Hiérarchies et analyse dans l'espace des formes pour la segmentation des images de tomographie par émission de positons

Eloïse Grossiord[1,4], Hugues Talbot[1], Nicolas Passat[2], Michel Meignan[3], Pierre Tervé[4], Laurent Najman[1]

[1] Université Paris-Est, LIGM, A3SI, ESIEE Paris
[2] Université de Reims Champagne-Ardenne, CReSTIC
[3] Hôpital Henri Mondor
[4] KEOSYS

Plan

1. Contexte
2. Représentation hiérarchique de l'image
3. Filtrage classique sur arbre
4. Shaping : Analyse morphologique dans l'espace des formes

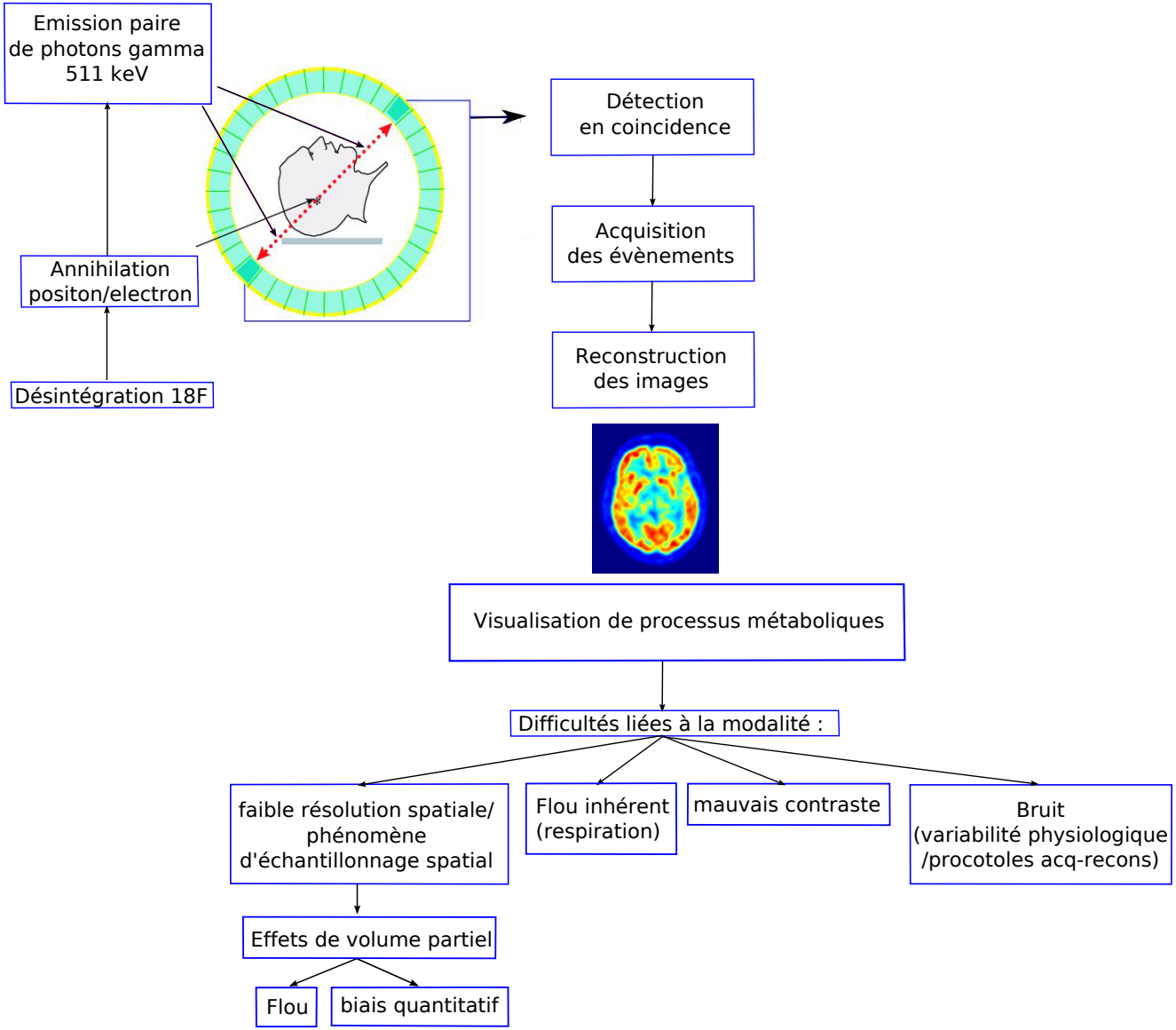
1 Contexte

2 Représentation hiérarchique de l'image

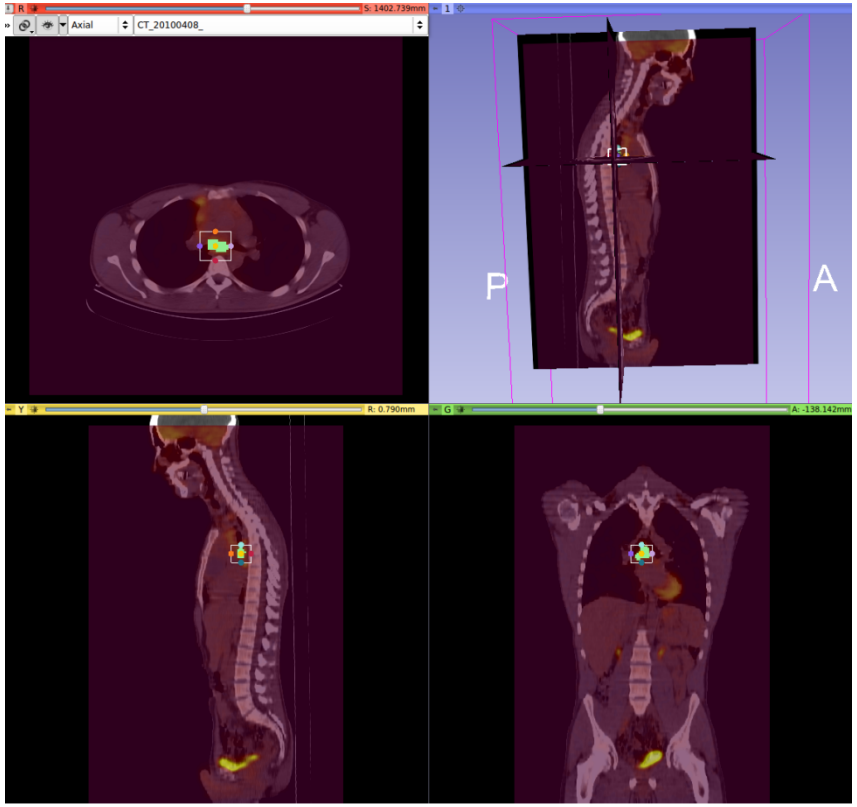
3 Filtrage classique sur arbre

4 Shaping : Analyse morphologique dans l'espace des formes

Caractéristiques des images TEP



Protocole standard clinique de segmentation



- Méthode standard établie pour le lymphome
- Description manuelle interactive de VOI
- Seuillage relatif : 41% SUV_{max}
- Processus long et qui nécessite une forte interaction avec l'utilisateur
- Forte sur-estimation des volumes inférieurs à 3-4 mL

