

# SEGMENTATION

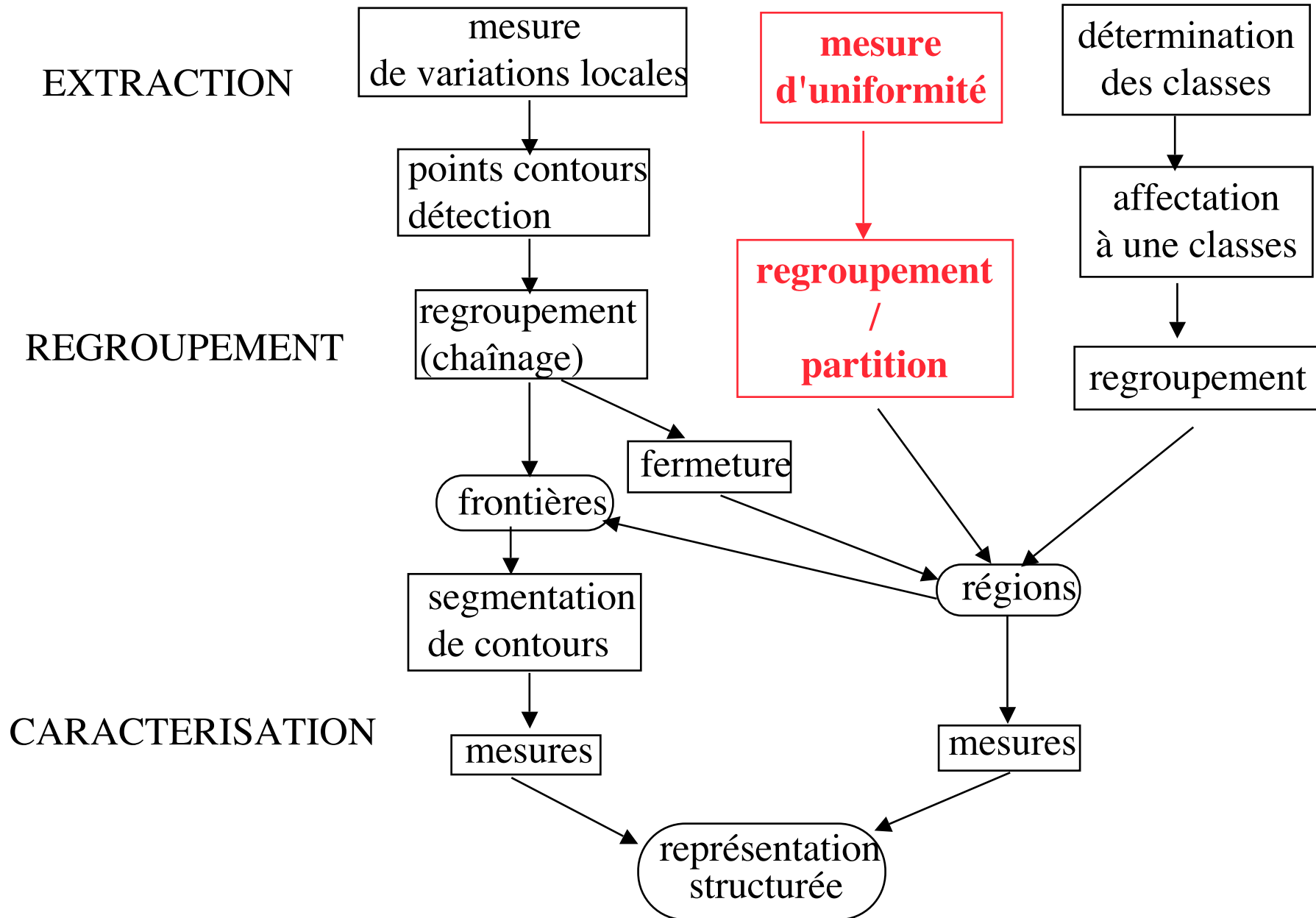
- **CONTOURS**

- **RÉGIONS**

  - **CLASSIFICATION**

  - **RESSEMBLANCE (FUSION / PARTITION)**

CONTOURS / RÉGIONS / CLASSIFICATION



## SEGMENTATION : Définition

Une segmentation est une partition de l'image en régions  $R_1, R_2, \dots, R_n$  vérifiant un critère d'homogénéité

1.  $\forall i, R_i$  est connexe  $\Rightarrow$  fusion des pixels voisins
2.  $\forall i, j, i \neq j, R_i \cap R_j = \emptyset$
3.  $\cup R_i = I$
4.  $\forall i, P(R_i) = VRAI$   $P$  : prédicat  $\rightarrow$  homogénéité
5.  $\forall i, j, i \neq j, R_i$  et  $R_j$  connexes,  $P(R_i \cup R_j) = FAUX$

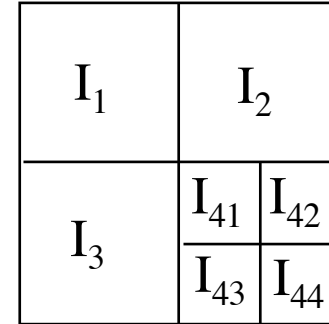
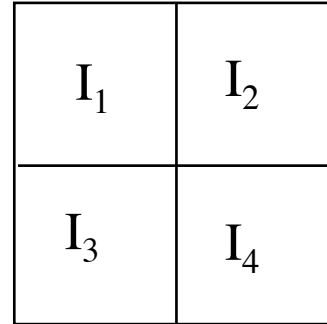
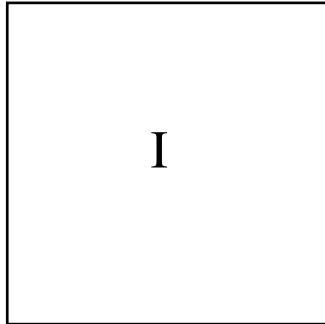
} partition

on cherche la partition maximale (les plus grandes régions possibles)

