

Stage M2 Recherche

Arbre des coupes multivalué pour l'analyse d'images

Encadrement : Benoît Naegel & Adrien Krähenbühl

Romain Perrin

Sommaire

- I. Contexte
- II. Structures, algorithmes et approche historique
- III. Arbre des coupes multivalué
- IV. Méthode de construction
- V. Résultats et observations

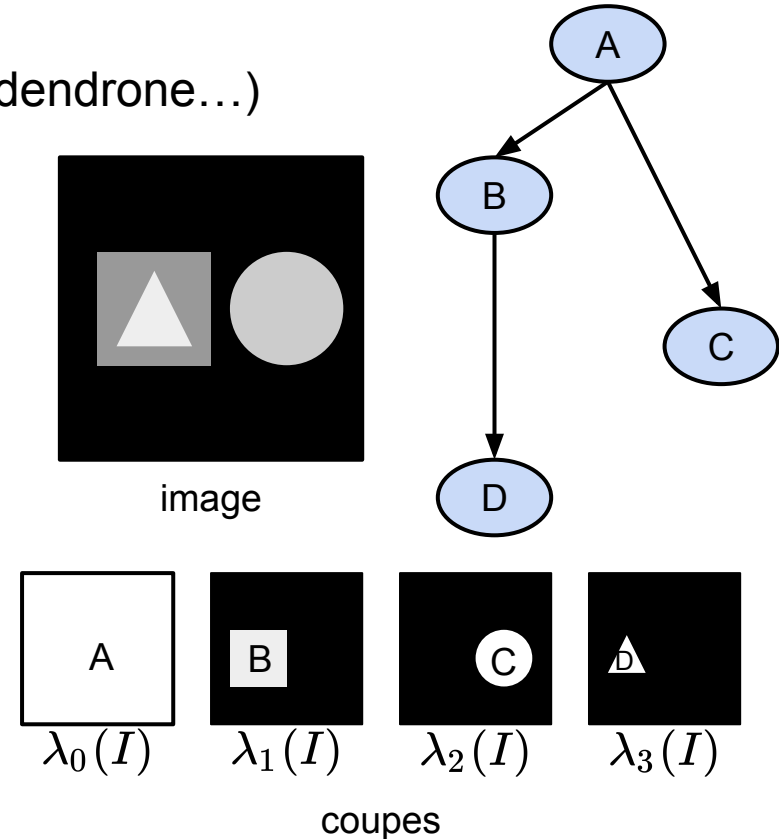
I - Contexte

- morphologie mathématique
- opérateurs connexes
- théorie des ensembles
- traitement d'images
- représentations hiérarchiques des images

II - Structures, algorithmes et approche historique

Arbre des coupes (max-tree, component-tree, dendrone...)

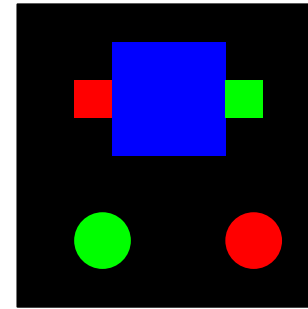
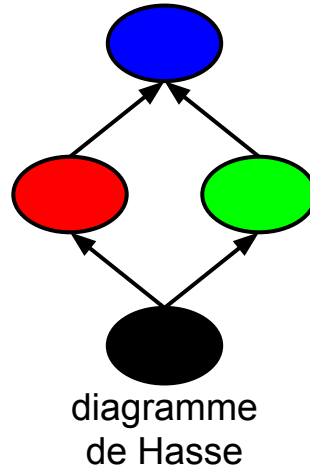
- ensembles de niveaux (pixels de niveau > seuil)
- composantes connexes des ensembles de niveaux
- relations d'inclusion des composantes connexes
- structure d'arbre
- ensembles munis d'une relation d'ordre total



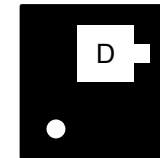
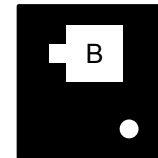
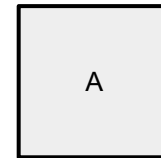
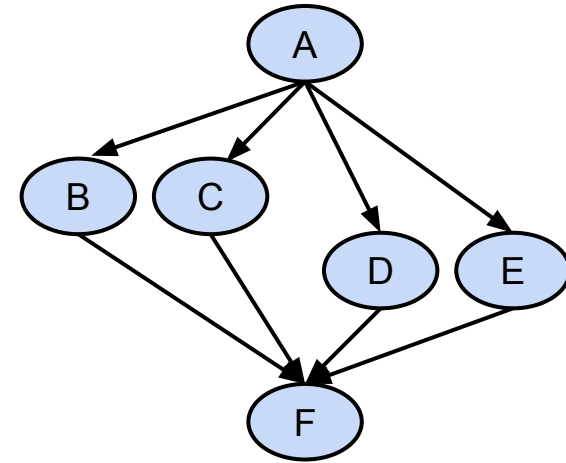
II - Structures, algorithmes et approche historique

Graphe des coupes (Component-graph)

- extension de l'arbre des coupes (ordres partiels)
- diagramme de Hasse (ordre)
- plusieurs variantes
- complexité algorithmique
- nature de l'ordre partiel



image

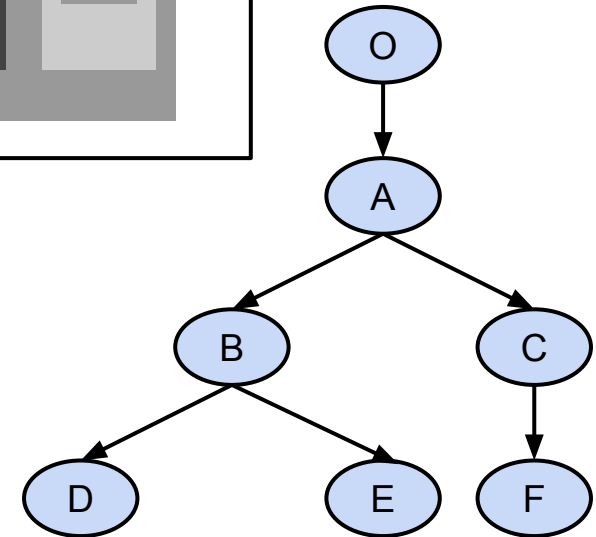
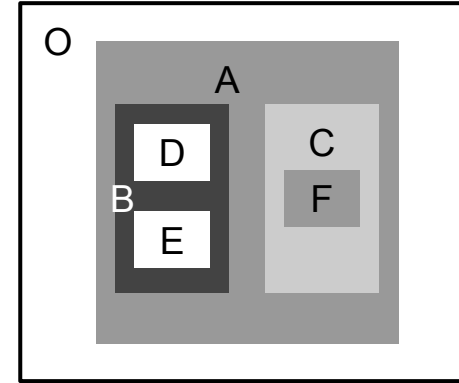


C
E
coupes

II - Structures, algorithmes et approche historique

Arbre des formes (Tree of Shapes ou ToS)

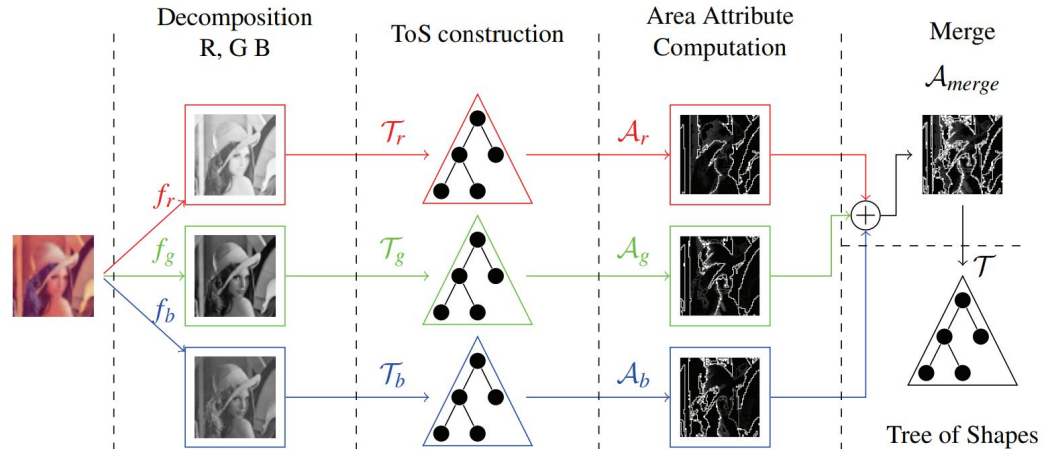
- carte topographique
- lignes de niveaux
- noeud = composante connexe (ligne topographique = contour)
- arbre = inclusions des composantes connexes
- algorithmes efficaces en temps et/ou mémoire



II - Structures, algorithmes et approche historique

Arbre des formes morphologique (Morphological Tree of Shapes ou MToS) [1]

- extension aux ordres partiels
- plusieurs arbres des formes (ToS)
- fusion des arbres en un seul ToS

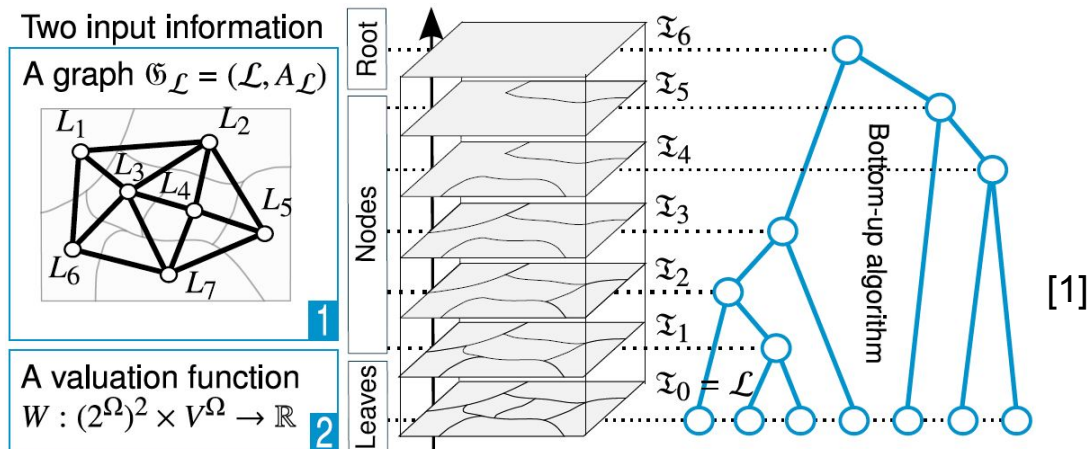


[1] E. Carlinet, T. Géraud, **A Morphological Tree of Shapes for color images**, *22nd International Conference on Pattern Recognition*, 2014

II - Structures, algorithmes et approche historique

Arbre de partitionnement binaire (Binary Partition Tree ou BPT)

- représentation hiérarchique
- noeud = région connexe
- feuilles = régions élémentaires
- racine = support de l'image
- une image, une métrique