But : Segmentation semi-automatique semi-supervisée

Idée

- Paradigme simple et temps-réel basé sur l'intensité, seuillage
- Seuillage "intelligent" basé sur d'autres critères que l'intensité
- Injecter de la connaissance expert : description plus riche des lésions
  - position (anatomique)
  - forme : compacité, élongation,...
  - taille
  - relation spatiale

1 Contexte

2 Représentation hiérarchique de l'image

3 Filtrage classique sur arbre

4 Shaping : Analyse morphologique dans l'espace des formes

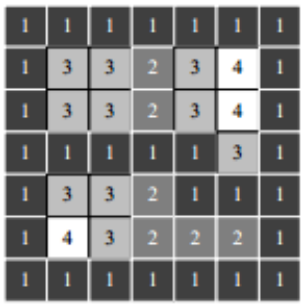
Représentation hiérarchique de l'image

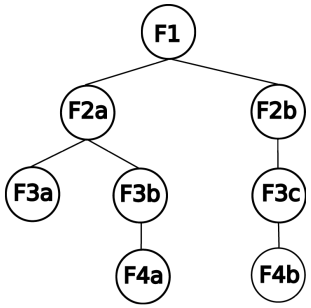
Arbre de coupes : structure adaptée

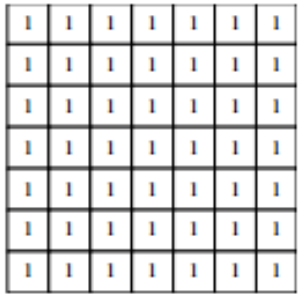
- Les objets d'intérêt sont les maxima d'intensité
- Approche interactive et temps-réel

- Modélisation de l'ensemble des composantes connexes
- Seuillages successifs
- Temps de construction quasi-linéaire
- Structure d'arbre équivalente à l'image : représentation sans perte

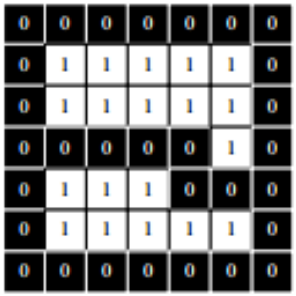
Représentation hiérarchique de l'image



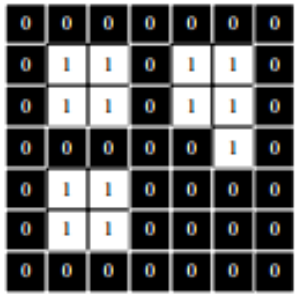




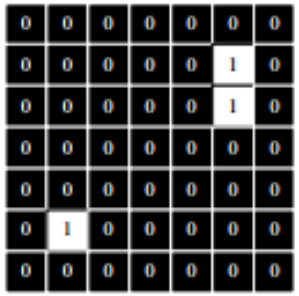
F_1



F_2



F_3



F_4

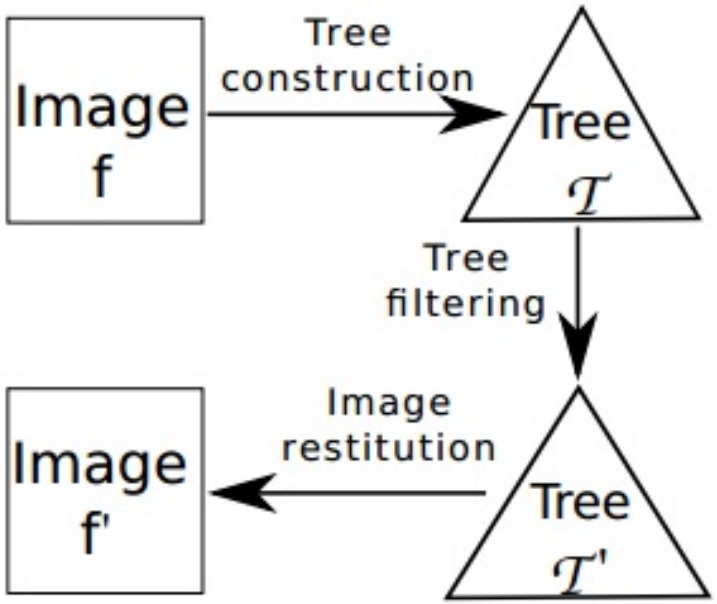
1 Contexte

2 Représentation hiérarchique de l'image

3 Filtrage classique sur arbre

4 Shaping : Analyse morphologique dans l'espace des formes

Filtrage classique



- Construction de la représentation hiérarchique
- Calcul et stockage d'un attribut descriptif des structures
- Filtrage de l'arbre : élimination de noeuds
- Reconstruction de l'image filtrée

Filtrage classique

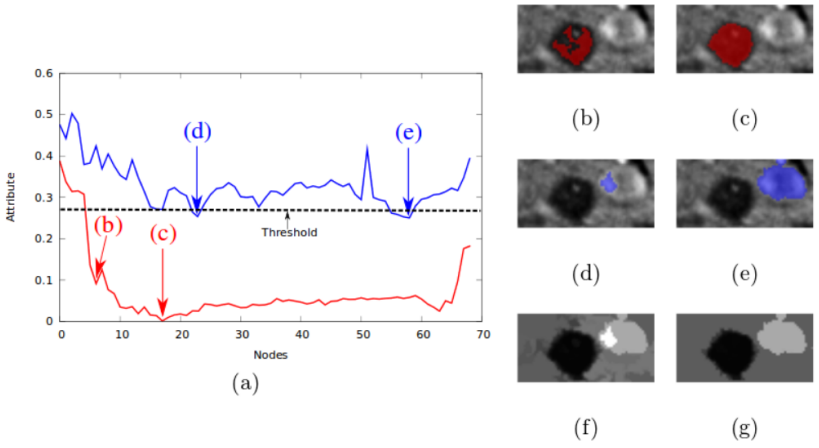
Principales forces de la représentation

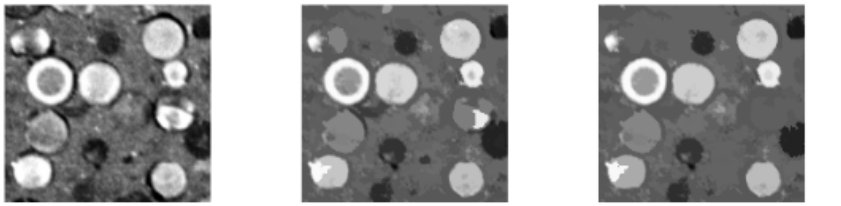
- Modélise l'ensemble des solutions potentielles de seuillage, fixe (coupe horizontale) ou adaptatif (choix de branches)
- Quand attribut croissant, Choix du seuil en temps réel : scan linéaire des noeuds des feuilles à la racine