5  $\rightarrow$  4 : partition

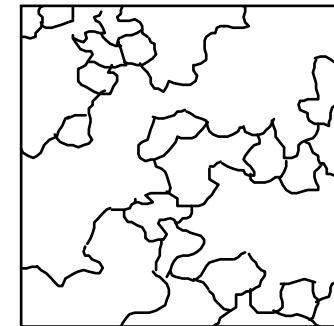
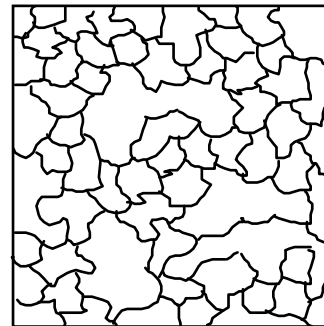
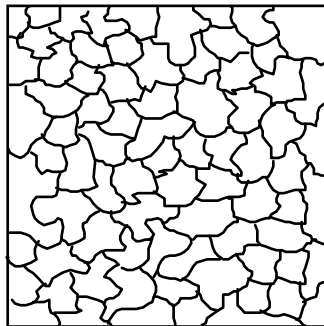
4  $\rightarrow$  5 : fusion

# SEGMENTATION : Partition / Fusion



**Partitions**

jusqu'à : 4.  $\forall i, P(R_i) = \text{VRAI}$   
 (inutile de partitionner davantage)

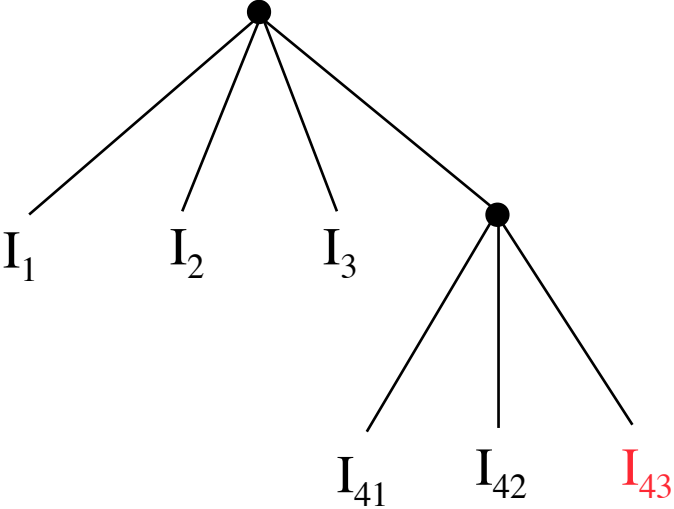
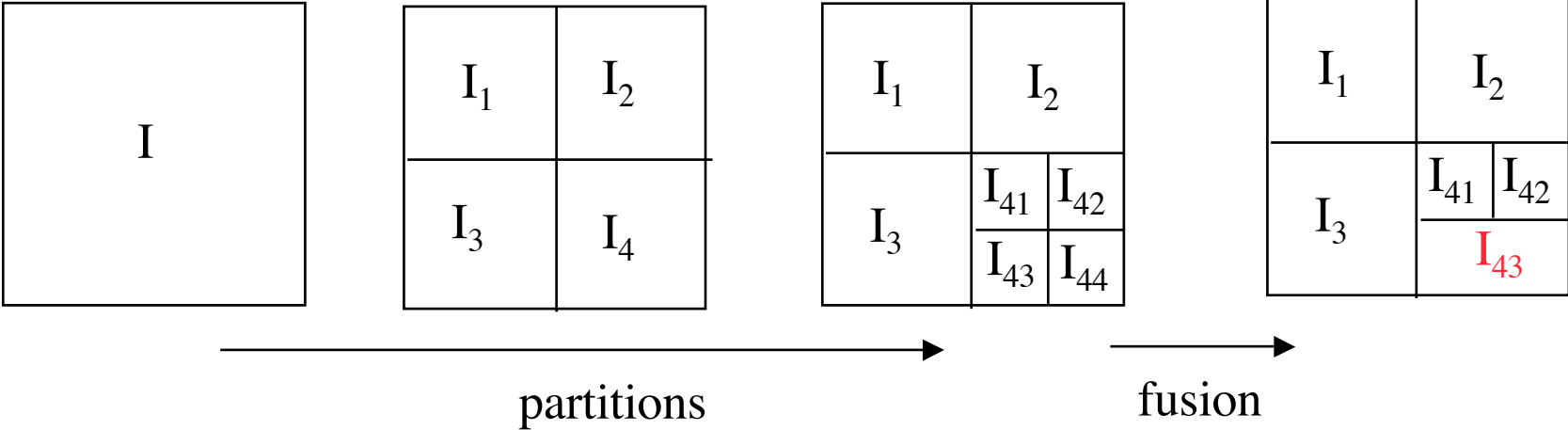


**Fusions**

jusqu'à : 5.  $\forall i, j, i \neq j, R_i \text{ et } R_j \text{ connexes}, P(R_i \cup R_j) = \text{FAUX}$   
 (on ne peut plus regrouper de paires de régions)

