

Segmentation 3D des lésions du lymphome à partir de descripteurs multimodaux TEP/TDM

E. Grossiord¹, H. Talbot², N. Passat³, M. Meignan⁴, L. Najman²

¹Institut Universitaire du Cancer de Toulouse (IUCT) - Oncopôle, Toulouse, France

² Université Paris-Est, ESIEE-Paris, LIGM, CNRS, France

³ Université de Reims Champagne-Ardenne, CReSTIC, France

⁴ The Lymphoma Academic Research Organisation (LYSARC), Lyon, France



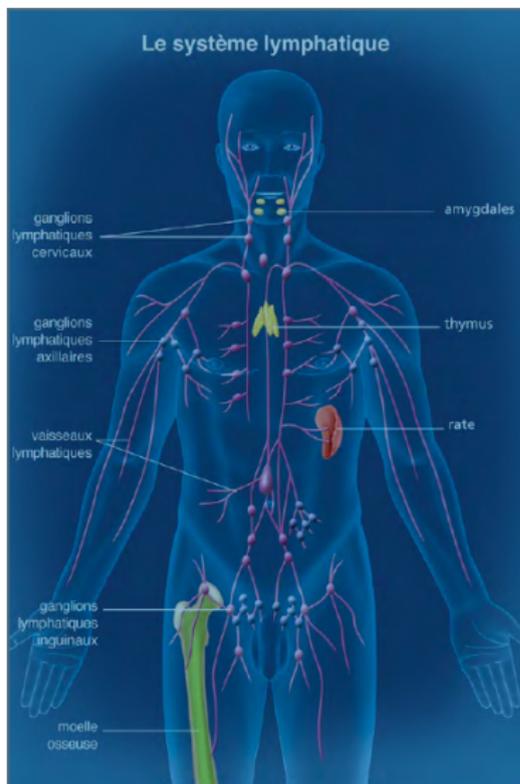
UNIVERSITÉ
— PARIS-EST



GDR ISIS "Segmentation d'images biomédicales : quels outils pour l'analyse des données massives, hétérogènes et multimodales ?"

GdR ISIS

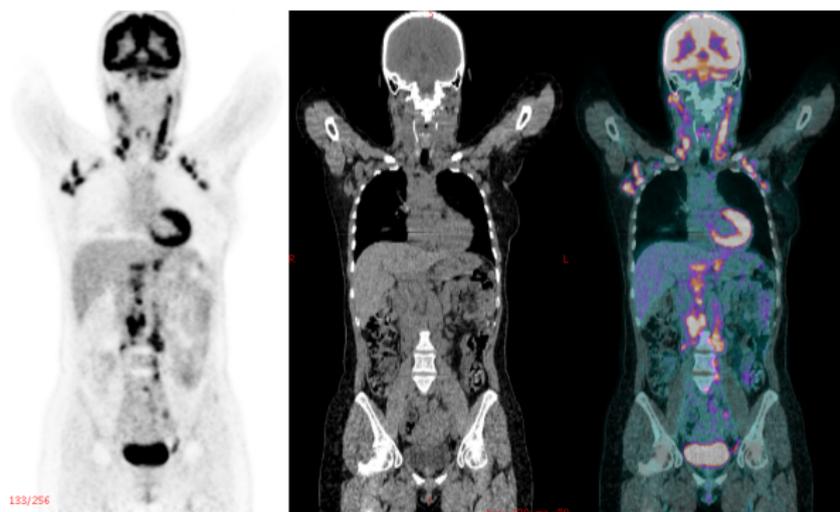
Le lymphome



- Cancer du système lymphatique, principal élément du système immunitaire de l'organisme
- 6^{ème} rang de cancer en France
- Présence de multiples lésions dans différentes localisations

L'imagerie pour le lymphome

- TEP au ^{18}F -FDG/TDM : **gold standard** pour le lymphome
- Utilisation massive de l'imagerie
 - Détection de tumeurs, diagnostic, bilan d'extension
 - Évaluation de la réponse thérapeutique (chimiothérapie)
 - Extraction de paramètres quantitatifs (activité métabolique, volume, etc.)

