

Segmentation d'images

Michèle Gouiffès

- Définitions
- 1) Après une classification : étiquetage en composantes connexes
- 2) Méthode de croissance de région
- 3) Méthode de division
- 4) Méthode de fusion
- 5) Approche mixte régions-contours

Définition de la segmentation

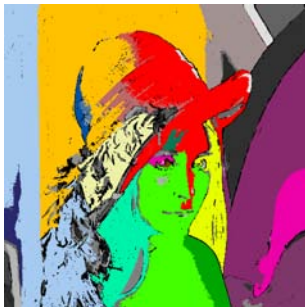
- Ensemble de zones homogènes dans l'image (homogénéité de texture, de couleur, de mouvement...).
- Partition de l'image I en sous-ensembles disjoints non-vides R_i pour $i = 1, 2 \dots M$ appelées régions contenant des pixels connexes au sens d'un prédicat et tels que $I = \bigcup_{i=1}^M R_i$
- Description en objets : simplification de l'image.

Région

- Ensemble de pixels topologiquement connexes et ayant des attributs similaires : niveaux de gris, couleur, texture, mouvement.
- Une région souvent différente d'un objet de la scène

Remarques

- Dualité contours/régions : intérieur d'un contour fermé = région
- Segmentation des contours \Rightarrow voir cours sur les contours
- Attributs utilisés pour la segmentation très variés (niveaux de gris, couleur, texture, mouvement) \Rightarrow dans ce cours les méthodes utilisent les niveaux de gris, mais peuvent être étendues à d'autres attributs.



A quoi sert la segmentation en régions ?

- Important prérequis pour les étapes de mesure, de compréhension de la scène :
 - reconnaissance d'objets
 - indexation : rechercher dans une base d'images, les images "ressemblantes" à une image initiale
 - compression
 - recalage d'images, mises en correspondance

Quelques exemples d'applications

Exemple de Segmentation de visages

Applications en indexation, biométrie.

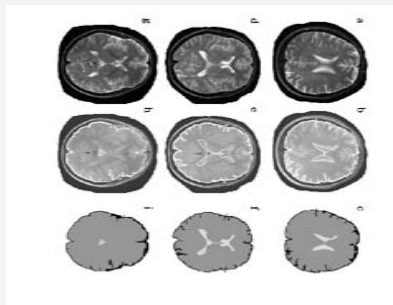


LIRIS Laboratoire d'InfoRmatique en Images et Systèmes d'information
UMR 5205 CNRS/INSA de Lyon/Université Claude Bernard Lyon 1/Université Lumière Lyon
2/Ecole Centrale de Lyon

Quelques exemples d'applications

Imagerie médicale IRM

Étude des maladies neurologiques qui altèrent la distribution entre le parenchyme du cerveau (matière grise) et liquide céphalo-rachidien.



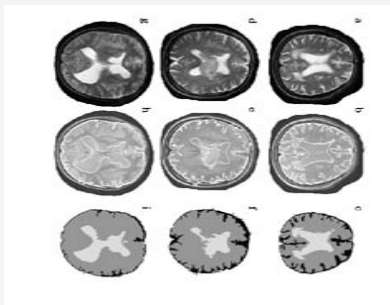
Segmentation of Brain Parenchyma and Cerebrospinal Fluid in Multispectral Magnetic Resonance (Arvid Lundervold and Geir Stovrik)

Published in IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 14, No. 2, June 1995, pp. 339-349.

Quelques exemples d'applications

Imagerie médicale IRM : cas pathogènes

Étude des maladies neurologiques qui altèrent la distribution entre le parenchyme du cerveau (matière grise) et liquide céphalo-rachidien.



Segmentation of Brain Parenchyma and Cerebrospinal Fluid in Multispectral Magnetic Resonance (Arvid Lundervold and Geir Storvik)

Published in IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 14, No. 2, June 1995, pp. 339-349.

Quelques exemples d'applications

Segmentation du mouvement

Analyse du mouvement. Segmentation des régions en mouvement.

séquence originale



séquence «compensée»



zones compactes
de mouvement résiduel
important



Application du projet VISTA à l'IRISA de Rennes

Patrick Pérez (DR INRIA), Patrick Bouthemy (DR INRIA), Aurélie Bugeau (Doctorante)

Quelques exemples d'applications

Reconnaissance d'objets, Application du LIRIS 2005 Guillaume Ryder



modèle



réponse positive



réponse négative



Quelques exemples de segmentation

Prédicat \mathcal{P}

Proposition logique : 1 si la propriété est VRAIE, 0 si elle est fausse

Prédicat d'homogénéité

ou prédicat d'uniformité : mesure l'uniformité d'une région.

