6 Cas problématiques et prétraitement des données

2.7 Méthodes de clustering

3. Méthodes basées région

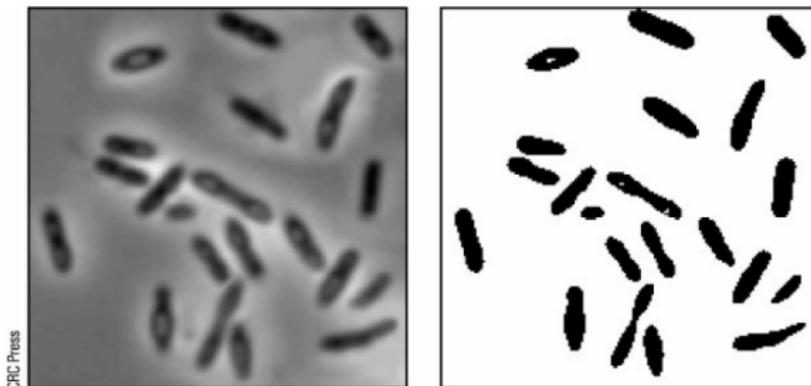
4. Autres méthodes

5. Critères d'évaluation de la segmentation



Segmentation à deux classes d'une image en niveaux de gris

Segmentation pixels clairs vs. pixels foncés → binarisation de l'image



Segmentation à deux classes d'une image en niveaux de gris

Segmentation par seuillage :

$$I_{seg}(i,j) = \begin{cases} 1 \text{ (blanc)} & \text{si } I(i,j) \geq S \\ 0 \text{ (noir)} & \text{si } I(i,j) < S \end{cases}$$

où S est le seuil (niveau de gris).

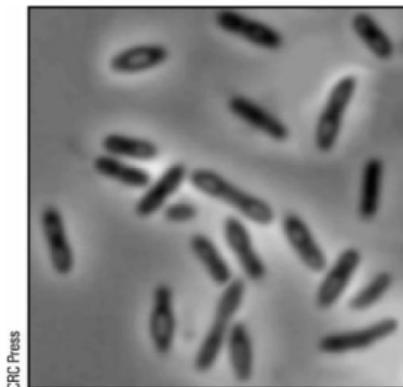


Image I



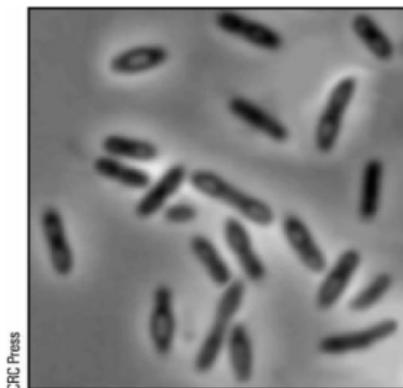
Image I_{seg}

Segmentation à deux classes d'une image en niveaux de gris

Segmentation par seuillage :

$$I_{seg}(i,j) = \begin{cases} 1 \text{ (blanc)} & \text{si } I(i,j) \geq S \\ 0 \text{ (noir)} & \text{si } I(i,j) < S \end{cases}$$

où S est le seuil (niveau de gris).



CPRC Press

Image I



Image I_{seg}

Comment choisir le seuil S ?

Choix de seuil



Image originale (256 niveaux de gris)



Seuil à 150



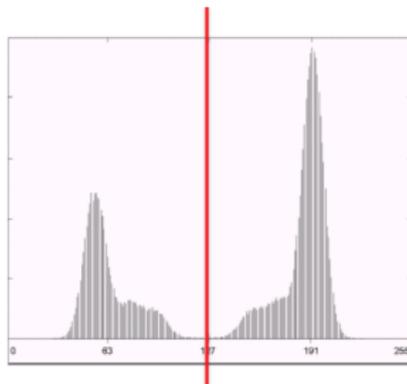
Seuil à 70



Seuil à 220

Choix de seuil : analyse de l'histogramme

→ Dans certains cas, le choix du seuil est facile :

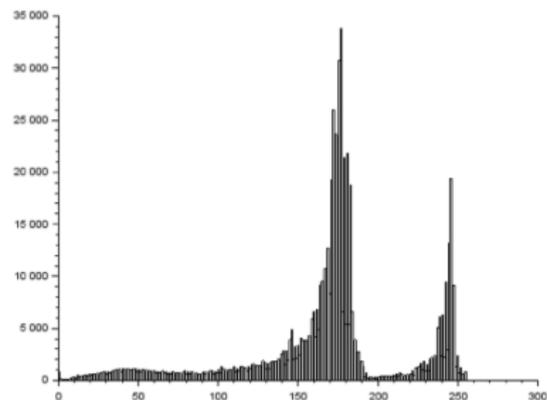


seuil



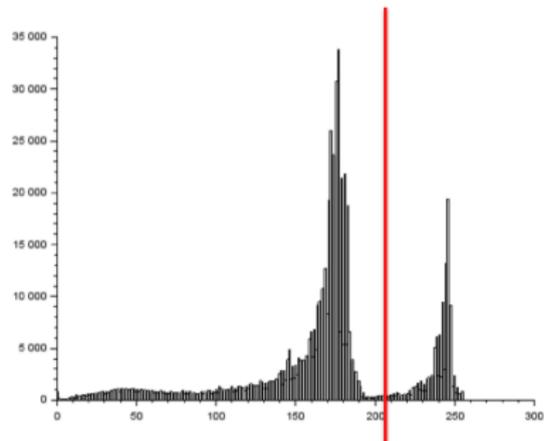
Choix de seuil : analyse de l'histogramme

→ Dans d'autres cas, le choix du seuil est moins évident :



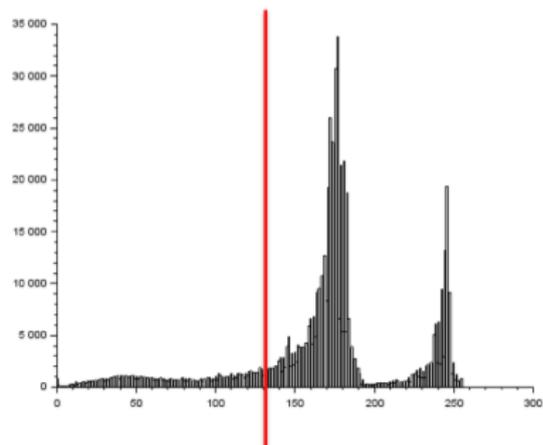
Choix de seuil : analyse de l'histogramme

→ Dans d'autres cas, le choix du seuil est moins évident :



