



HAL
open science

SegSRGAN multilabel – Parcellisation et morphométrie cérébrale des nouveau-nés prématurés en IRM

Guillaume Dollé, G. Loron, Margaux Alloux, Vivien Kraus, Quentin Delannoy,
Jonathan Beck, Nathalie Bednarek, François Rousseau, Nicolas Passat

► To cite this version:

Guillaume Dollé, G. Loron, Margaux Alloux, Vivien Kraus, Quentin Delannoy, et al.. SegSRGAN multilabel – Parcellisation et morphométrie cérébrale des nouveau-nés prématurés en IRM. Colloque Français d'Intelligence Artificielle en Imagerie Biomédicale (IABM), Mar 2024, Grenoble, France. hal-04406703v2

HAL Id: hal-04406703

<https://hal.science/hal-04406703v2>

Submitted on 17 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SegSRGAN — Parcellisation et morphométrie cérébrale des nouveau-nés prématurés en IRM

Guillaume Dollé¹, Gauthier Loron^{2,3}, Margaux Alloux^{3,4}, Vivien Kraus², Quentin Delannoy², Jonathan Beck³, Nathalie Bednarek^{2,3}, François Rousseau⁵, Nicolas Passat²

¹ Université de Reims Champagne Ardenne, CNRS, LMR, UMR 9008, 51100 Reims, France

² Université de Reims Champagne Ardenne, CRESTIC, Reims, France

³ Service de médecine néonatale et réanimation pédiatrique, CHU de Reims, France

⁴ Unité d'aide méthodologique - Pôle Recherche, CHU de Reims, France