Filtrage classique

Principales limitations

- Attributs non croissants : les règles de filtrage ne sont pas évidentes
- Échelles de valeurs différentes entre les branches : difficile de récupérer tous les objets d'intérêt avec un unique seuil global





Input image. Low threshold of $\mathcal{A}$. Higher threshold of $\mathcal{A}$.

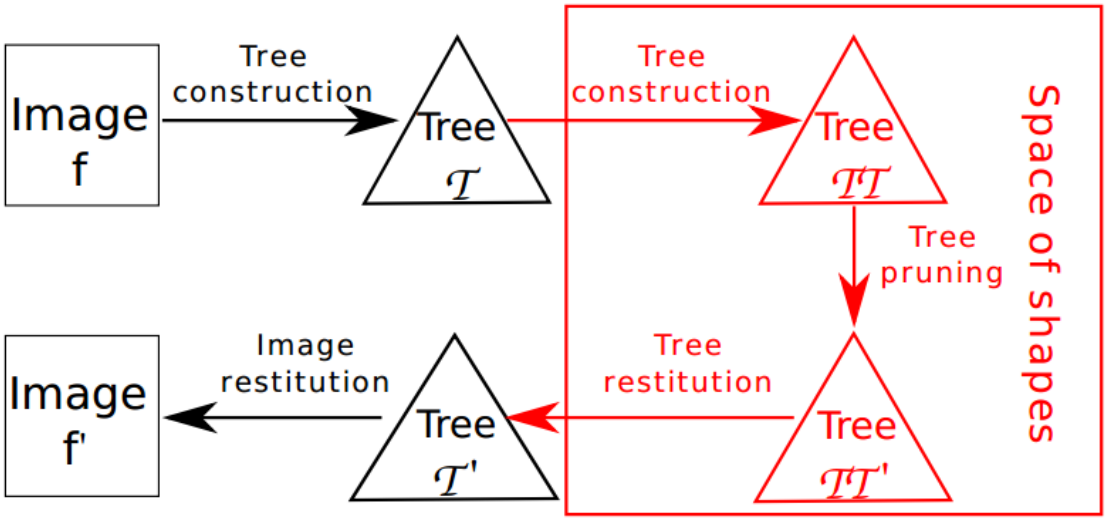
1 Contexte

2 Représentation hiérarchique de l'image

3 Filtrage classique sur arbre

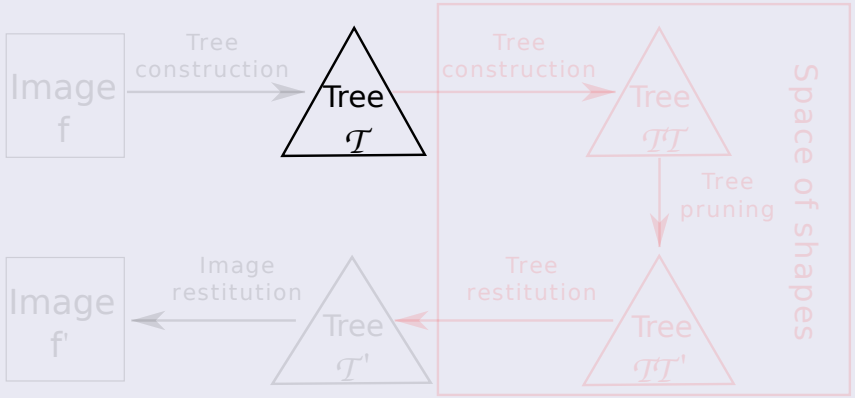
4 Shaping : Analyse morphologique dans l'espace des formes

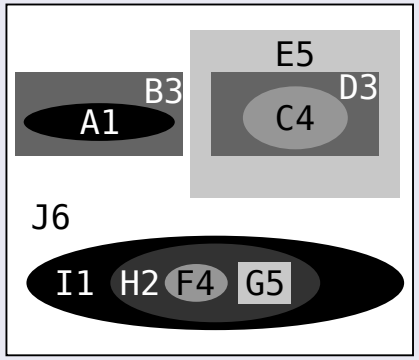
Shaping : Shape-based morphology framework [Xu, 2013]