Choix de seuil : analyse de l'histogramme

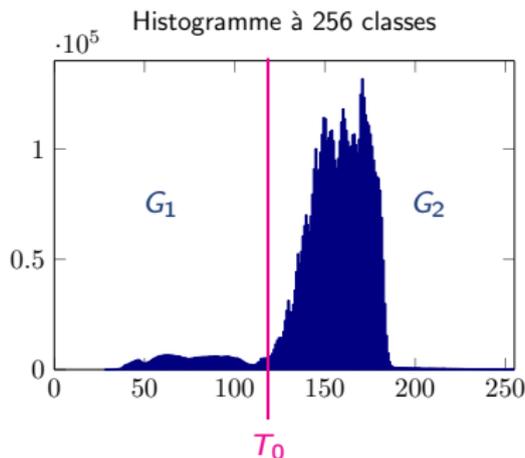
→ Dans d'autres cas, le choix du seuil est moins évident :



Seuillage automatique

Algorithme :

1. Calcul de l'histogramme de l'image.
2. Sélectionner un seuil initial T_0 .
3. Calculer des intensités moyennes m_1 et m_2 des groupes G_1 et G_2 .
4. Calcul du nouveau seuil $T = (m_1 + m_2)/2$.
5. Continuer jusqu'à ce que les variations de T soient inférieures à ϵ (défini par l'utilisateur).



Méthode de Otsu

Principe : Trouver le seuil qui minimise la variance intra-classe pondérée σ_w^2 (raffinement de la méthode du seuillage automatique).

Variance intra-classe :

$$\sigma_w^2(T) = q_1(T)\sigma_1^2(T) + q_2(T)\sigma_2^2(T)$$

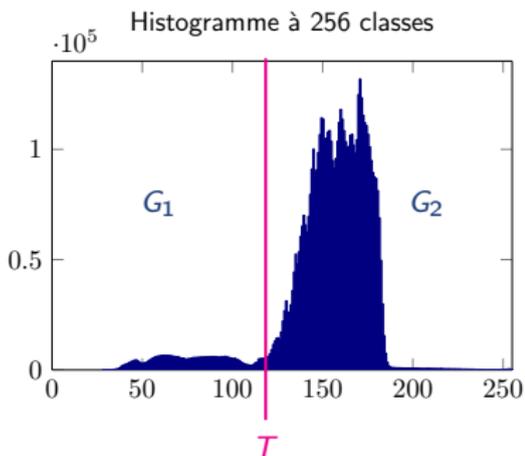
Probabilité de chaque classe :

$$q_1(T) = \sum_{r=0}^T p(r) \quad \text{et} \quad q_2(T) = \sum_{r=T+1}^{2^K-1} p(r)$$

avec

$$p(r) = \frac{h(r)}{N \times M} \quad \text{la probabilité de } r$$

h : l'histogramme de l'image



Méthode de Otsu

Moyennes :

$$m_1(T) = \sum_{r=0}^T \frac{r \times p(r)}{q_1(T)} \quad \text{et} \quad m_2(T) = \sum_{r=T+1}^{2^K-1} \frac{r \times p(r)}{q_2(T)}$$

Variances :

$$\sigma_1^2(T) = \sum_{r=0}^T (r - m_1(T))^2 \frac{p(r)}{q_1(T)} \quad \text{et} \quad \sigma_2^2(T) = \sum_{r=T+1}^{2^K-1} (r - m_2(T))^2 \frac{p(r)}{q_2(T)}$$

Implémentation de la méthode : Calculer pour tous les seuils T possibles ($T = 0, \dots, 2^K - 1$) la variance intra-classe pondérée σ_w^2 et retenir le seuil T qui minimise σ_w^2 .

Méthode de Otsu

A noter : la variance de l'image σ^2 s'écrit :

$$\sigma^2 = \sigma_w^2 + \sigma_{1,2}^2$$

où $\sigma_{1,2}^2$ est la variance inter-classe.

Méthode de Otsu

A noter : la variance de l'image σ^2 s'écrit :

$$\sigma^2 = \sigma_w^2 + \sigma_{1,2}^2$$

où $\sigma_{1,2}^2$ est la variance inter-classe.

On en déduit :

→ Le problème initial qui consiste à minimiser σ_w^2 est équivalent à maximiser $\sigma_{1,2}^2$.

Méthode de Otsu

A noter : la variance de l'image σ^2 s'écrit :

$$\sigma^2 = \sigma_w^2 + \sigma_{1,2}^2$$

où $\sigma_{1,2}^2$ est la variance inter-classe.

On en déduit :

- Le problème initial qui consiste à minimiser σ_w^2 est équivalent à maximiser $\sigma_{1,2}^2$.
- C'est-à-dire que construire deux groupes de pixels qui se ressemblent ...

Méthode de Otsu

A noter : la variance de l'image σ^2 s'écrit :

$$\sigma^2 = \sigma_w^2 + \sigma_{1,2}^2$$

où $\sigma_{1,2}^2$ est la variance inter-classe.

On en déduit :

- Le problème initial qui consiste à minimiser σ_w^2 est équivalent à maximiser $\sigma_{1,2}^2$.
- C'est-à-dire que construire deux groupes de pixels qui se ressemblent ...
- ... revient à construire deux groupes très dissemblables de pixels.

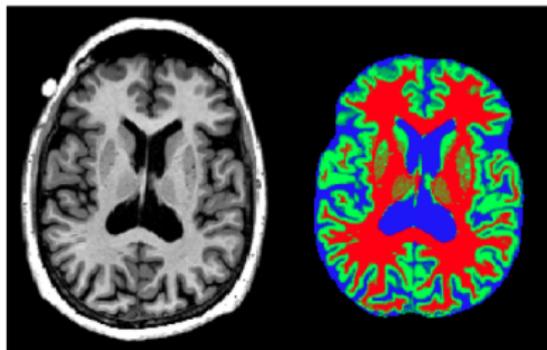
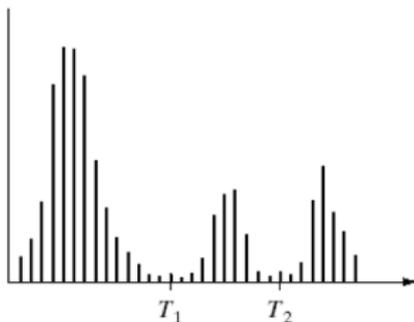
Seuillage multiple

- Plusieurs modes visibles sur l'histogramme.
- Seuillage à plusieurs classes :

