

# Construction d'Arbres Binaires de Partitions Multi-critères pour la segmentation d'images satellites

**Jimmy Francky Randrianasoa<sup>1</sup>**

Camille Kurtz<sup>2</sup>    Éric Desjardin<sup>1</sup>    Nicolas Passat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Reims Champagne-Ardenne, CReSTIC, France

<sup>2</sup> Université Paris-Descartes, LIPADE, France

[jimmy.randrianasoa@univ-reims.fr](mailto:jimmy.randrianasoa@univ-reims.fr)

23 Juin 2016

5ème édition des journées « Big Data Mining and Visualization »

# Plan

- 1 Contexte et travaux connexes
- 2 Arbre Binaire de Partitions multi-images
- 3 Illustration expérimentale
- 4 Conclusion et perspectives

# Plan

- 1 Contexte et travaux connexes
- 2 Arbre Binaire de Partitions multi-images
- 3 Illustration expérimentale
- 4 Conclusion et perspectives

# Fouille de données complexes

## Images satellitaires

- Données très complexes et hétérogènes (objets urbains, agricoles, etc.)
- Présence de bruits sémantiques (nuages, ombres, ...)
- Données massives (plusieurs millions de pixels par image) et multivaluées (plusieurs bandes spectrales)



(a) Image urbaine THR



(b) Images agricoles d'une série temporelle

## Analyse / traitement d'image

### Segmentation

- **Tâche cruciale** pour l'analyse d'image
- 2 définitions :
  - 1 Extraction d'objets d'intérêt du fond d'une image  
**Exemples** : Modèles déformables, Coupes de graphe
  - 2 Extraction de zones homogènes significatives (partitionnement de l'image)  
**Exemples** : Opérateurs connexes [Salembier and Wilkinson, 2009] (*Watersheds*, *Split-and-merge*, ...)
- **Principal invariant** : “un algorithme appliqué sur une image”



(c) Image

(d) Un partitionnement

## Analyse / traitement d'image

### Segmentation

- **Tâche cruciale** pour l'analyse d'image
- 2 définitions :
  - 1 Extraction d'objets d'intérêt du fond d'une image  
**Exemples** : Modèles déformables, Coupes de graphe
  - 2 Extraction de zones homogènes significatives (partitionnement de l'image)  
**Exemples** : Opérateurs connexes [Salembier and Wilkinson, 2009] (*Watersheds*, *Split-and-merge*, ...)
- **Principal invariant** : “un algorithme appliqué sur une image”

### Problème mal posé

Résultat obtenu à partir d'une seule image pas totalement satisfaisant  
⇒ étendre le paradigme “une image, un algorithme”

## Fusion de segmentations

### Extension du paradigme "une image, un algorithme"

- "n images, un algorithme"  $\Rightarrow$  enrichir / améliorer les informations en entrée  
**Exemples** : Segmentation d'image satellite *pansharpened*, Segmentation d'images multi-sources
- "une image, n algorithmes"  $\Rightarrow$  enrichir / améliorer les informations en sortie  
**Exemples** : Approche consensuelle entre plusieurs méthodes, Approche mono-algorithmique stochastique

### Enjeu

- Obtenir **une meilleure segmentation à partir de plusieurs résultats de segmentation**

## Fusion de segmentations

### Extension du paradigme “une image, un algorithme”

- “ $n$  images, un algorithme”  $\Rightarrow$  enrichir / améliorer les informations en entrée  
**Exemples** : Segmentation d'image satellite *pansharpened*, Segmentation d'images multi-sources
- “une image,  $n$  algorithmes”  $\Rightarrow$  enrichir / améliorer les informations en sortie  
**Exemples** : Approche consensuelle entre plusieurs méthodes, Approche mono-algorithmique stochastique

### Enjeu

- Obtenir **une meilleure segmentation à partir de plusieurs résultats de segmentation**

### Travaux connexes

- Problème d'interpolation géométrique [Rohlfing and Maurer Jr., 2007, Vidal et al., 2007]
- *Stochastic watersheds/minimum spanning forest* [Angulo and Jeulin, 2007, Bernard et al., 2012]
- *Fusion de segmentations basée sur des random walkers* [Wattuya et al., 2008]
- *Fusion de segmentations d'image basée sur des méthodes générales de clustering*  
[Franeek et al., 2010]

# Hiérarchies morphologiques

## Segmentation hiérarchique

- Arbre d'inclusion
  - Arbres de coupes [Salembier et al., 1998]
  - Arbres de formes [Monasse and Guichard, 2000]