# SEGMENTATION : Partition et Fusion

(Split and merge)



## SEGMENTATION: prédicats d'homogénéité

Test sur la fusion des régions  $R_i$  et  $R_j$  . soit  $R_k = R_i \cup R_j$

$$P_1(R_k) : \max(R_k) - \min(R_k) < S_1$$

$$P_2(R_k) : | \text{Moyenne}(R_i) - \text{Moyenne}(R_j) | < S_2$$

$$P_3(R_k) : \text{Variance}(R_k) < S_3$$

$$P_4(R_k) : \text{Gradient\_moyen}(R_i, R_j) < S_4$$

gradient moyen de la frontière entre  $R_i$  et  $R_j$

= moyenne des différences des pixels de part et d'autre de la frontière

$$S_2 = S_1 ; S_3 = S_2^2$$

## SEGMENTATION: algorithme de fusion

Initialisation : - partitionner l'image en petites régions

- calculer
  - les attributs de chaque région
  - les attributs des couples de régions
- construire la liste ordonnée des régions fusionnables

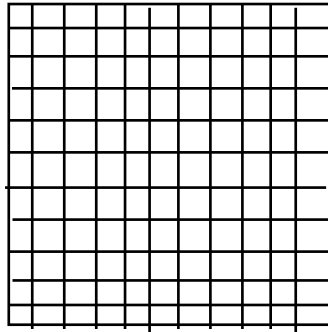
Tant que il y a des régions fusionnables

- sélectionner le meilleur couple
- fusionner les 2 régions et mettre à jour les attributs
- mettre à jour la liste des régions fusionnables

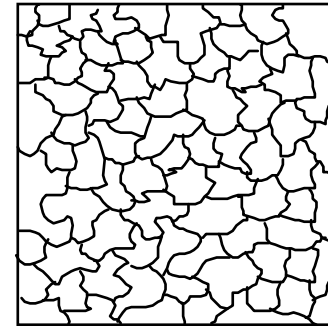
# SEGMENTATION: algorithme de fusion

## Partition initiale

découpage géométrique



regroupement des pixels voisins identiques



**Attributs :**

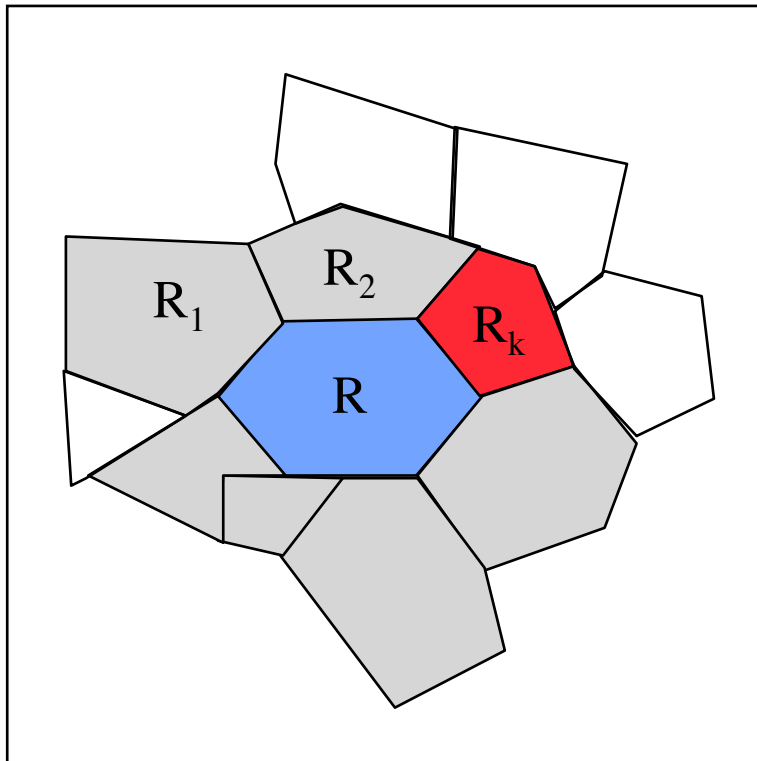
- **de chaque région**  $\sum_{R_i} I_{x,y}$ ,  $\sum_{R_i} I_{x,y}^2$ ,  $\max_{R_i}(I_{x,y})$ ,  $\min_{R_i}(I_{x,y})$ ,  $aire(R_i)$

- **de chaque couple de régions**

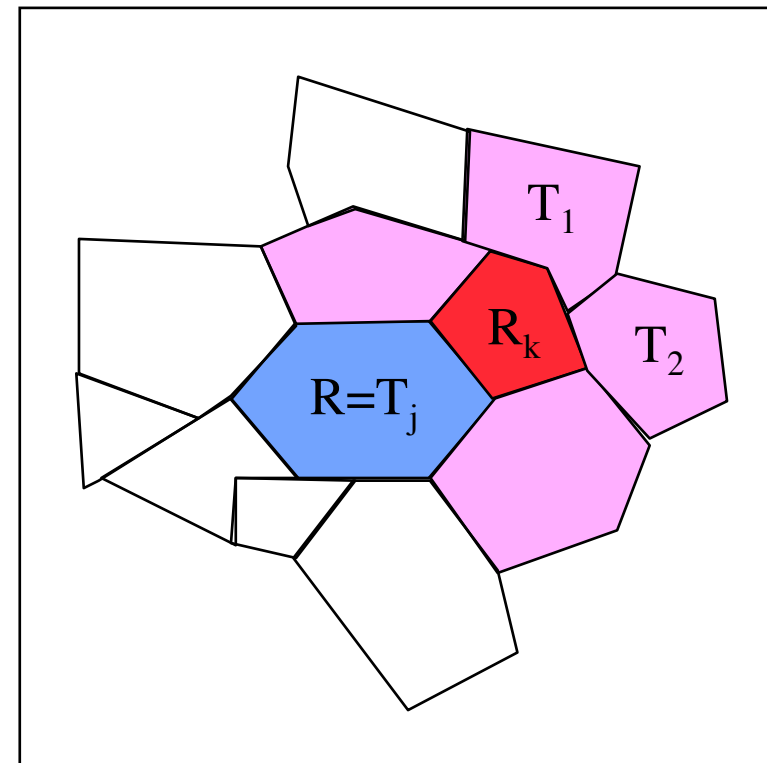
nombre de couples de points définissant la frontière  
somme des différences de niveau de gris de ces points

