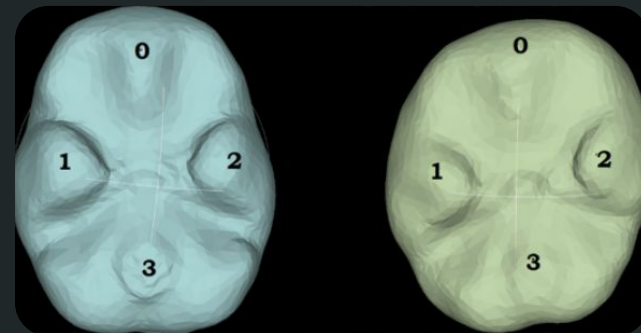
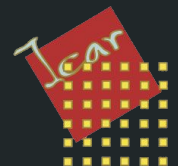


Développement d'un outil informatique permettant la projection de données 3D dans un repère commun en vue d'une étude morphométrique de crânes plagiocéphaliques



UNIVERSITÉ  
DE MONTPELLIER

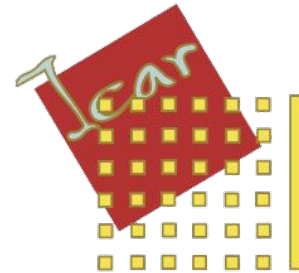
Franck TURLURE  
2017-2018



Maîtres de stage : Guillaume CAPTIER & Gérard SUBSOL  
Responsables Phymed : Csilla GERGELY & Michel ZANCA

# A propos du stage

- Convention entre l'UM et le CHU de Montpellier
- Professeur G. CAPTIER : Service de chirurgie orthopédique et plastique pédiatrique de l'hôpital Lapeyronie
- Docteur G. SUBSOL : Accueilli au LIRMM, équipe ICAR
  - traitement de données visuelles (images 2D, 3D, vidéo, maillage)



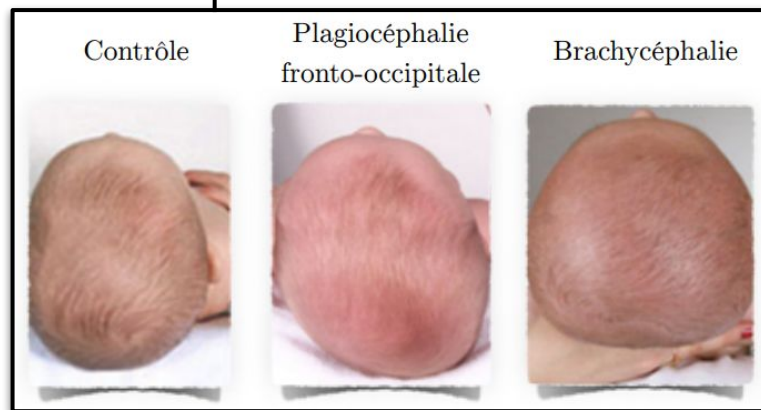
# Introduction

---

# Introduction

- Plagiocéphalies : déformations du crâne chez les nouveaux-nés
- ↗ 600% suite à la campagne de prévention : mort subite du nourrisson (MSN)
  - chute de 40% des MSN
- Complications potentielles :
  - déformation posturale du dos, problème d'audition, etc..
- Pas de classification unique
- Diagnostic difficile :
  - visuel
  - difficile de comparer deux cas différents
  - mesures simples

*Figure 1: Photos en vue supérieure de crânes plagiocéphaliques*



# Problématique

*“Comment réaliser une étude morphométrique 3D inter-individuelle de crânes d’enfants plagiocéphaliques dans le but de caractériser des motifs de déformation ?”*

→ **Projection de données 3D dans une géométrie contrôlée.**



# Plan

---

- I. Etat de l'art
  - A. Les plagiocéphalies
  - B. Le recalage de structures
- II. Données de travail et méthodologie
  - A. Base de données
  - B. Endocrâne et maillage
  - C. Protocole
- III. Résultats et discussion
  - A. Résultats des algorithmes
  - B. Pattern pour chaque type
- IV. Perspectives et conclusion