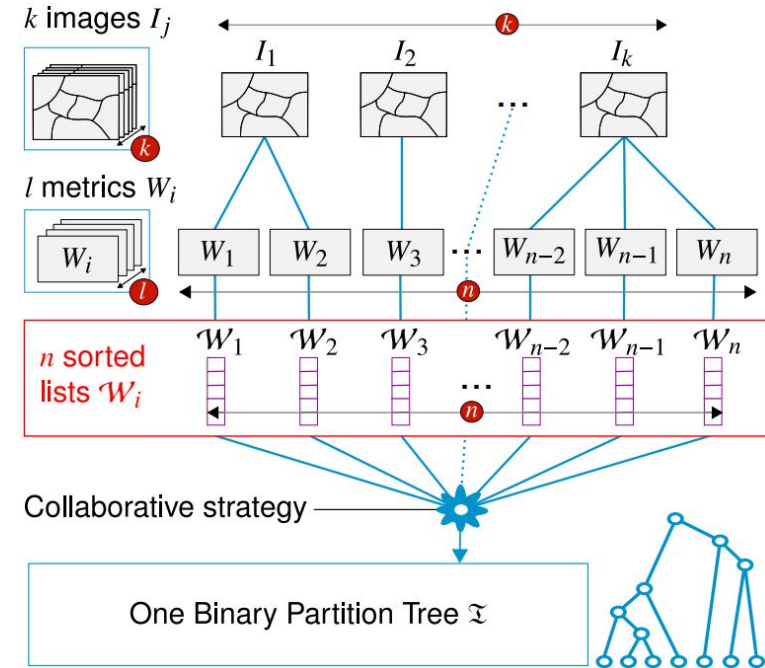


[1] J.F. Randrianasoa, C. Kurtz, E. Desjardin, N. Passat, **Binary Partition Tree Construction from Multiple Features for Image Segmentation**, *Pattern Recognition*, 84:237-250, 2018

II - Structures, algorithmes et approche historique

Arbre de partitionnement binaire multicritères [1]

- Arbre de partitionnement binaire
- plusieurs métriques
- exploration à plusieurs échelles



[1] J.F. Randrianasoa, C. Kurtz, E. Desjardin, N. Passat, **Binary Partition Tree Construction from Multiple Features for Image Segmentation**,

Pattern Recognition, 84:237-250, 2018

III - Arbre des coupes multivalué

Si l'**ordre** régissant l'ensemble des valeurs de l'image utilisé pour la construction d'un **graphe des coupes** est partiel mais possède une **structure d'arbre**, alors le **graphe des coupes** résultant possède également une **structure d'arbre**. [1]

[1] **multivalued component-trees filtering** - C. Kurtz, B. Naegel, N. Passat, *IEEE Transactions on Image Processing* 23(12) 5152-5164, 2014

III - Arbre des coupes multivalué

→ Peut-on construire un ordre partiel sur les valeurs de l'image qui soit pertinent ?

III - Arbre des coupes multivalué

- Peut-on construire un ordre partiel sur les valeurs de l'image qui soit pertinent ?
- Peut-on construire un tel ordre sous la forme d'un arbre ?

III - Arbre des coupes multivalué

- Peut-on construire un ordre partiel sur les valeurs de l'image qui soit pertinent ?
- Peut-on construire un tel ordre sous la forme d'un arbre ?
- Peut-on proposer un algorithme de construction de l'arbre des coupes multivalué usant de cet ordre ?

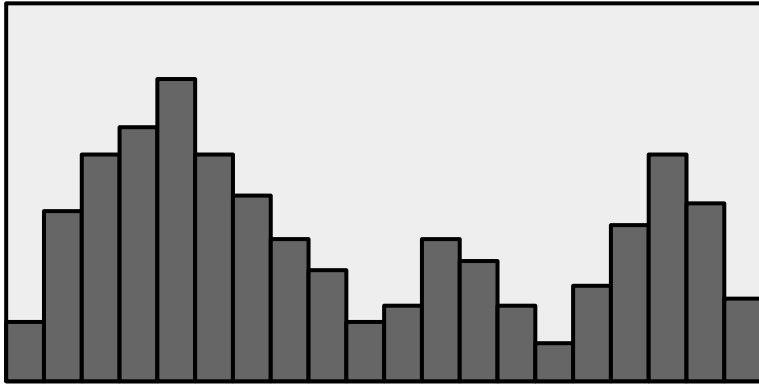
IV - Méthode de construction

Méthode proposée :

- construction d'un ordre partiel sous forme d'arbre sur les valeurs de l'image
- construction de l'arbre des coupes multivalué
- calcul des attributs et filtrage de l'arbre
- reconstruction de l'image résultat

IV - Méthode de construction

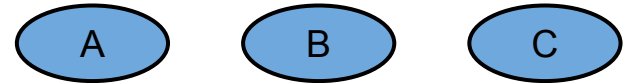
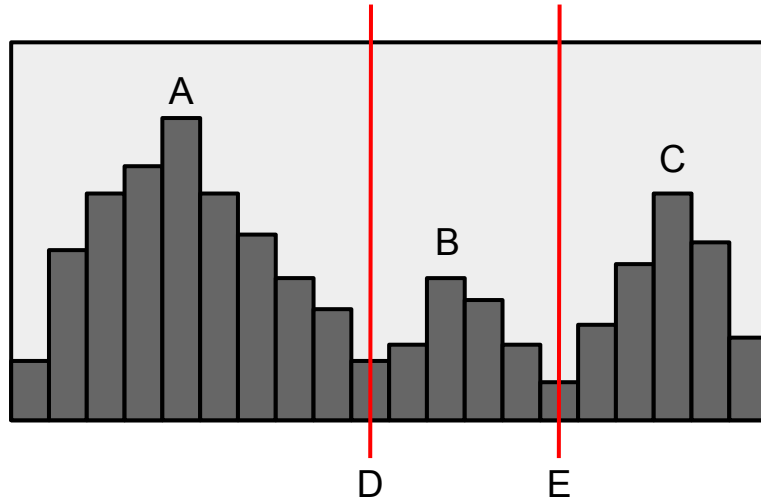
Idée : utiliser l'histogramme de l'image pour construire un ordre partiel (arbre)



IV - Méthode de construction

Idée : utiliser l'histogramme de l'image pour construire un ordre partiel (arbre)

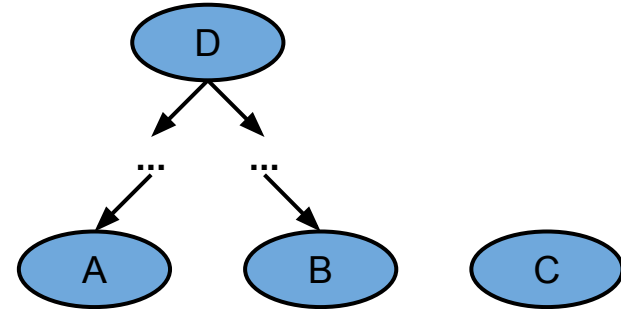
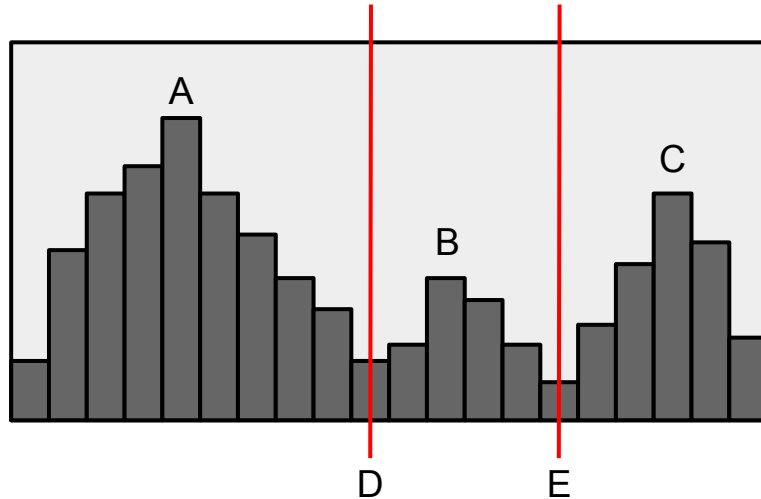
maxima locaux → feuilles



IV - Méthode de construction

Idée : utiliser l'histogramme de l'image pour construire un ordre partiel (arbre)

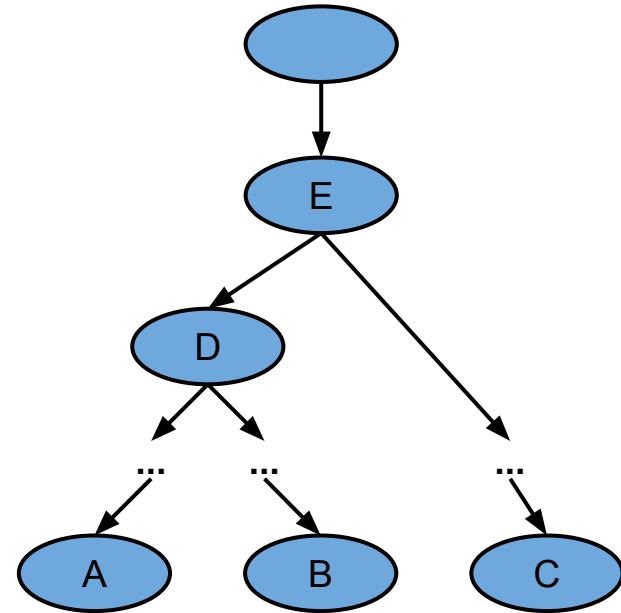
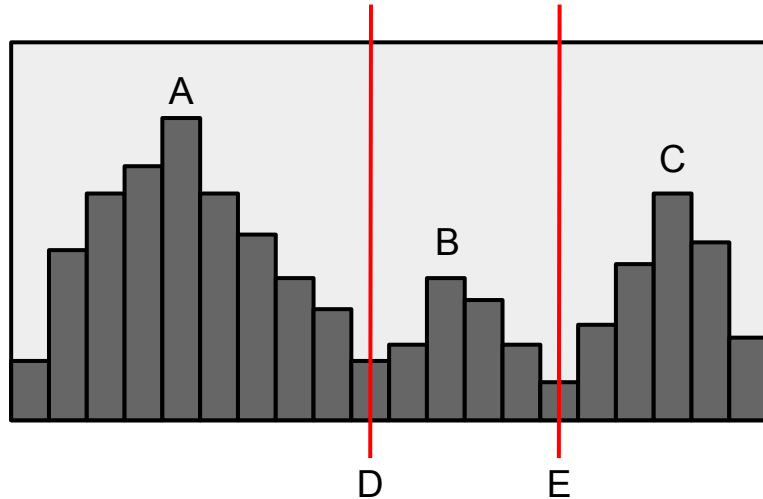
minima locaux → noeuds intermédiaires