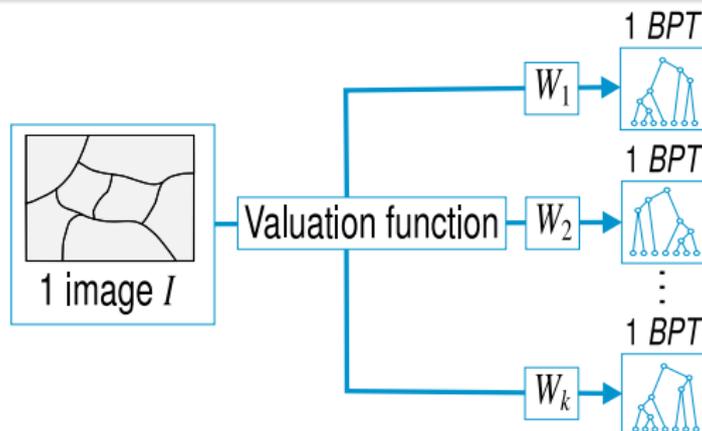
## Inconvénients des arbres d'inclusion

- Forte dépendance à l'information spectrale de l'image
  - Une image  $\Rightarrow$  un arbre

# Hiérarchies morphologiques

## Segmentation hiérarchique

- Arbre Binaire de Partitions (*Binary Partition Tree* ou *BPT*) [Salembier and Garrido, 2000]



## Spécificité du BPT [Salembier and Garrido, 2000]

- Intelligence basée sur des connaissances a priori de l'utilisateur
    - Une image  $\Rightarrow$  plusieurs BPTs potentiels suivant la métrique utilisée
    - Souvent utilisé pour la segmentation d'images de télédétection
- [Vilaplana et al., 2008, Benediktsson et al., 2011]

# Hiérarchies morphologiques

## Segmentation hiérarchique

- Arbre Binaire de Partitions (*Binary Partition Tree ou BPT*) [Salembier and Garrido, 2000]

## Spécificité du BPT [Salembier and Garrido, 2000]

- Intelligence basée sur des connaissances a priori de l'utilisateur
  - Une image  $\Rightarrow$  plusieurs BPTs potentiels suivant la métrique utilisée
  - Souvent utilisé pour la segmentation d'images de télédétection

[Vilaplana et al., 2008, Benediktsson et al., 2011]

## Extension du BPT pour $n$ images satellites : travaux connexes

- Images satellites multi-résolutions [Kurtz et al., 2012]
- Hiérarchie morphologique multiple [Akçay and Aksoy, 2008]
- Traitement d'une série d'images temporelles avec les BPTs [Alonso-González et al., 2014]

# Multi-images

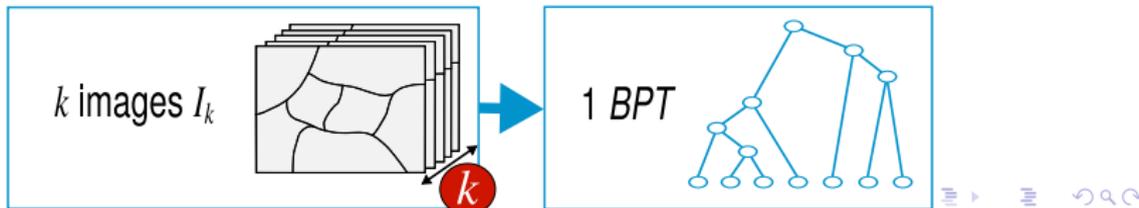
## Intérêts du multi-images

- Complémentarité des données disponibles (multi-résolutions, multi-spectrales, multi-temporelles ...)
- Amélioration de la segmentation obtenue à partir d'une structure hiérarchique

## Contributions

Nouvelle approche pour la création d'un espace de recherche hiérarchique unifié

- 1 **paradigme "n images, un algorithme"**
- 2 **Extension** d'un modèle hiérarchique existant (BPT)
  - Possibilité d'adaptation du processus de création
  - Souvent utilisé en télédétection
- 3 **Utilisation de stratégies de consensus** (dérivant du domaine de l'apprentissage automatique)



# Plan

- 1 Contexte et travaux connexes
- 2 Arbre Binaire de Partitions multi-images**
- 3 Illustration expérimentale
- 4 Conclusion et perspectives

## Arbre Binaire de Partitions mono-image

### Structure générale

Représentation hiérarchique des régions contenues dans une image

- Feuilles : régions élémentaires
- Nœuds : fusions par à pair de régions voisines
- Racine : nœud représentant le support de l'image