## SEGMENTATION: algorithme de fusion

Détermination des régions fusionnables : principe d'**affinité**



$R_k$  est le voisin le plus ressemblant à  $R$



$T_j$  (cad  $R$ ) est le voisin le plus ressemblant à  $R_k$

alors  $R_k$  et  $R$  respectent le principe d'**affinité** et sont fusionnables

## SEGMENTATION: algorithme de fusion

Détermination des régions fusionnables : principe d'**affinité**

Soit  $d$  la mesure utilisée pour évaluer le prédicat  $P$ , cad telle que :

$$P(R_i \cup R_j) \text{ est vrai si } d(R_i, R_j) < S$$

Soit  $R$  la région courante

et  $V_R = \{R_1, R_2, \dots, R_p\}$  l'ensemble des régions voisines de  $R$

1. chercher  $R_k$  tel que  $d(R, R_k) = \min d(R, R_i), R_i \in V_R$

Si  $d(R, R_k) < S$  ( cad  $P(R \cup R_k)$  est vrai ) :

soit  $V_{R_k} = \{T_1, T_2, \dots, T_q\}$  l'ensemble des régions voisines de  $R_k$

(remarque :  $R \in V_{R_k}$ )

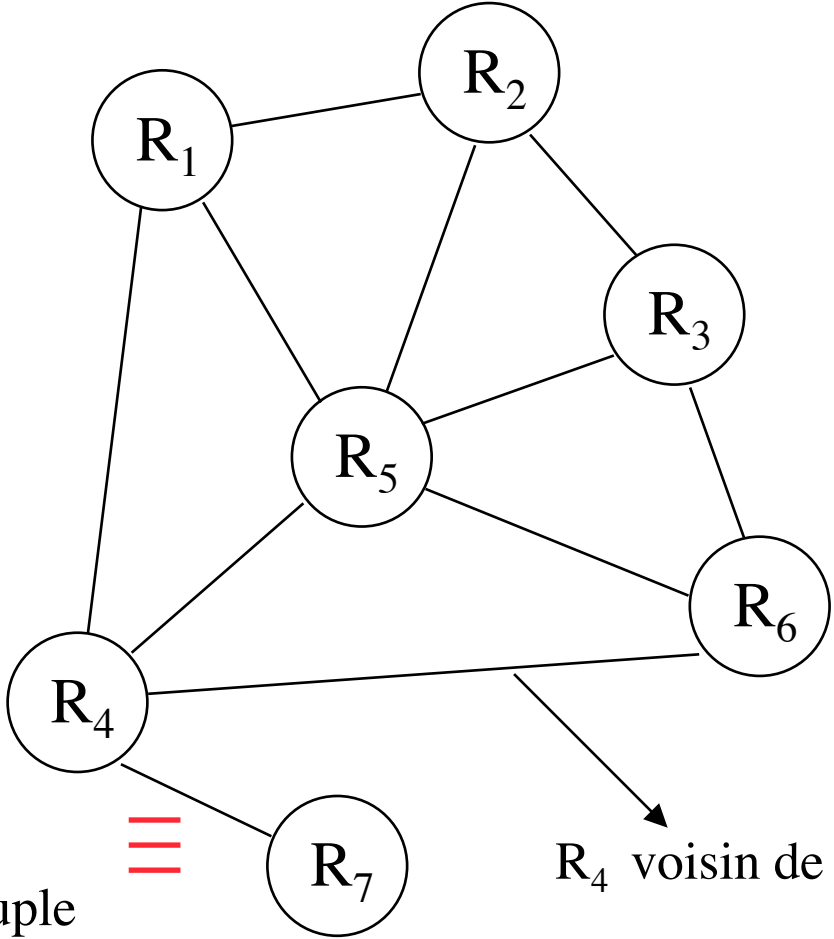
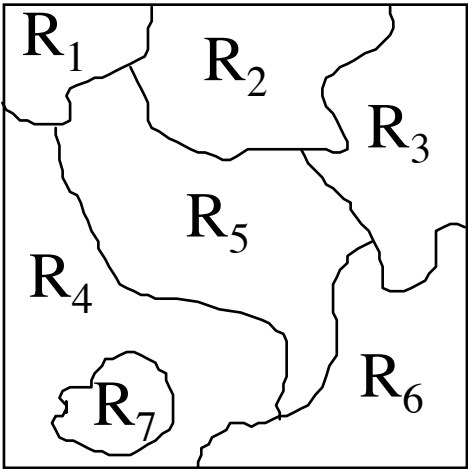
2. si  $d(R_k, R) = \min d(R_k, T_i), T_i \in V_{R_k}$

alors  $R$  et  $R_k$  sont fusionnables

# SEGMENTATION: représentation

graphe d'adjacence

carte des régions



attributs de la région



attributs du couple



R<sub>4</sub> voisin de R<sub>6</sub>

## SEGMENTATION: Approche variationnelle

Recherche d'une **théorie générale de la segmentation**

### Objectifs de la segmentation :

- des régions homogènes (selon un critère donné), dans un but :
  - de réduction du bruit
  - d'interprétation
- une localisation précise des contours

### Principe :

Combiner tous les critères concernant un ensemble de contours  $K$  en une seule fonctionnelle  $E(K)$  à valeurs réelles.

