

SEGMENTATION D'IRM DE CERVELETS DE NOUVEAU-NÉS PRÉMATURÉ PAR APPROCHE HIÉRARCHIQUE

Pierre Cettour-Janet¹, Gilles Valette¹, Laurent Lucas¹, Hélène Meunier², Gauthier Loron^{1,2}, Nathalie Bednarek^{1,2}, François Rousseau³, Nicolas Passat¹

7 février 2019

¹Université de Reims Champagne-Ardenne, CReSTIC, France

²Service de médecine néonatale et réanimation pédiatrique, CHU de Reims, France

³IMT Atlantique, LaTIM U1101 Inserm, UBL, Brest, France



Introduction

Traitement des IRM

Évaluation des traitements

Conclusion et perspectives

Introduction

Analyse médicale

Prématurité

- 6% des naissances en France sont prématurées
- Fort risque de retards moteurs, sociaux et/ou cognitifs
- Corrélation entre le développement du cervelet et le développement du cerveau

Outils d'analyse

- Étude de biomarqueurs 2D (épaisseur, distance, ...)
- Analyse clinique
- Analyse qualitative des images (IRM, échographie, ...)

Introduction

Problématique

Acquisition sur des prématurés

- Mouvement
- Structures cérébrales de plus petites tailles
- Inversion de contrastes
- Variabilité de développements

Antennes non adaptées aux nouveau-nés

- Résolution de moins bonne qualité
- Rapport signal/bruit faible

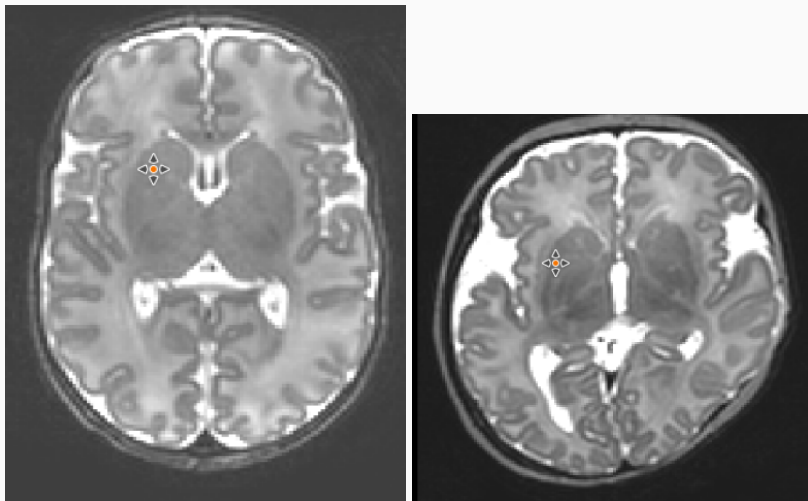


FIGURE 1 – Variabilité de développements

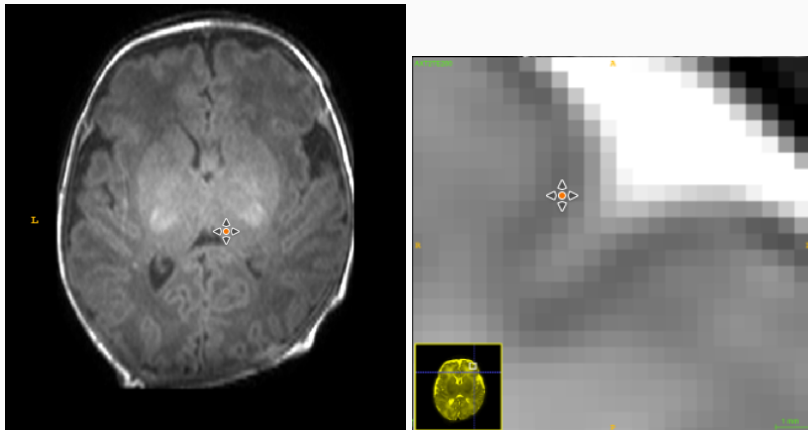


FIGURE 2 – Rapport signal/bruit

Approche hiérarchique

- Méthode semi-automatisée
- Création d'un sous-ensemble de solutions
- Utilisation d'un modèle hiérarchique : BPT

Approche hiérarchique

- Méthode semi-automatisée
- Création d'un sous-ensemble de solutions
- Utilisation d'un modèle hiérarchique : BPT

BPT

- Modélisation multi-échelle de l'image
- Permet de choisir les critères de construction
- Permet une navigation dans l'ensemble de solutions

- Prétraitement de l'image (débruitage, skull-stripping)
- Réduction de la complexité de la partition initiale :
paradigme supervoxel
- Construction d'une structure hiérarchique de partitions :
BPT
- Réalisation d'une interface de navigation dans la
structure hiérarchique

Traitement des IRM

Données

Neonatal Brain Atlas : Alberts

- 10 IRM
- Acquisition : scanner 3T Philips Intera
- Résolution : $0,82 \times 0,82 \times 1,60$ mm
- Dimensions : $155 \times 155 \times 189$ voxels
- TE = 17 ms et TR = 4,6 ms

