Algorithme de calcul de l'arbre des composantes avec applications à la reconnaissance des formes en imagerie satellitaire

Anthony Baillard¹ Christophe Berger² Emmanuel Bertin¹ Thierry Géraud² Roland Levillain² Nicolas Widynski²

¹Institut d'Astrophysique de Paris (IAP)

²Laboratoire de Recherche et de Développement de l'EPITA (LRDE)

Conférence GRETSI, 12 septembre 2007



Algorithme de calcul de l'arbre des composantes avec applications à la reconnaissance des formes en imagerie satellitaire



Motivation

- Filtres connectés
- Le cas des images d'astronomie

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes

- Calcul de l'arbre
- Calcul d'attributs et marquage
- Résultats et applications



Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives iltres connectés le cas des images d'astronomie

Cadre

- Finalité : application de filtres connectés de morphologie mathématique sur des images d'astronomie
- Caractéristiques des images d'astronomie traitées
 volumineuses (ordre de grandeur : 100 Mo 1,5 Go)
- ⇒ Besoin de nouveaux outils pour écrire ces filtres connectés, et notamment, l'arbre des composantes.
- Travail en collaboration avec l'IAP et le LRDE dans le cadre du projet EFIGI (Extraction de Formes Idéalisées de Galaxies en Imagerie)

http://www.efigi.org

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Cadre

Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

- Finalité : application de filtres connectés de morphologie mathématique sur des images d'astronomie
- Caractéristiques des images d'astronomie traitées
 - volumineuses (ordre de grandeur : 100 Mo 1,5 Go)
 - codées sur des valeurs à virgule flottante
 - intervalle de dynamique élevé
- ⇒ Besoin de nouveaux outils pour écrire ces filtres connectés, et notamment, l'arbre des composantes.
 - Travail en collaboration avec l'IAP et le LRDE dans le cadre du projet EFIGI (Extraction de Formes Idéalisées de Galaxies en Imagerie)

http://www.efigi.org

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Cadre

Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

- Finalité : application de filtres connectés de morphologie mathématique sur des images d'astronomie
- Caractéristiques des images d'astronomie traitées
 - volumineuses (ordre de grandeur : 100 Mo 1,5 Go)
 - codées sur des valeurs à virgule flottante
 - intervalle de dynamique élevé
- ⇒ Besoin de nouveaux outils pour écrire ces filtres connectés, et notamment, l'arbre des composantes.
 - Travail en collaboration avec l'IAP et le LRDE dans le cadre du projet EFIGI (Extraction de Formes Idéalisées de Galaxies en Imagerie)

http://www.efigi.org

A D N A B N A B N

3/21

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Cadre

Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

- Finalité : application de filtres connectés de morphologie mathématique sur des images d'astronomie
- Caractéristiques des images d'astronomie traitées
 - volumineuses (ordre de grandeur : 100 Mo 1,5 Go)
 - codées sur des valeurs à virgule flottante
 - intervalle de dynamique élevé
- ⇒ Besoin de nouveaux outils pour écrire ces filtres connectés, et notamment, l'arbre des composantes.
 - Travail en collaboration avec l'IAP et le LRDE dans le cadre du projet EFIGI (Extraction de Formes Idéalisées de Galaxies en Imagerie)

http://www.efigi.org

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Cadre

Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

- Finalité : application de filtres connectés de morphologie mathématique sur des images d'astronomie
- Caractéristiques des images d'astronomie traitées
 - volumineuses (ordre de grandeur : 100 Mo 1,5 Go)
 - codées sur des valeurs à virgule flottante
 - intervalle de dynamique élevé
- ⇒ Besoin de nouveaux outils pour écrire ces filtres connectés, et notamment, l'arbre des composantes.
 - Travail en collaboration avec l'IAP et le LRDE dans le cadre du projet EFIGI (Extraction de Formes Idéalisées de Galaxies en Imagerie)