$E(K)$  fournit une évaluation de la qualité de la segmentation.

Par convention :

$E(K)$  est d'autant plus petit que la segmentation est bonne

## SEGMENTATION: Approche variationnelle

Arguments :

- les méthodes heuristiques sont complexes (fort paramétrage)
- nécessité d 'un critère de comparaison des méthodes de segmentations
- les méthodes existantes peuvent s 'exprimer selon la minimisation plus ou moins explicite d 'une fonctionnelle (justification a posteriori)
- la formulation variationnelle se déduit d 'une axiomatisation classique en TI : l 'analyse multi-échelle

## Analyse multi-échelle d'une image

Soit  $u_0(x)$ , l'image initiale, définie comme une fonction réelle du niveau de gris :

L'analyse multi-échelle consiste à générer une séquence d'images  $u_\lambda(x)$ , où  $u_\lambda(x)$  est de plus en plus simplifiée, schématisée, quand  $\lambda$  augmente.

On note  $S_\lambda$  la correspondance :  $u_0 \rightarrow u_\lambda$

On a soit  $S_\lambda(u_0) = u_\lambda$ , l'image

soit  $S_\lambda(u_0) = (K_\lambda, u_\lambda)$ , si on représente explicitement les frontières  $K_\lambda$

**Propriétés** de toute analyse multi-échelle :

- Fidélité :  $u_\lambda \rightarrow u_0$  quand  $\lambda \rightarrow 0$
- Causalité :  $S_\lambda(u_0)$  ne dépend que de  $S_{\lambda'}(u_0)$  si  $\lambda > \lambda'$
- Invariance euclidienne : si  $A$  est une isométrie,  $S_\lambda(u_0 \circ A) = (S_\lambda(u_0)) \circ A$
- Causalité forte (dans le cas où on représente les frontières) :  $K_\lambda \subset K_{\lambda'}$ , si  $\lambda > \lambda'$

## Analyse multi-échelle et détection des frontières

- La détection des frontières est une forme de différentiation
- L 'image doit donc être filtrée (lissée) avant différentiation
- d 'où le lien entre détection des frontières  
et théorie de filtrage multi-échelle.
- Il y a plusieurs théories du filtrage multi-échelle

## SEGMENTATION: Approche variationnelle

Soit  $\{R_i\}$  une partition possible de l'image

$g$  la fonction image

$u$  la fonction image reconstruite en affectant à chaque région son niveau moyen

$K$  l'ensemble des frontières fournies par cette partition

$l(K)$  la longueur de cette frontière

$$E(K) = \int_{\Omega \setminus K} |u - g|^2 + \lambda \cdot l(K) \quad \text{énergie à minimiser}$$

fidélité      simplicité

$\lambda$  : paramètre d'échelle (  $\lambda$  grand pénalise les frontières => peu de régions)

$R_i$  et  $R_j$  peuvent être fusionnées si cela diminue l'énergie  $E(K \setminus \delta(R_i, R_j)) \leq E(K)$

$\delta(R_i, R_j)$  = frontière commune aux 2 régions

$$E(K \setminus \delta(R_i, R_j)) - E(K) = \frac{|R_i| \cdot |R_j|}{|R_i| + |R_j|} \cdot |u_i - u_j|^2 - \lambda \cdot l(\delta(R_i, R_j))$$

# SEGMENTATION: Approche variationnelle

## Partition optimale

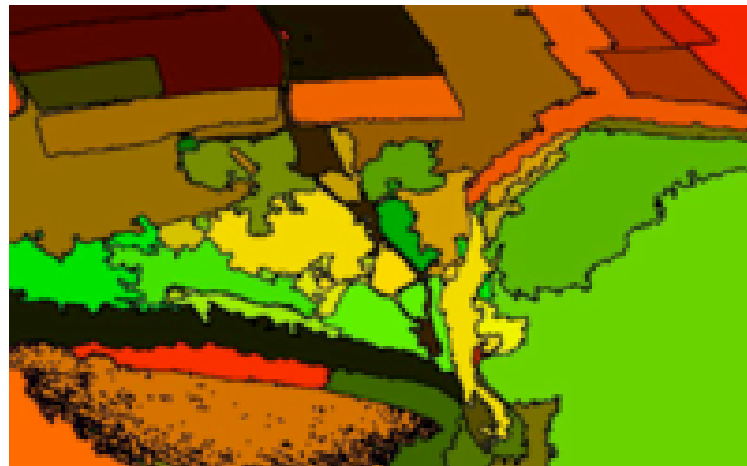
### Algorithme

1. Soit  $(u_0, \lambda_0)$  une segmentation initiale (triviale) de l'image
2. Pour tout couple de régions voisines, calculer la valeur  $\lambda$  pour laquelle une fusion est possible.  
Ordonner les couples par valeur croissante de  $\lambda$
3. Tant que test\_arrêt non satisfait  
Effectuer la fusion du couple correspondant à la plus petite valeur de  $\lambda$ .  
Mettre à jour la structure de donnée.