⁵ IMT Atlantique, LaTIM U1101 INSERM, UBL, Brest, France

1. Contexte Clinique

- L'imagerie IRM est utilisée en clinique dans le processus de suivi du **développement neurologique** chez le nouveau-né prématuré.
- L'un des **verrous scientifiques** qui subsiste concerne l'**extrapolation de biomarqueurs** précis permettant de **diagnostiquer** et de **caractériser** certaines **pathologies** neurologiques qui peuvent survenir (e.g. **encéphalopathie de prématurité**).



3. Méthodologie

- SegSRGAN** propose une méthode de segmentation multilabel, super-résolue et automatique des structures cérébrales d'images IRM basée sur une approche par réseaux de neurones [2].
- Contrôle qualité (CQ)** : Un protocole de relecture expert est introduit pour valider les performances de l'algorithme, complété par des analyses morphométriques et topologiques sur un sous-ensemble de **70 images** de la cohorte **EPIRMEX** [3].

4. Algorithme SegSRGAN

- L'algorithme de segmentation d'images IRM est basé sur des **réseaux antagonistes génératifs (GAN)** : (a) le générateur G produit deux sorties (segmentation S_X et reconstruction super-résolution X) ; (b) le discriminateur D estime le réalisme des sorties.

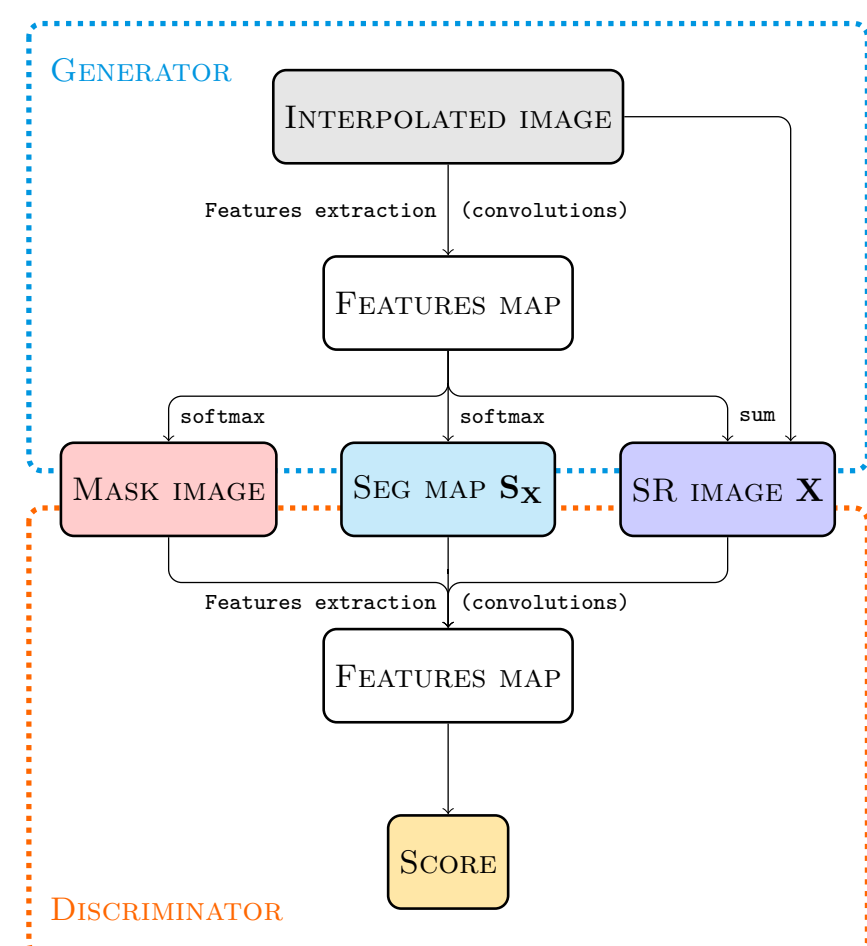
- Fonctions coût à minimiser (ρ Charbonnier) :