http://www.efigi.org

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Cadre

Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

- Finalité : application de filtres connectés de morphologie mathématique sur des images d'astronomie
- Caractéristiques des images d'astronomie traitées
 - volumineuses (ordre de grandeur : 100 Mo 1,5 Go)
 - codées sur des valeurs à virgule flottante
 - intervalle de dynamique élevé
- ⇒ Besoin de nouveaux outils pour écrire ces filtres connectés, et notamment, l'arbre des composantes.
 - Travail en collaboration avec l'IAP et le LRDE dans le cadre du projet EFIGI (Extraction de Formes Idéalisées de Galaxies en Imagerie)

http://www.efigi.org

A B A B A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A

(1)

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Cadre

 Finalité : application de filtres connectés de morphologie mathématique sur des images d'astronomie

- Caractéristiques des images d'astronomie traitées
 - volumineuses (ordre de grandeur : 100 Mo 1,5 Go)
 - codées sur des valeurs à virgule flottante
 - intervalle de dynamique élevé
- ⇒ Besoin de nouveaux outils pour écrire ces filtres connectés, et notamment, l'arbre des composantes.
 - Travail en collaboration avec l'IAP et le LRDE dans le cadre du projet EFIGI (Extraction de Formes Idéalisées de Galaxies en Imagerie)

http://www.efigi.org

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Arbre des composantes

- Représentation pratique et polyvalente d'une image
- L'inclusion spatiale se traduit par une relation de parenté dans l'arbre
- Applications
 - Classification
 - Filtrage d'images
 - Segmentation
 - Recalage
 - Compression



4/21

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Arbre des composantes

- Représentation pratique et polyvalente d'une image
- L'inclusion spatiale se traduit par une relation de parenté dans l'arbre
- Applications
 - Classification
 - Filtrage d'images
 - Segmentation
 - Recalage
 - Compression



• • • • • • • • • •

4/21

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Arbre des composantes

- Représentation pratique et polyvalente d'une image
- L'inclusion spatiale se traduit par une relation de parenté dans l'arbre
- Applications
 - Classification
 - Filtrage d'images
 - Segmentation
 - Recalage
 - Compression



Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Filtres connectés et arbre des composantes

Propriétés

- Simplification de l'image
- Préservation des contours

Relations avec l'arbre des composantes

Un filtre connecté peut s'exprimer comme une transformation sur l'arbre des composantes n'ajoutar

de branche



Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Filtres connectés et arbre des composantes

Propriétés

- Simplification de l'image
- Préservation des contours
- Relations avec l'arbre des composantes
 - Un filtre connecté peut s'exprimer comme une

transformation sur l'arbre des composantes n'ajoutant pass de branche



Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Filtres connectés et arbre des composantes

- Propriétés
 - Simplification de l'image
 - Préservation des contours
- Relations avec l'arbre des composantes

 Un filtre connecté peut s'exprimer comme une transformation sur l'arbre des composantes n'ajoutant pas de branche



Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Filtres connectés et arbre des composantes

- Propriétés
 - Simplification de l'image
 - Préservation des contours
- Relations avec l'arbre des composantes
 - Un filtre connecté peut s'exprimer comme une transformation sur l'arbre des composantes n'ajoutant pas de branche



Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Filtres connectés et arbre des composantes

- Propriétés
 - Simplification de l'image
 - Préservation des contours
- Relations avec l'arbre des composantes
 - Un filtre connecté peut s'exprimer comme une transformation sur l'arbre des composantes n'ajoutant pas de branche



Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Acquisition et nature des données



- Image résultant d'une convolution par une fonction instrumentale (Point-Spread Function)
- Valeurs flottantes sur 32 bits
- Majorité des pixels : ciel (bruité) en arrière-plan (sombres)
- Pixels clairs : objets (étoiles, galaxies) et artefacts visuels (halos, etc.)