Test\_arrêt : nombre minimum de régions  
valeur maximum de  $\lambda$

# SEGMENTATION: Approche variationnelle

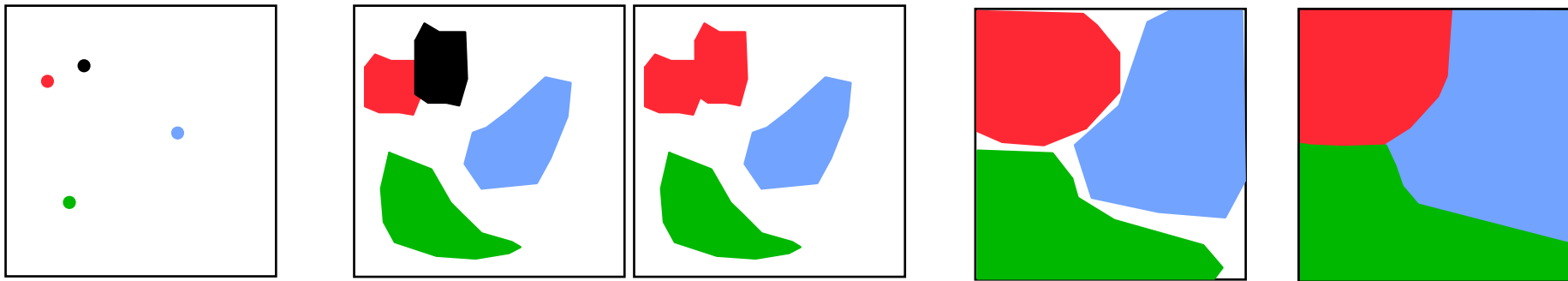
Partition optimale



# SEGMENTATION : multi-croissance

## Principe

- Déterminer des germes de région dans l'image.
- En parallèle pour chaque région, agglomérer les pixels voisins de la région qui lui "ressemblent".
- Les frontières sont obtenues quand 2 régions se rencontrent, après avoir vérifié que les 2 régions ne sont pas fusionnables (cas de 2 germes dans la même région)



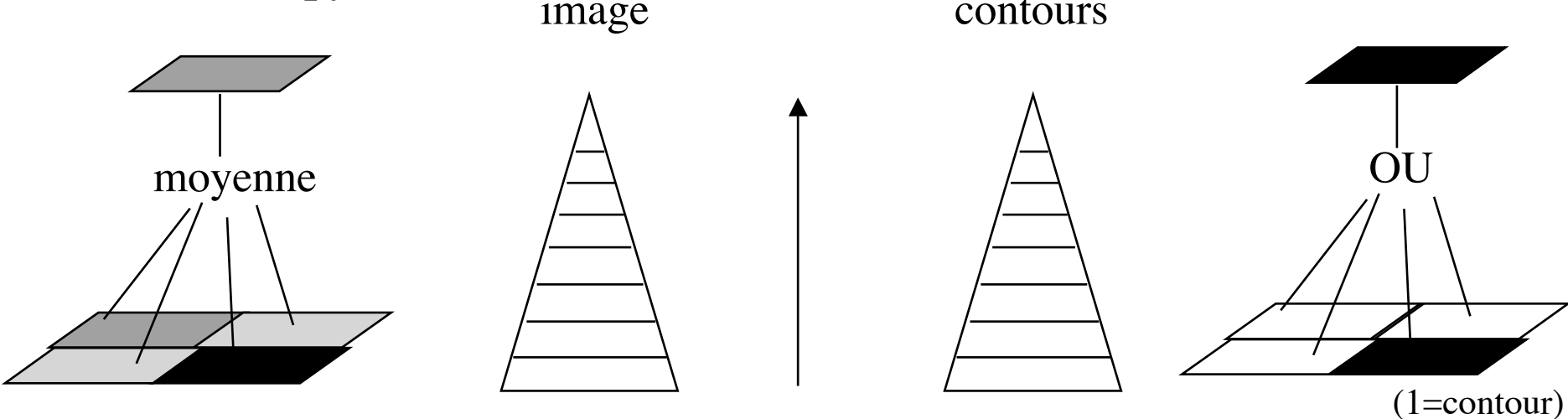
fusion

## Initialisation

- hasard
- interactive
- contours  $\rightarrow$  fermeture  $\rightarrow$  remplissage  $\rightarrow$  squelettes
- contours  $\rightarrow$  épaissement  $\rightarrow$  points médians