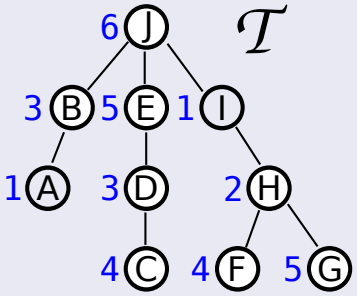


Shaping

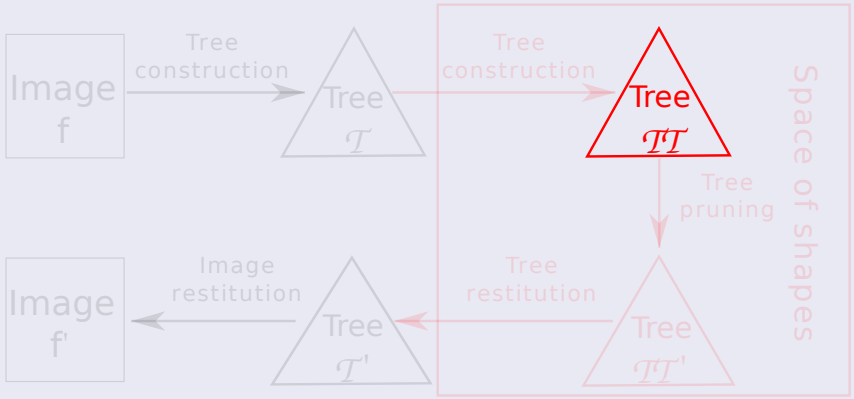
1. Construction du 1er arbre T

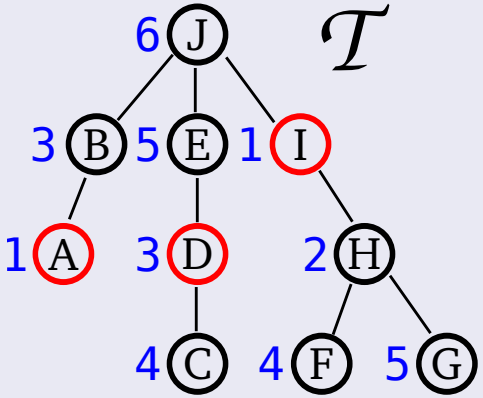


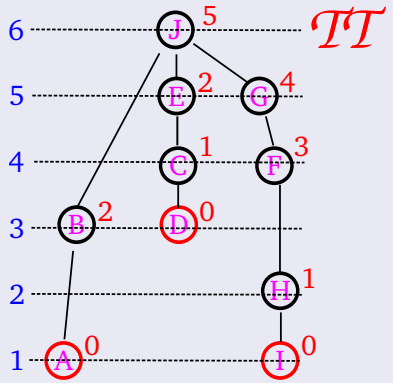




2. Construction du 2e arbre TT : mintree de T

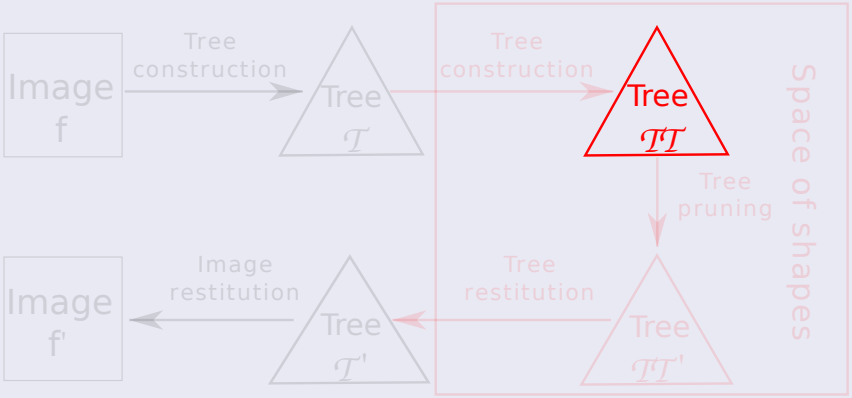


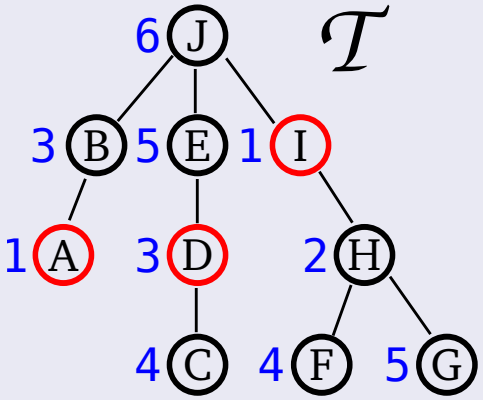


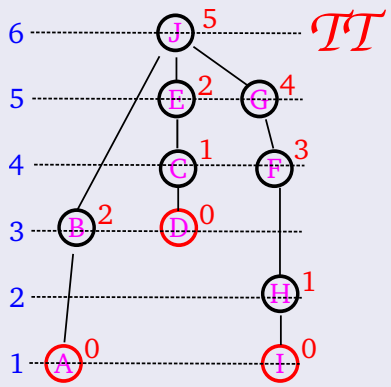


Construit à partir des ensembles de niveaux inférieurs : $\{N \in T, A(N) \leq \lambda\}$

TT : Mintree de T

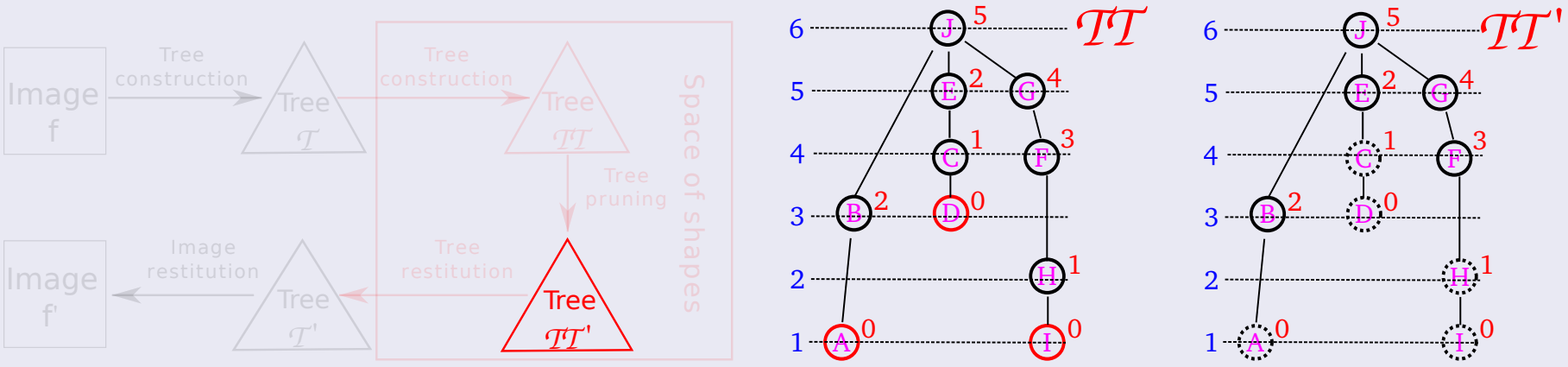






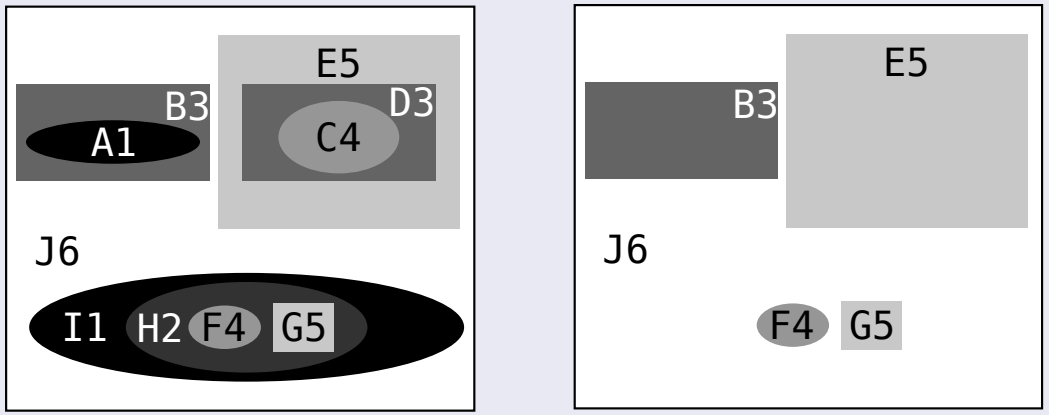
- Attribut A croissant dans cet arbre TT
- Ex : A = compacité
  - min de A : structures "peu" compactes, i.e. allongées
  - max de A : structures compactes
- Calcul d'un 2e attribut AA basé sur A : distance par rapport aux minima d'énergie de A