# I. Etat de l'art

---



# Les plagiocéphalies

- Déformations du crâne des enfants :
  - os du crâne immatures
  - fontanelles non refermées
- Déformations :
  - intentionnelles
  - positionnelles
- Facteurs gravidiques :
  - oligo-amnios, primiparité, gémelliparité
- Classification proposée par G. CAPTIER :
  - Fronto-occipitale : PFO
  - Occipitale : PO
  - Brachycéphalie : BP

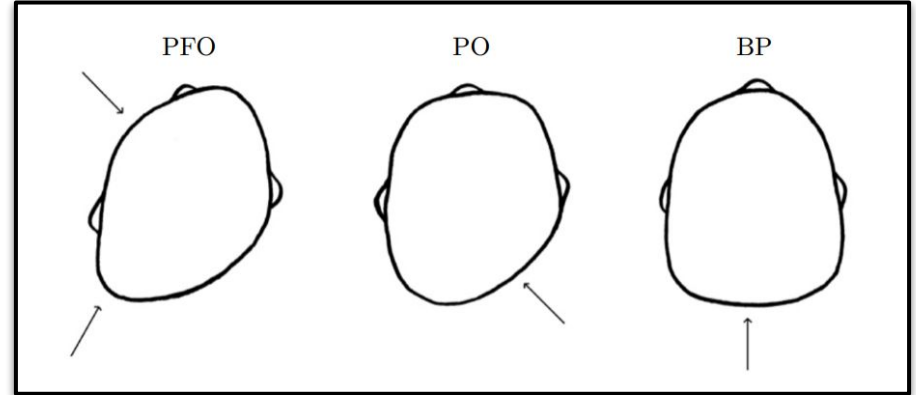


Figure 2 : Schéma de chaque classe de plagiocéphalie selon G.CAPTIER. Vue du dessus.

Captier G et al, 2003, Etude clinico radiologique des déformations du crâne dans les plagiocéphalies sans synostose, *Archives de Pédiatrie*.

# Les plagiocéphalies

- Traitements :
  - chirurgie
  - kinésithérapie
  - port de casque (controversé)
- Études intra-individuelles :
  - visuelles
  - asymétrie est très étudiée
  - pas possible de comparer des données issues d'individus différents
  - études de paramètres 2D : pas suffisant, 3D nécessaire
  - anciens stagiaires : données 3D (Loïc Gardes)
- Cartes d'asymétrie pour chaque cas

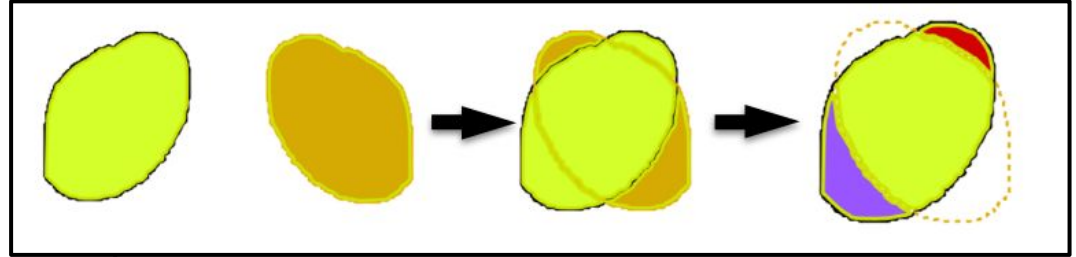


Figure 3: Création d'une carte d'asymétrie autour d'un plan semi-sagittal. Calcul des distances autour de cet axe et affichage coloré sur la structure de départ

I.Atmosukarto et al, 2007, A Statistical Model of Head Asymmetry in Infants with Deformational Plagiocephaly, *Scandinavian Conference on Image Analysis*

→ D'où la nécessité de trouver des points de correspondances entre deux cas différents