$$\mathcal{L}_{adv} = \mathbb{E}_{\mathbf{X} \sim \mathbb{P}_{\mathbf{X}}, \mathbf{S}_X \sim \mathbb{P}_{\mathbf{S}_X}} [D(\mathbf{X}, \mathbf{S}_X)] - \mathbb{E}_{\mathbf{Z} \sim \mathbb{P}_{\mathbf{Z}}} [D(G(\mathbf{Z}))]$$

$$\mathcal{L}_{dis} = \lambda_{gp} \mathbb{E}_{\mathbf{X}, \mathbf{S}_X} [\|\nabla_{\mathbf{X}, \mathbf{S}_X} D(\mathbf{X}, \mathbf{S}_X)\|_2 - 1]^2 - \mathcal{L}_{adv}$$

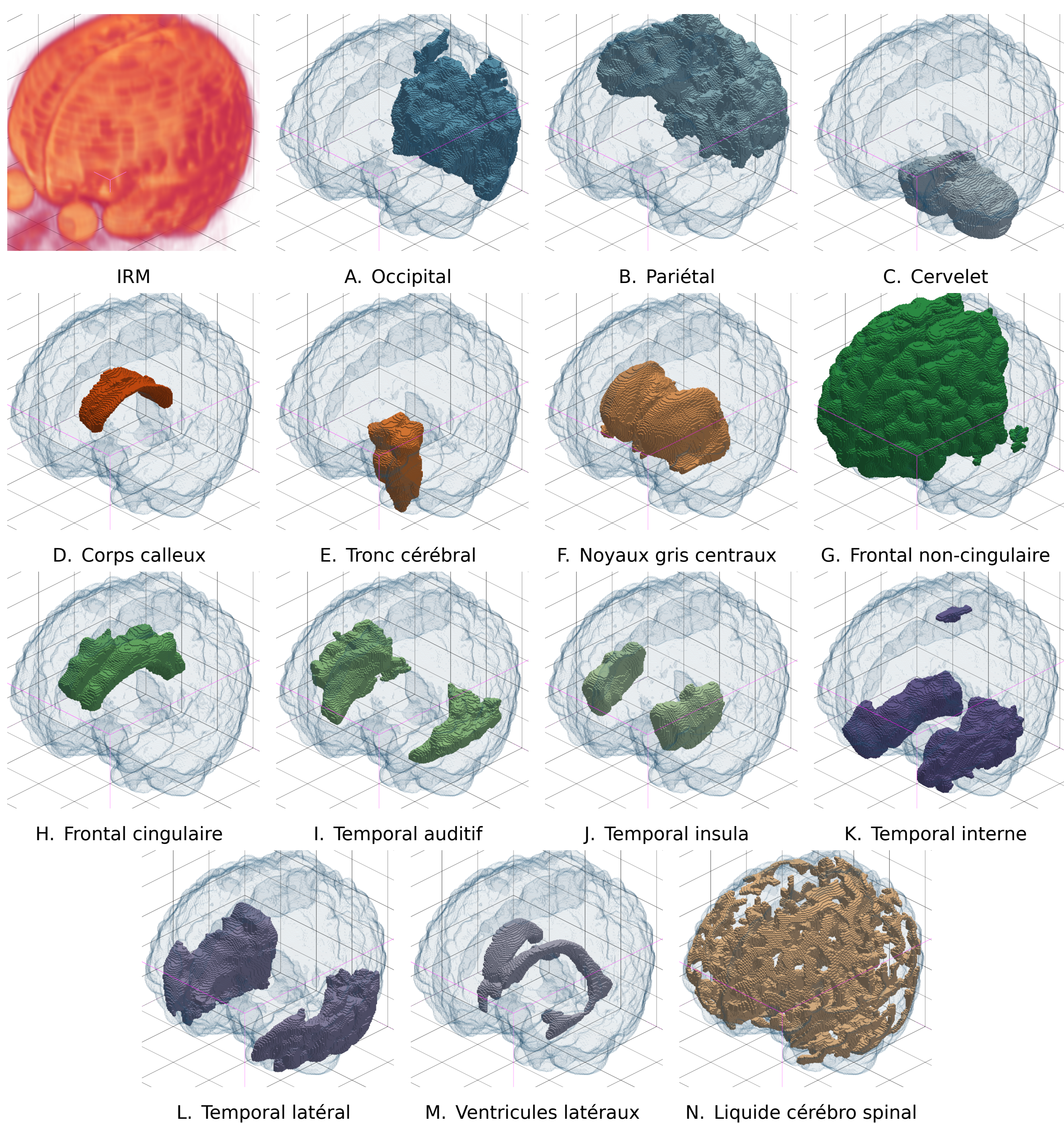
$$\text{tel que } \widehat{\mathbf{X}, \mathbf{S}_X} = (1 - \varepsilon)(\mathbf{X}, \mathbf{S}_X) + \varepsilon G(\mathbf{Z})$$