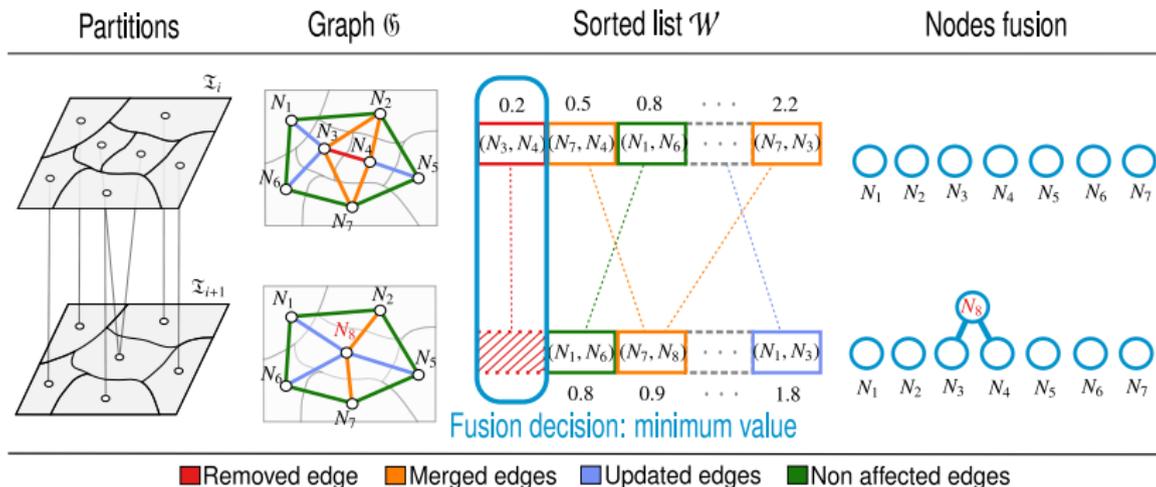
Création d'arbre basée sur un algorithme ascendant





# BPT mono-image : une itération dans la création

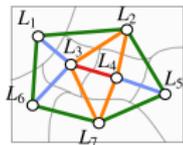
## One iteration in the creation



## Création de BPT multi-images

Input

One graph  $\mathcal{G}_{\mathcal{L}} = (\mathcal{L}, A_{\mathcal{L}})$



1

Valuation function  $W_j$

2

Computation of distances  
between neighbouring nodes

k

Consensus strategy

3

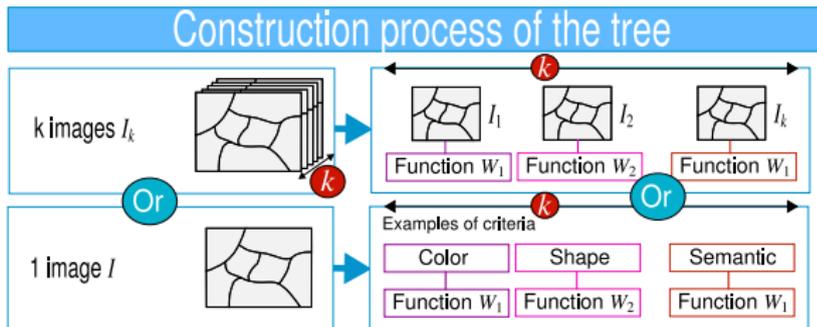
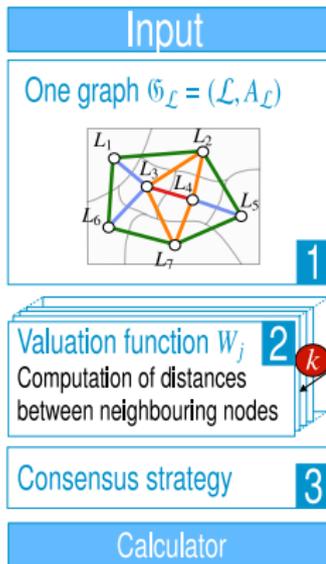
Calculator