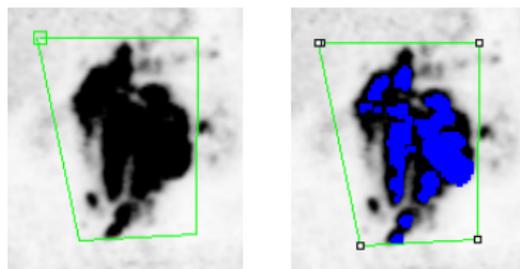


- Forte interaction (ROI, initialisation et paramètres à fixer)
- Variabilité inter-/intra-utilisateur/système
- Procédures longues et fastidieuses → utilisation clinique difficile
- Dépendance pré-/post-traitements

Référence pour la segmentation du lymphome

La méthode de référence pour la segmentation du lymphome reste le

seuillage à 2,5 de SUV ou 41% du SUV_{max} dans une ROI définie manuellement



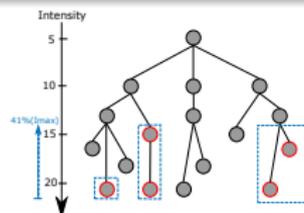
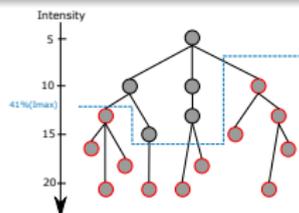
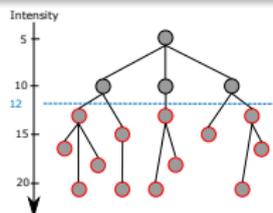
- Contrôle/validation/confiance du résultat pour le clinicien
- Procédure **laborieuse** pour le lymphome pour les cas complexes
 - Lymphome : Très nombreuses tumeurs, localisations multiples, variabilité de distribution d'intensité et de contraste

Objectif : Proposer une méthode de **détection automatique, facile d'utilisation et intuitive** de **toutes** les lésions dans le lymphome **dans le corps entier**

Nous proposons l'utilisation de l'arbre de coupes, et en particulier du **max-tree**.

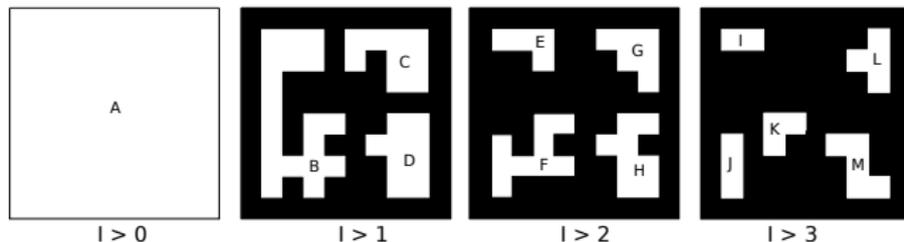
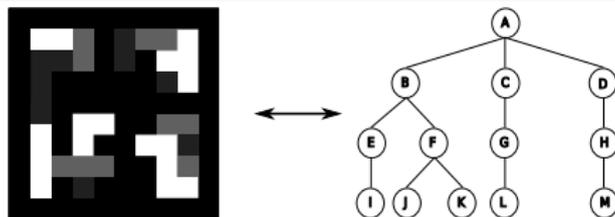
Critères de choix

- Adapté à la représentation d'objets d'intérêt correspondant à des maxima d'intensité
- Adapté au développement de méthodes de segmentation interactive et temps-réel
- Représentation basée sur une décomposition par seuillage de l'image
→ Intègre les principales stratégies de seuillage (fixe, adaptatif, boîtes englobantes)