IV - Méthode de construction

Idée : utiliser l'histogramme de l'image pour construire un ordre partiel (arbre)

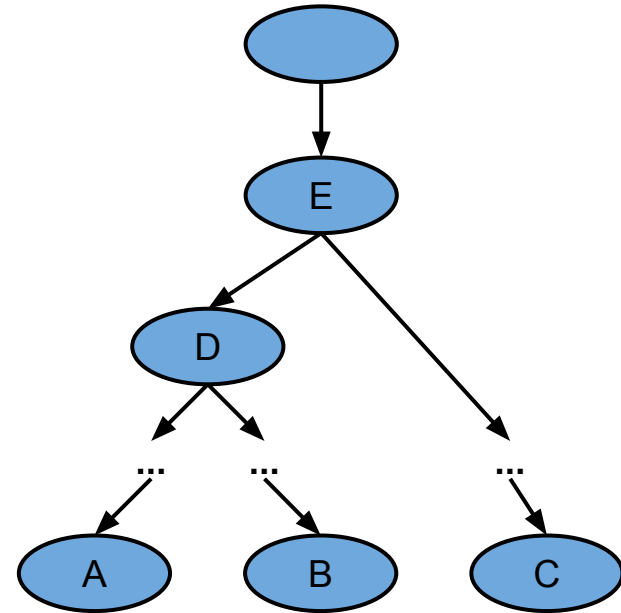
minima locaux → noeuds intermédiaires



IV - Méthode de construction

Prédicats

- $a < b$
- a et b sont comparables
- prédécesseur



IV - Méthode de construction

Calcul de l'arbre des coupes multivalué

- algorithme par inondation récursive de Salembier [1][2]
- masques de Wilkinson [3]
- pixels “réels” et “fictifs”

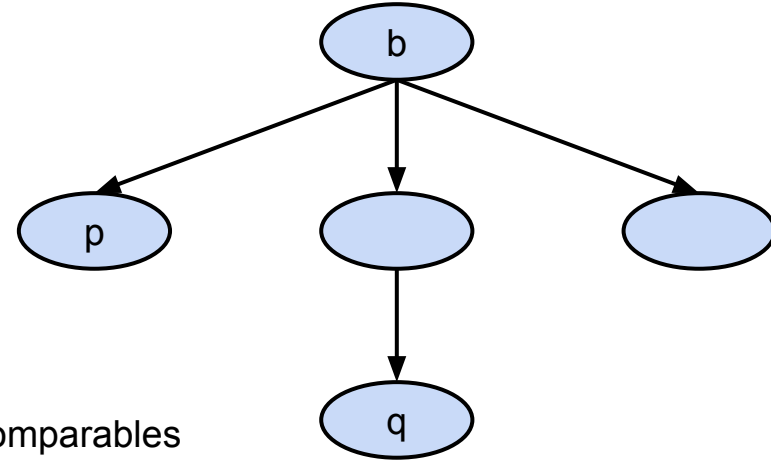
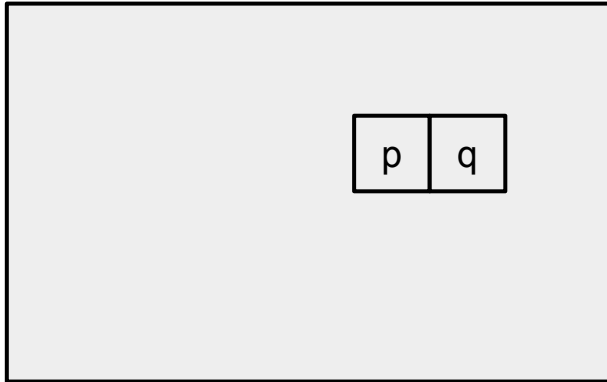
[1] E. Carlinet, T. Géraud, **A fair comparison of many max-tree algorithms**, *Mathematical Morphology and its Applications to Signal and Image Processing*, pp. 73-85, 2013

[2] C. Kurtz, B. Naegel, N. Passat, **Multivalued Component-tree Filtering**, *IEEE Transactions on Image Processing* 23(12) : 5152-5164, 2014

[3] P.Salembier, M.H.F. Wilkinson, **Connected operators : A review of region-based morphological image processing techniques**, *IEEE Signal Processing Magazine* 6 : 136-157, 1995

IV - Méthode de construction

Détails de construction

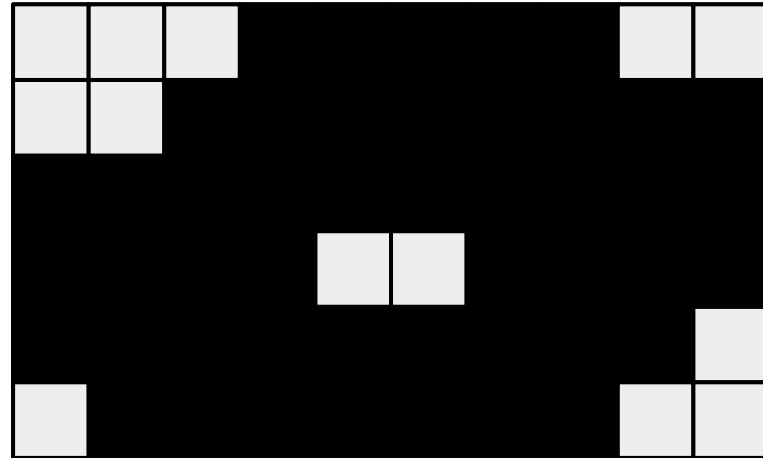


- p et q comparables
 - pixel “réel”
- p et q non comparables
 - pixel “fictif”
 - inondation avec la borne inférieure (label)

IV - Méthode de construction

Calculs d'attributs :

- aire
- périmètre(s)
- compacité $\frac{4*\pi*Aire}{périmètre^2}$
- ...

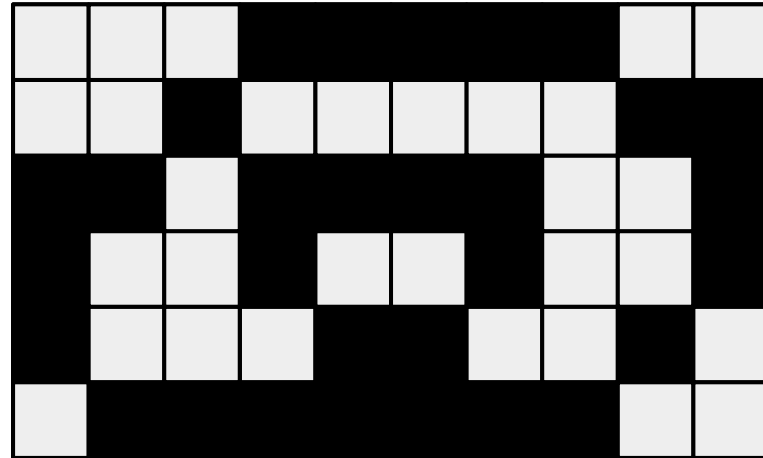


forme "trouée"

IV - Méthode de construction

Calculs d'attributs :

- aire
- périmètre(s)
- compacité $\frac{4*\pi*Aire}{périmètre^2}$
- ...

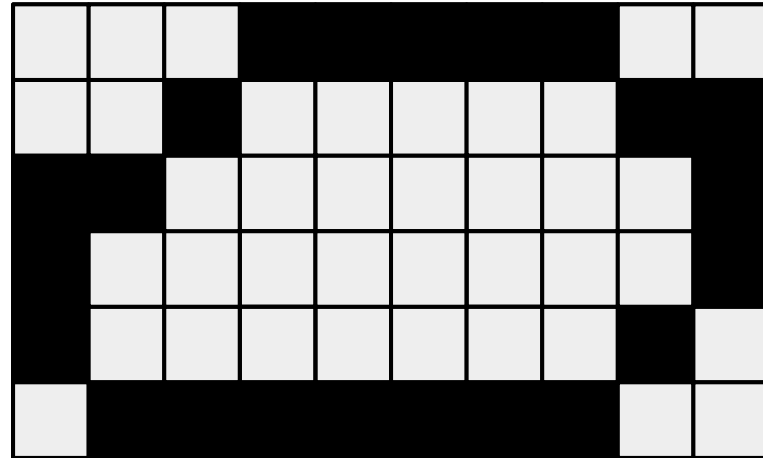


somme de périmètres

IV - Méthode de construction

Calculs d'attributs :

- aire
- périmètre(s)
- compacité $\frac{4*\pi*Aire}{périmètre^2}$
- ...