Exemple :

1 si variance d'intensité $<$ seuil
0 sinon

Partition

Ensemble de régions \mathcal{R}_i tel que :

$$\left\{ \begin{array}{l} \forall i, j (\mathcal{R}_i \cap \mathcal{R}_j) = \text{ensemble vide} \\ \cup \mathcal{R}_i = \text{image} \\ \forall i : \mathcal{R}_i \neq \text{ensemble vide} \end{array} \right.$$

Méthodes globales

- Classification puis étiquetage en composantes connexes
 - Classification à partir d'histogrammes
 - Méthodes de *clustering* (k-means, c-means)
- À partir d'une extraction de contours

Méthodes locales

Se basent sur les notions de prédicats et de partitions

- Ascendantes (bottom-up) : croissance de régions
- Descendantes (top-down) : division-fusion

Méthodes mixtes régions-contours

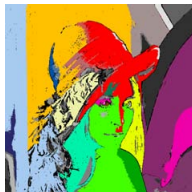
- Ligne de partage des eaux
- Coopération région-contours

Choix de la méthode

- Le choix de l'approche dépend du type d'application et du type d'images :
 - Images très structurées (objets homogènes) / Images texturées
 - Occurrence de dégradés, apparition de contours bien marqués
 - Présence de bruit ou non
 - Type d'application : détection d'une ou de quelques régions aux caractéristiques connues *a priori* ou partition de l'ensemble de l'image
 - Méthode supervisée ou non (intervention de l'utilisateur par définition des seuils sur la taille ou le nombre des régions, le niveau d'homogénéité, etc)
 - Précision de la segmentation (la segmentation doit-elle aboutir à un résultat visuellement acceptable)
 - Rapidité d'exécution
 - Compromis temps de calcul/précision



Lena



Fausses couleurs



Valeur moyenne de la région

Résultat

- Obtenir une étiquette différente pour chaque région

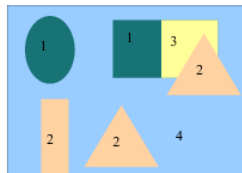
1) Après une classification

Classification \neq segmentation

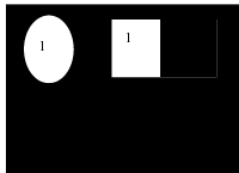
- Classification : une classe de pixels = plusieurs régions dans l'image
- Solution = étiquetage des composantes de pixels connexes pour obtenir des régions

```
Function SegmentationClassif (image Image, image ImRes, entier NbClasses)
  Pour cl= 1 à cl =NbClasses faire
    Pour (x,y) dans Image faire
      Si Image(x,y)=cl faire
        ImTemp(x,y)  $\leftarrow$  1
      Sinon ImTemp(x,y)  $\leftarrow$  0
      Fin si
      EtiquetageCompConnexes(ImTemp, Label) //étiquetage CC en commençant à l'étiquette
      Label, modification de ImTemp et Label
      Pour (x,y) dans Image faire
        Si ImTemp(x,y) !=0 faire
          ImRes(x,y)  $\leftarrow$  ImTemp(x,y)
        Fin Si           Fin pour
      Fin pour
    Fin pour
  Fin Function
```

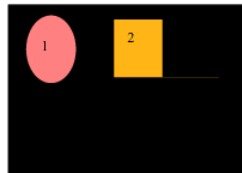
1) Après une classification



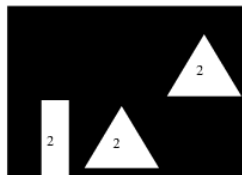
Classification en 4 classes



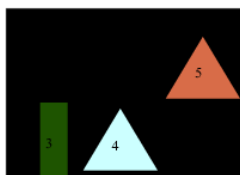
Binarisation pour sélectionner la classe 1



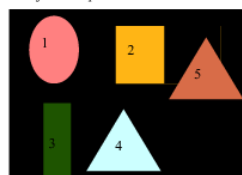
Etiquetage en composantes connexes
2 objets d'étiquettes 1 et 2



Binarisation pour sélectionner la classe 2



Etiquetage en composantes connexes
3 objets d'étiquettes 3, 4 et 5



Les nouvelles régions sont ajoutées à
l'image de région précédentes

Inconvénients

- Aboutit généralement à une sursegmentation c'est-à-dire à un bien plus grand nombre de régions que d'objets présents dans l'image. régions
de la taille du pixel
- Classification : faible prise en compte de la localisation des pixels dans l'image, du contexte, de la notion de voisinage
→ Nécessité de méthodes itératives parfois coûteuses en temps de calcul (exemple : ICM)
- Dans de nombreuses applications : nombre de classes non connu
→ Nécessité d'effectuer une classification non-supervisée.