$$\mathcal{L}_{gen} = \lambda_{adv} \mathcal{L}_{adv} + \mathbb{E}_{\mathbf{X} \sim \mathbb{P}_{\mathbf{X}}, \mathbf{S}_X \sim \mathbb{P}_{\mathbf{S}_X}} [\rho(\|\mathbf{X}, \mathbf{S}_X - G(\mathbf{Z})\|)]$$



5. Segmentation Multilabel

- SegSRGAN est entraîné sur une sélection de données dHCP en réalisant un regroupement de labels sélectionnés dans le contexte d'une étude clinique.



Financements

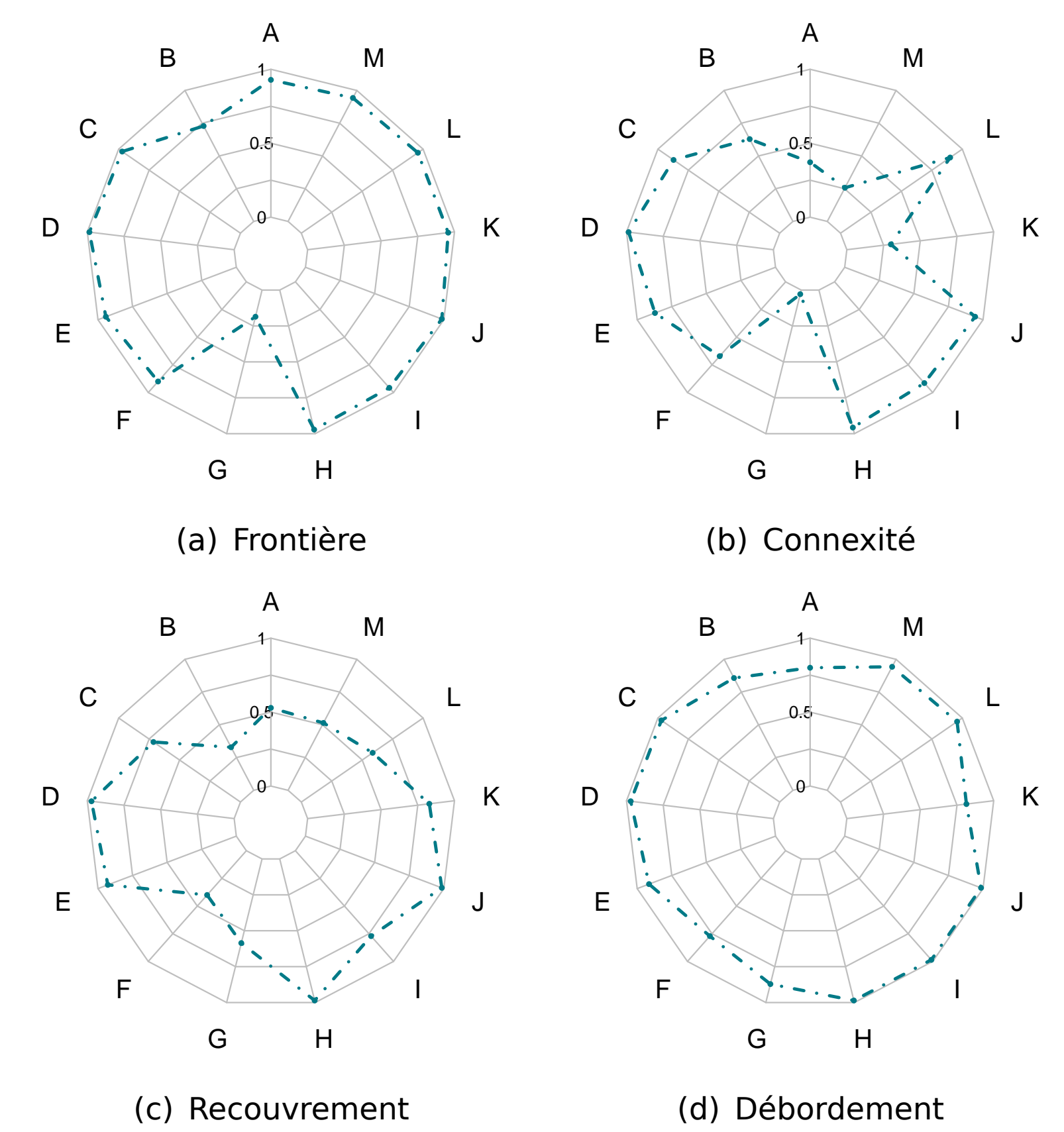
- Agence Nationale de la Recherche (ANR-15-CE23-0009, ANR-19-CHIA-0015, ANR-22-CE45-0034), PHRC EPIRMEX, American Memorial Hospital Foundation.

2. Données

- EPIRMEX** est une étude ancillaire composée de **1500 IRM** de nouveau-nés prématurés et grands prématurés, provenant de **12 centres** hospitaliers recueillis dans le cadre de l'étude nationale EPIPAGE 2 [1].
- dHCP** (*Developing Human Connectome Project*, programme FP7) met à disposition des **bases de données IRM** acquises en **environnement contrôlé**, accompagnées d'annotations parcellaires volumiques. Ces données sont utilisées pour l'**entraînement de SegSRGAN**.