périmètre extérieur

IV - Méthode de construction

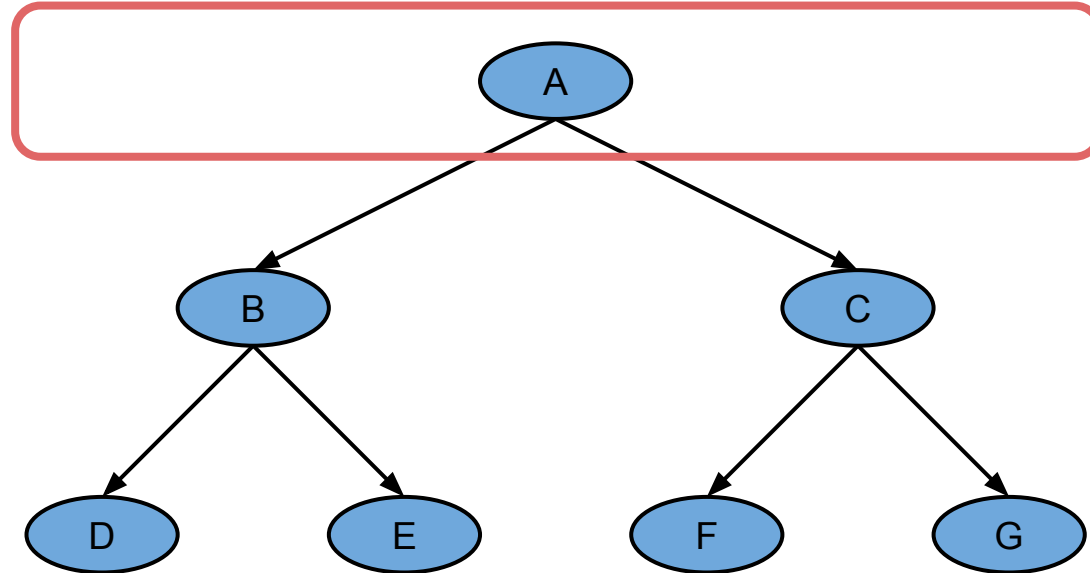
Filtrage de l'arbre des coupes

→ critère de filtrage

→ algorithme récursif

→ remplacement du label

→ politique directe



IV - Méthode de construction

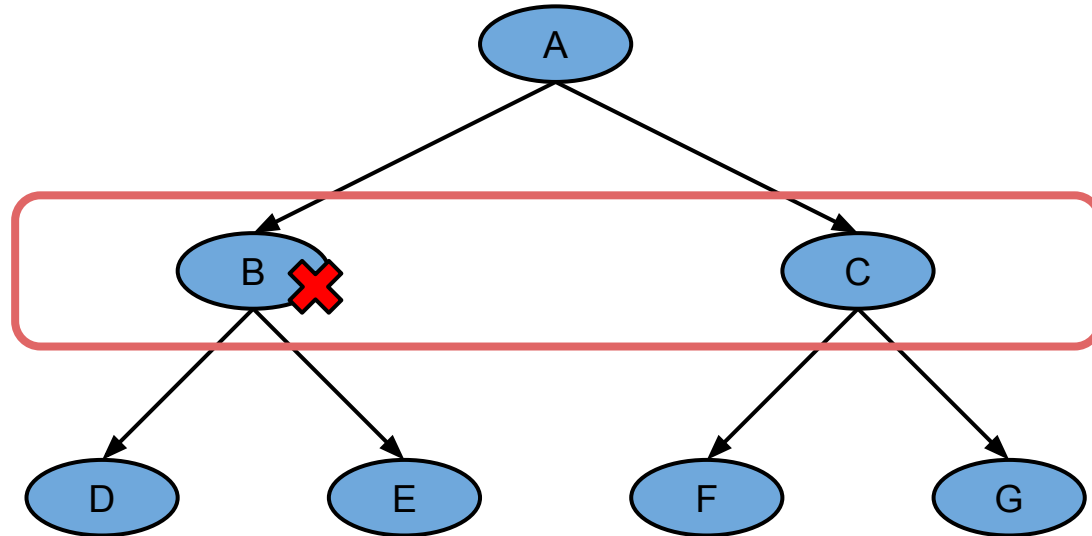
Filtrage de l'arbre des coupes

→ critère de filtrage

→ algorithme récursif

→ remplacement du label

→ politique directe



IV - Méthode de construction

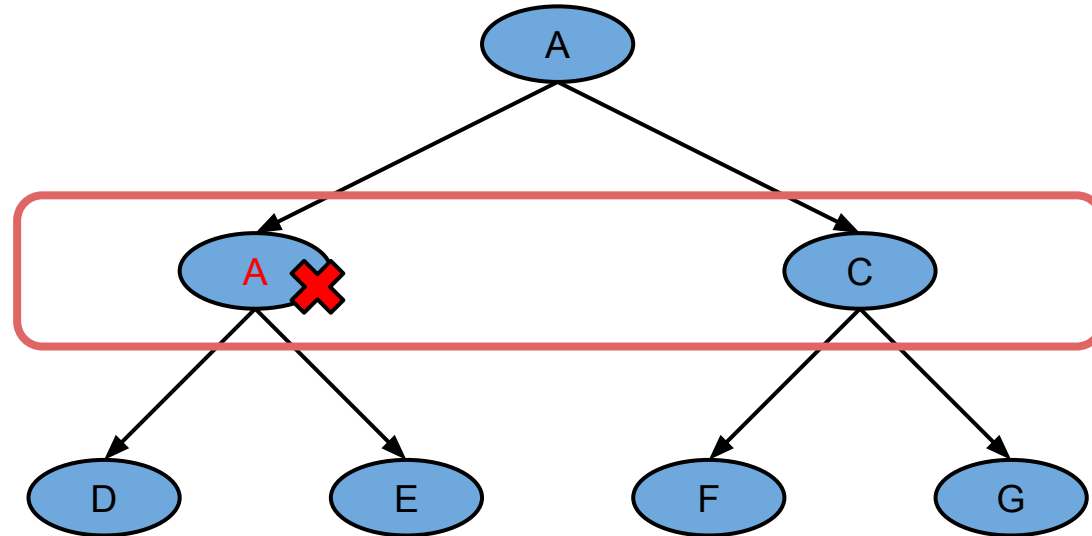
Filtrage de l'arbre des coupes

→ critère de filtrage

→ algorithme récursif

→ remplacement du label

→ politique directe



IV - Méthode de construction

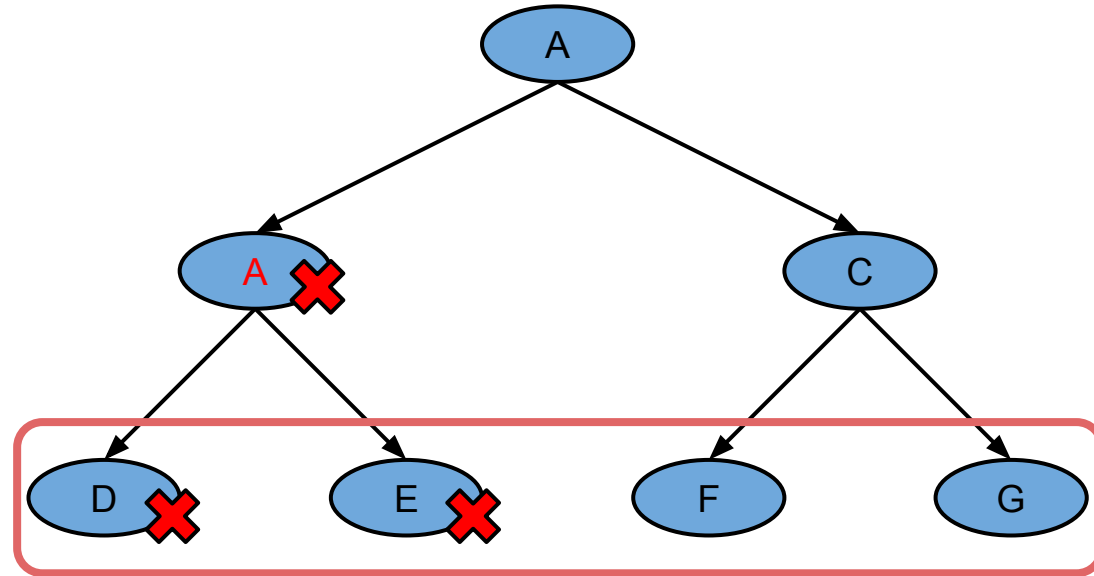
Filtrage de l'arbre des coupes

→ critère de filtrage

→ algorithme récursif

→ remplacement du label

→ politique directe



IV - Méthode de construction

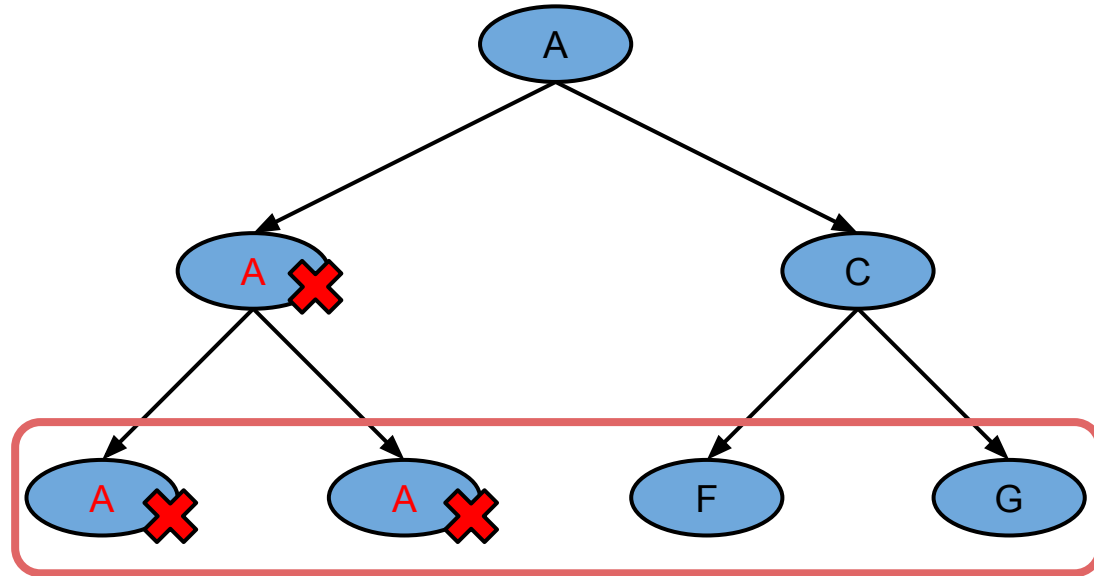
Filtrage de l'arbre des coupes

→ critère de filtrage

→ algorithme récursif

→ remplacement du label

→ politique directe



IV - Méthode de construction