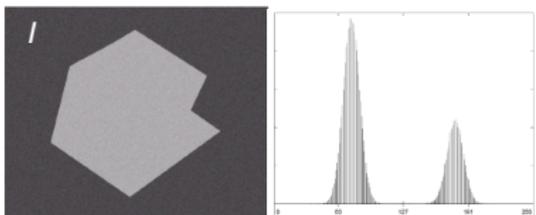
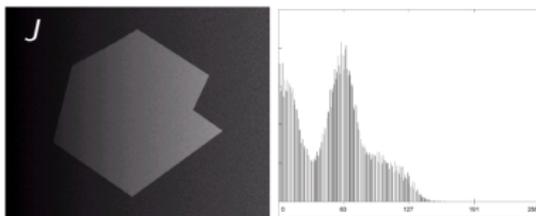
■ $r \in [0, T_1]$

■ $r \in]T_1, T_2]$

■ $r \in]T_2, 2^K - 1]$



Cas problématiques : défaut d'éclairage



La variation d'illumination ne permet pas de seuiller correctement l'image. Plusieurs solutions sont possibles :

- Le défaut d'éclairage G est connu, on utilise un modèle paramétrique pour le décrire et on corrige l'image avant le seuillage :

$$\forall(i, j) : I(i, j) = J(i, j) / G(i, j)$$

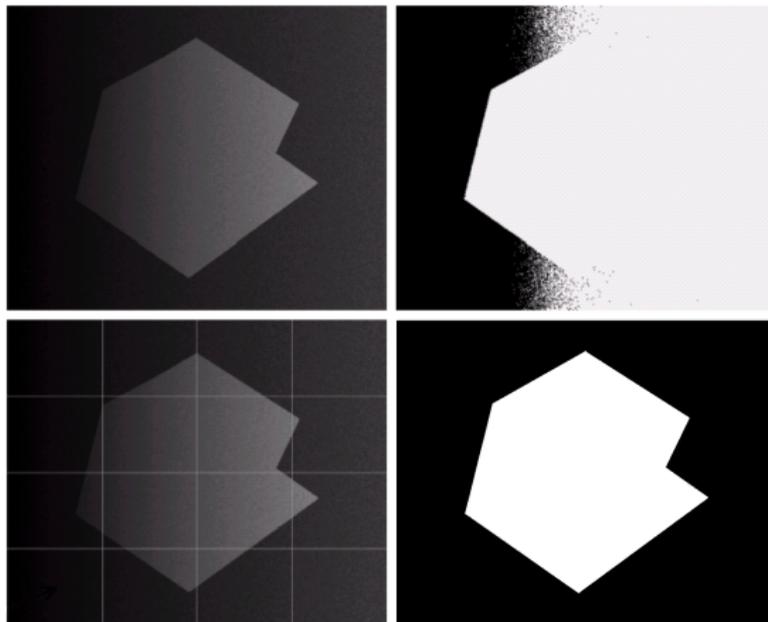
Cas problématiques : défaut d'éclairage

→ Le défaut d'éclairage G est inconnu : on peut utiliser un seuillage local.

a b
c d

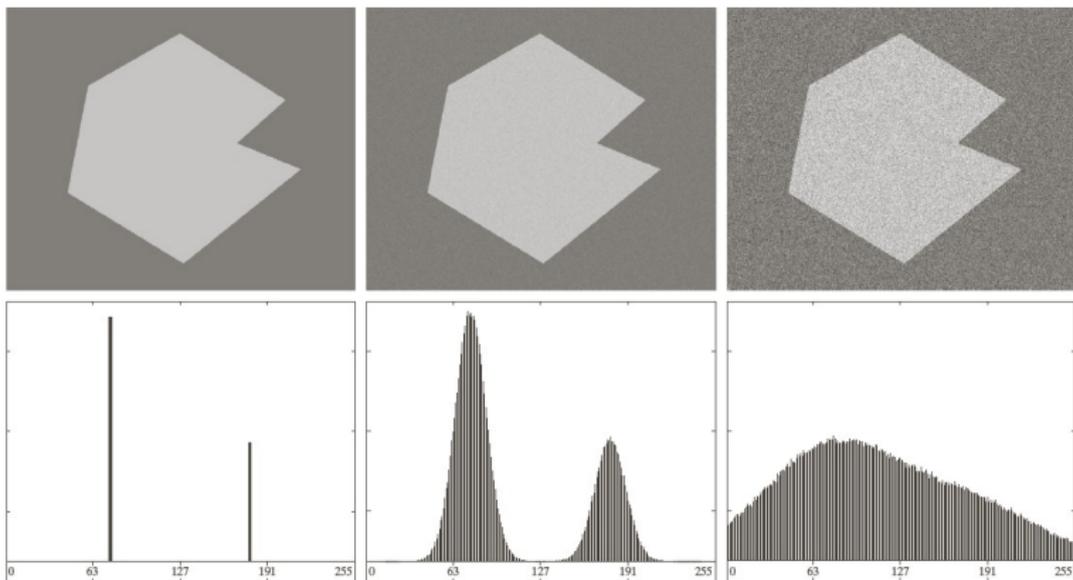
FIGURE 10.30

(a) Original image. (b) Result of global thresholding. (c) Image subdivided into individual subimages. (d) Result of adaptive thresholding.



Digital Image Processing, Gonzalez & Woods

Cas problématiques : bruit



Ajout du bruit sur l'image \Rightarrow convolution de l'histogramme de l'image par une gaussienne (histogramme du bruit).

Soient X et n deux variables aléatoires indépendantes :

$$Y = X + n \quad \Rightarrow \quad f_Y(u) = (f_X * f_n)(u)$$

Cas problématiques : effet du bruit sur l'histogramme

Solutions possibles :

→ Filtrer l'image initiale :

- filtre gaussien,
- filtre médian,
- filtre moyeneur,
- méthode de débruitage

Cas problématiques : effet du bruit sur l'histogramme

Solutions possibles :

→ Filtrer l'image initiale :

- filtre gaussien,
- filtre médian,
- filtre moyenneur,
- méthode de débruitage

→ Filtrer l'image seuillée :

- opérateurs morphologiques (cf cours suivant),
- filtre médian

Cas problématiques : effet du bruit sur l'histogramme

Solutions possibles :

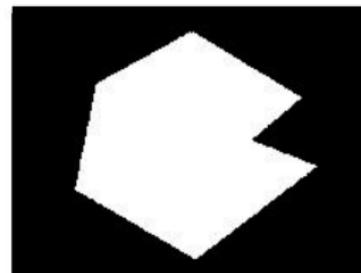
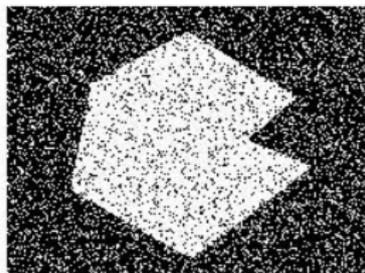
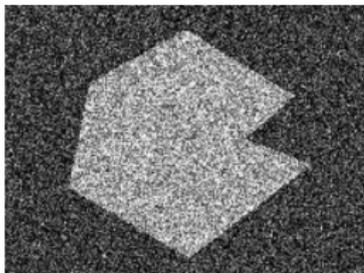
→ Filtrer l'image initiale :