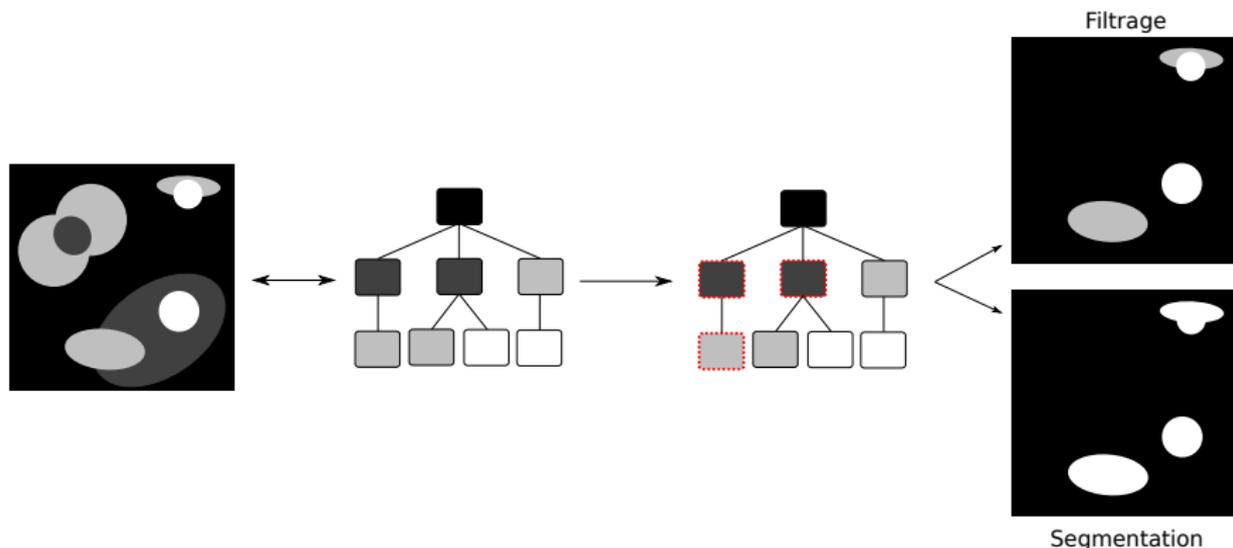
Max-tree : définitions

$\Gamma_v = \{x \in \Gamma \mid v \leq \mathcal{F}(x)\}$: seuillages successifs de \mathcal{I}