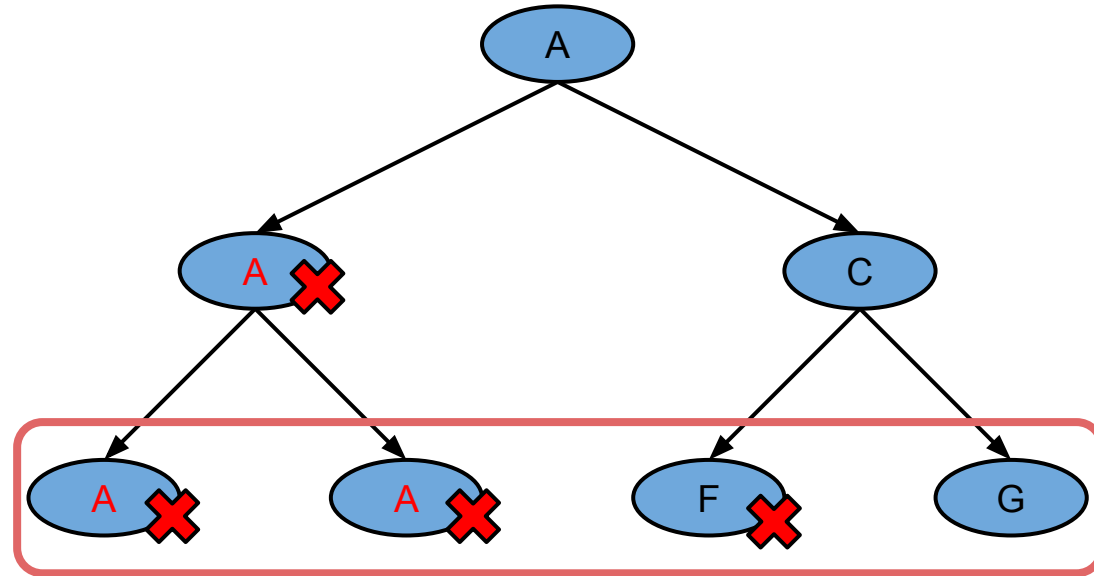
Filtrage de l'arbre des coupes

→ critère de filtrage

→ algorithme récursif

→ remplacement du label

→ politique directe



IV - Méthode de construction

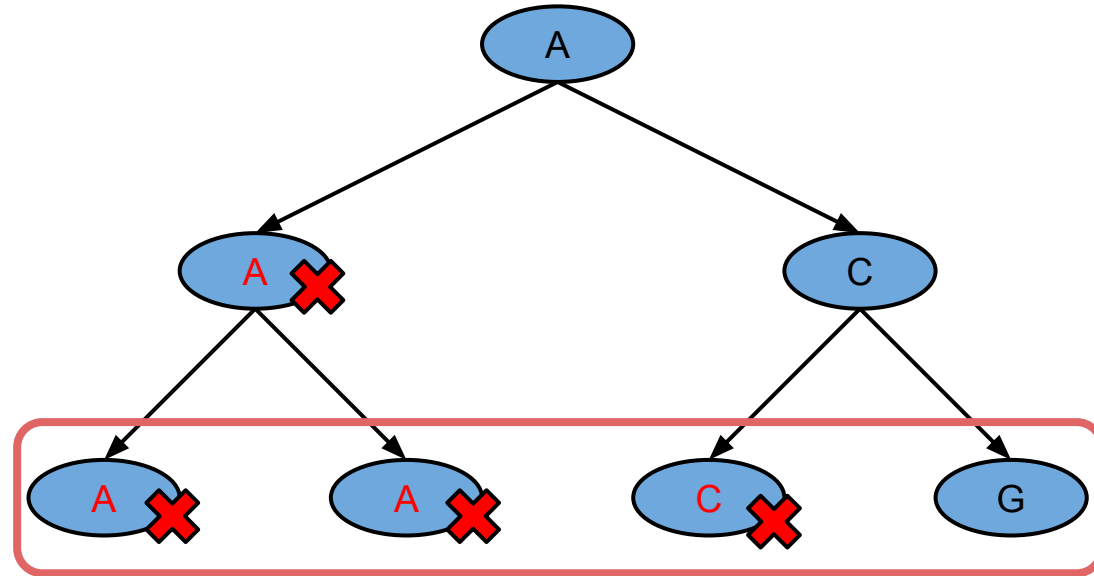
Filtrage de l'arbre des coupes

→ critère de filtrage

→ algorithme récursif

→ remplacement du label

→ politique directe



IV - Méthode de construction

Reconstruction de l'image résultat

- deux approches : directe et indirecte
- sous-variantes
- directe : image de labels (filtrée), bijection valeurs/labels
- indirecte : arbre des coupes multivalué, labels originaux

IV - Méthode de construction

Reconstruction directe (labels et représentants de classes d'équivalence)

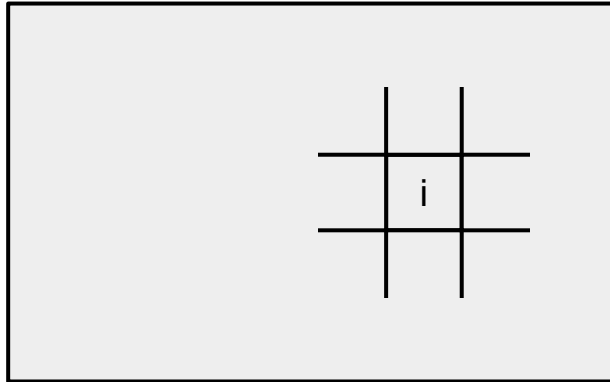
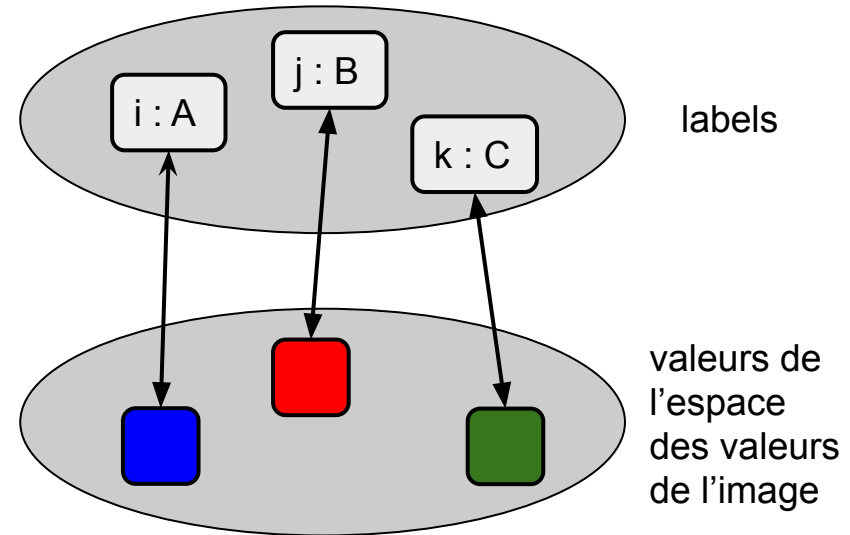


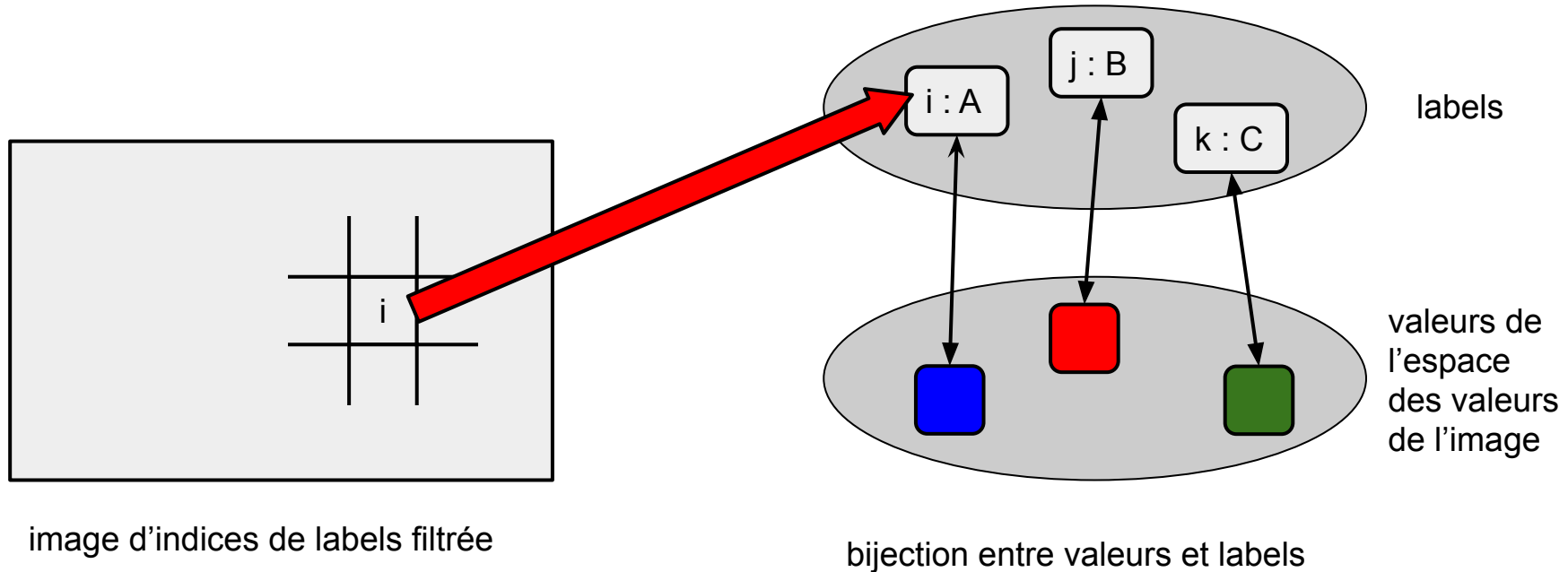
image d'indices de labels filtrée



bijection entre valeurs et labels

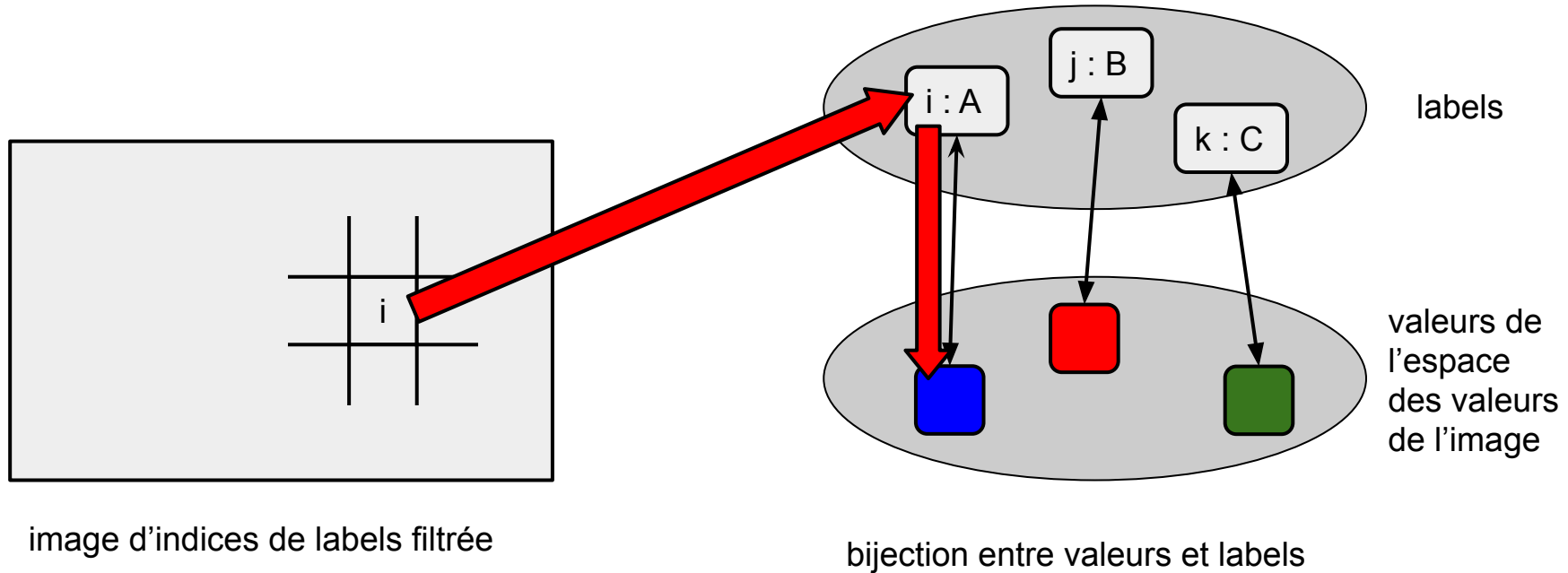
IV - Méthode de construction

Reconstruction directe (labels et représentants de classes d'équivalence)