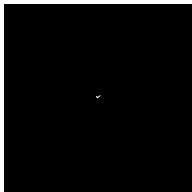
2) Croissance de région

Principe général

- Approche ascendante
- Départ d'un pixel (ou d'un groupe de pixels) d'amorce (pixel **germe**)
- Analyse de ses pixels voisins et analyse du **critère d'homogénéité \mathcal{P}**
- Croissance de la région jusqu'au **critère d'arrêt** (plus aucun pixel ne satisfait le critère)



Lena

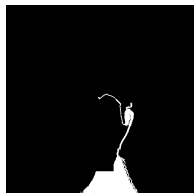


10 itérations

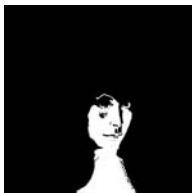


100 itérations

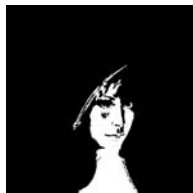
2) Croissance de région



5000 itérations



20000 itérations



Fin

Fin de la croissance lorsque le prédicat n'est plus respecté

2) Croissance de région

Algorithme

Function croissance(image Image, image PixelsNonTraites, pixel (x_{seed} , y_{seed}), image ImRes, entier LabelRegion)

Allocation Liste, Elt

Moyenne \leftarrow 0 //moyenne d'intensité de la région en cours de formation

booleen CritLocal \leftarrow 0

booleen CritGlobal \leftarrow 0

Si PixelsNonTraites(x_{seed} , y_{seed}) **faire**

Inserer(x_{seed} , y_{seed}) dans Liste

fin si

Tant que Liste non vide

Extraire (x_0 , y_0) de Liste

Si PixelsNonTraites(x_0 , y_0) =1 **faire**

ImRes(x_0 , y_0) \leftarrow LabelRegion

Mise à jour de Moyenne

PixelsNonTraites(x_0 , y_0) \leftarrow 0

Pour tout (x_v , y_v) voisin de (x_0 , y_0) **faire**

Si (x_v , y_v) n'existe pas dans Liste **faire**

CritLocal \leftarrow critereHomogeneite(Image(x_v , y_v), Image(x_0 , y_0)) // renvoie 1 si

homogénéité

CritGlobal \leftarrow critereHomogeneite(Image(x_v , y_v), Moyenne)

Si CritLocal et CritGlobal **faire**

insérer (x_v , y_v) dans Liste

fin si

fin pour

fin si

fin tant que

fin function

2) Croissance de région : choix des germes

Méthodes de sélection des germes

- De manière aléatoire, parmi les pixels qui n'ont pas été traités
- Dans le sens du balayage vidéo
- Par analyse d'histogramme.

Exemple d'analyse d'histogramme

Function detectionGerme(image Image, image PixelsNonTraites)

Calcul de l'histogramme d'intensité h de Image pour les pixels tels que
PixelsNonTraites=1

Détection du maximum de h et $i_{seed} = \text{argmax}(h)$

Pour (x,y) de Image **faire**

Si PixelsNonTraites(x,y)=1 et Image(x,y)= i_{seed} **faire**

variance ← calcul de la variance de Image dans le voisinage de (x,y)

Si variance < varianceMin **faire**

varianceMin ← variance ; $(x_{seed}, y_{seed}) \leftarrow (x,y)$

Fin si

Fin si

Fin Pour

Fin Function

Function segmentation(image Image, image Imres)

Pour (x,y) de Image **faire**

PixelsNonTraites(x,y) ← 1

Fin Pour

Faire

$(x_{seed}, y_{seed}) \leftarrow \text{detectionGerme}(\text{Image}, \text{PixelsNonTraites})$

croissance(Image, PixelsNonTraites, (x_{seed}, y_{seed}) , ImRes) //met à jour PixelsNonTraites,

modifie ImRes

Tant que pixels restants < seuil

2) Croissance de région : choix des germes

Par analyse d'histogramme

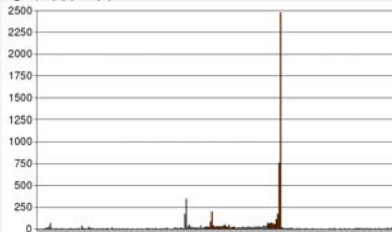
Image à traiter



2) Croissance de région : choix des germes

Par analyse d'histogramme

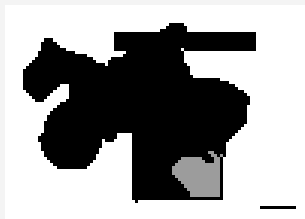
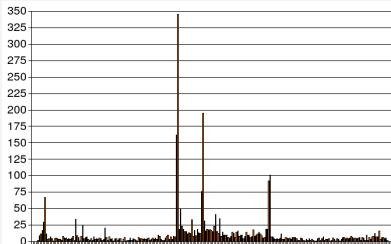
- Calcul de l'histogramme sur l'image entière
- Extraction du mode principal (niveau de gris majoritaire) dans l'histogramme (niveau de gris associé au fond)
- Croissance



2) Croissance de région : choix des germes

Par analyse d'histogramme

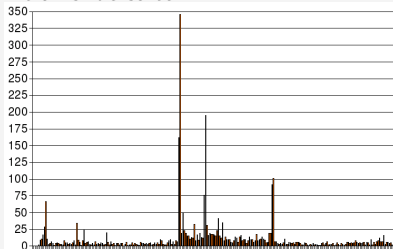
- L'histogramme est remis à jour : les pixels traités précédemment ne sont plus considérés.
- Recherche du mode principal, puis du germe.
- Croissance de région à partir du germe.