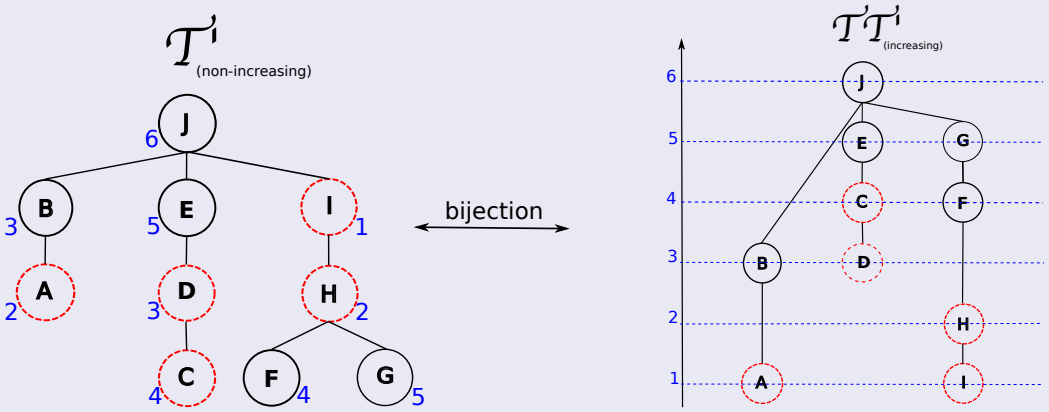
3. Filtrage de l'arbre TT



- Seuil traduisant la distance/différence acceptée
- Conservation des nœuds les plus significatifs par rapport au critère de forme
- Ex : élimination des nœuds de TT tq $AA(N) \leq 1$. On conserve les noeuds qui sont *suffisamment compactes*