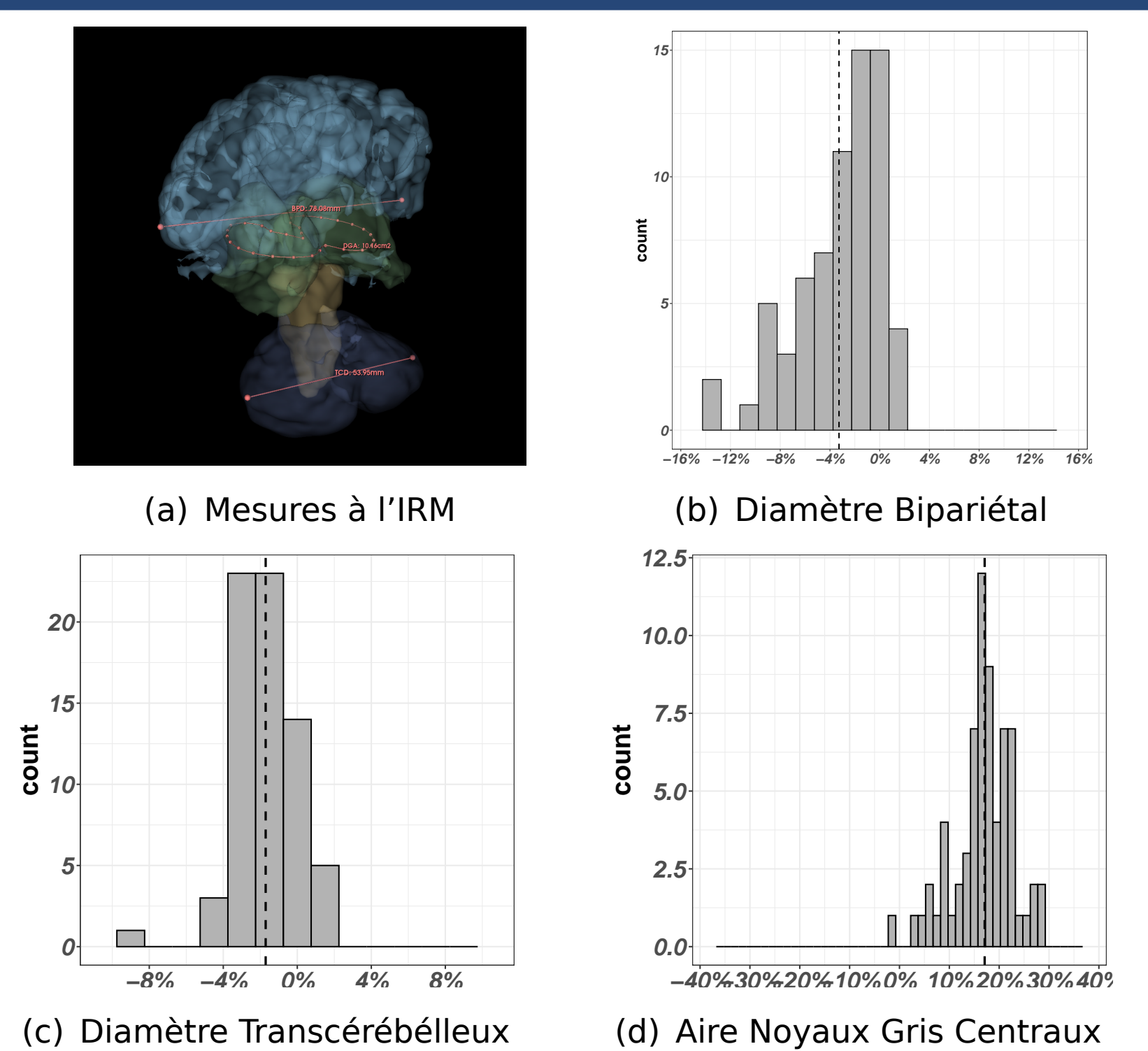
6. Contrôle Qualitatif

- L'analyse qualitative évalue la qualité clinique de l'annotation et repose sur un score global **FCOOT** qualifié **par le médecin**.
- Le score produit 5 critères **évalués** de manière binaire ou ternaire pour chaque région.
- (F)**rontier,
- (C)**onectedness,
- (O)**verlap,
- (O)**verflow,
- (T)**rust.
- Le calcul d'une moyenne des scores FCOO obtenues par région sur l'échantillon d'étude est réalisé.