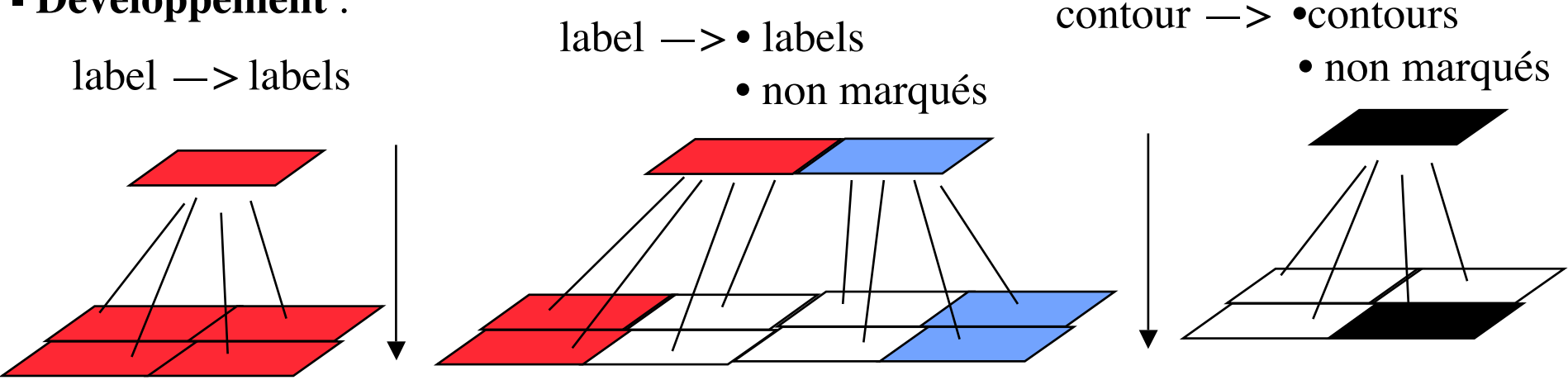
# SEGMENTATION : multi-croissance et hiérarchie