- filtre gaussien,
- filtre médian,
- filtre moyenneur,
- méthode de débruitage

→ Filtrer l'image seuillée :

- opérateurs morphologiques (cf cours suivant),
- filtre médian

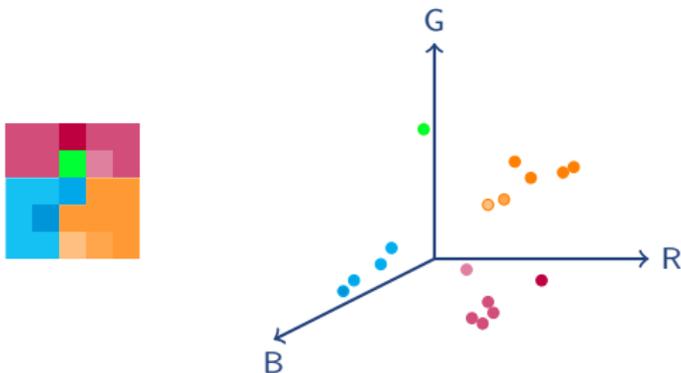
→ Incorporer de l'information spatiale dans la méthode de segmentation.



Méthodes de clustering – K-moyennes

Extension du seuillage d'histogramme aux images couleurs :

- Un pixel est maintenant représenté par un vecteur (intensités R,G et B) contrairement aux images en niveaux de gris (un pixel = un scalaire).



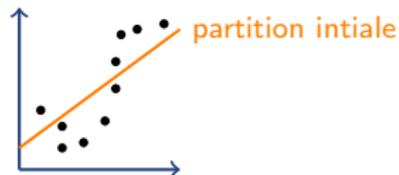
- La représentation de l'image par son histogramme n'est plus possible.
- Principe des méthodes de clustering : regrouper les vecteurs en groupes homogènes.

Méthodes de clustering – K-moyennes

Algorithme des K-moyennes :

→ Partitionnement aléatoire des points en K clusters.

Exemple :

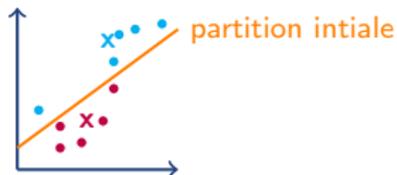


Méthodes de clustering – K-moyennes

Algorithme des K-moyennes :

- Partitionnement aléatoire des points en K clusters.
- Calcul du centroïde de chacun des clusters.

Exemple :

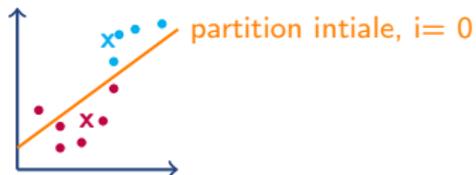


Méthodes de clustering – K-moyennes

Algorithme des K-moyennes :

- Partitionnement aléatoire des points en K clusters.
- Calcul du centroïde de chacun des clusters.
- Pour chaque point :
 - Calcul de la distance du point au centroïde de chaque cluster.
 - Affectation du point au cluster le plus proche.

Exemple :



Méthodes de clustering – K-moyennes

Algorithme des K-moyennes :

- Partitionnement aléatoire des points en K clusters.
- Calcul du centroïde de chacun des clusters.
- Pour chaque point :
 - Calcul de la distance du point au centroïde de chaque cluster.
 - Affectation du point au cluster le plus proche.
- Calcul des centroïdes des nouveaux clusters formés.

Exemple :



Méthodes de clustering – K-moyennes

Algorithme des K-moyennes :

- Partitionnement aléatoire des points en K clusters.
- Calcul du centroïde de chacun des clusters.
- Pour chaque point :
 - Calcul de la distance du point au centroïde de chaque cluster.
 - Affectation du point au cluster le plus proche.
- Calcul des centroïdes des nouveaux clusters formés.
- Répéter les étapes 3 et 4 jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de changement dans l'assignement des points (ou des centroïdes).

Exemple :



Méthodes de clustering – K-moyennes

Algorithme des K-moyennes :

- Partitionnement aléatoire des points en K clusters.
- Calcul du centroïde de chacun des clusters.
- Pour chaque point :
 - Calcul de la distance du point au centroïde de chaque cluster.
 - Affectation du point au cluster le plus proche.
- Calcul des centroïdes des nouveaux clusters formés.
- Répéter les étapes 3 et 4 jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de changement dans l'assignement des points (ou des centroïdes).

Exemple :



Méthodes de clustering – K-moyennes

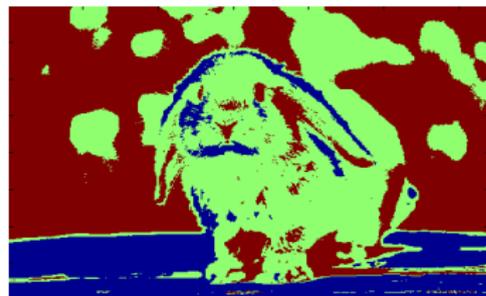
Algorithme des K-moyennes :

- Partitionnement aléatoire des points en K clusters.
- Calcul du centroïde de chacun des clusters.
- Pour chaque point :
 - Calcul de la distance du point au centroïde de chaque cluster.
 - Affectation du point au cluster le plus proche.
- Calcul des centroïdes des nouveaux clusters formés.
- Répéter les étapes 3 et 4 jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de changement dans l'assignement des points (ou des centroïdes).

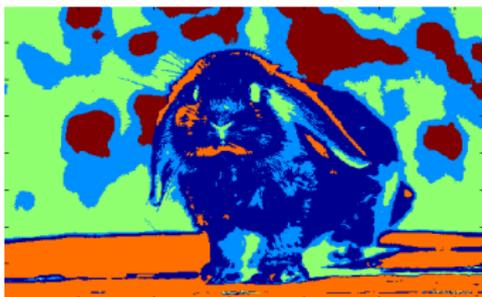
Exemple :



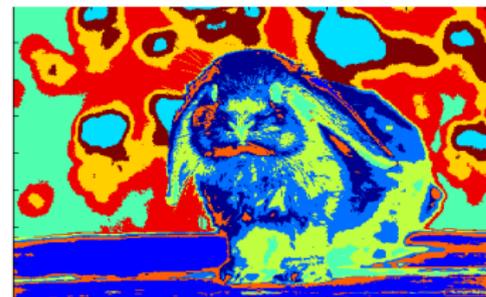
Méthodes de clustering – K-moyennes



$k = 3$



$k = 5$



$k = 10$

Plan du chapitre

1. Définitions

2. Segmentation par seuillage

3. Méthodes basées région

3.1 Croissance de région

3.2 Segmentation par décomposition et regroupement

4. Autres méthodes

5. Critères d'évaluation de la segmentation

Limitation des méthodes de seuillage

Limite fondamentale des méthodes de seuillage : pas de prise en compte l'information de voisinage, uniquement l'information de distribution des intensités (histogramme).