Cohorte Epirmex

- 9 IRM
- Acquisition : scanner 3T Philips MR Imaging DD005
- Résolution : $3 \times 3 \times 3$ mm
- Dimensions : $560 \times 560 \times 90$ voxels
- TE = 17 ms et TR = 1019 ms

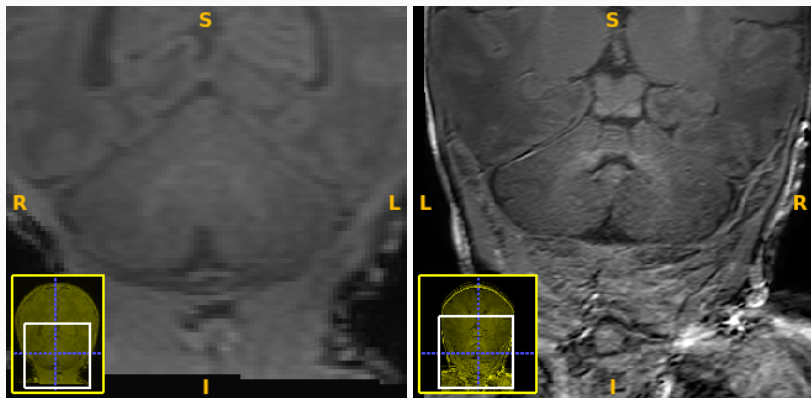


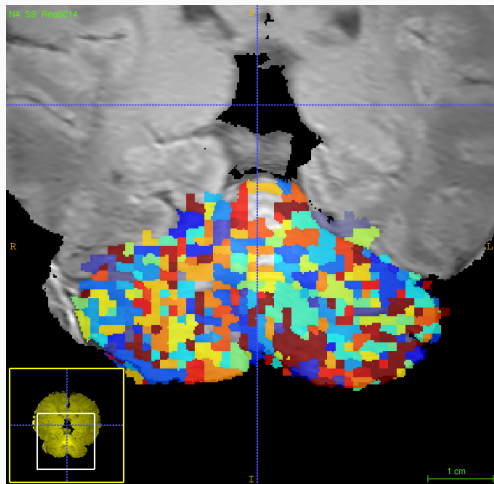
FIGURE 3 – Exemples d'IRM (vue coronale). Gauche : image Alberts.
Droite : image Epirmex.

Traitement des IRM

Partition initiale

- Paradigme de supervoxel
- Utilisation du principe de waterpixel, appliqué en 3D
- Combinaison entre une carte de distance et un watershed à graine
- Deux paramètres : pondération (α) et taille (d) de supervoxel

WATERVOXEL



Traitement des IRM

Construction du BPT

Définition

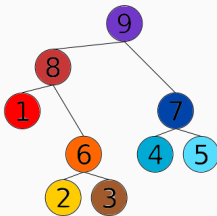
Ensemble de nœuds qui sont soit :

- Une feuille représentant un élément de l'image
- Union de deux nœuds / régions adjacentes

Construction

- Processus ascendant
- Fusion itérative de régions adjacentes

CONSTRUCTION D'UN BPT



Modèle de région

- Moyenne de niveaux de gris

Utilisation de la matrice de cooccurrence ($M_{e_i}(v, w)$)

- Homogénéité $H = \sum_{i=1}^3 \sum_{v \in V} \sum_{w \in V} \frac{M_{e_i}(v, w)}{1 + |v - w|}$
- Contraste $C = \sum_{i=1}^3 \sum_{v \in V} \sum_{w \in V} |v - w|^2 \cdot M_{e_i}(v, w)$
- Entropie $E = - \sum_{i=1}^3 \sum_{v \in V} \sum_{w \in V} (v - w) \cdot \log(M_{e_i}(v, w))$

Critère de fusion

- Différence absolue de valeurs entre les deux régions

Évaluation des traitements

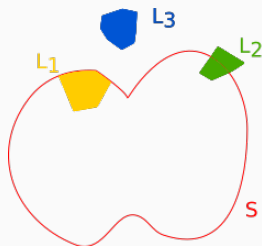
Évaluation de la primo-partition

ÉVALUATION DE LA PRIMO-PARTITION

But

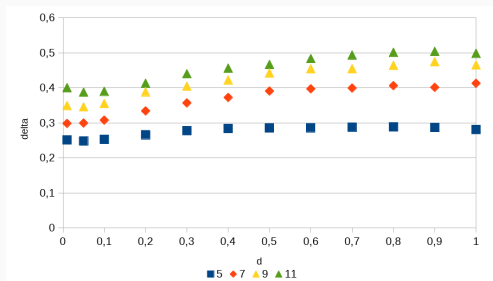
- Recherche des meilleurs paramètres de pondération (α) et de taille (d) de supervoxel
- Calcul du score de divergence :

$$\delta = \frac{1}{|S|} \sum_{L \in \Lambda} \min\{|L \setminus S|, |L \cap S|\}$$



$$\delta = \frac{1}{|S|} \times$$
$$(\min\{|L_1 \setminus S|, |L_1 \cap S|\} +$$
$$\min\{|L_2 \setminus S|, |L_2 \cap S|\} +$$
$$\min\{|L_3 \setminus S|, |L_3 \cap S|\} +$$
$$\dots)$$