Centre de Calcul  
ROMEO

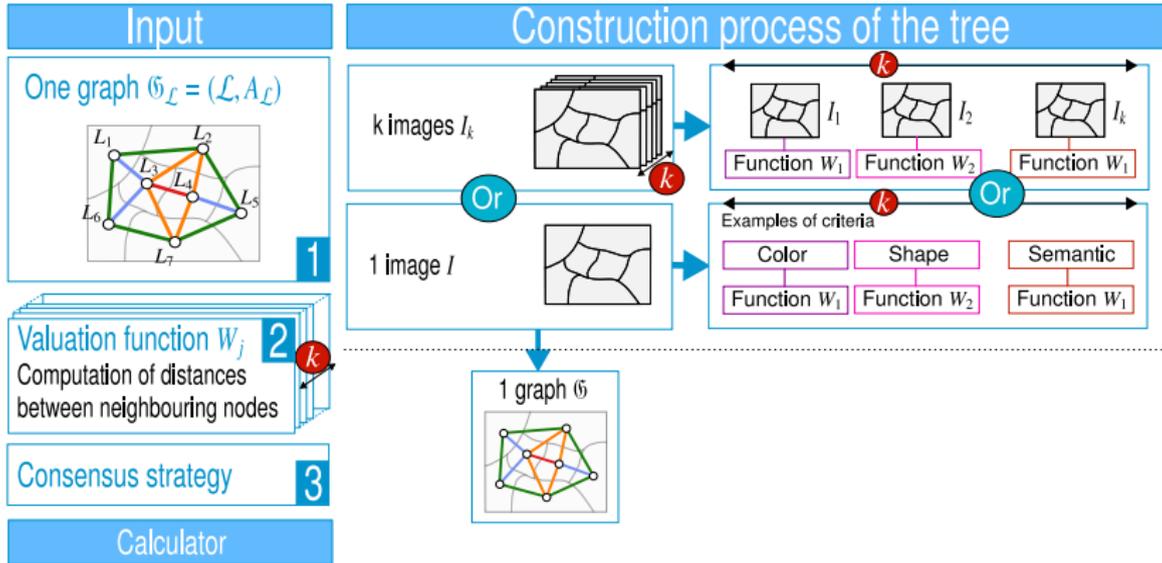


Construction process of the tree

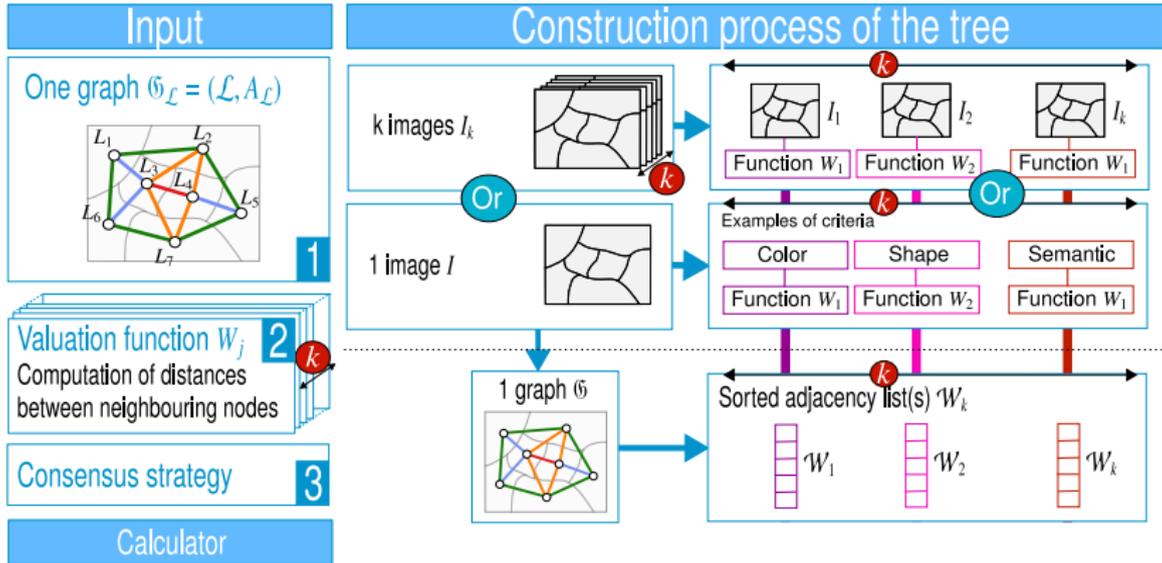
# Création de BPT multi-images



# Création de BPT multi-images



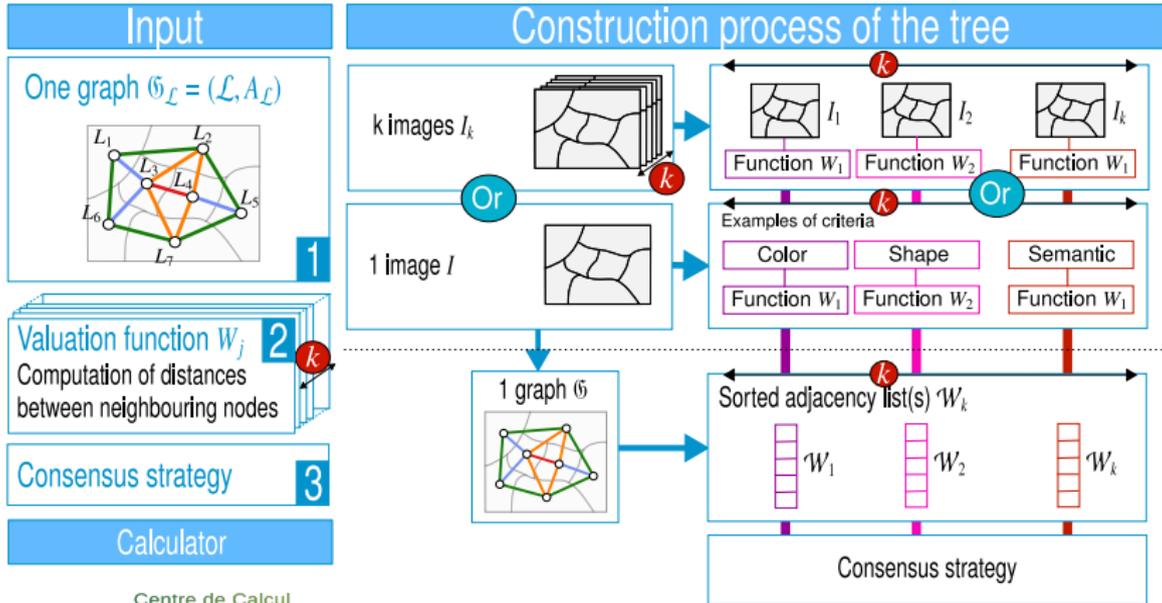
# Création de BPT multi-images



Centre de Calcul  
 ROMEO



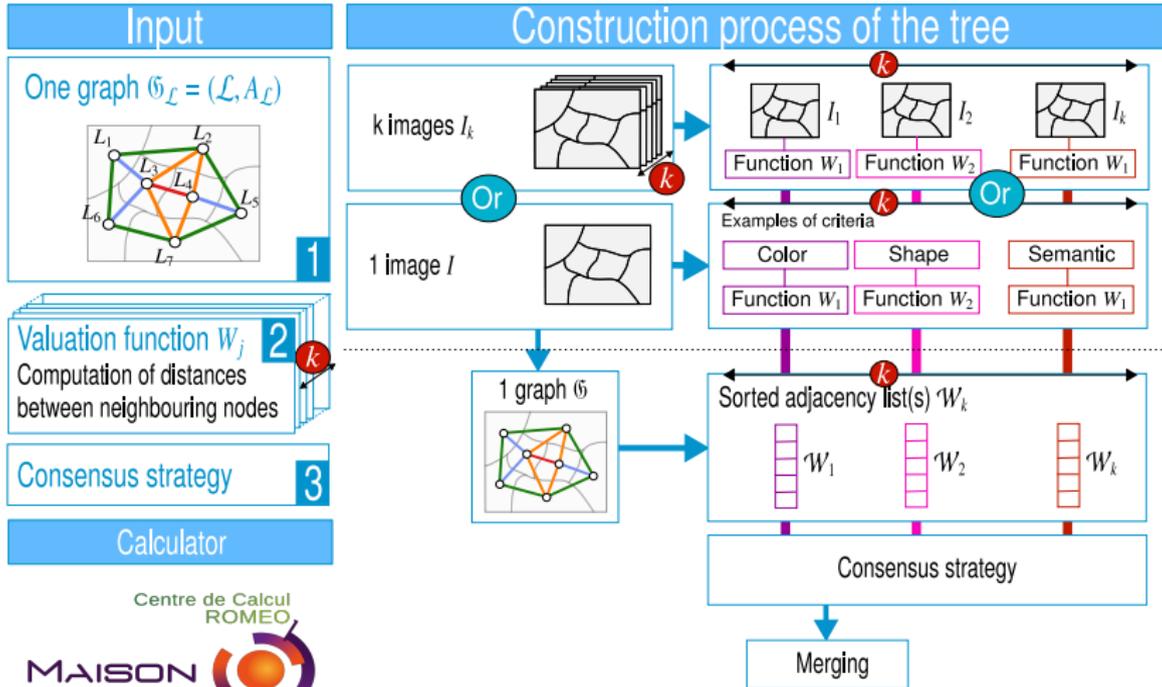