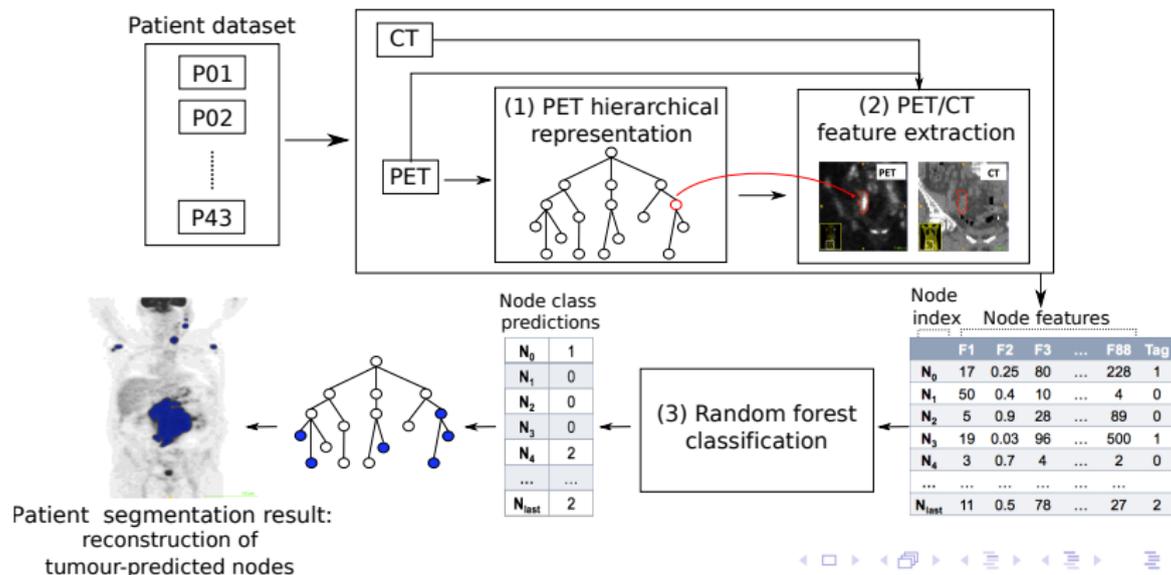


Max-tree $\mathcal{C}\mathcal{T}$: propriétés

- Des traitements d'images basiques peuvent être interprétés comme des opérations sur les noeuds de l'arbre
 - Segmentation, filtrage = sélection de noeuds d'intérêt basée sur attribut descriptif stocké en chaque noeud

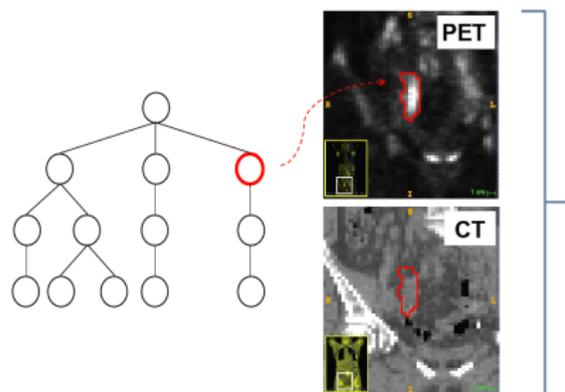


Principe : Utilisation de **critères multimodaux** TEP/TDM par **apprentissage supervisé** (forêts aléatoires) pour **automatiser** la détection des lésions dans le lymphome



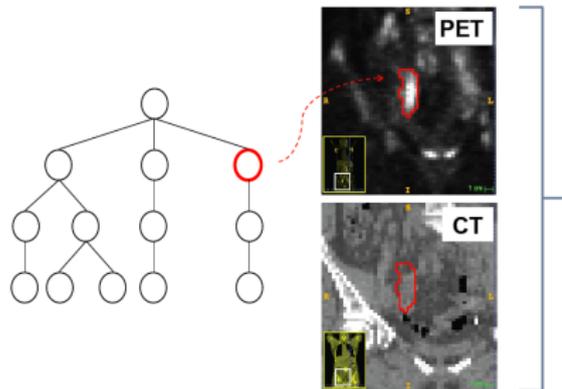
Caractérisation multimodale TEP/TDM

- ◆ Caractérisation de chaque noeud par un ensemble de descripteurs calculés sur les modalités TEP et TDM



Caractérisation multimodale TEP/TDM

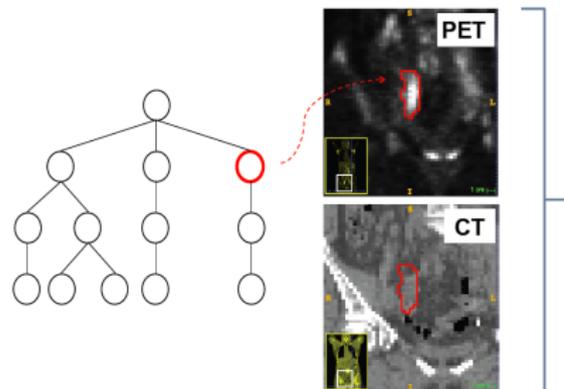
- ◆ Caractérisation de chaque noeud par un ensemble de descripteurs calculés sur les modalités TEP et TDM



88 descripteurs

- Attributs d'intensité et dérivés de l'histogramme
 - max, moyenne
 - skewness, kurtosis
 - etc.
- Descripteurs de forme
 - compacité
 - flatness
 - etc.
- Attributs de texture d'Haralick, à partir de la GLCM
 - énergie
 - entropie
 - etc.
- Descripteurs anatomiques
 - Position anatomique
 - Distance relative par rapport à 6 organes hyperfixants en TEP (au sein de 10 examens de référence = "atlas anatomique")