ÉVALUATION DE LA PRIMO-PARTITION



Conclusion

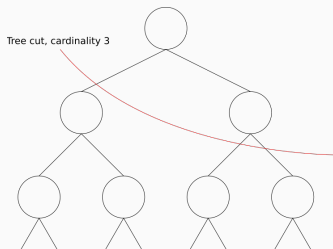
- Pondération : $\alpha = 0.05$
- Taille supervoxel $d = 5$ (moyenne de $5 \times 5 \times 5$ voxels)

Évaluation des traitements

Évaluation du BPT

But

- Maximiser le score Dice
- Minimiser la cardinalité de la coupe de l'arbre



Paramètres antagonistes => Calcul du front de Pareto

Construction

- Recherche pour chaque cardinalité la coupe optimale (Dice maximal)
- Soit \mathcal{S} , la vérité terrain.
- Pour chaque coupe \mathcal{C} , récupération de $a = |\mathcal{S} \cap \mathcal{C}|$, $b = |\mathcal{S}|$, et $c = |\mathcal{C}|$
- Chaque coupe est soit :
 - Vide;
 - Égale à un singleton correspondant à la racine du BPT
 - Formée par l'union de deux coupes dans les sous-arbres gauche et droit
- Construction récursive ascendante; pour chaque fusion, calcul de l'ensemble des coupes possibles avec celle-ci

Construction récursive

- Pour chaque feuille \mathcal{C} , récupération de
 - $|\mathcal{C} \cap \mathcal{S}|$
 - $|\mathcal{C}|$
 - $\mathcal{T}_{\mathcal{C}} : (|\mathcal{C} \cap \mathcal{S}|, |\mathcal{C}|, 1)$ et $(0, 0, 0)$
- Pour chaque nœud, calcul du produit cartésien entre \mathcal{T}_{N1} et \mathcal{T}_{N2} , les 2 fils de ce nœud

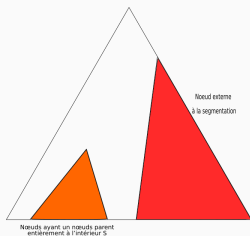
Construction récursive

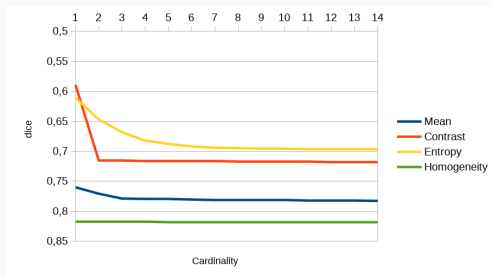
- Pour chaque feuille \mathcal{C} , récupération de
 - $|\mathcal{C} \cap \mathcal{S}|$
 - $|\mathcal{C}|$
 - $\mathcal{T}_{\mathcal{C}} : (|\mathcal{C} \cap \mathcal{S}|, |\mathcal{C}|, 1)$ et $(0, 0, 0)$
- Pour chaque nœud, calcul du produit cartésien entre \mathcal{T}_{N1} et \mathcal{T}_{N2} , les 2 fils de ce nœud

Problématique : Explosion combinatoire \Rightarrow besoin de simplification

Simplification

- Élimination des nœuds non nécessaires au calcul :
 - Nœuds complètement à l'extérieur de \mathcal{S}
 - Nœuds ayant un nœud parent entièrement à l'intérieur \mathcal{S}
- Calcul du front de Pareto pour les plus faibles cardinalités
- Pour chaque nœud, conservation pour chaque cardinalité des triplets de Dices les plus importants





Conclusion

- Caractéristique pertinente : homogénéité

Conclusion et perspectives

Conclusion : Segmentation

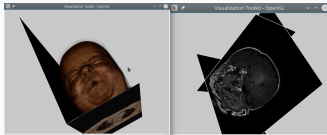
- Watervoxel : pondération $\alpha = 0.05$ et taille supervoxel $d = 5$ (moyenne de $5 \times 5 \times 5$ voxels)
- Caractéristique pertinente pour le BPT : Homogénéité

Perspectives : Segmentation

- BPT multi-critères
- Amélioration de la primo-partition

Perspectives : Visualisation

- Visualisation et sélection en temps réel d'une segmentation associée à une coupe d'arbre



pierre.cettour-janet@univ-reims.fr

SEGMENTATION D'IRM DE CERVELETS DE NOUVEAU-NÉS PRÉMATURÉ PAR APPROCHE HIÉRARCHIQUE

Pierre Cettour-Janet¹, Gilles Valette¹, Laurent Lucas¹, Hélène Meunier², Gauthier Loron^{1,2}, Nathalie Bednarek^{1,2}, François Rousseau³, Nicolas Passat¹

7 février 2019

¹Université de Reims Champagne-Ardenne, CReSTIC, France

²Service de médecine néonatale et réanimation pédiatrique, CHU de Reims, France

³IMT Atlantique, LaTIM U1101 Inserm, UBL, Brest, France