# Mise en correspondances

- Recalage rigide : homothétie, rotation, translation
- Recalage non-rigide : plus complexe
  - permet de superposer au mieux deux structures différentes
  - implémentation de la Coherent Point Drift (CPD)\*
  - méthode statistique de probabilité de présence
  - deux nuages de points :
    - X : maillage cible (modèle)
    - Y : maillage qui se déforme vers X
    - TY : maillage Y déformé en X

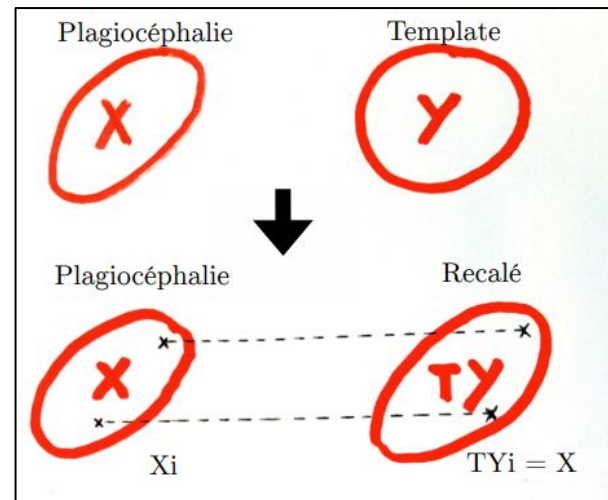


Figure 4: Schéma de recherche des correspondances par recalage

→ Permet de trouver des correspondances entre deux structures différentes

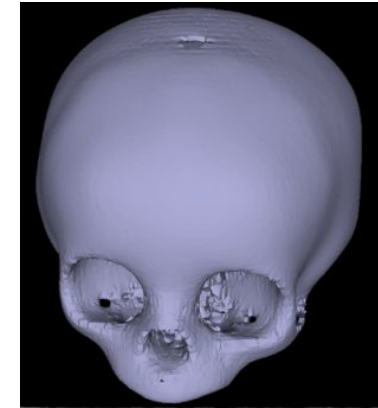
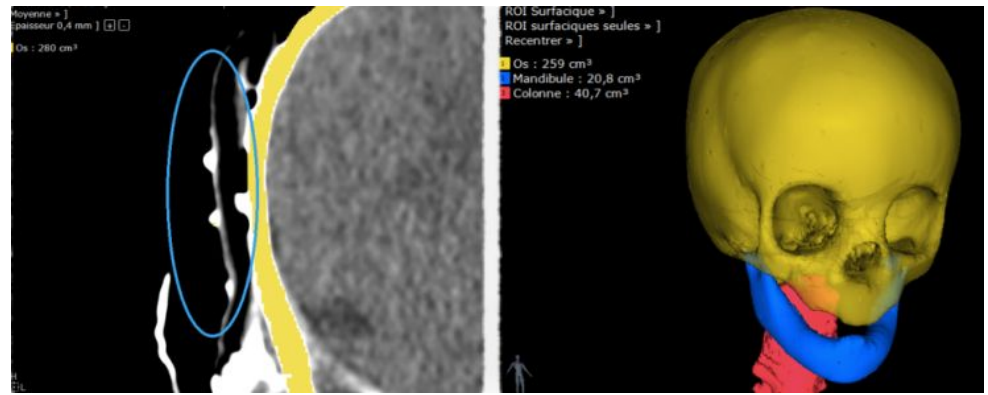
\*CPD : Myronenko A and Song X, 2010, Point Set Registration: Coherent Point Drift, *IEEE*.

## II. Données de travail et méthodologie

---

# Base de données

- Examens d'imagerie 3D
- 238 patients
- Stockée sur Myrian
- Plusieurs modalités :
  - IRM
  - scanner X
  - scintigraphie
- Segmentation semi-automatique de l'os
  - extraction de maillages
- Maillage : nuage de points reliés par des faces
  - coordonnées x y z
  - calcul d'un paramètre  $d$  pour obtenir : x y z  $d$
  - à chaque point correspond un index