- ◆ Caractérisation de chaque noeud par un ensemble de descripteurs calculés sur les modalités TEP et TDM



88 descripteurs

- Attributs d'intensité et dérivés de l'histogramme
- Descripteurs de forme
- Attributs de texture d'Haralick, à partir de la GLCM
- Descripteurs anatomiques

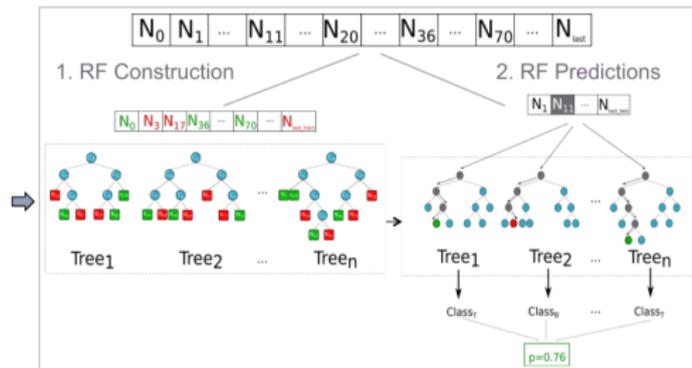
→ Un noeud = 88 descripteurs + classification tumeur/organe/non pertinent

Apprentissage supervisé par forêts aléatoires

Input :

Nodes index	Nodes characteristics						
	P1	P2	P3	...	P33	Tag	
N_0	17	0.25	80	...	228	1	
N_1	50	0.4	10	...	4	0	
N_2	5	0.9	28	...	89	2	
N_3	19	0.03	96	...	500	1	
N_4	3	0.7	4	...	2	0	
...	
N_{last}	11	0.5	78	...	27	1	

Random Forest



Output : Class predictions

Tumour membership probabilities

N_0	0.92
N_1	0.08
N_2	0.27
N_3	0.78
N_4	0.13
...	...
N_{last}	0.53

Forêts aléatoires

- Modèle d'apprentissage supervisé
- Agrégation d'arbres de décisions
- Bonne gestion corrélation des attributs/surapprentissage

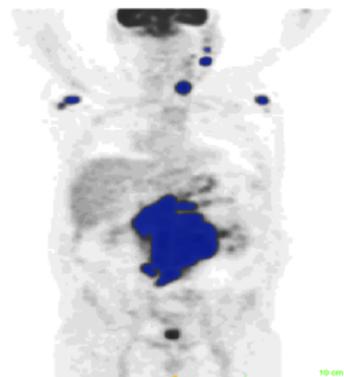
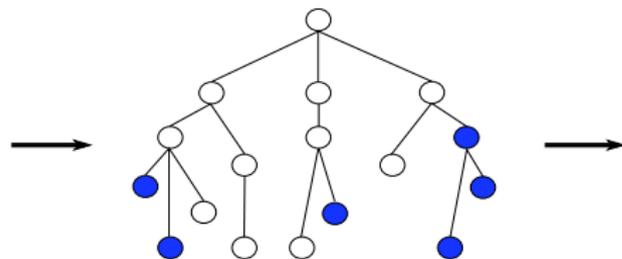
De la classification à la segmentation

Notre méthode de segmentation consiste à conserver les noeuds dont la probabilité d'appartenance à la classe tumeur est plus grande que pour les autres classes :