6/21

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Acquisition et nature des données



- Image résultant d'une convolution par une fonction instrumentale (Point-Spread Function)
- Valeurs flottantes sur 32 bits
- Majorité des pixels : ciel (bruité) en arrière-plan (sombres)
- Pixels clairs : objets (étoiles, galaxies) et artefacts visuels (halos, etc.)

2007 6/21

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Acquisition et nature des données



- Image résultant d'une convolution par une fonction instrumentale (Point-Spread Function)
- Valeurs flottantes sur 32 bits
- Majorité des pixels : ciel (bruité) en arrière-plan (sombres)
- Pixels clairs : objets (étoiles, galaxies) et artefacts visuels (halos, etc.)

6/21

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

Acquisition et nature des données



- Image résultant d'une convolution par une fonction instrumentale (Point-Spread Function)
- Valeurs flottantes sur 32 bits
- Majorité des pixels : ciel (bruité) en arrière-plan (sombres)
- Pixels clairs : objets (étoiles, galaxies) et artefacts visuels (halos, etc.)

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Quantification

Exemple

Histogramme (échelle *log-log*)



Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

• Quantification linéaire sur 16 bits

- Majorité des pixels entre 0 et 255
- Pixels entre 256 et 65 535 dus à la présence de flou
- ⇒ Nécessité d'une quantification optimale ; ou
- ⇒ traitement direct sans quantification sur les valeur flottantes.

7/21

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Quantification

Exemple

Histogramme (échelle *log-log*)



Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

- Quantification linéaire sur 16 bits
- Majorité des pixels entre 0 et 255
 - Pixels entre 256 et 65 535 dus à la présence de flou
- Nécessité d'une quantification optimale ; ou
- ⇒ traitement direct sans quantification sur les valeur flottantes.

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Quantification

Exemple

Histogramme (échelle *log-log*)



Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

- Quantification linéaire sur 16 bits
- Majorité des pixels entre 0 et 255
- Pixels entre 256 et 65 535 dus à la présence de flou
- Nécessité d'une quantification optimale ; ou
- traitement direct sans
 quantification sur les valeur
 flottantes.

7/21

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Quantification

Exemple

Histogramme (échelle *log-log*)



Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

- Quantification linéaire sur 16 bits
- Majorité des pixels entre 0 et 255
- Pixels entre 256 et 65 535 dus à la présence de flou
- ⇒ Nécessité d'une quantification optimale ; ou

 traitement direct sans quantification sur les valeur flottantes.

7/21

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Conclusions et perspectives

Quantification

Exemple

Histogramme (échelle *log-log*)



Filtres connectés Le cas des images d'astronomie

- Quantification linéaire sur 16 bits
- Majorité des pixels entre 0 et 255
- Pixels entre 256 et 65 535 dus à la présence de flou
- ⇒ Nécessité d'une quantification optimale ; ou
- ⇒ traitement direct sans quantification sur les valeur flottantes.

Aperçu

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

• S'appuie sur une variante de l'Union-Find [Tarjan, 1975]

- Stratégie en trois étapes
 - Construction d'un parcours des points basé sur une relation d'ordre R, tel que

 $p \mathcal{R} q \Leftrightarrow \begin{cases} f(\rho) > f(q), \text{ ou} \\ f(\rho) = f(q) \text{ et } \rho \text{ est situé avant } q \\ \text{ dans l'ordre de balayage usuel} \end{cases}$

Osteut effectif d'un arbre de composantes (accontration de l'arbre phileout (composantes)



• • • • •

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

< 🗇 🕨

Aperçu

S'appuie sur une variante de l'Union-Find [Tarjan, 1975]

Stratégie en trois étapes

Construction d'un parcours des points basé sur une relation d'ordre \mathcal{R} , tel que

$$p \mathcal{R} q \Leftrightarrow \begin{cases} f(p) > f(q), \text{ ou} \\ f(p) = f(q) \text{ et } p \text{ est situé avant } q \\ \text{ dans l'ordre de balayage usuel} \end{cases}$$