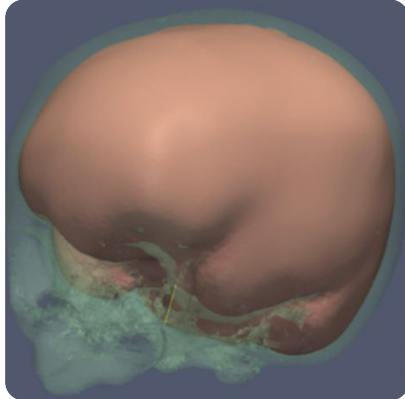
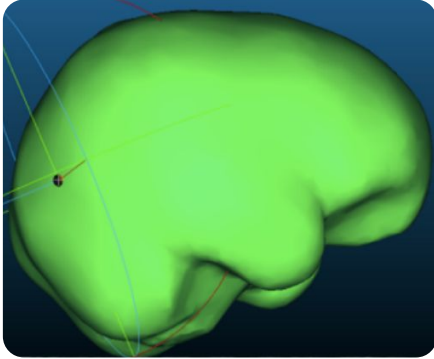


*Figure 5 Utilisation de Myrian pour extraire des maillages des structures d'intérêt par segmentation semi-automatique*

1	x	y	z	d
2	2	5	0	3

Structure d'un maillage

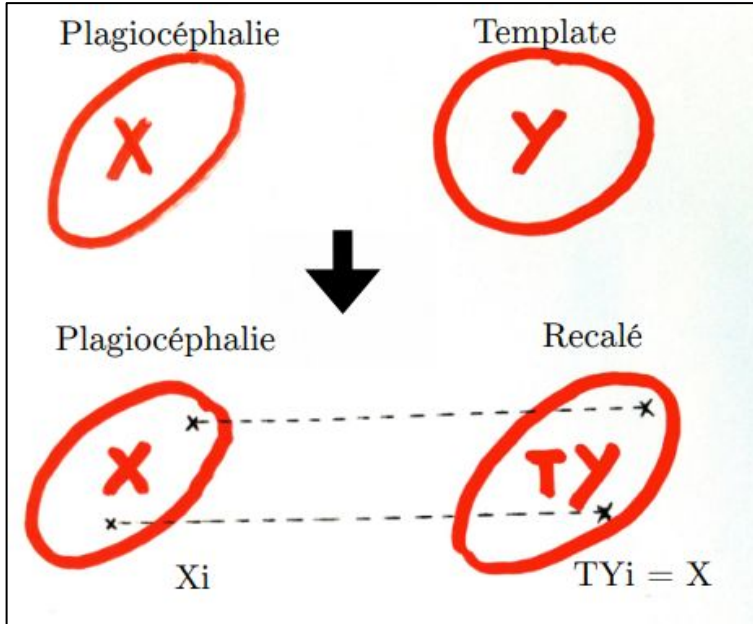
# Structure étudiée : endocrâne



- Crâne possède deux faces :
  - endocrâne
  - exocrâne
- Endocrâne :
  - lisse
  - étude structures internes
  - travaux précédents
- Endocrâne contrôle Y :
  - critères de normalité anatomique :
    - très symétrique
    - taille dans la moyenne des autres examens
    - 16 mois

Figure 6 : Présentation de l'endocrâne contrôle qui va servir de maillage modèle pour les projections de données.