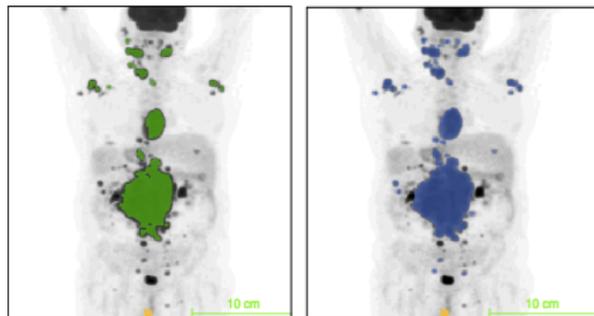
Class predictions

Tumour membership probabilities

N_0	0.92
N_1	0.08
N_2	0.27
N_3	0.78
N_4	0.13
...	...
N_{last}	0.53

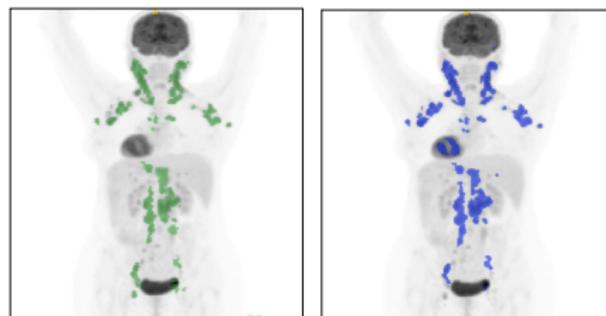


Segmentation



Vérité terrain

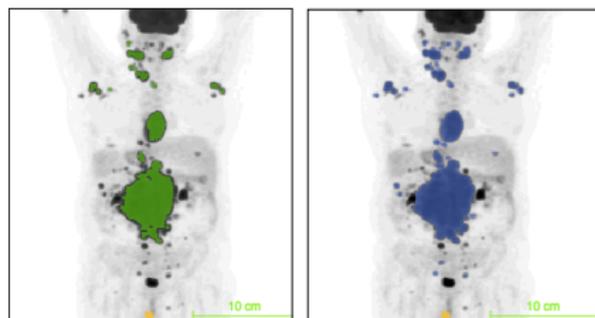
Résultat



Vérité terrain

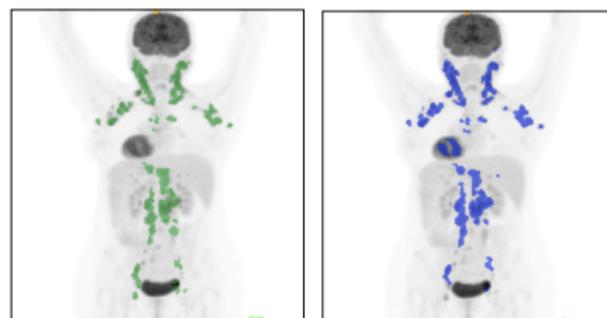
Résultat

- Validation de la RF : **Taux de classification de 81%** sur l'ensemble des classes
- Détection **automatique de 92%** des sites tumoraux
- $Sensibilité_{moy} = 0.74$, and $Spécificité_{moy} = 0.99$
- Coefficient de corrélation de Matthew = 0.66



Vérité terrain

Résultat



Vérité terrain

Résultat

- **Surestimation** du volume tumoral de 35 %
 - Faux positifs physiologiques
 - Lésions non délinées par les cliniciens dans la VT -> surplus d'information

- Les approches hiérarchiques, combinées à des descripteurs multimodaux et une procédure d'apprentissage, sont efficaces pour la détection automatique des foyers tumoraux
- + **Détection automatique de 92% des tumeurs avec bonne spécificité**
- **Surestimation volumique à éliminer**
 - Procédure d'apprentissage sur une plus large bdd (→ à venir !)
 - Sélection des descripteurs d'importance
 - Élimination préliminaire des organes hyperfixants par un atlas anatomique

Merci de votre attention

contact : eloise.grossiord@iuct-oncopole.fr



INSTITUT UNIVERSITAIRE
DU CANCER DE TOULOUSE
Oncopole

UNIVERSITÉ —
— PARIS-EST




UNIVERSITÉ
DE REIMS
CHAMPAGNE-ARDENNE