Limitation des méthodes de seuillage

Limite fondamentale des méthodes de seuillage : pas de prise en compte l'information de voisinage, uniquement l'information de distribution des intensités (histogramme).

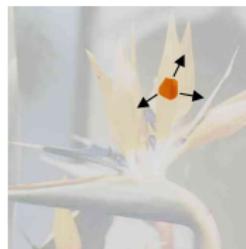
Avantage des méthodes basées région : agréger des pixels spatialement proches et ayant des intensités similaires.

Croissance de région

Principe des méthodes de croissance de région : On part d'un point germe et on l'étend en ajoutant les pixels du voisinage satisfaisant le critère d'homogénéité.



Point germe



croissance



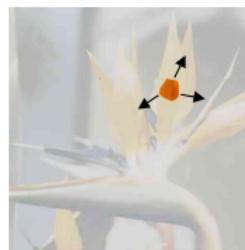
région finale

Croissance de région

Principe des méthodes de croissance de région : On part d'un point germe et on l'étend en ajoutant les pixels du voisinage satisfaisant le critère d'homogénéité.



Point germe



croissance



région finale

Choix du point germe :

- Manuellement (dans la zone d'intérêt)
- Automatiquement : en évitant les zones de fort contraste (fort gradient)

Croissance de région

Critère de similarité : Si un pixel et une région, ou deux régions A et B , sont considérés comme suffisamment similaires, ils sont fusionnés, sinon une nouvelle région est créée.

Exemple de critère pour l'ajout d'un pixel (i, j) dans la région A :

$$|I(i, j) - \mu_A| < T\sigma_A$$

Choix du seuil T :

- Valeur de seuil élevé : facile pour de nouveaux pixels d'être acceptés dans la région.
- Valeur de seuil faible : difficile pour de nouveaux pixels d'être acceptés dans la région.

Choix de la connexité : 4-voisinage ou 8-voisinage.

Croissance de région : mode d'emploi

Définition d'une zone R qui contient la région à extraire et une file FIFO (First In, First Out) S qui contient les points frontière de R .

Initialisation :

- R contient le point germe.
- S contient le voisinage du point germe.

Méthode : On retire p de S

- Si p est homogène avec R :
 - on ajoute p à R ,
 - on ajoute à S les points du voisinage de p qui ne sont pas dans R et qui ne sont pas incompatibles.
- sinon :
 - On marque p comme incompatible.

On recommence tant que S n'est pas vide.

Rq : en cas d'utilisation de statistique globale pour le test d'homogénéité, l'ordre de traitement des pixels peut influencer le résultat final.

Croissance de région : exemple

Segmentation des éclairs :



Au moins deux points germes sont nécessaires.

Croissance de région : exemple

Influence du seuil :

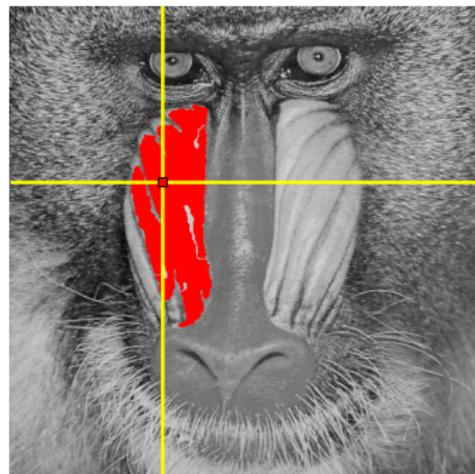
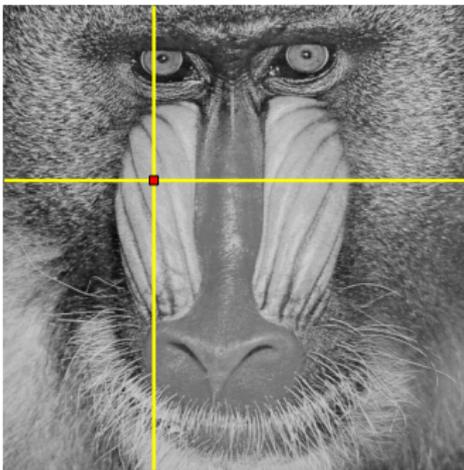


T ↗



Croissance de région : exemple

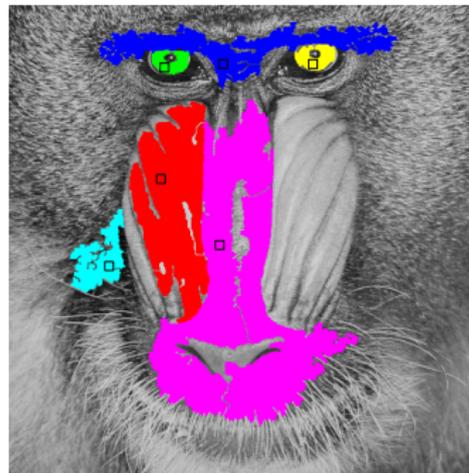
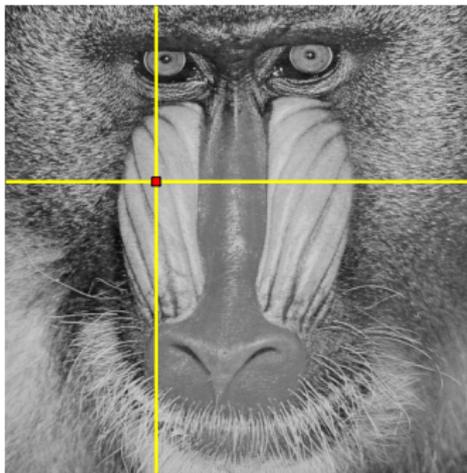
Influence du seuil :



La croissance de région ne fournit pas une partition de l'image, mais permet de segmenter une ou plusieurs structures d'intérêt via la sélection de points germes adaptés.

Croissance de région : exemple

Influence du seuil :



La croissance de région ne fournit pas une partition de l'image, mais permet de segmenter une ou plusieurs structures d'intérêt via la sélection de points germes adaptés.