**- Création des pyramides :**



**- Points de départ :** derniers pixels non contours de la pyramide des contours → labels

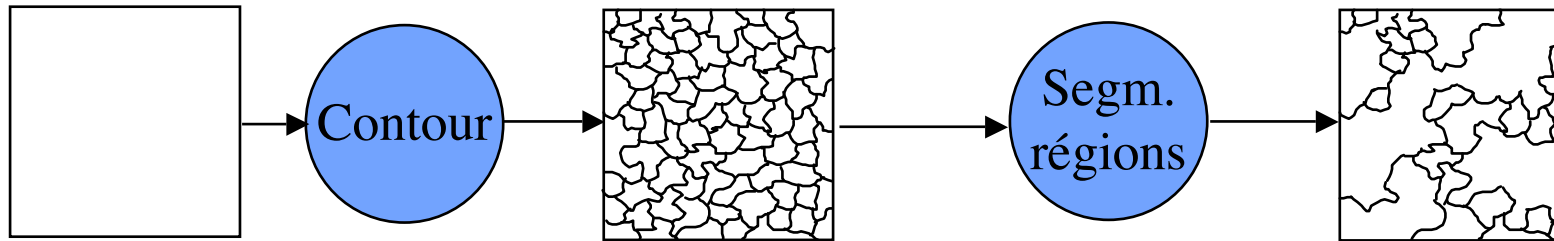
**- Développement :**



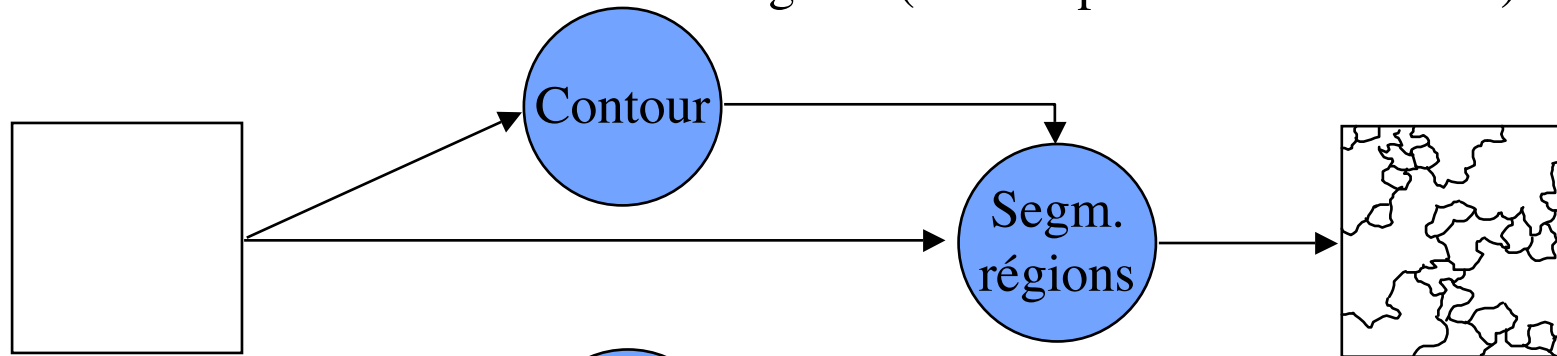
**- Classement des points non marqués**

# SEGMENTATION : Combinaison contours-région

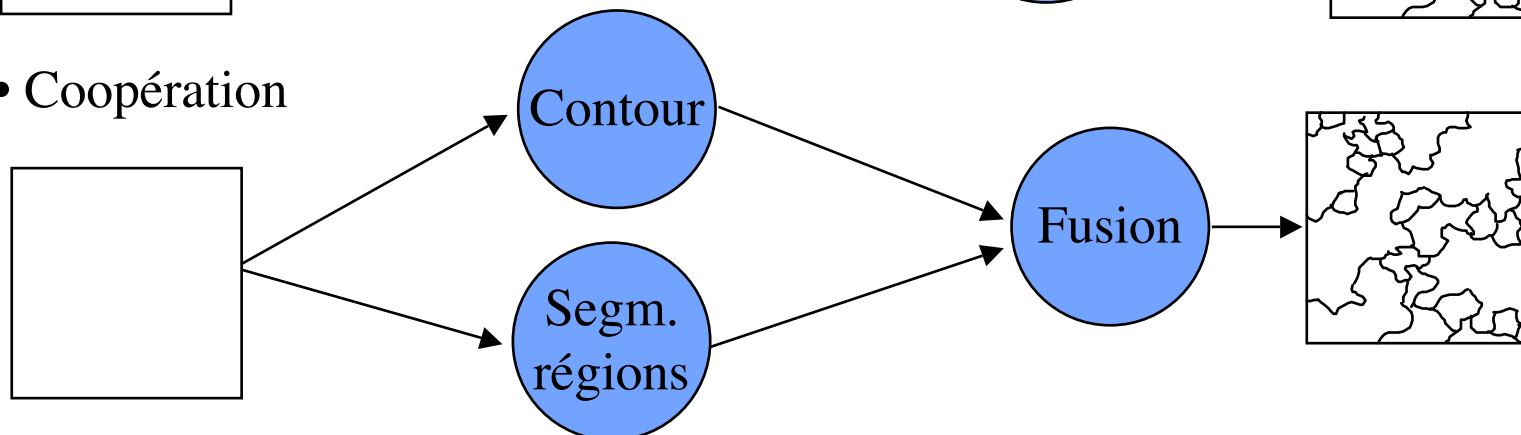
- Contour pour initialiser un processus de fusion de régions



- Contour contrôlant la fusion de régions (dans le paramètre de fusion)



- Coopération

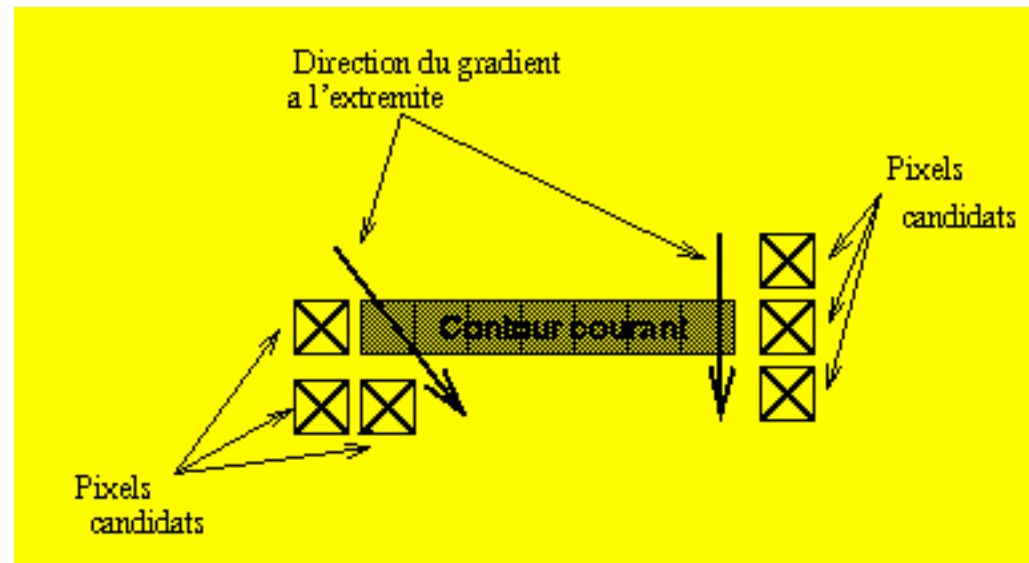
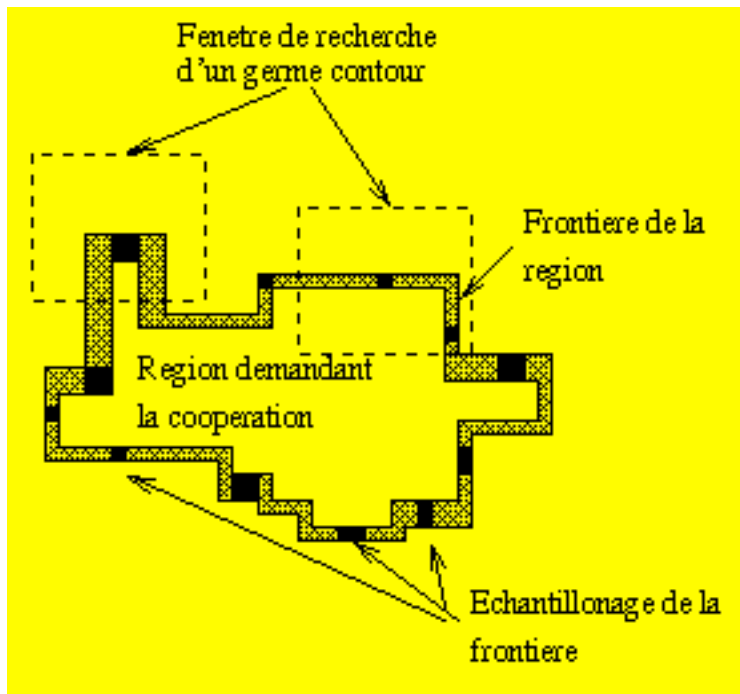


# SEGMENTATION: coopération contours - régions par multi-agents

segmentation pixel par pixel

TIMC-Grenoble

Agents régions : la frontière de la région en cours de construction est l'ensemble des pixels candidats pour la prochaine agrégation.  
Une fonction d'agrégation détermine le pixel à agréger.



Agents contours : les candidats pixels se trouvent à chaque extrémité du contour en construction.  
Une fonction d'agrégation détermine le pixel à agréger.