Calcul effectif d'un arbre de composantes Canonisation de l'arbre obtenu (compression

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marqu Résultats et applications

Aperçu

- S'appuie sur une variante de l'Union-Find [Tarjan, 1975]
- Stratégie en trois étapes
 - Construction d'un parcours des points basé sur une relation d'ordre R, tel que

$$p \mathcal{R} q \Leftrightarrow \begin{cases} f(p) > f(q), \text{ ou} \\ f(p) = f(q) \text{ et } p \text{ est situé avant } q \\ \text{ dans l'ordre de balayage usuel} \end{cases}$$

Calcul effectif d'un arbre de composantes
 Canonisation de l'arbre obtenu (compression)

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Aperçu

- S'appuie sur une variante de l'Union-Find [Tarjan, 1975]
- Stratégie en trois étapes
 - Construction d'un parcours des points basé sur une relation d'ordre R, tel que

$$p \mathcal{R} q \Leftrightarrow \begin{cases} f(p) > f(q), \text{ ou} \\ f(p) = f(q) \text{ et } p \text{ est situé avant } q \\ \text{ dans l'ordre de balayage usuel} \end{cases}$$



Calcul effectif d'un arbre de composantes

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Aperçu

- S'appuie sur une variante de l'Union-Find [Tarjan, 1975]
- Stratégie en trois étapes
 - Construction d'un parcours des points basé sur une relation d'ordre R, tel que

$$p \mathcal{R} q \Leftrightarrow \begin{cases} f(p) > f(q), \text{ ou} \\ f(p) = f(q) \text{ et } p \text{ est situé avant } q \\ \text{ dans l'ordre de balayage usuel} \end{cases}$$



Calcul effectif d'un arbre de composantes

Canonisation de l'arbre obtenu (compression)

Motivation Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Calcul de l'arbre

Arbre des composantes et max-tree



Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Compacité et canonisation du max-tree







A. Baillard et al. (IAP & LRDE) Calcul

Calcul de l'arbre des composantes et imagerie satellitaire

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image



< 🗇 🕨

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image



f



R



< 🗇 🕨

Motivation Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes Calcul de l'arbre

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)







A B + A B +
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)







A B + A B +
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)







A B + A B +
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A
 A

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)



Niveau 3 ($\lambda = 3$)

• • • • • • • •



R



Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image









Niveau 3 ($\lambda = 3$)







Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image









Niveau 3 ($\lambda = 3$)

• • • • • • • •







Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)



Niveau 3 ($\lambda = 3$)

• • • • • • • •







Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)



Niveau 3 ($\lambda = 3$)

• • • • • • • •

С	D	Н	А	F	С
В	Ι	G	Е	J	E
		R			



Niveau 2 ($\lambda = 2$)



Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)



Niveau 3 ($\lambda = 3$)

С	D	Н	А	F	
В	I	G	Е	J	
		R			



Niveau 2 (
$$\lambda = 2$$
)

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image









Niveau 3 ($\lambda = 3$)

• • • • • • • • •





Niveau 2 (
$$\lambda = 2$$
)



Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)



Niveau 3 ($\lambda = 3$)





Niveau 1 ($\lambda = 1$)



A. Baillard et al. (IAP & LRDE) Calcul de l'arbre des composantes et imagerie satellitaire GRETSI 2007 11 / 21

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)



Niveau 3 ($\lambda = 3$)





Niveau 1 ($\lambda = 1$)



A. Baillard et al. (IAP & LRDE) Calcul de l'arbre des composantes et imagerie satellitaire GRETSI 2007 11 / 21

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)



Niveau 3 ($\lambda = 3$)





Niveau 1 ($\lambda = 1$)



Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Ensembles de niveaux de l'image





Niveau 4 ($\lambda = 4$)



Niveau 3 ($\lambda = 3$)





Niveau 1 ($\lambda = 1$)