Méthode *split and merge*

Principe d'une méthode de décomposition/fusion :

- Partition initiale par divisions successives de chaque région non-uniforme de l'image.
- Fusions successives des régions adjacentes satisfaisant un critère d'homogénéité.

Méthode *split and merge*

Principe d'une méthode de décomposition/fusion :

- Partition initiale par divisions successives de chaque région non-uniforme de l'image.
- Fusions successives des régions adjacentes satisfaisant un critère d'homogénéité.

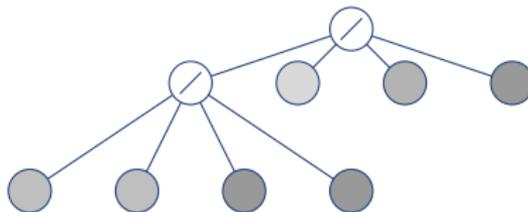
Nécessité d'une représentation hiérarchique de l'image !

- Construction de la représentation hiérarchique lors de l'étape de division (pendant ou après).
- Utilisation lors de l'étape de fusion.

Représentation par arbre

Les représentations en arbre sont utilisées pour créer une représentation de haut niveau de l'image.

Les arbres définissent un ensemble de régions structurées hiérarchiquement.



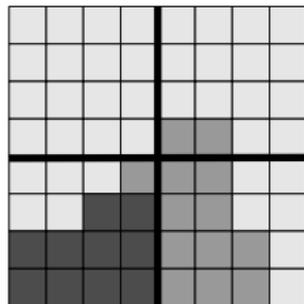
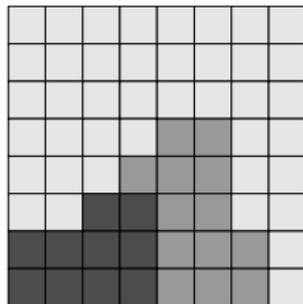
Représentation par arbre : le quad-tree

Le **quad-tree** est une arborescence dont la racine est l'image entière et donc chaque noeud possède également quatre fils :

- l'image est partagée en quatre quadrants récursivement,
- un quadrant q est partagé en quatre s'il n'est pas décrété homogène : $\sigma_q^2 > T$.

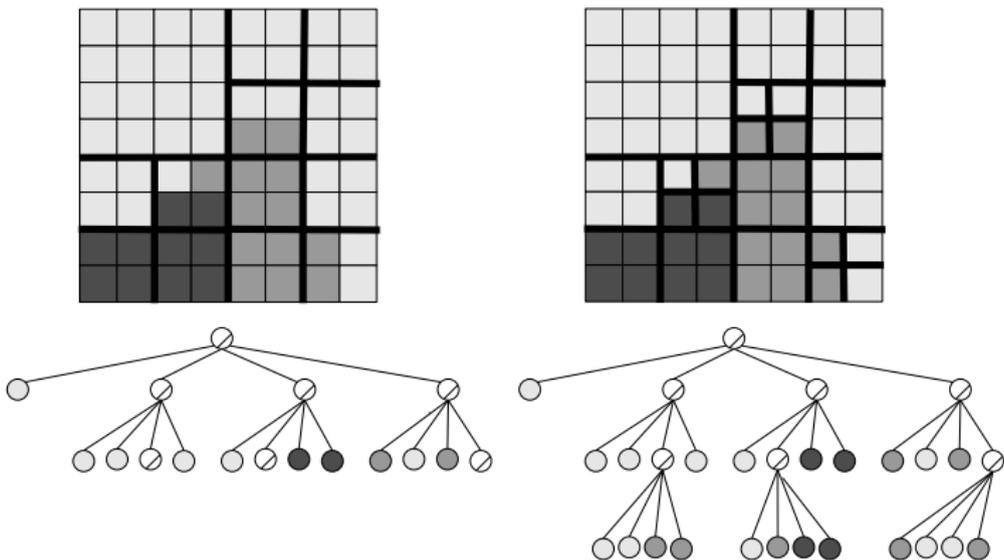
Décomposition par représentation quad-tree

Exemple :



Décomposition par représentation quad-tree

Exemple :



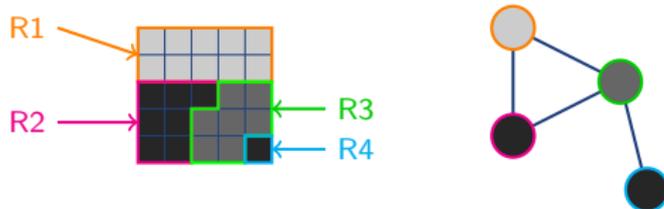
Décomposition par représentation quad-tree

La méthode de décomposition par quad-tree fait apparaître des régions carrées sur l'image segmentée.

Le problème majeur de cette structure provient de la rigidité des divisions réalisées sur l'image, mais cela fournit une partition initiale de l'image.

Représentation par graphe d'adjacence

Le **graphe d'adjacence** est une arborescence dont les noeuds sont les régions et les arcs définissent une relation d'adjacence (proximité spatiale).

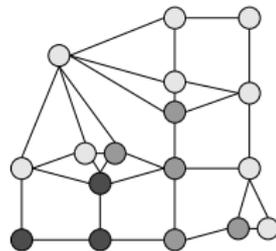
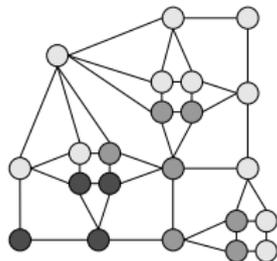
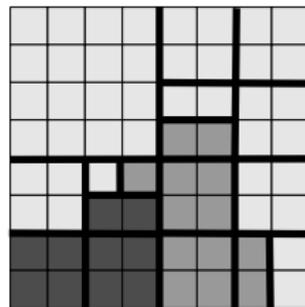
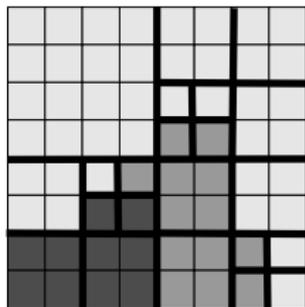


Utilisation pour l'étape de fusion :

- Initialisation : partition de l'image (par exemple avec le quad-tree) et graphe d'adjacence associé.
- Modification de la partition initiale en fusionnant les régions adjacentes : pour chaque sommet R , on cherche s'il existe un sommet R' voisin dans le graphe, de valeur suffisamment proche pour être fusionné avec R (par exemple si $|\mu_R - \mu_{R'}| < \text{seuil}$).