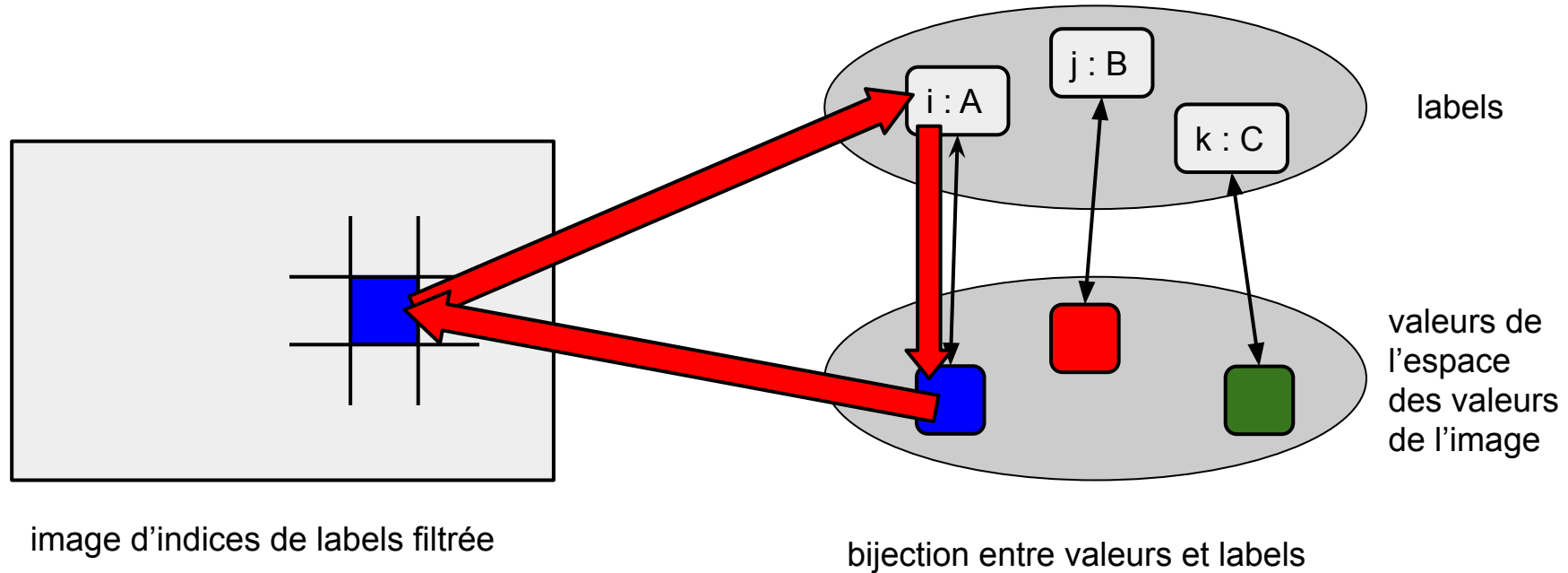
IV - Méthode de construction

Reconstruction directe (labels et représentants de classes d'équivalence)



IV - Méthode de construction

Reconstruction directe (labels et représentants de classes d'équivalence)



IV - Méthode de construction

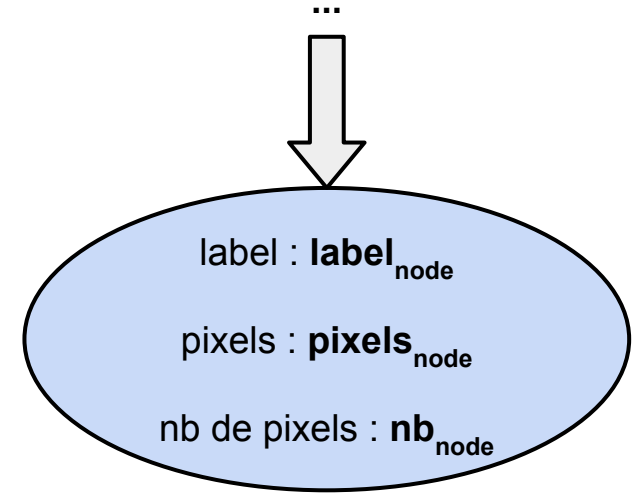
Reconstruction indirecte (moyenne et médiane)

- moyenne/médiane des labels originaux
- utilisation de listes de pixels et de couples (nombre, label)
- deux types de noeuds : feuilles et noeuds intermédiaires
- deux type d'états : noeud “supprimé” ou noeud conservé
- algorithme récursif (racine \rightarrow feuilles)

IV - Méthode de construction

cas 1 : feuille conservée

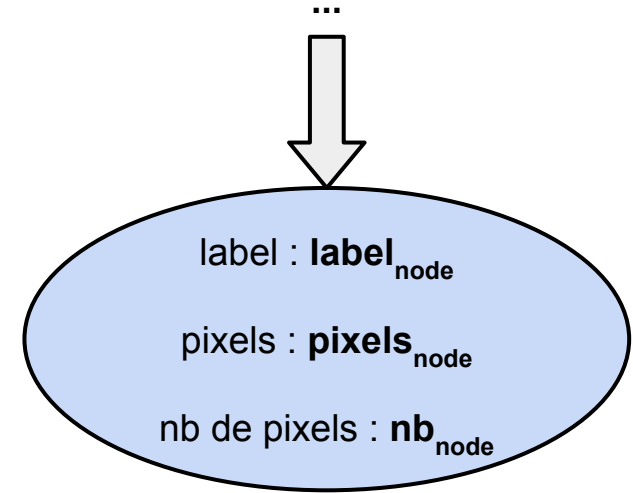
- nouveau couple (nb_{node} , $label_{node}$)



IV - Méthode de construction

cas 1 : feuille conservée

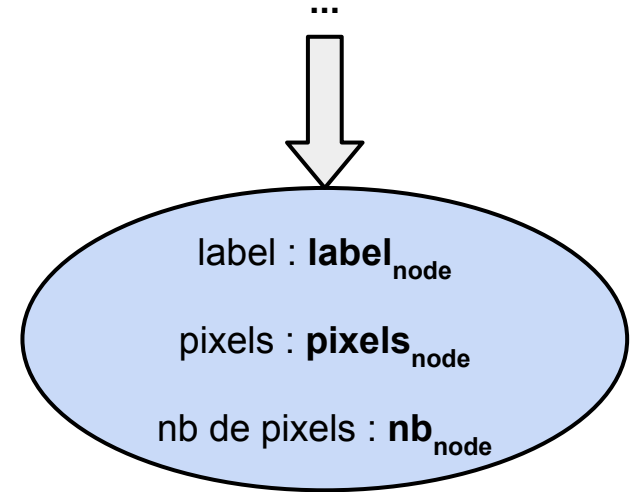
- nouveau couple (nb_{node} , $label_{node}$)
- nouvelle liste de couples et de pixels
- ajout du couple à la liste de couples



IV - Méthode de construction

cas 1 : feuille conservée

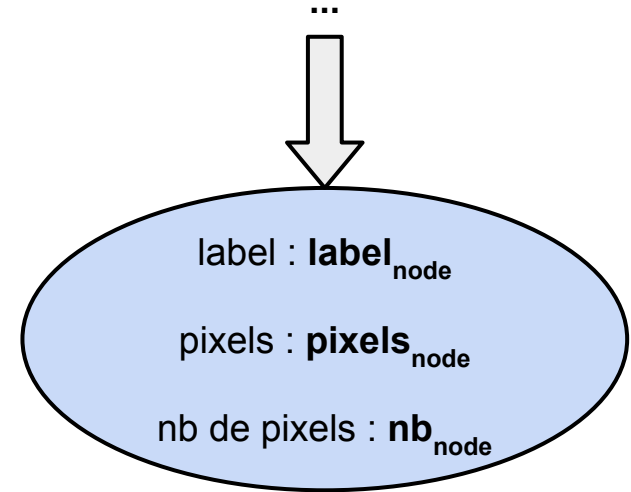
- nouveau couple (nb_{node} , $label_{node}$)
- nouvelle liste de couples et de pixels
- ajout du couple à la liste de couples
- affecter les pixels de $pixels_{node}$ avec la valeur associée à $label_{node}$



IV - Méthode de construction

cas 1 : feuille conservée

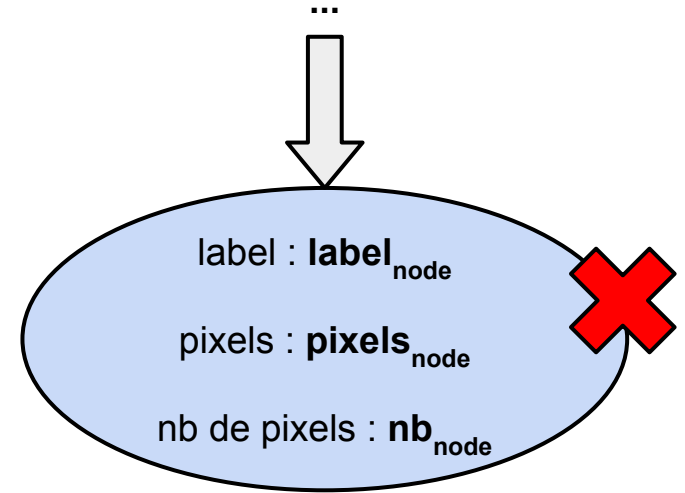
- nouveau couple (nb_{node} , $label_{node}$)
- nouvelle liste de couples et de pixels
- ajout du couple à la liste de couples
- affecter les pixels de $pixels_{node}$ avec la valeur associée à $label_{node}$
- transmission des listes au parent



IV - Méthode de construction

cas 2 : feuille “supprimée”

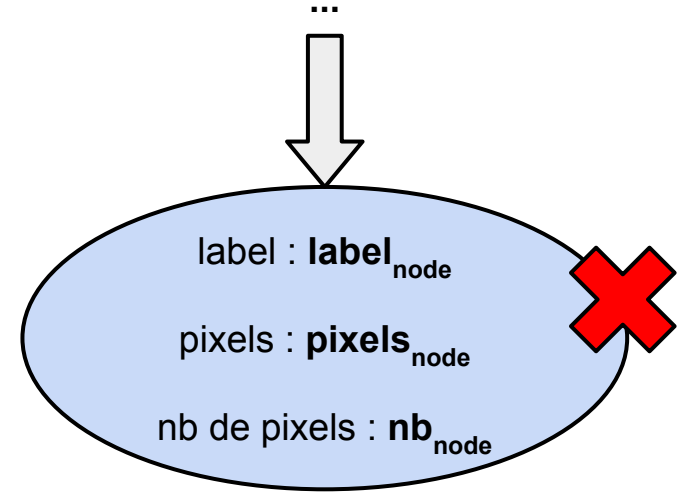
- nouveau couple (nb_{node} , $label_{node}$)



IV - Méthode de construction

cas 2 : feuille “supprimée”

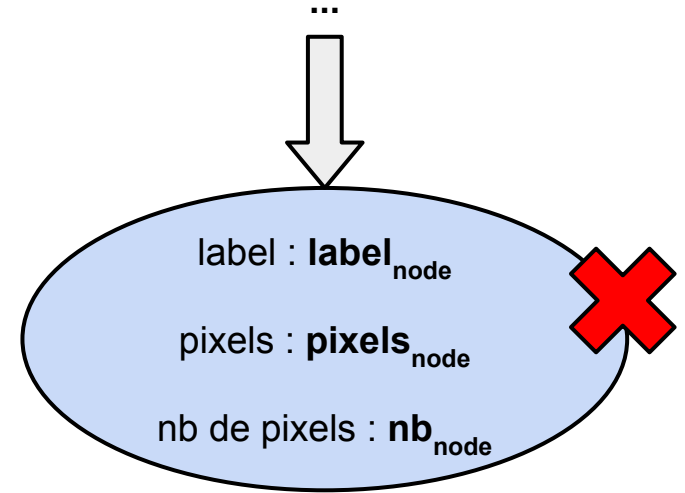
- nouveau couple (nb_{node} , $label_{node}$)
- nouvelle liste de couples et de pixels
- ajout du couple à la liste de couples