2) Croissance de région : choix des germes

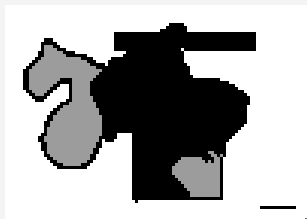
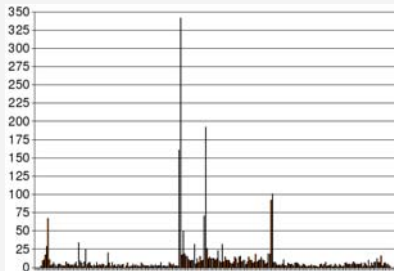
Par analyse d'histogramme

- Et ainsi de suite ...



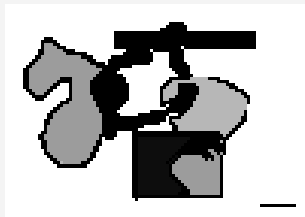
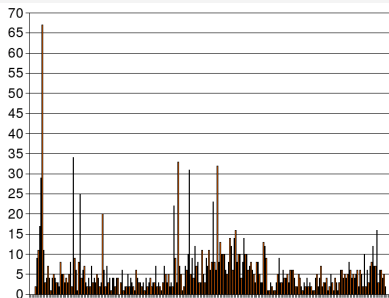
2) Croissance de région : choix des germes

Par analyse d'histogramme



2) Croissance de région : choix des germes

Par analyse d'histogramme



Il reste à définir...

- les prédicats d'homogénéité (sur quels critères un pixel est aggloméré à la région)
- le critère d'arrêt (est-ce que l'on traite toute l'image ?)

2) Croissance de région : Prédicats d'homogénéité (sur les niveaux de gris)

$p = (x, y)$: pixel à traiter, $p_0 = (x_0, y_0)$: pixel précédent, $\mu_{\mathcal{R}_i}$ moyenne de la région \mathcal{R}_i

Question : $p = (x, y)$ doit-il être agrégé à la région \mathcal{R}_i ?

- **Critère d'homogénéité local** : Distance euclidienne entre l'attribut (niveau de gris, couleur, attribut de texture) associé à p avec pixel précédent $p_0 < \sigma_l$.

$$\mathcal{P}(p) = \text{VRAI SI } ((I(p) - I(p_0))^2 < \sigma_l.$$

- **Critère d'homogénéité global** : Distance euclidienne entre l'attribut de p et la moyenne des attributs de la région en cours de formation

$$\mathcal{P}(p) = \text{VRAI SI } (I(p) - \mu_{\mathcal{R}_i})^2 < \sigma_g$$

- La distance par rapport à une approximation de la région en formation par un polynôme de degré n

- **Critère sur la variance locale** :

$$\sum_{p_v \in V_s} (I(p_v) - \mu_{V_s})^2 < \sigma_{var}$$

avec p_v un pixel appartenant au voisinage V_s du pixel traité, μ_{V_s} : moyenne des NdG dans V_s ,
 σ_{var} : seuil.

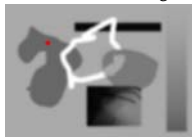
2) Croissance de région

Exemples de croissance : influence des seuils

S_l : seuil local et S_g : seuil global



Image originale



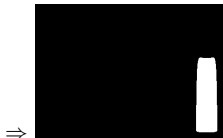
Germe



⇒

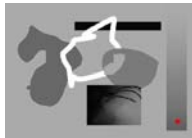


Germe

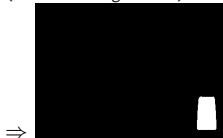


⇒

($S_l = 20$, $S_g = 45$)



Germe



⇒

($S_l = 20$, $S_g = 10$)

2) Croissance de région

Influence du choix des seuils



$S_l = 10, S_g = 60$ (15 régions)



$S_l = 10, S_g = 50$ (27 régions)



$S_l = 10, S_g = 30$ (97 régions)



$S_l = 9, S_g = 30$ (127 régions)



$S_l = 8, S_g = 30$ (286 régions)



$S_l = 7, S_g = 30$ (723 régions)

2) Croissance de région

Influence du choix des germes



Image boat



Sélection aléatoire des germes



Sélection par analyse d'histogramme

2) Croissance de région : avantages et inconvénients

Avantages

- Rapide
- Facile à mettre en œuvre

Inconvénients

- Algorithme très sensible au bruit
- Obtention de frontières non-régulières
- Peu efficace dans le cas de dégradés
- L'ordre du traitement des pixels germes peut avoir une influence sur le résultat
- Choix critique de la valeur des seuils
 - Risque de sur-segmentation, sous-segmentation
 - Dépend du type d'images à traiter