# Création de BPT multi-images



Centre de Calcul  
 ROMEO



# Création de BPT multi-images

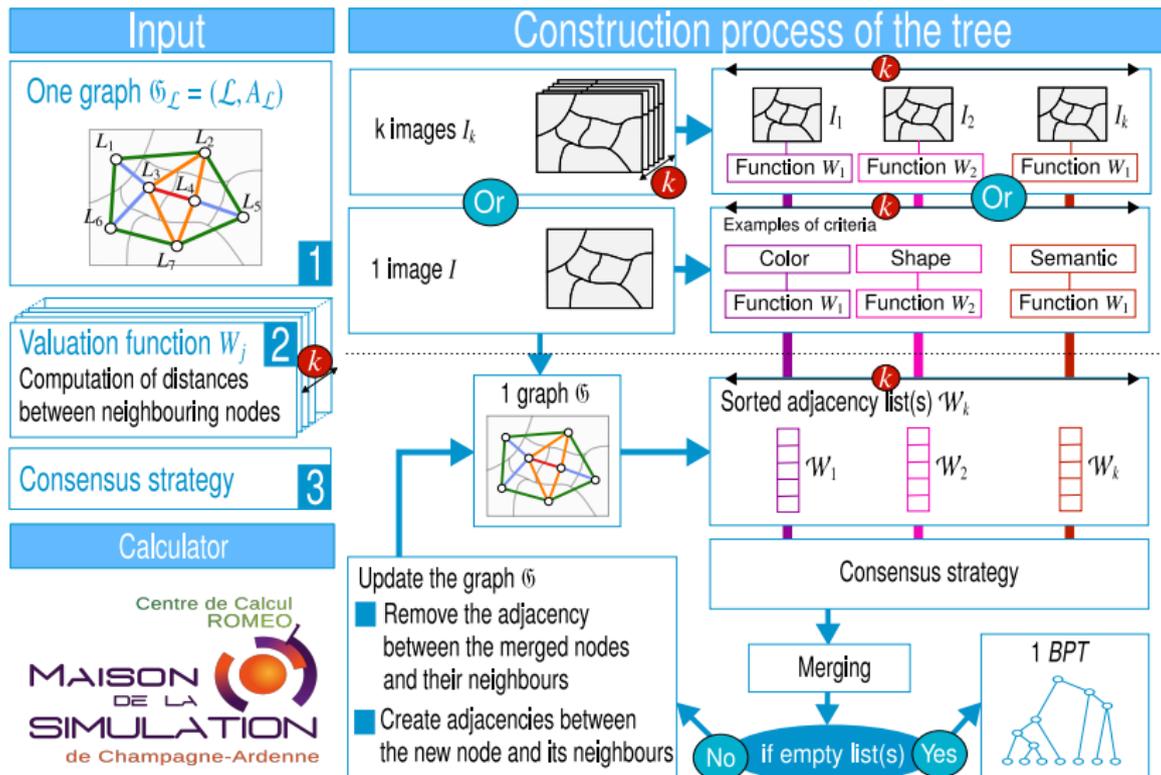


Centre de Calcul  
 ROMEO



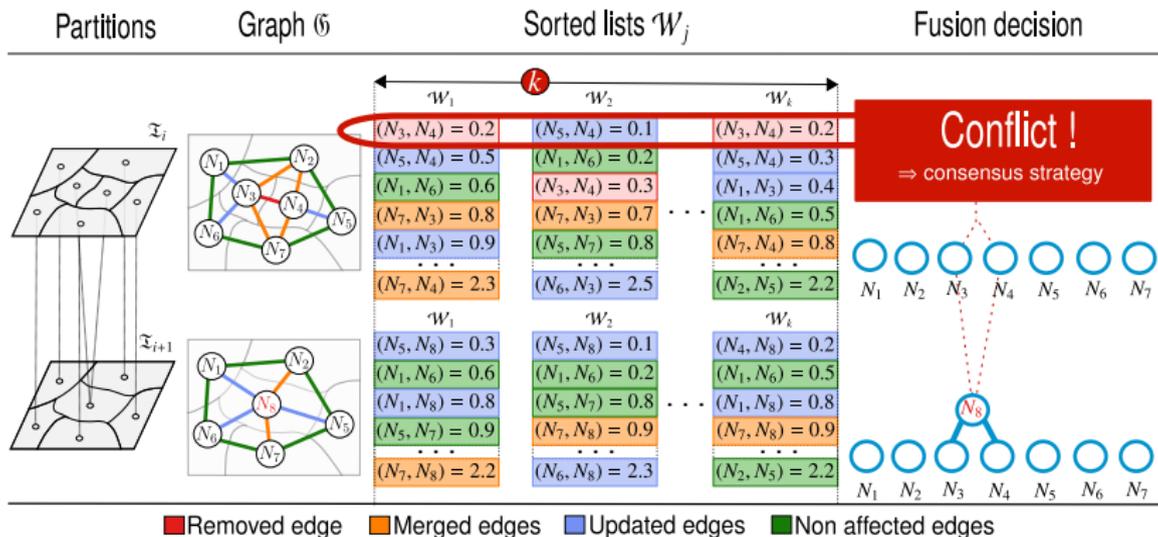


# Création de BPT multi-images



# BPT multi-images : une itération dans la création

## One iteration in the creation

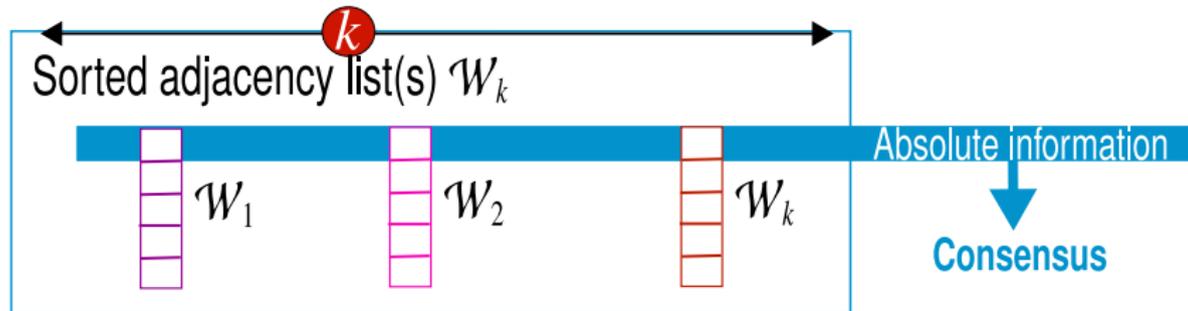