1



2

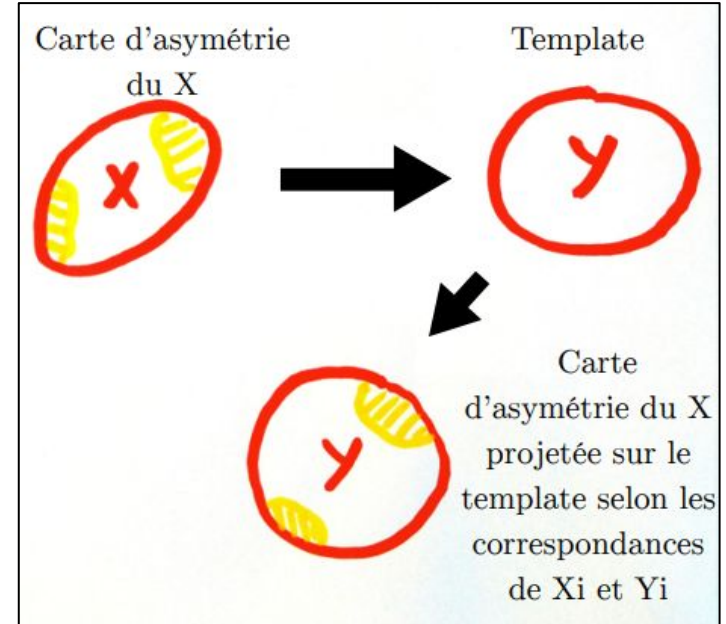


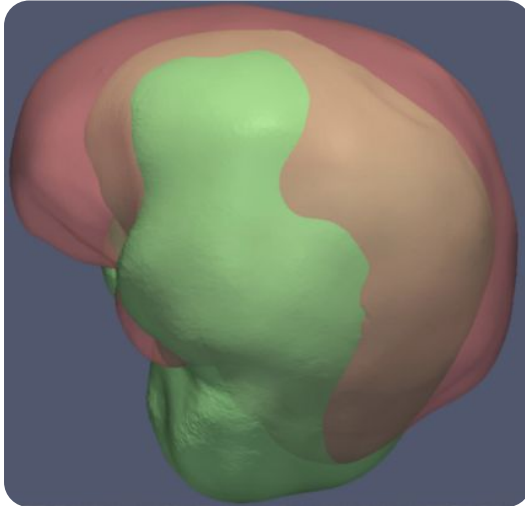
Figure 8 : Schéma résumé de la procédure de transfert de données sur un modèle contrôlé

# Protocole

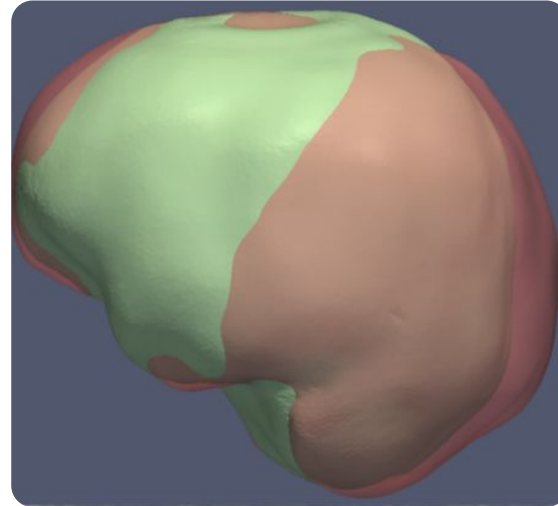
Initialisation : Choix d'un X pathologique et du Y contrôle.

1ère étape : pré-alignement des maillages par recalage rigide sur MeshLab.

Non recalés  
rigidement



Recalés  
rigidement





# Protocole

2ème étape : Recalage non-rigide grâce à l'algorithme PYCPD (implémentation Python de la CPD) de Y vers X pour obtenir un nouveau maillage TY.

3ème étape : Recherche des correspondances grâce à l'algorithme GetCorrespondences :

- ❑ Distances minimales entre X et TY
- ❑ Association des index de X et TY
- ❑ Puisque  $\text{index } Y = \text{index } TY$ , on a les correspondances entre X et  $Y_i$

1	584
2	405
3	109
4	581
5	1863
6	1883
7	1423
8	1043
9	637
10	689
11	1982
12	896
13	804
14	1663
15	1269
16	1370
17	856
18	1133
19	1851

Figure 7 : GetCorrespondences trouve les points correspondants entre X et Y en associant leurs index dans un fichier

# Protocole

4ème étape : Transfert de données sur le modèle contrôle grâce à l'algorithme TransferValue.

- ❑ Transfère données calculées : modèle pathologique → modèle contrôle
- ❑ Valeur  $d$  calculée en chaque  $X_i$  transférée vers les  $Y_i$  en respectant les correspondances

5ème étape : Etudes statistiques puisque toutes les données sont projetées dans un repère commun.