3) Algorithme de division

Principe

- Au départ : l'image entière sur laquelle le prédicat d'homogénéité \mathcal{P} n'est pas respecté en général
- Si le prédicat n'est pas respecté : division en régions
- Chaque région est examinée à son tour, etc, jusqu'à arriver au niveau du pixel

Paramètres

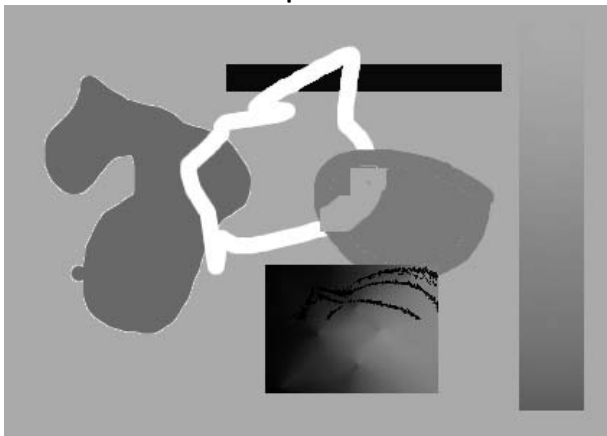
- Critère d'hétérogénéité utilisé
- Forme des régions : rectangulaire, carrée, hexagonale, régions de Voronoï
- Type de décomposition : par 4, 6, etc

Prédicat d'hétérogénéité inter-régions

$\forall(\mathcal{R}_u, \mathcal{R}_v)$ 2 régions adjacentes $\Rightarrow \mathcal{P}(\mathcal{R}_u \cap \mathcal{R}_v) = \text{FAUX}$