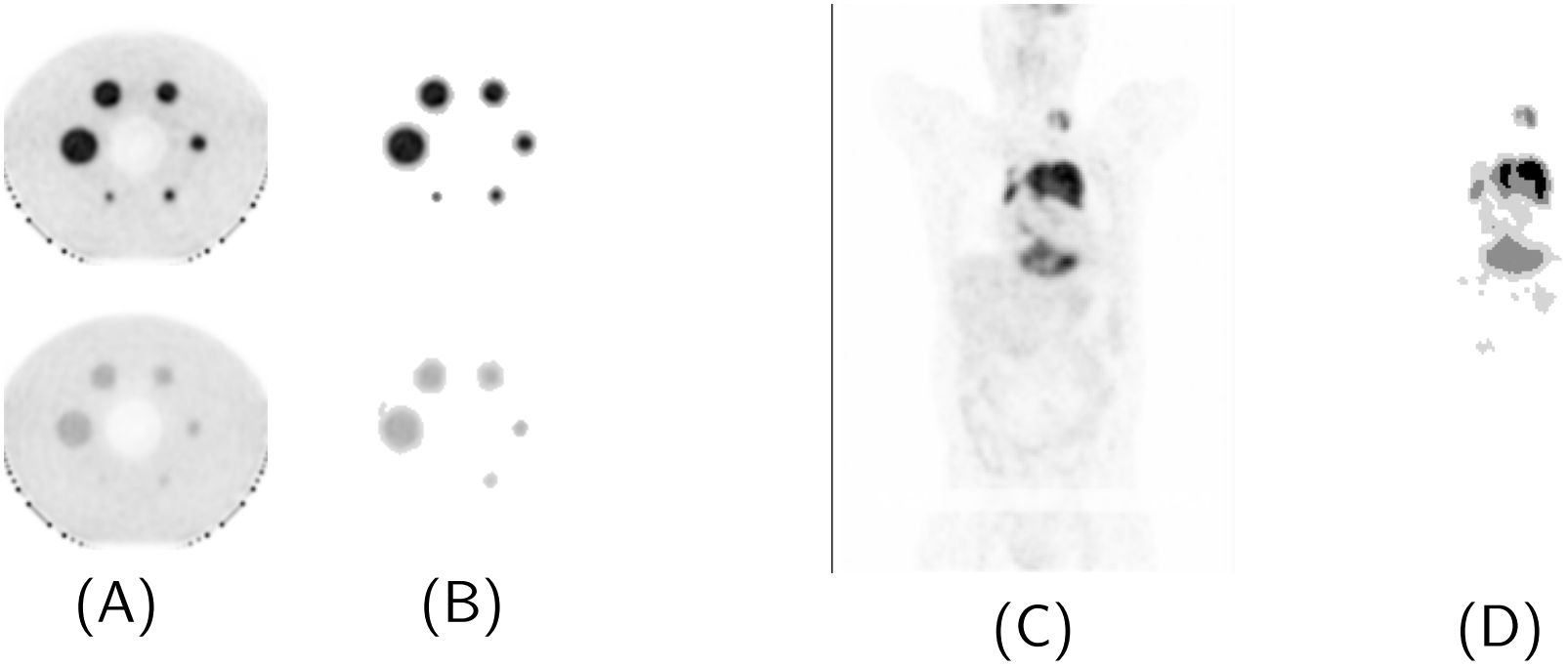
4. Reconstruction de l'image filtrée





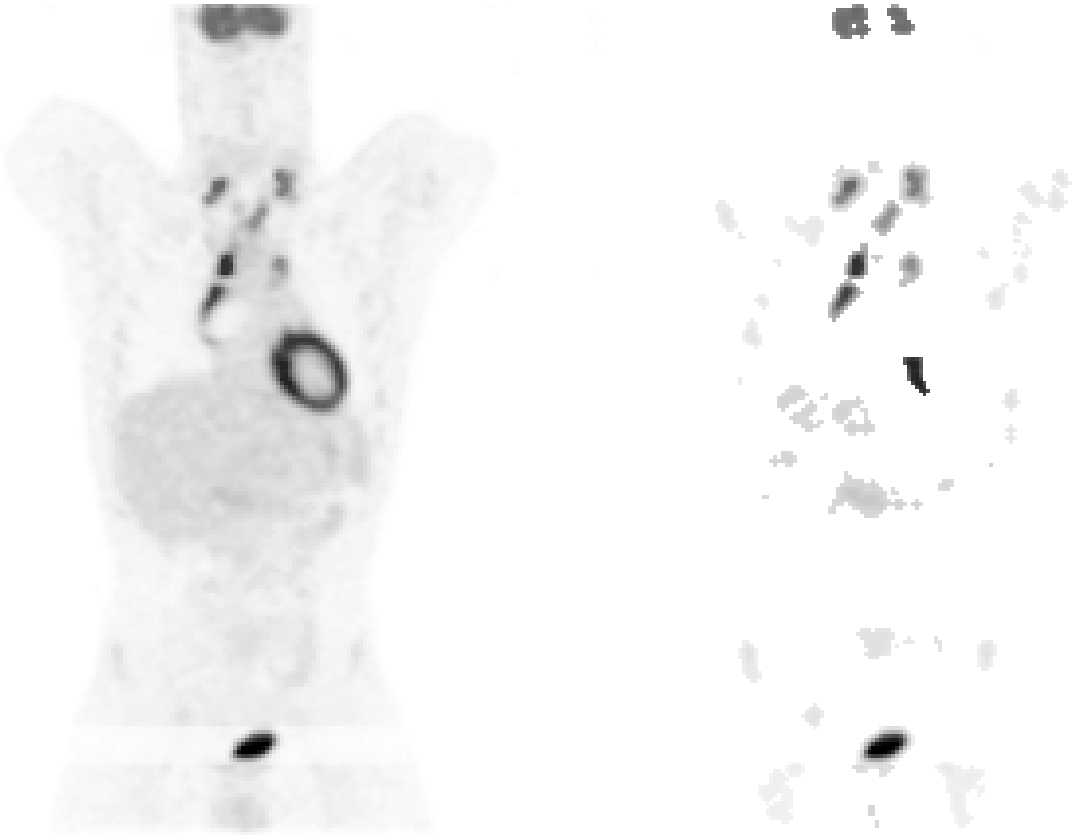
- Seuillage optimisé : filtrage basé sur la forme
- Filtrage multi-échelle : indépendant de la taille des structures

Segmentation des images TEP



figure(A) Original PET image of NEMA IEC phantom with different SBR (SBR = 8.40 :1 and SBR = 2.59 :1) - (C) Clinical patient PET data – (B) and (D) all MIP results.

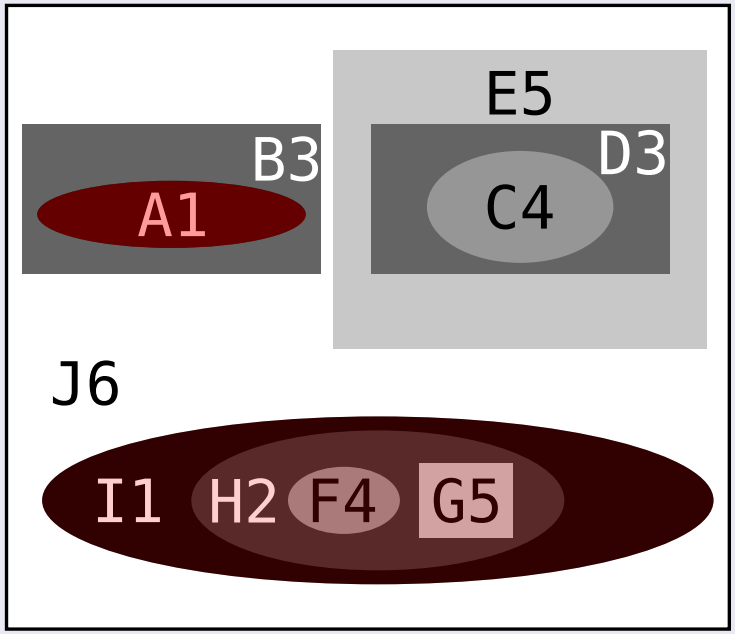
Segmentation des images TEP

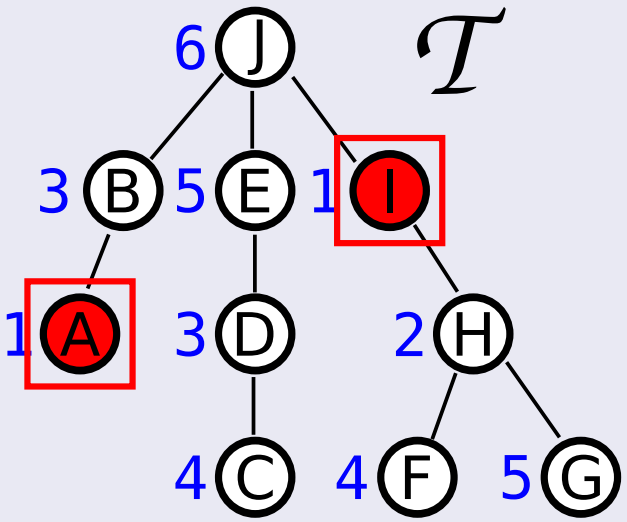


Perspectives

- Calcul de critères pertinents (apprentissage)
- Élimination des faux positifs anatomiques à l'aide d'un atlas
- Intérêt de la bi-modalité : utiliser information du CT en plus du PET
- Prendre en compte l'effet de volume partiel : estimation de PSF et déconvolution ; restauration et segmentation jointe ?