## Stratégies de consensus

### Consensus d'informations absolues

La décision est prise en considérant les informations absolues portées par les premières arêtes de chaque liste

- *min of mean*
- *min of min*

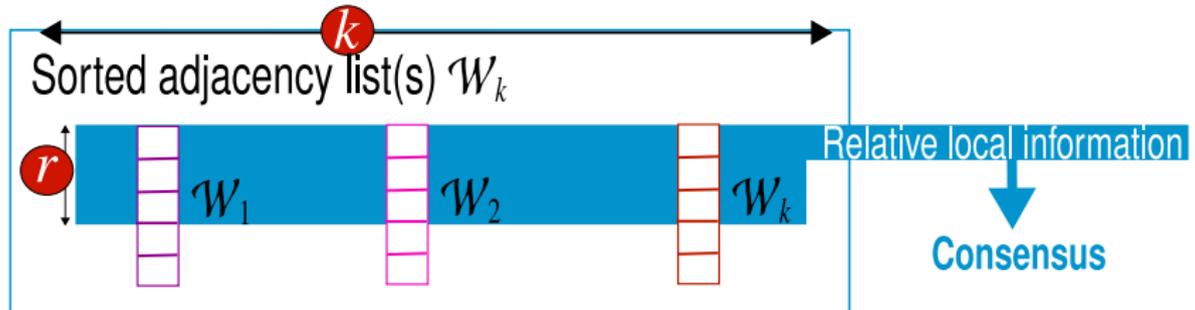


## Stratégies de consensus

### Consensus d'informations relatives locales

Pour un ensemble restreint d'éléments de chaque liste, la décision est prise