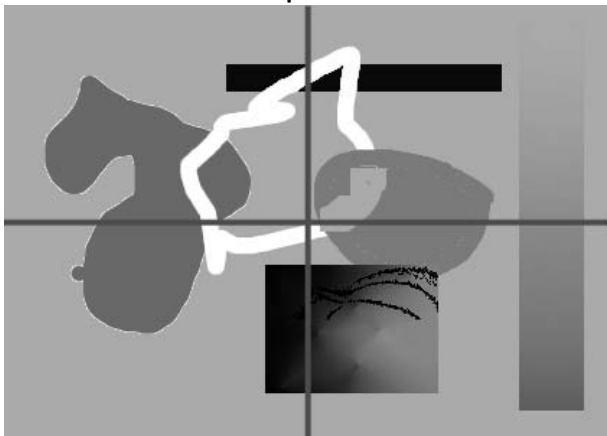
3) Algorithme de division

1ère étape : division



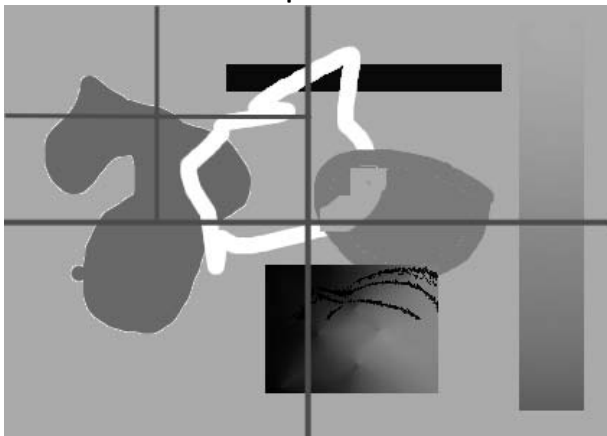
3) Algorithme de division

1ère étape : division



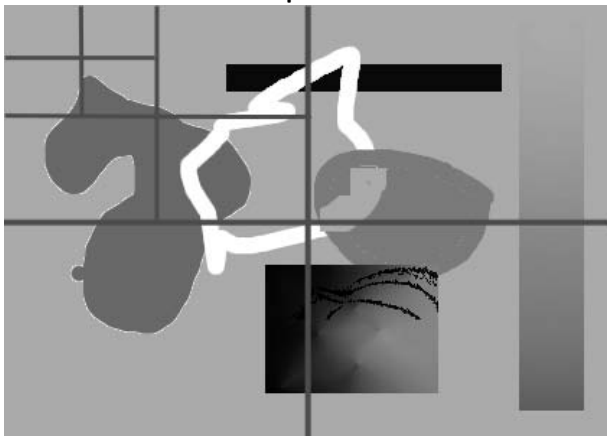
3) Algorithme de division

1ère étape : division



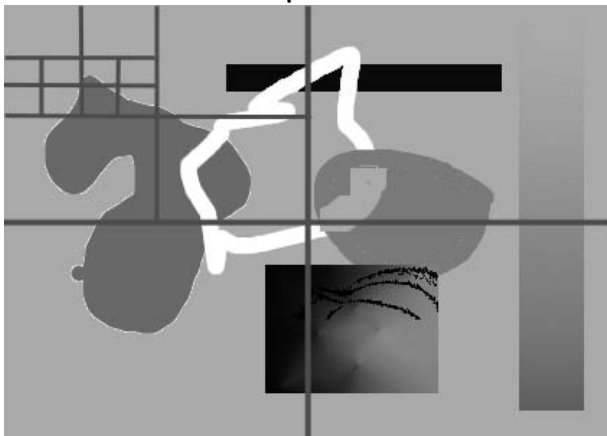
3) Algorithme de division

1ère étape : division

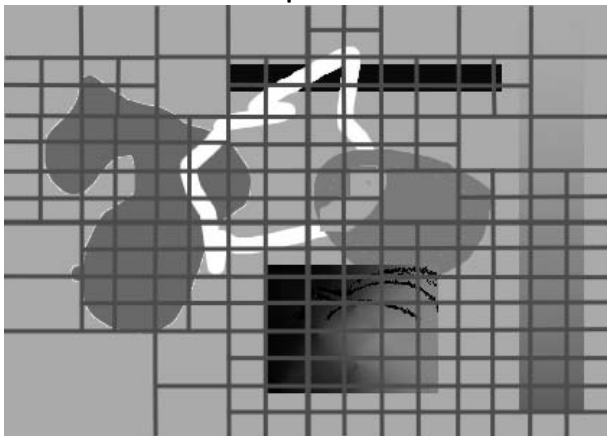


3) Algorithme de division

1ère étape : division



1ère étape : division



Exemples de prédicats d'hétérogénéité

La région \mathcal{R}_i est divisée si $\mathcal{P} = 1$.

- **Contraste** de la région

$$\mathcal{P} = \text{VRAI SI } \max_{\mathcal{R}_i}(I(p)) - \min_{\mathcal{R}_i}(I(p)) > \sigma$$

- **Écart-type** de la région :

$$\mathcal{P} = \text{VRAI SI } \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{\mathcal{R}_i} (I(x, y) - \mu)^2} > \sigma \text{ avec } N = \text{Card}(\mathcal{R}_i) \text{ et } \mu \text{ moyenne de } I \text{ sur la région.}$$

- **Distance interquartile D** sur la région (distance séparant les 25 % inférieurs des 25 % supérieurs de l'histogramme) $\mathcal{P} = \text{VRAI SI } D > \text{seuil}$

- **Différences limitées** :

$$\mathcal{P} = \text{VRAI SI } \forall (p, q) \text{ voisins } |I(p) - I(q)| > \sigma$$

- **Entropie**

$$\mathcal{P} = \text{VRAI SI } - \sum_{\mathcal{R}_i} p(I) \log(p(I)) > \sigma$$

3) Algorithmes de division

Algorithme récursif

```
function Quadtree (Image, IRes, ligne1, ligne2, col1, col2, seuil, taillemin)
  Crit ← calculcritere()
  Taille ← (ligne2-ligne1).(col2-col1)
  Si Crit>seuil et Taille>taillemin faire
    MilieuCol ← (col2+col1)/2
    MilieuLigne ← (ligne2+ligne1)/2
    Quadtree (Image, IRes, ligne1, MilieuLigne, col1, MilieuCol, seuil,
taillemin)
    Quadtree (Image, IRes, ligne1, MilieuLigne, MilieuCol, col2, seuil,
taillemin)
    Quadtree (Image, IRes, MilieuLigne, ligne2, col1, MilieuCol, seuil,
taillemin)
    Quadtree (Image, IRes, MilieuLigne, ligne2, col1, MilieuCol, seuil,
taillemin)
  Sinon
    moyenne ← 0
    Pour x=[ligne1, ligne2] et y=[col1, col2] faire
      moyenne ← moyenne+Image(x,y)
    Fin Pour
    moyenne← moyenne/(Taille)
    Pour x=[ligne1, ligne2] et y=[col1, col2] faire
      IRes(x,y) ← moyenne
    Fin Pour
Fin fonction
```


3) Algorithme de division

Exemples. Prédicat d'hétérogénéité : écart-type d'intensité



Seuil : 30
Taille min : 100



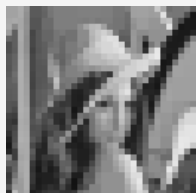
Seuil : 20
Taille min : 100



Seuil : 10
Taille min : 100



Seuil : 10
Taille min : 40



Seuil : 10
Taille min : 20



Seuil : 10
Taille min : 10

3) Algorithme de division

Exemples. Prédicat d'hétérogénéité : écart-type d'intensité



Seuil : 30
Taille min : 100



Seuil : 20
Taille min : 100



Seuil : 10
Taille min : 100



Seuil : 10
Taille min : 40



Seuil : 10
Taille min : 20



Seuil : 10
Taille min : 10

3) Algorithme de division

Après division

- Deux régions adjacentes peuvent avoir les mêmes propriétés (couleur, niveau de gris, attribut de texture)
- Nécessité de fusionner ces régions : analyse des régions 2 à 2

Pour simplifier

- Utilisation de structures de données spécifiques :
 - Le tétra-arbre
 - Les pyramides
 - Les graphes d'adjacence de régions