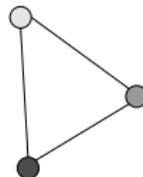
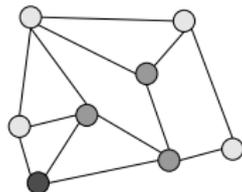
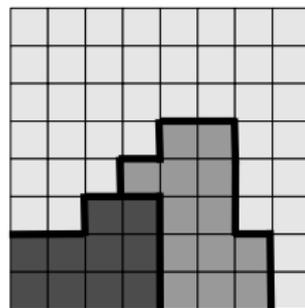
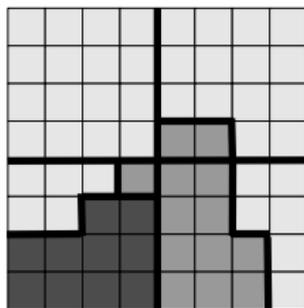
Représentation par graphe d'adjacence

Exemple :



Représentation par graphe d'adjacence

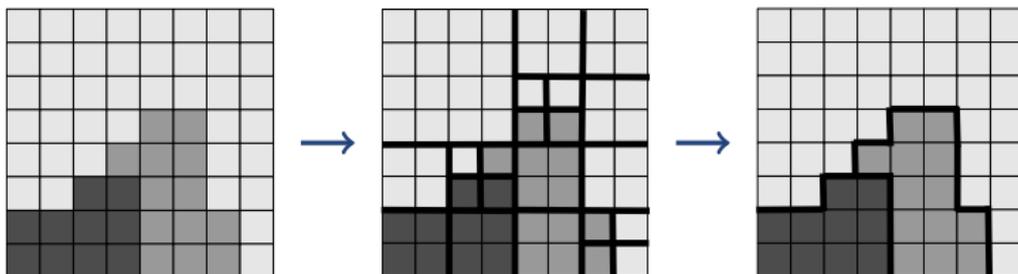
Exemple :



Fusion des régions

Résumé de la segmentation par décomposition/fusion :

- Partition initiale par méthode des quad-tree par exemple.
- Représentation de l'image segmentée par un graphe d'adjacence.
- Fusion des zones segmentées adjacentes en fonction d'un critère d'homogénéité.



Plan du chapitre

1. Définitions

2. Segmentation par seuillage

3. Méthodes basées région

4. Autres méthodes

4.1 Quelques méthodes de l'état de l'art

4.2 Ligne de partage des eaux

4.3 Segmentation par contour déformable

5. Critères d'évaluation de la segmentation

Méthodes basées contour

- Segmentation par ligne de partage des eaux.
- Segmentation par contour déformable.
- Les méthodes de détection de contours peuvent être utilisées → détection de caractéristiques.

Segmentation par ligne de partage des eaux

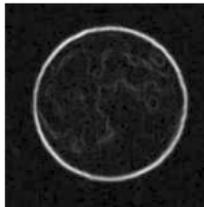
L'idée est de transformer l'image à segmenter par une carte d'élévation (terrain en 3D) où les frontières entre deux régions à segmenter seraient les crêtes et les régions, les bassins.

→ On utilise en général la norme du gradient de l'image pour la carte d'élévation.

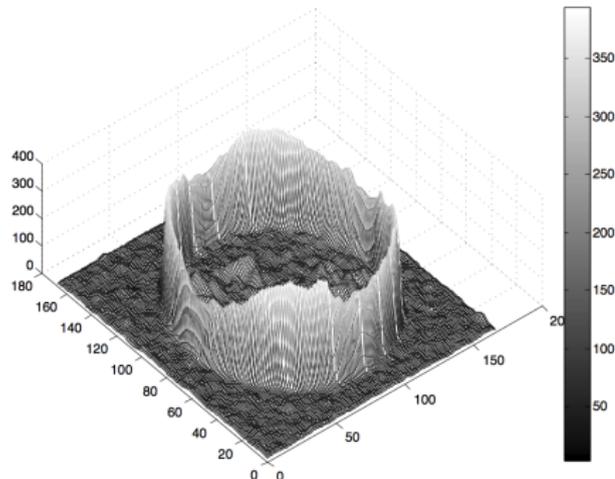
Représentation 3D du gradient



Image originale



Gradient de l'image



Segmentation par ligne de partage des eaux

Principe de la méthode :

- Construire la carte d'élévation.
- Remplir progressivement d'eau chaque *bassin versant*.
- Lorsque l'eau monte et que deux bassins se rejoignent, la ligne de partage des eaux est marquée comme frontière.

Illustration sur un signal 1D :

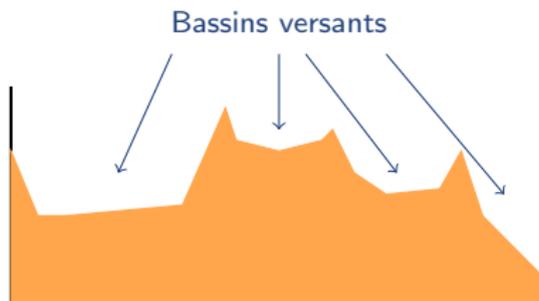


Segmentation par ligne de partage des eaux

Principe de la méthode :

- Construire la carte d'élévation.
- Remplir progressivement d'eau chaque *bassin versant*.
- Lorsque l'eau monte et que deux bassins se rejoignent, la ligne de partage des eaux est marquée comme frontière.

Illustration sur un signal 1D :



Segmentation par ligne de partage des eaux

Principe de la méthode :

- Construire la carte d'élévation.
- Remplir progressivement d'eau chaque *bassin versant*.
- Lorsque l'eau monte et que deux bassins se rejoignent, la ligne de partage des eaux est marquée comme frontière.

Illustration sur un signal 1D :



Segmentation par ligne de partage des eaux

Principe de la méthode :

- Construire la carte d'élévation.
- Remplir progressivement d'eau chaque *bassin versant*.
- Lorsque l'eau monte et que deux bassins se rejoignent, la ligne de partage des eaux est marquée comme frontière.

Illustration sur un signal 1D :



Segmentation par ligne de partage des eaux

Principe de la méthode :

- Construire la carte d'élévation.
- Remplir progressivement d'eau chaque *bassin versant*.
- Lorsque l'eau monte et que deux bassins se rejoignent, la ligne de partage des eaux est marquée comme frontière.

Illustration sur un signal 1D :

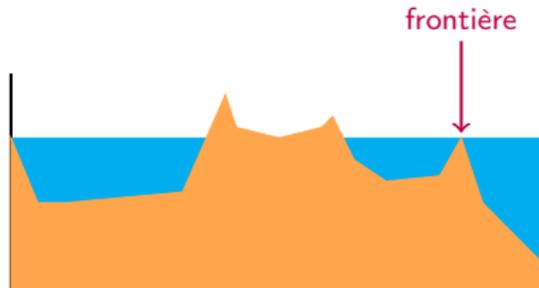


Segmentation par ligne de partage des eaux

Principe de la méthode :

- Construire la carte d'élévation.
- Remplir progressivement d'eau chaque *bassin versant*.
- Lorsque l'eau monte et que deux bassins se rejoignent, la ligne de partage des eaux est marquée comme frontière.