en considérant les positions relatives de chaque arête dans chaque liste triée

- *majority vote*
- *most frequent (potentially weighted)*

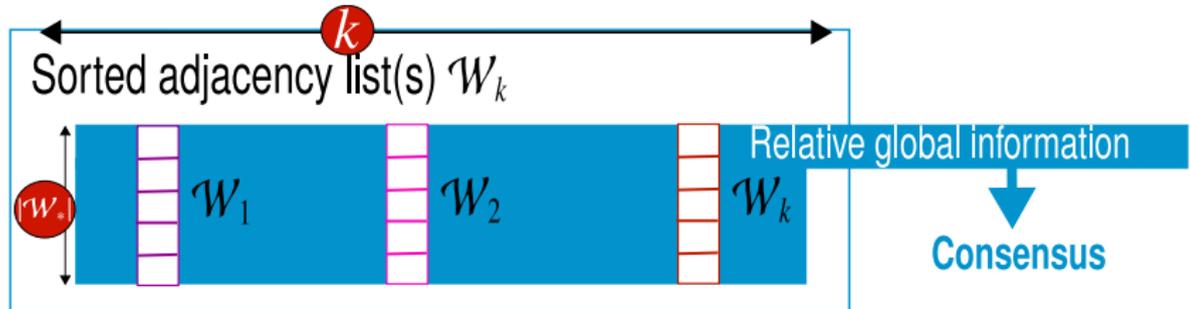


## Stratégies de consensus

### Consensus d'informations relatives globales

La décision est prise en considérant les positions relatives des arêtes dans la totalité de toutes les listes triées.