Tétra-arbre(quad-tree)

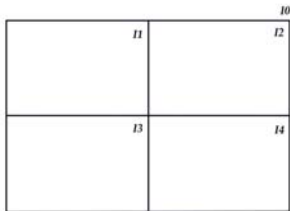
- Structure arborescente
- Un nœud = partition rectangulaire
- Racine de l'arborescence (niveau 0) : image entière dont le nombre de lignes et de colonnes est un nombre puissance de deux
- Chaque nœud au niveau k possède 4 nœuds fils au niveau $k - 1$

Analyse du tétra-arbre

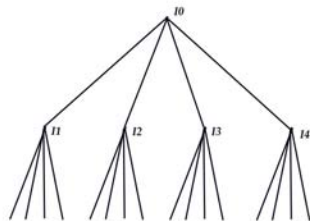
- **1ere étape :**
 - Chaque bloc (nœud du tétra-arbre) est analysé (division ou non ?)
 - Arrêt : lorsque tous les sous-blocs respectent un critère d'homogénéitéAprès 1ere étape : certains blocs adjacents possèdent des caractéristiques identiques
- **2eme étape :**
 - Fusion des blocs répondant à un critère d'homogénéité.
 - Arrêt : lorsque plus aucune fusion n'est possible.

3) Algorithme de division-fusion : structures de données

Tétra-arbre(quad-tree)



Division de l'image en quadrants



Structure de données Quadtree

3) Algorithme de division-fusion : avantages et inconvénients

Avantages

- Méthode à la fois globale et locale : globale lors de la division, et locale lors de la fusion
- Moins sensible au bruit que la croissance

Inconvénients

- Méthodes parfois complexes d'un point de vue algorithmique : manipulation de lourdes structures de données
- Découpage en régions non fidèle à l'image originale :
régions rectangulaires dans le cas du quadtree
améliorations possibles : partitions de Voronoï

4) Fusion de régions (*region merging*)

- Approche ascendantes (Bottom-up) utilisée après une sursegmentation (division-fusion) ou sur l'image brute

Méthode de fusion sur l'image brute :

- Tous les pixels sont visités systématiquement
- Test de \mathcal{P} sur chaque carré de 2×2 pixels

Si \mathcal{P} est vrai, les 4 pixels sont regroupés en une région

- Une fois toute l'image parcourue : test du prédicat sur des groupes de 2×2 régions (formées à l'étape précédente)
 - Le prédicat est testé en considérant la moyenne de la région 2×2
 - S'il est accepté, les 4 régions sont regroupées en une seule région

Les algorithmes de fusion diffèrent par

- la forme des régions de fusion
- les critères de fusion
- l'ordre dans lequel se font les fusions

4) Fusion de régions (*region merging*)

Algorithme récursif

```
function Fusion (Image, IRes, ligne1, ligne2, col1, col2, seuil)
  Pour tout (x,y) faire
    IRes(x,y) ← Image
  Fin pour
  Largeur ← 0
  Faire
    Largeur ← Largeur +2
    Pour x allant de ligne1 à ligne2 par pas Largeur
      Pour y allant de col1 à col2 par pas de Largeur faire
        critère ← calcul critere d'homogénéité
        Si critère < seuil faire
          NbChgt ← NbChgt +1
          moyenne ← 0
          Pour u=[x, x+Largeur] et v=[y, y+Largeur] faire
            moyenne ← moyenne+ Image(u,v)
          Fin Pour
          Pour u=[x, x+Largeur] et v=[y, y+Largeur] faire
            IRes(u,v) ← moyenne
          Fin Pour
        Fin si
      Fin pour
    Fin pour
  Tant que NbChgt !=0
Fin function
```


4) Fusion de régions (*region merging*)

Exemples. Prédicat d'homogénéité : écart-type d'intensité



Seuil : 10



Seuil : 30



Seuil : 50



Seuil : 10



Seuil : 30



Seuil : 50

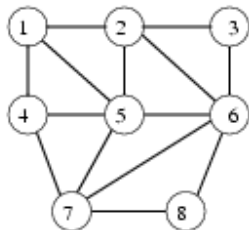
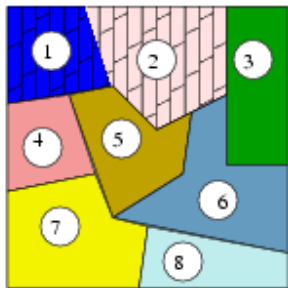
Le graphe d'adjacence de régions

- Structure de données utilisées après une sur-segmentation (partition trop fine par rapport au résultat attendu)
- Une région est représentée par un nœud
- Un arc définit une relation d'adjacence
- Une fonction de similarité est définie entre deux nœuds

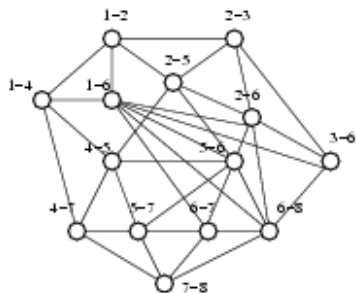
Principe :