IV - Méthode de construction

cas 2 : feuille “supprimée”

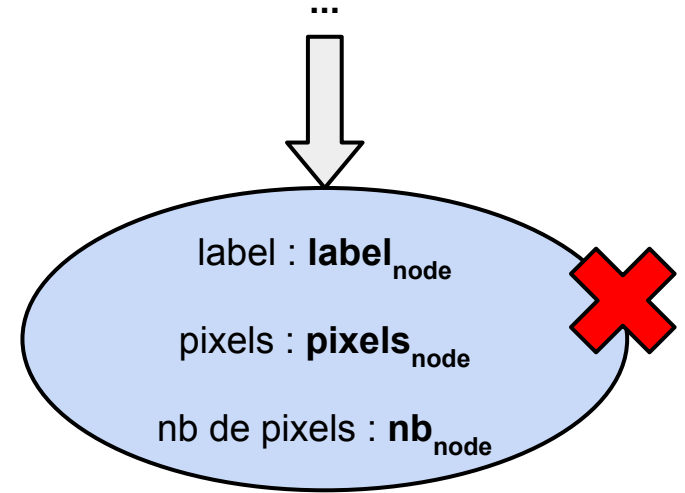
- nouveau couple (nb_{node} , $label_{node}$)
- nouvelle liste de couples et de pixels
- ajout du couple à la liste de couples
- ajout de $pixels_{node}$ à la liste de pixels



IV - Méthode de construction

cas 2 : feuille “supprimée”

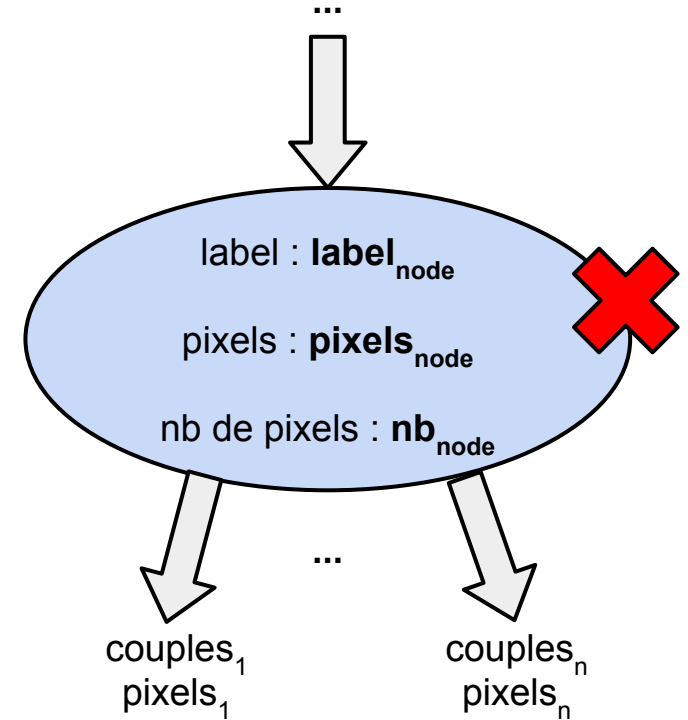
- nouveau couple (nb_{node} , $label_{node}$)
- nouvelle liste de couples et de pixels
- ajout du couple à la liste de couples
- ajout de $pixels_{node}$ à la liste de pixels
- transmission des listes au parent



IV - Méthode de construction

cas 3 : noeud intermédiaire “supprimé”

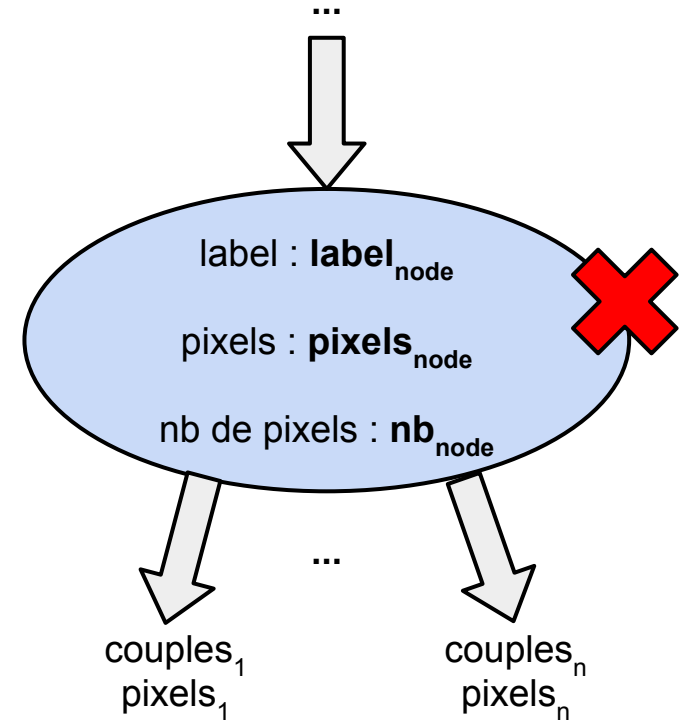
- fusion des listes couples₁...couples_n
- fusion des listes pixels₁...pixels_n



IV - Méthode de construction

cas 3 : noeud intermédiaire “supprimé”

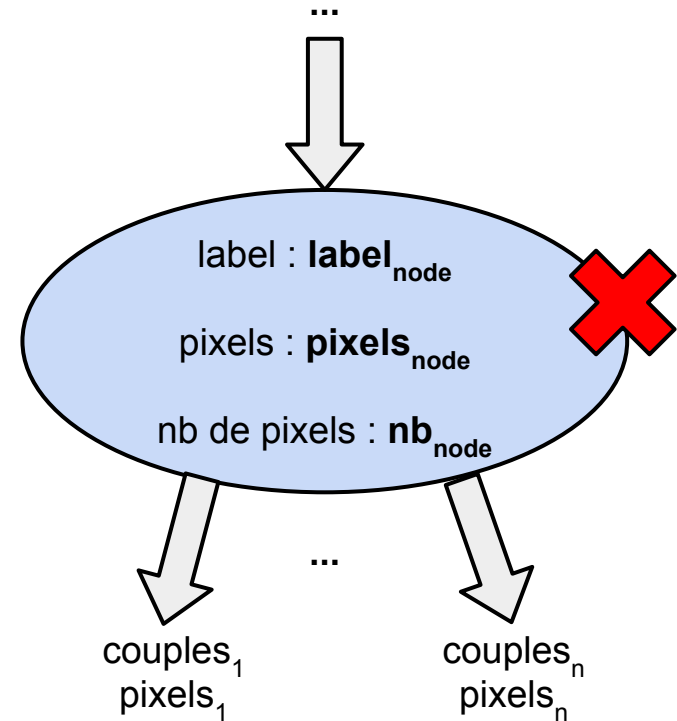
- fusion des listes couples₁...couples_n
- fusion des listes pixels₁...pixels_n
- ajout de (nb_{node}, label_{node}) à la liste des couples
- ajout de pixels_{node} à la liste des pixels



IV - Méthode de construction

cas 3 : noeud intermédiaire “supprimé”

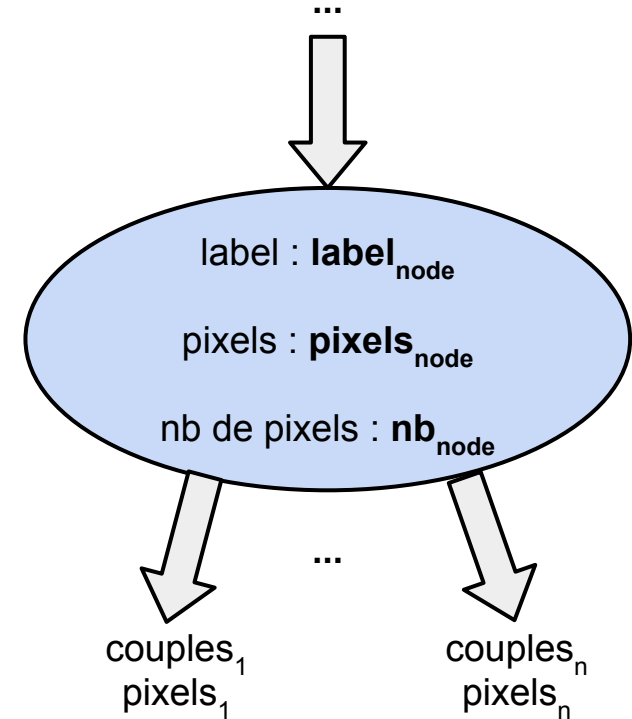
- fusion des listes couples₁...couples_n
- fusion des listes pixels₁...pixels_n
- ajout de (nb_{node}, label_{node}) à la liste des couples
- ajout de pixels_{node} à la liste des pixels
- transmission des listes au parent



IV - Méthode de construction

cas 4 : noeud intermédiaire conservé

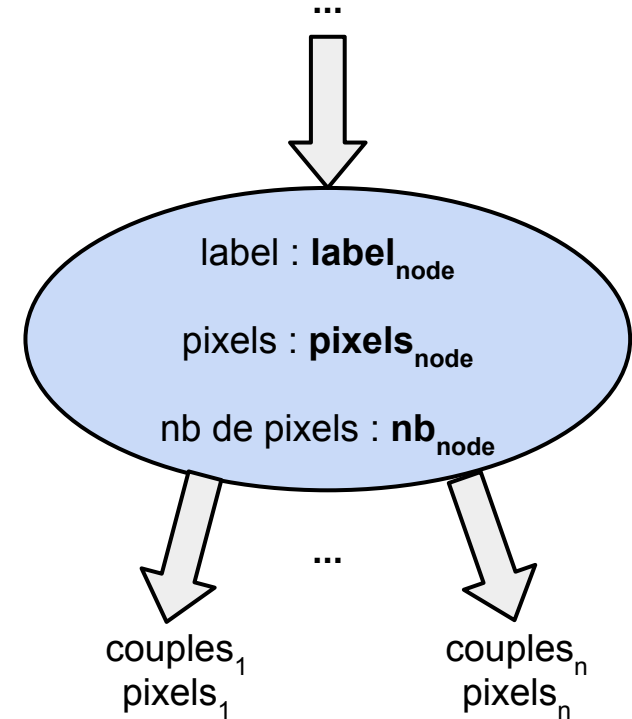
- fusion des listes couples₁...couples_n
- fusion des listes pixels₁...pixels_n