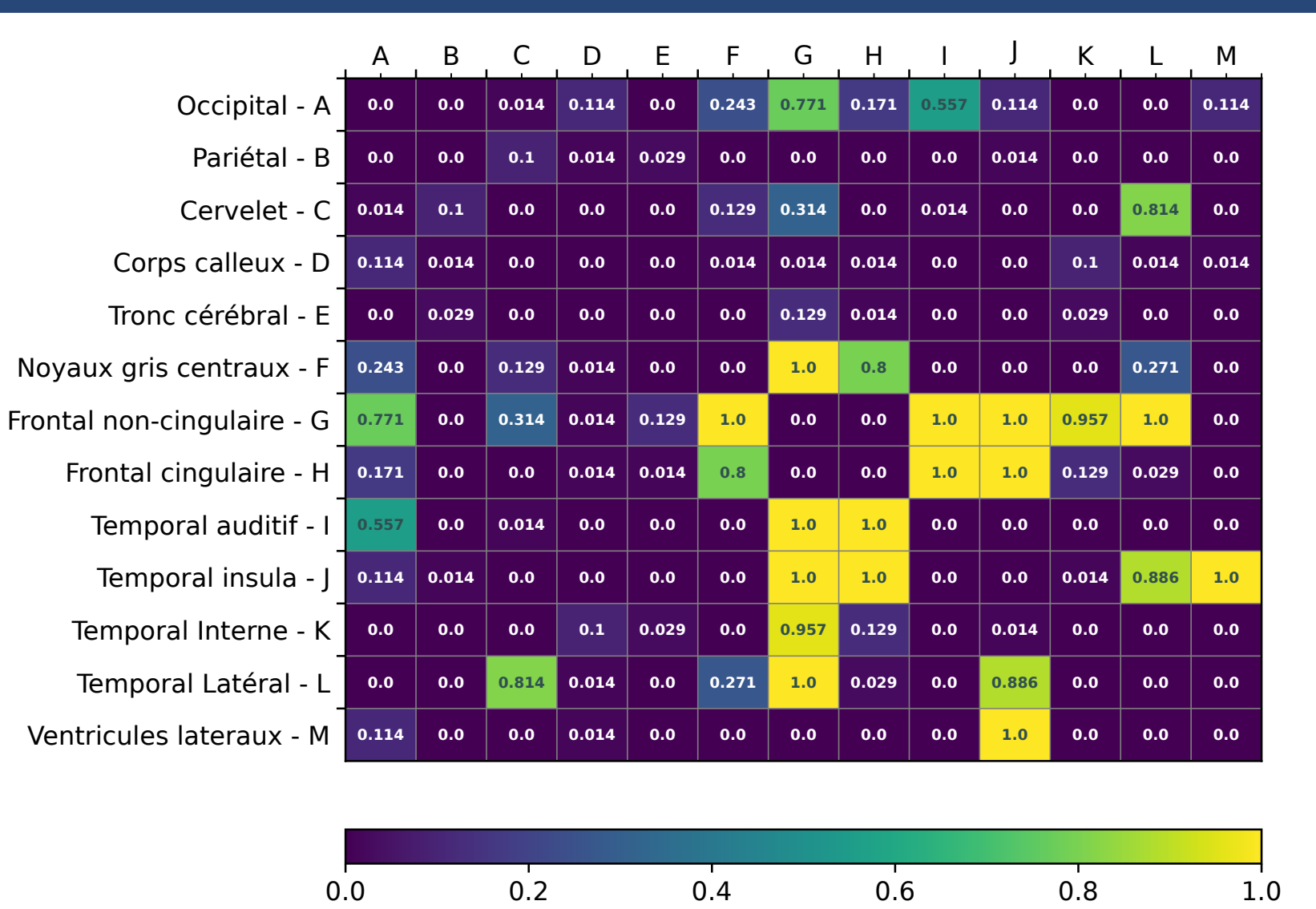
7. Contrôle Quantitatif

- L'analyse quantitative évalue la capacité de la segmentation à générer des **régions correctement délimitées**.
- L'erreur intrinsèque est évaluée par comparaison avec des données morphométriques de longueurs (diamètres bipariétal et transcérébelleux) et d'aires (noyaux gris centraux) calculées sur les segmentations mesurées par l'expert sur l'IRM.



8. Contrôle Structurel

- L'analyse structurelle évalue la **qualité topologique** des annotations sur la base de leur **connectivité** et leur **adjacence** respectives, que l'on compare à une norme anatomique cérébrale.
- Les résultats sont synthétisés par un vecteur de connectivité et une matrice d'adjacence, de dimensions proportionnelles au nombre de régions labellisées.



Références

- P.-Y. Ancel et al. EPIPAGE 2: a preterm birth cohort in France in 2011. *BMC pediatrics*, 14:1-8, 2014.
- Q. Delannoy et al. SegSRGAN: Super-resolution and segmentation using generative adversarial networks — Application to neonatal brain MRI. *Comp Biol Med*, 120:103755, 2020.
- G. Dollé et al. Multilabel SegSRGAN — A framework for parcellation and morphometry of preterm brain in MRI. (*preprint*), 2024.