- Tri de tous les nœuds adjacents dans une liste
- Regroupement des deux meilleurs candidats : fusion
- Mise à jour de la liste et itération

4) Algorithme de fusion : graphes d'adjacence



4) Algorithme de fusion : graphes d'adjacence



	1	2	3	4	5	6	7	8
1		1	0	1	1	0	0	0
2	1		1	0	1	1	0	0
3	0	1		0	0	1	0	0
4	1	0	0		1	0	1	0
5	1	1	0	1		1	1	0
6	0	1	1	0	1		1	1
7	0	0	0	1	1	1		1
8	0	0	0	0	0	1	1	

Outils de manipulation du GAR.

4) Algorithme de fusion : graphes d'adjacence

Exemple de fusion à partir du GAR

- Pondération de chaque arête du GAR proportionnellement à la distance (en niveaux de gris ou colorimétrique, etc) entre deux régions
- **À chaque itération**
 - recherche des régions reliées par l'arête de poids minimal
 - les poids des arêtes sont mis à jour en fonction de l'aire des régions et de leur distance colorimétrique (privilégier les régions adjacentes de faible surface)
- **Arrêt de l'algorithme :**
 - soit lorsqu'un nombre d'itérations est atteint
 - soit lorsque les poids des arêtes atteignent une valeur limite

5) Approche mixte : ligne de partage des eaux

Approche mixte de segmentation

Nécessite :

- la détection des contours, calcul du gradient
- la détection des fonds des bassins : minima locaux

Principe

- Méthode issue de la morphologie mathématique
- L'image est considérée comme une surface (terminologie de géographie) :
 - pixels de faible amplitude (faible valeur) = **vallée**
 - pixels de forte amplitude = **crête**
- **Ligne de partage des eaux** = crête formant la limite entre deux *bassins versants*
- Différents types d'algorithmes : **innondation**, **immersion**

5) Approche mixte : Ligne de partage des eaux

Algorithme d'inondation : principe

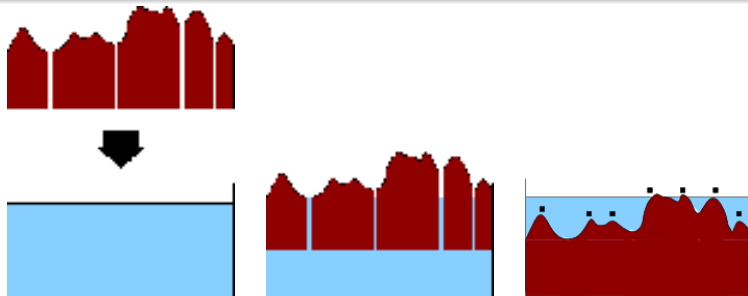
- Recherche des minima locaux de l'image des gradients
- Etiquetage des minima (une étiquette unique pour chaque région) : les minima locaux adjacents ont la même étiquette
- Chaque pixel non-étiqueté = *robinet virtuel* : chaque *goutte* tombe suivant le plus grand minimum jusqu'à atteindre un pixel étiqueté
- Le pixel courant prend la valeur du pixel étiqueté



5) Approche mixte : Ligne de partage des eaux

Algorithme d'immersion : principe

- Des *trous* sont percés au niveau des vallées (bassin)
- Entrée de l'eau dans les bassins
- Si un bassin est sur le point de déborder, un *barrage* est construit sur la crête, à une hauteur identique à la hauteur de crête la plus importante



Algorithme d'immersion

Initialisation

- Calcul du gradient
- Recherche des minima locaux du gradient (bassins)
- Affectation d'un étiquette unique à chaque minimum détecté
- Immersion des quatre pixels voisins associés à chaque minimum

TANT qu'il reste des pixels à traiter, FAIRE

- Pour chaque pixel immergé à l'étape précédente : immersion de ses quatre pixels voisins
- Lorsque deux bassins (2 étiquettes différentes) se rejoignent : obtention d'un pixel de ligne de partage des eaux

Détection des minima locaux

- Utilisation de seuils sur la valeur des minima locaux
- Seuil sur le nombre total de minima locaux
- Méthodes de classification (sur les niveaux de gris, couleur, texture, etc)
- Méthodes d'analyse multi-échelle

- **Le traitement des images.** Henri Maître, chez Hermes Science Publications
- **Analyse d'images : filtrage et segmentation.** J-P. Cocquerez et S. Philipp. chez MASSON
- **Introduction au traitement d'images.** Diane Lingrand. chez Vuibert
- **Image numérique couleur. De l'acquisition au traitement.** A. Trémeau, C. Fernandez, P. Bonton.
- **Computer Vision. A modern Approach.** Forsyth et Ponce.
[http : //www.cs.berkeley.edu/ daf /bookpages/slides.html](http://www.cs.berkeley.edu/~daff/bookpages/slides.html)