IV - Méthode de construction

cas 4 : noeud intermédiaire conservé

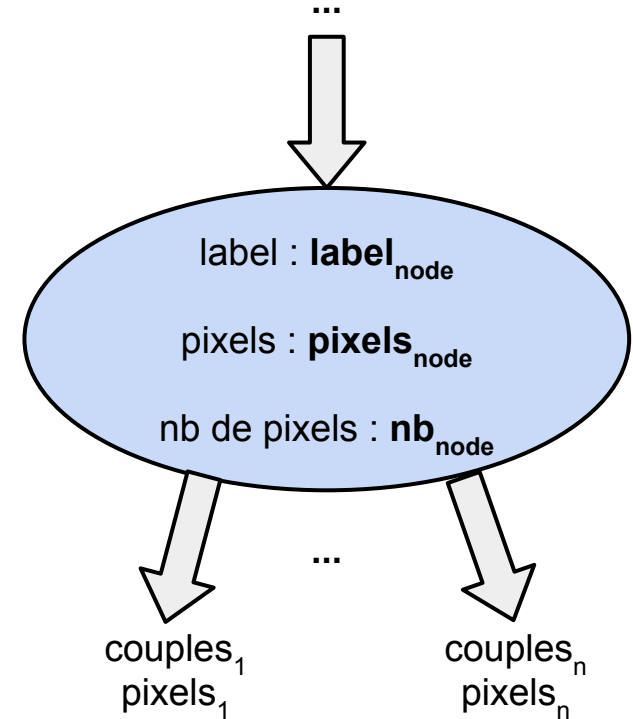
- fusion des listes couples₁...couples_n
- fusion des listes pixels₁...pixels_n
- calcul (moyenne/médiane) du label_{calculé}



IV - Méthode de construction

cas 4 : noeud intermédiaire conservé

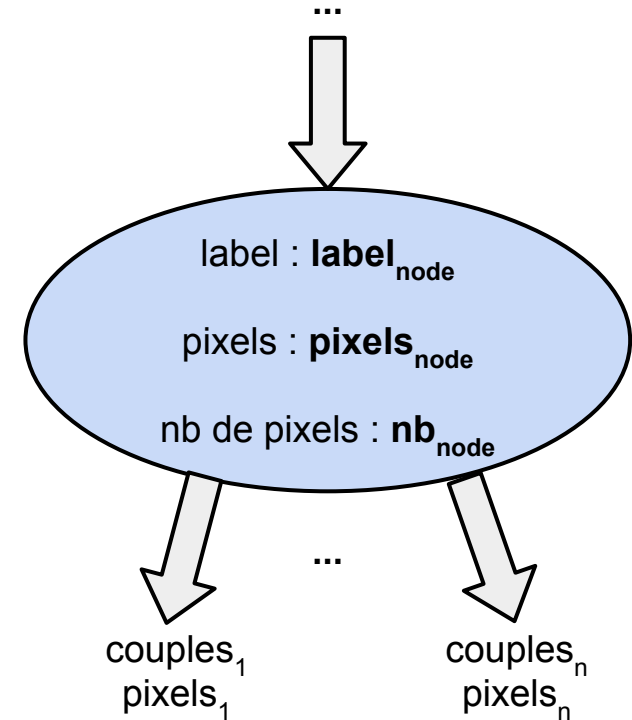
- fusion des listes couples₁...couples_n
- fusion des listes pixels₁...pixels_n
- calcul (moyenne/médiane) du label_{calculé}
- affectation de label_{calculé} aux pixels de la liste
- liste de pixels vide



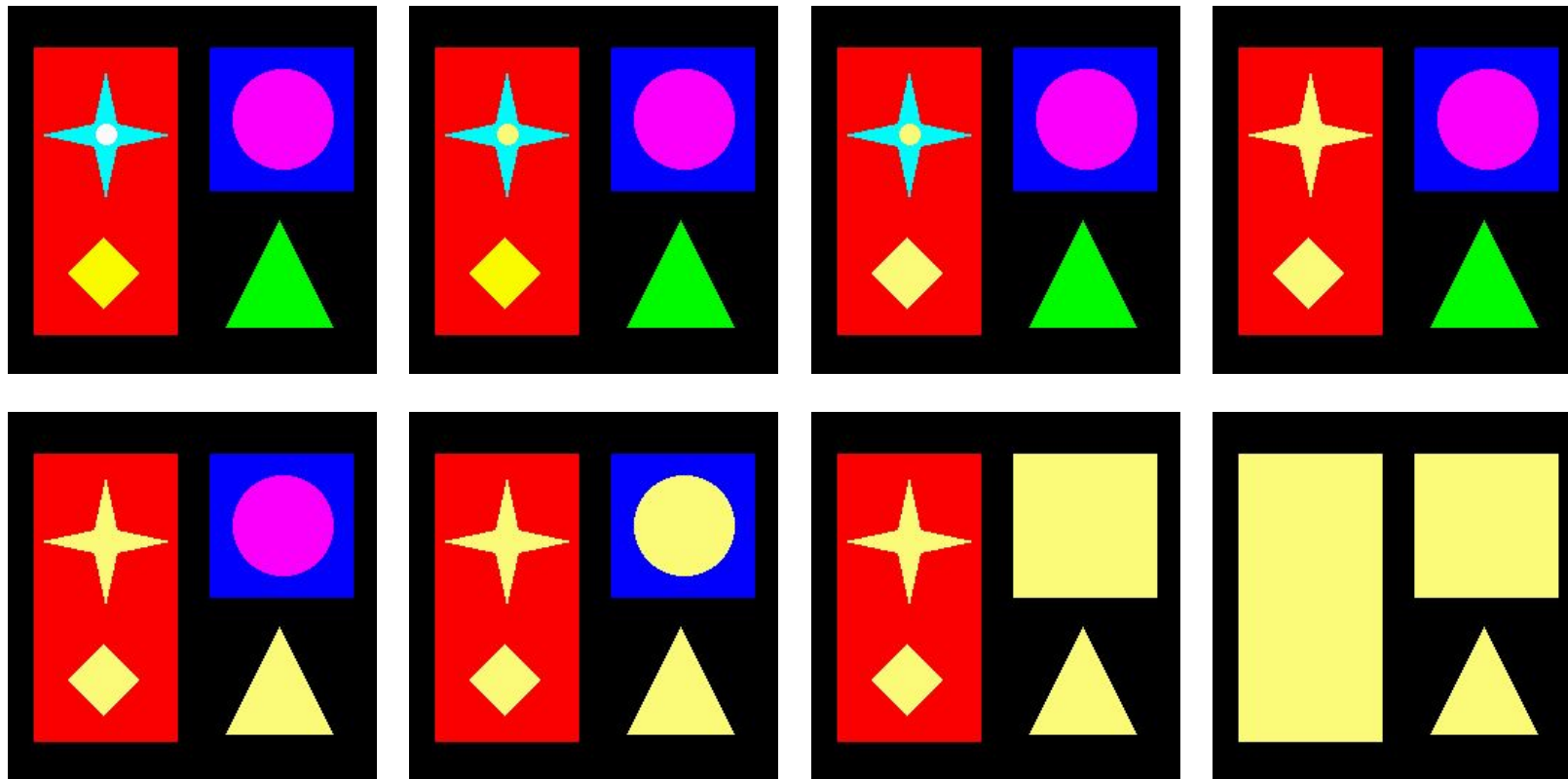
IV - Méthode de construction

cas 4 : noeud intermédiaire conservé

- fusion des listes couples₁...couples_n
- fusion des listes pixels₁...pixels_n
- calcul (moyenne/médiane) du label_{calculé}
- affectation de label_{calculé} aux pixels de la liste
- liste de pixels vide
- ajout de $\leftarrow (nb_{node}, label_{calculé})$ à la liste des couples
- transmission des listes au parent



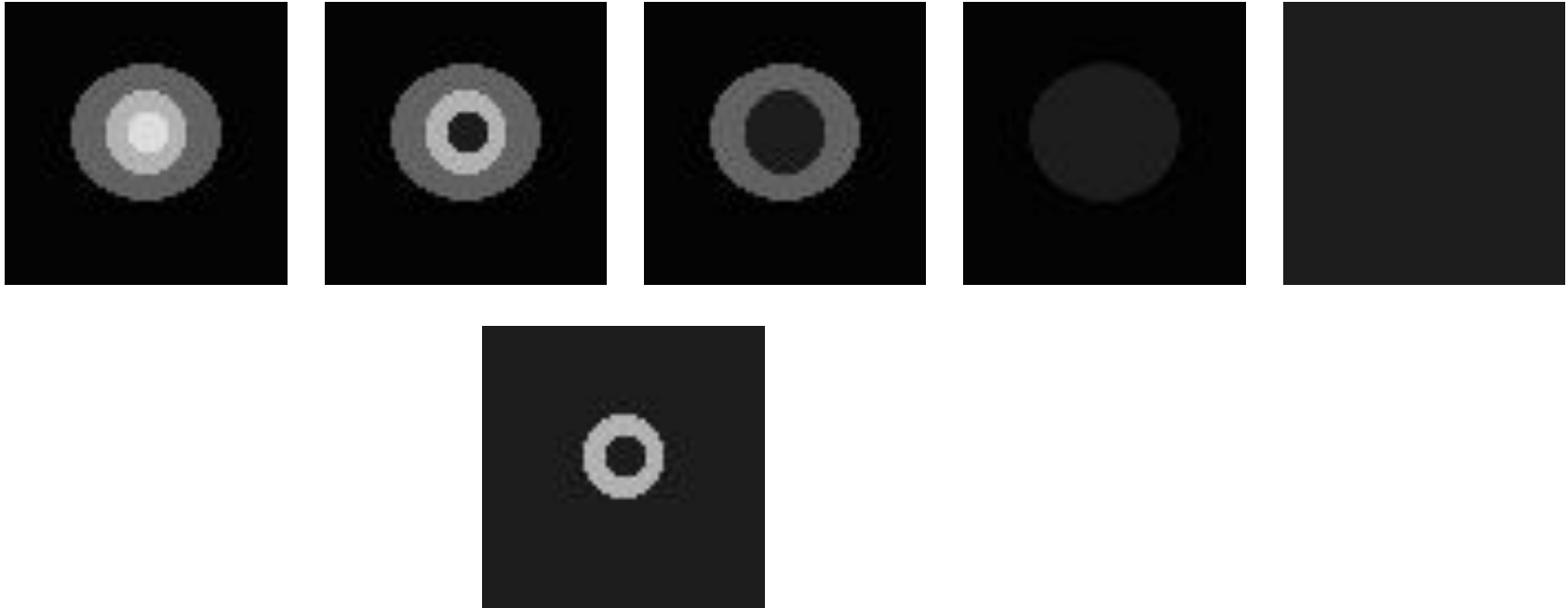
V - Résultats et observations



V - Résultats et observations



V - Résultats et observations



Merci de votre attention

Avez-vous des questions ?