Illustration sur un signal 1D :

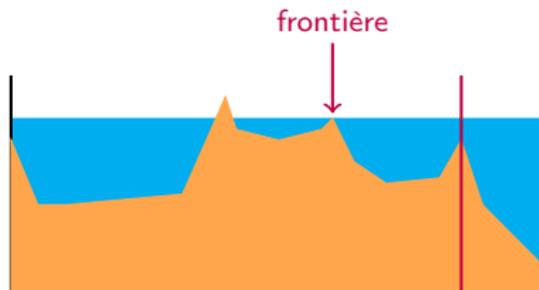


Segmentation par ligne de partage des eaux

Principe de la méthode :

- Construire la carte d'élévation.
- Remplir progressivement d'eau chaque *bassin versant*.
- Lorsque l'eau monte et que deux bassins se rejoignent, la ligne de partage des eaux est marquée comme frontière.

Illustration sur un signal 1D :

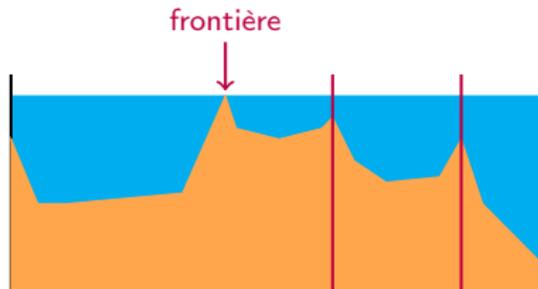


Segmentation par ligne de partage des eaux

Principe de la méthode :

- Construire la carte d'élévation.
- Remplir progressivement d'eau chaque *bassin versant*.
- Lorsque l'eau monte et que deux bassins se rejoignent, la ligne de partage des eaux est marquée comme frontière.

Illustration sur un signal 1D :



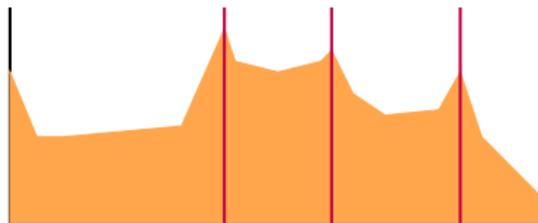
Segmentation par ligne de partage des eaux

Principe de la méthode :

- Construire la carte d'élévation.
- Remplir progressivement d'eau chaque *bassin versant*.
- Lorsque l'eau monte et que deux bassins se rejoignent, la ligne de partage des eaux est marquée comme frontière.

Illustration sur un signal 1D :

Segmentation finale



Segmentation par ligne de partage des eaux

Implémentation :

- Calculer le gradient (ou le Laplacien) de l'image.
- Commencer avec tous les pixels ayant la valeur la faible possible : ceux-ci forment l'ensemble des bassins versants initiaux.
- Pour chaque niveau d'intensité r :
 - Pour chaque groupe de pixels d'intensité r :
 - Si adjacent à exactement une région existante, ajouter ces pixels dans cette région.
 - Sinon, si adjacent à plusieurs régions simultanément, marquer comme ligne de partage des eaux.
 - Sinon, commencer une nouvelle région.

Segmentation par ligne de partage des eaux

Implémentation :

- Calculer le gradient (ou le Laplacien) de l'image.
- Commencer avec tous les pixels ayant la valeur la faible possible : ceux-ci forment l'ensemble des bassins versants initiaux.
- Pour chaque niveau d'intensité r :
 - Pour chaque groupe de pixels d'intensité r :
 - Si adjacent à exactement une région existante, ajouter ces pixels dans cette région.
 - Sinon, si adjacent à plusieurs régions simultanément, marquer comme ligne de partage des eaux.
 - Sinon, commencer une nouvelle région.

Limitation : s'il y a beaucoup de minima locaux dans le gradient, cela donne une sur-segmentation → lissage du gradient avant d'appliquer l'algorithme.

- Possibilité de choisir manuellement les bassins versants d'intérêt avec des marqueurs.

Segmentation par contour déformable

Autres terminologies : Snake, contour actif, etc.

Principe des contours déformables :

- On se donne un contour initial (modèle) près de l'objet à segmenter.
- Le but est de faire évoluer le contour pour qu'il adhère au bord de l'objet.
- La modification du contour se fait de manière itérative de façon à ce qu'il converge vers les zones de fort gradient (=contour) sous certaines contraintes (forme, longueur, etc).

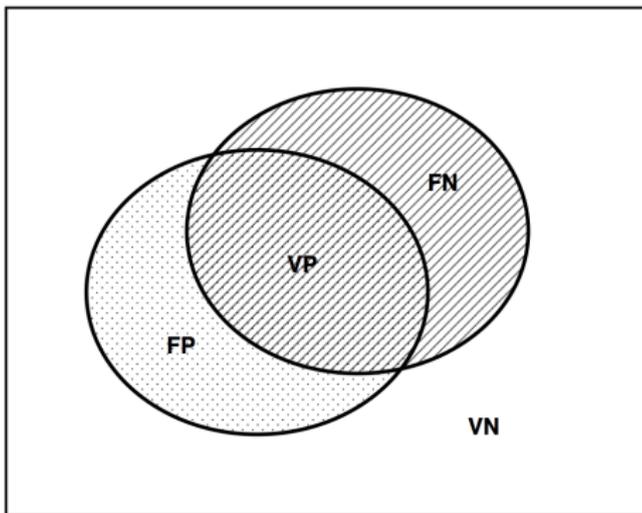
Outils utilisés :

- Contour = chemin fermé = représentation discrète.
- Définition de fonctions d'énergies interne et externe.
- Minimisation de la fonction d'énergie.

Plan du chapitre

1. Définitions
2. Segmentation par seuillage
3. Méthodes basées région
4. Autres méthodes
- 5. Critères d'évaluation de la segmentation**

Critères d'évaluation de la segmentation



VP : Vrai Positif

FP : Faux Positif



Vérité terrain (VT)

VN : Vrai Négatif

FN : Faux Négatif



Segmentation (Seg)

$$\text{sensibilité} = \frac{VP}{VP + FN}$$

$$\text{spécificité} = \frac{VN}{VN + FP}$$

$$\text{Jaccard} = \frac{VP}{VP + FP + FN}$$

$$\text{Dice} = \frac{2 VP}{2 VP + FP + FN}$$

A suivre ...

Analyse d'image – Morphologie