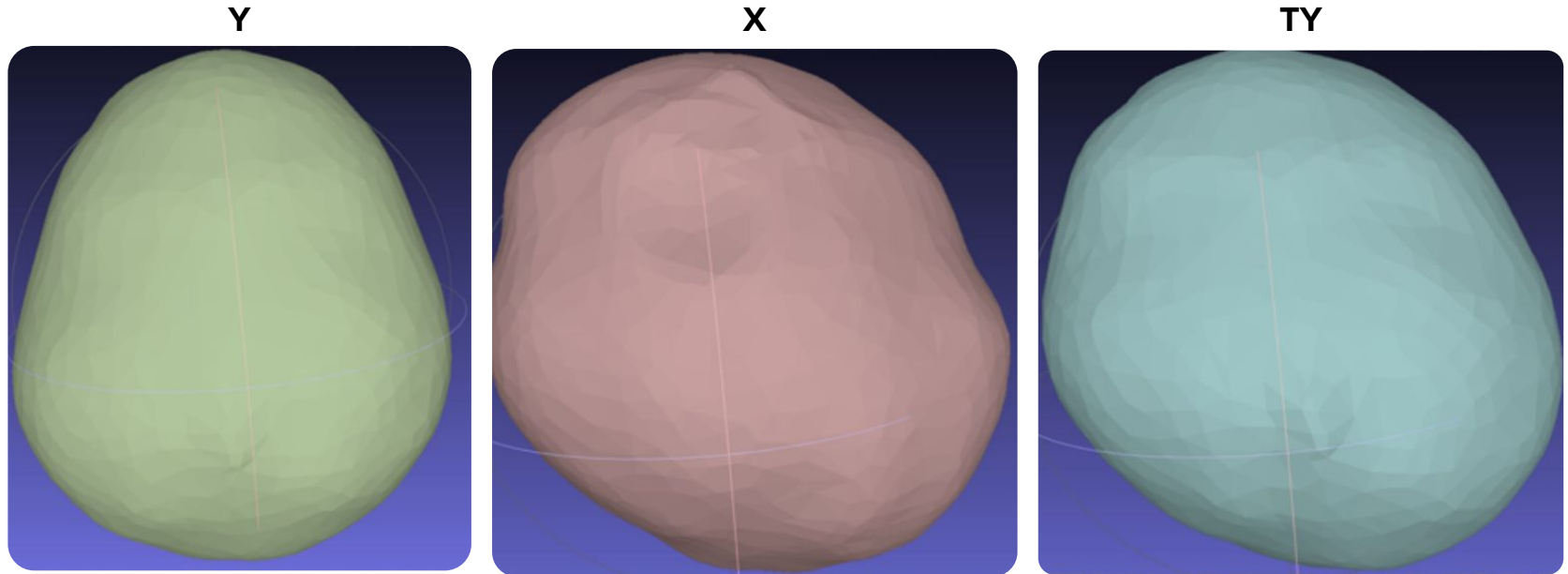
# III. Résultats et discussion

---

# Résultats des algorithmes

PYCPD : recalage non-rigide

Figure 9 : Déformation d'un maillage  $Y$  contrôlé vers un maillage  $X$  pathologique pour obtenir le  $TY$ .