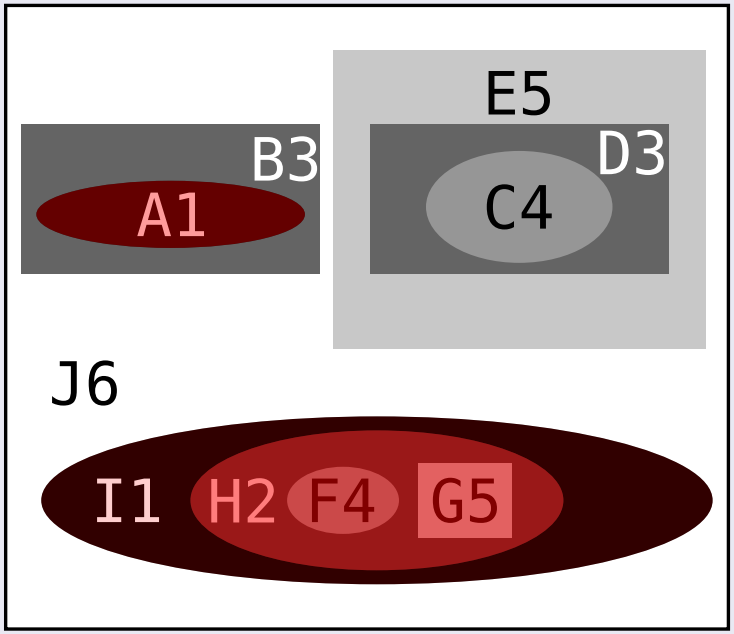
Construction du mintree

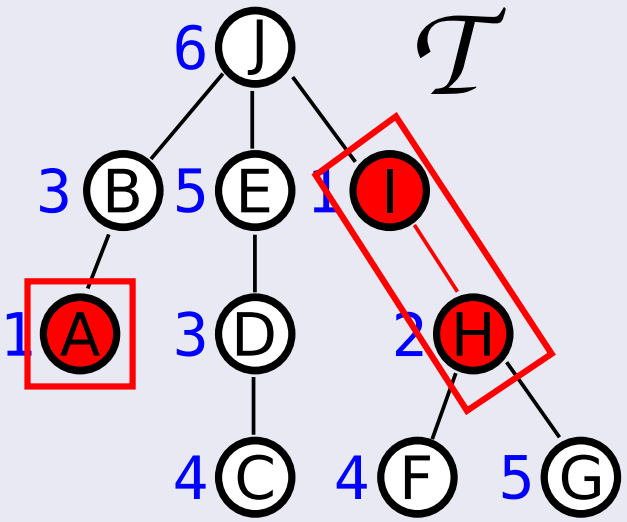




$$\{N \in T, A(N) \leq 1\}$$

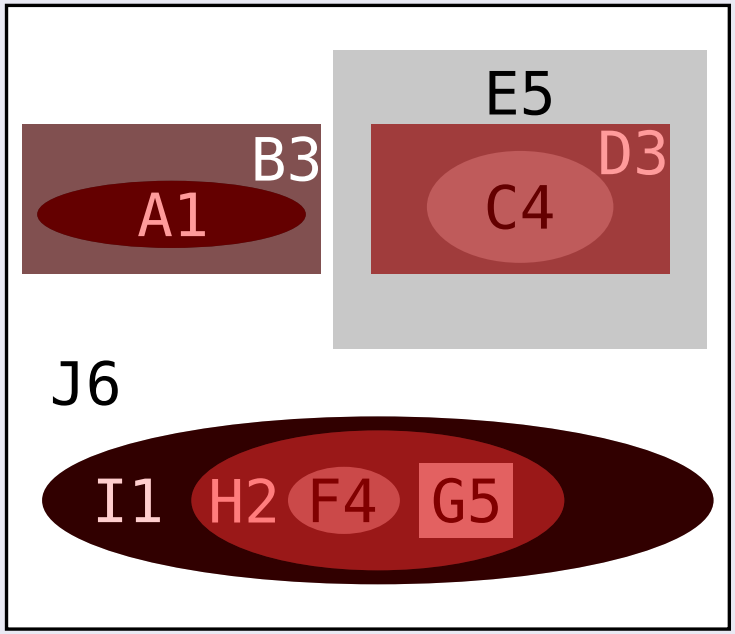
Construction du mintree

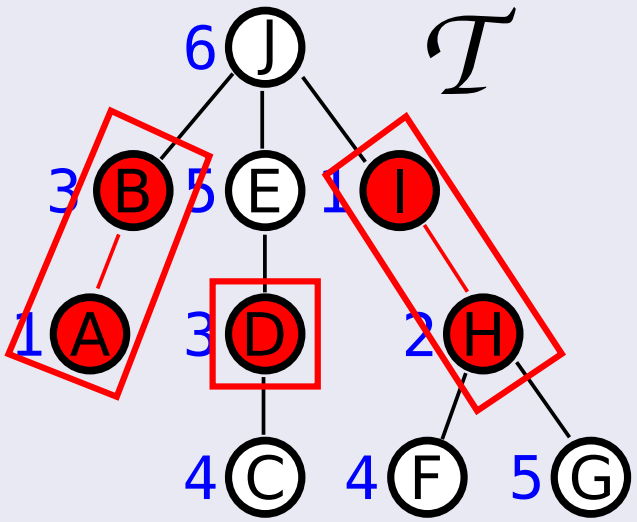




$$\{N \in T, A(N) \leq 2\}$$

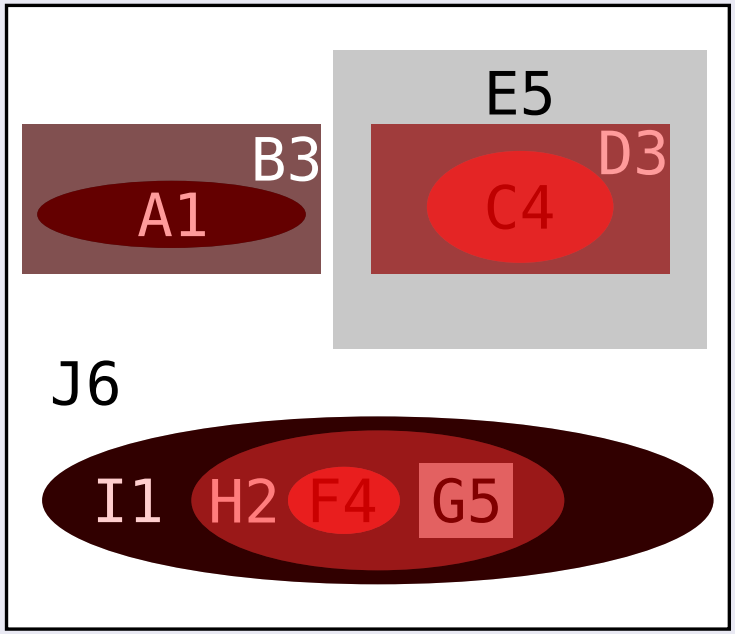
Construction du mintree

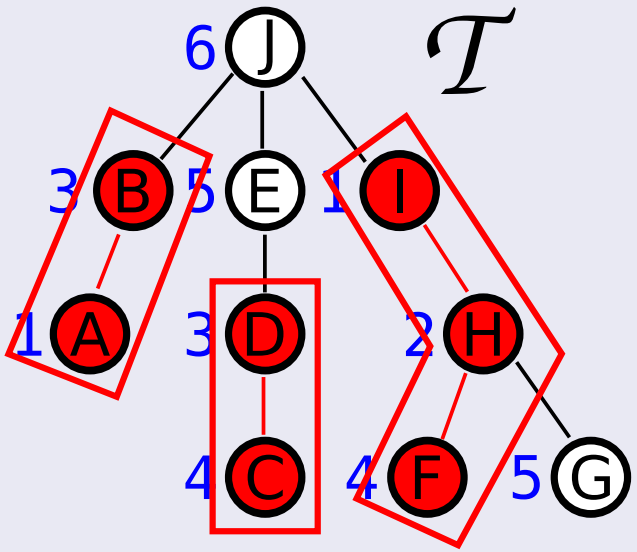