A. Baillard et al. (IAP & LRDE) Calcul de l'arbre des composantes et imagerie satellitaire GRETSI 2007 11 / 21

Construction

COMPUTE-TREE

FIND-ROOT(X)

- 1 if zpar(x) = x then return x
- 2 else { $zpar(x) \leftarrow FIND-ROOT(zpar(x))$; return zpar(x) }

COMPUTE-TREE(f)1 for each p, $zpar(p) \leftarrow undef$ $R \leftarrow \text{REVERSE-SORT}(f)$ // traduit \mathcal{R} comme un tableau 2 3 for each $p \in R$ in direct order $parent(p) \leftarrow p$; $zpar(p) \leftarrow p$ 4 5 for each $n \in \mathcal{N}(p)$ such as $zpar(n) \neq undef$ 6 $r \leftarrow \text{FIND-ROOT}(n)$ 7 if $r \neq p$ then { $parent(r) \leftarrow p$; $zpar(r) \leftarrow p$ } 8 DEALLOCATE(zpar) return pair(R, parent) // une fonction « correcte » 9

Calcul de l'arbre

イロト イポト イヨト イヨト

Canonisation

CANONIZE-TREE

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

CANONIZE-TREE(parent, f)

- 1 for each $p \in R$ in <u>reverse</u> order
- 2 $q \leftarrow parent(p)$
- 3 if f(parent(q)) = f(q) then $parent(p) \leftarrow parent(q)$
- 4 return parent // une fonction « canonisée »



< A

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Exemple Calcul de l'aire des composantes.

COMPUTE-AREA(f, R, parent)

- 1 for each $p \in R$, area $(p) \leftarrow 1$ // initialisation
- 2 for each $p \in R$ in direct order
- 3 $area(parent(p)) \leftarrow area(parent(p)) + area(p) // MAJ$

Processus simple

- Calcul effectué de façon itérative
- Complexité linéaire

Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Comparaison en temps



Calcul de l'arbre Calcul d'attributs et marquage Résultats et applications

Applications



A. Baillard et al. (IAP & LRDE) Calcul de l'arbre des composantes et imagerie satellitaire GRETSI 2007 16 / 21

Conclusions

- Performant sur les images à valeurs hautement quantifiées ou sans quantification
- Comparable à l'algorithme connu le plus rapide, et Nécessite deux fois moins de mémoire
- Permet de construire des filtres connectés efficaces sur les images d'astronomie à traiter

Algorithme de calcul de l'arbre des composantes avec applications à la reconnaissance des formes en imagerie satellitaire



Motivation

- Filtres connectés
- Le cas des images d'astronomie

Un nouvel algorithme de calcul de l'arbre des composantes

- Calcul de l'arbre
- Calcul d'attributs et marquage
- Résultats et applications



18/21

Annexe

Bibliography I



Géraud, T. (2005).

Ruminations on Tarjan's Union-Find algorithm and connected operators.

In Mathematical Morphology : Proc. of the Intl. Symp. (ISMM), pages 105–116. Springer.



Jones, R. (1997). Component trees for image filtering and segmentation. In Coyle, E., editor, *IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing*, Mackinac Island.



Annexe

Bibliography II



Meijster, A. and Wilkinson, M. H. F. (2002). A comparison of algorithms for connected set openings and closings.

IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 24(4) :484–494.

20/21

Najman, L. and Couprie, M. (2006). Building the component tree in quasi-linear time. IEEE Trans. Image Processing, 15(11) :3531–3539.

Bibliography III

- Salembier, P., Oliveras, A., and Garrido, L. (1998).
 Antiextensive connected operators for image and sequence processing.
 IEEE Trans. Image Processing, 7(4) :555–570.
 - Tarjan, R. E. (1975). Efficiency of a good but not linear set union algorithm. *Journal of the ACM*, 22(2) :215–225.

Vincent, L. (1993).

Grayscale area openings and closings : their applications and efficient implementation.

In Intl. Symp. on Mathematical Morphology, pages 22-27.