- *best average*
- *best median ranking*



# Plan

- 1 Contexte et travaux connexes
- 2 Arbre Binaire de Partitions multi-images
- 3 Illustration expérimentale**
- 4 Conclusion et perspectives

## Illustration expérimentale

### Contexte

Analyse d'images de télédétection (satellite)

### Applications

- Mono-date, mono-source, plusieurs images (bruitées)  
⇒ extraction d'information malgré la dégradation de l'image
- Multi-date, mono-source, une image par date  
⇒ exploitation des informations redondantes

### À ce stade

- Choix basique sur les paramètres de construction du BPT et la segmentation  
⇒ concentration sur l'effet structurel du BPT multi-image contre celui du BPT standard
- Expérimentations considérées comme des jeux de données
  - Pas (encore) de validation quantitative
  - Pas de paramétrage spécifique effectué

### Objectif

Illustration de l'utilité potentielle de notre approche pour les images satellites

## Images urbaines bruitées



(e) Originale

(f) Exemple d'image bruitée

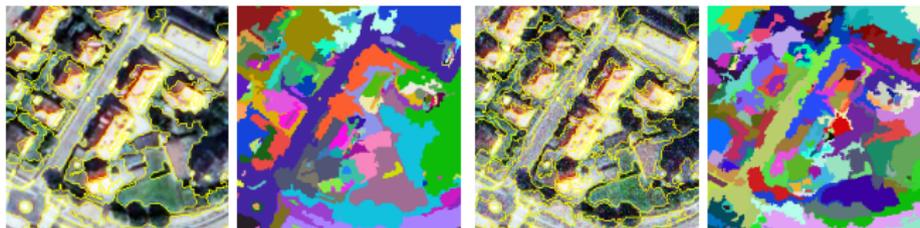
- **Données** : 7 échantillons d'images bruitées (bruit gaussien ( $\sigma = 10\%$ ) et bruit impulsionnel (5%)) de Strasbourg prises en 2012
- **Méthode** :
  - Création d'un BPT à partir d'une partition initiale  $\mathcal{L}$  (un pixel par région)
  - Fonction de valuation  $W_*$  : augmentation des intervalles des valeurs d'intensité (pour chaque bande radiométrique)
  - Stratégie de consensus : *most-frequent (pondéré) appliquée pour les premiers 10% de la liste  $W_*$*
  - *Segmentation à partir d'une coupe du BPT (menant à 200 régions)*

## Images urbaines bruitées



(g) Originale

(h) Exemple d'image bruitée



(i) Segmentation de (a)

(j) Segmentation de (b + 6 images bruitées)

- **Résultat** : légère dégradation du résultat de segmentation obtenu à partir des 7 images bruitées, mais de qualité comparable  $\Rightarrow$  capacité de la segmentation basée sur des BPTs multi-images à générer des résultats précis

## Images Agricoles Temporelles



(k) Mai

(l) Juillet

(m) Août

- **Données** : 3 échantillons d'images agricoles d'une série temporelle d'images FORMOSAT-2 de Toulouse prises en 2007
- **Méthode** :
  - Création d'un BPT à partir d'une partition initiale  $\mathcal{L}$  (un pixel par région)
  - Fonction de valuation  $W_*$  : augmentation des intervalles des valeurs d'intensité (pour chaque bande radiométrique)
  - Stratégie de consensus : *most-frequent (pondéré) appliquée pour les premiers 10% de la liste  $W_*$*
  - *Segmentation à partir d'une coupe du BPT (menant à 105 régions)*

## Images Agricoles Temporelles



(n) Mai

(o) Juillet

(p) Août



(q) Seg. mono-image

(r) Seg. multi-image

(s) Vérité terrain

- **Résultat** : Correction (par les informations redondantes) de quelques effets produits par des bruits sémantiques de la segmentation mono-image

# Plan

- 1 Contexte et travaux connexes
- 2 Arbre Binaire de Partitions multi-images
- 3 Illustration expérimentale
- 4 Conclusion et perspectives

# Conclusion

## Contributions

- Présentation d'une approche pour la création d'un BPT unique à partir de plusieurs images
  - Proposition d'un cadre algorithmique et de la structure des données
  - Étude de différentes stratégies de consensus
- Développement d'un prototype
- Expérimentations sur des ensembles d'images satellite
  - Qualité de la morphologie hiérarchique  $\Rightarrow$  amélioration de la segmentation

## Perspectives

- Intégration de stratégies de consensus de plus haut niveau  $\Rightarrow$  amélioration de la qualité des hiérarchies
- Proposition d'un moyen de créer un BPT à partir de plusieurs fonctions de valuation
- Utilisation d'hyper-arbres pour la gestion de la multi-temporalité

# Merci pour votre attention !

Des questions ?

`jimmy.randrianasoa@univ-reims.fr`

`http://crestic.univ-reims.fr/membre/1818-tianatahina-jimmy-francky-randrianasoa`