$$\{N \in T, A(N) \leq 3\}$$

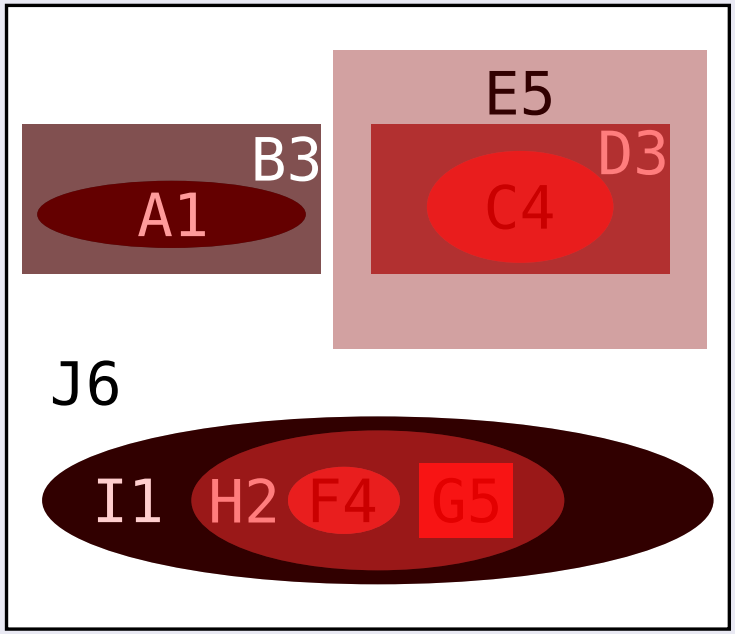
Construction du mintree

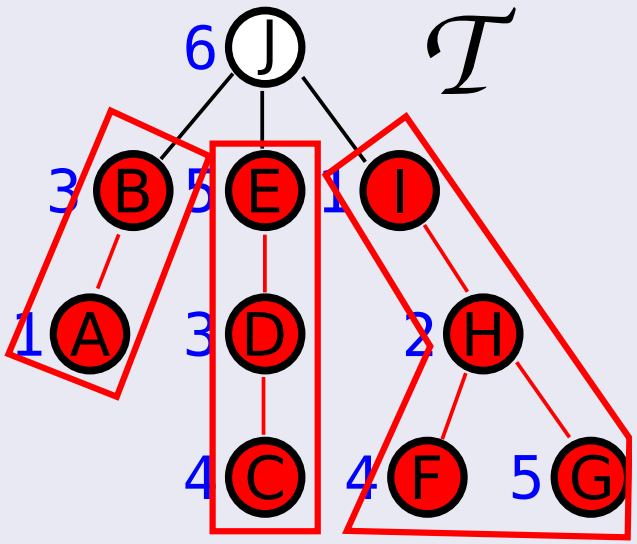




$$\{N \in T, A(N) \leq 4\}$$

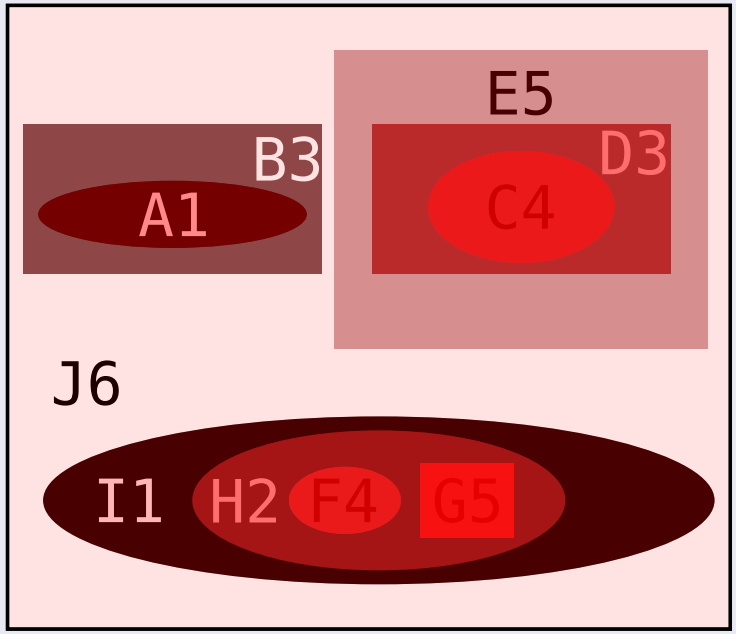
Construction du mintree

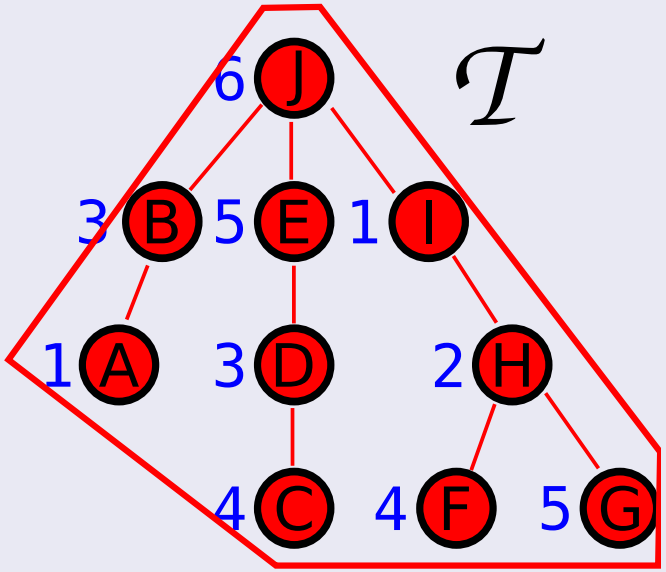




$$\{N \in T, A(N) \leq 5\}$$

Construction du mintree





$$\{N \in T, A(N) \leq 6\}$$