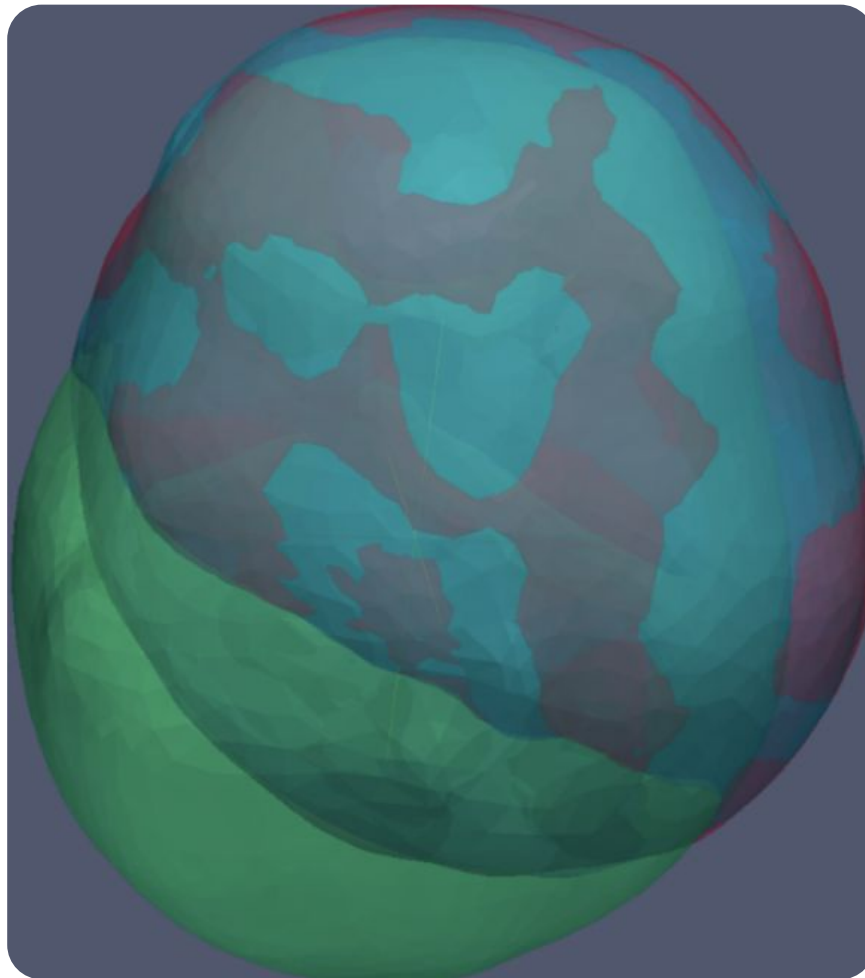


Figure 10 : *Aperçu transparent du recalage non-rigide.*

*X : rouge (pathologique)*

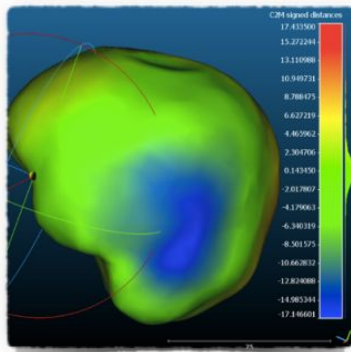
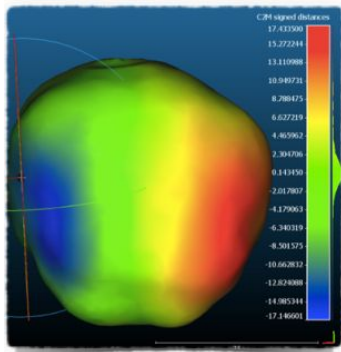
*Y : vert (contrôle)*

*TY : bleu (contrôle déformé en pathologique)*

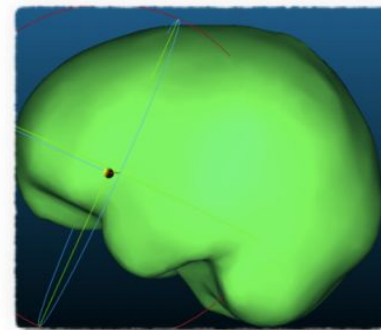
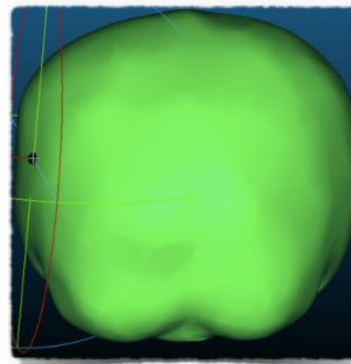
# Résultats des algorithmes

TransferValue :

Cartes d'asymétrie du X :



Template :



Transfert sur le template :

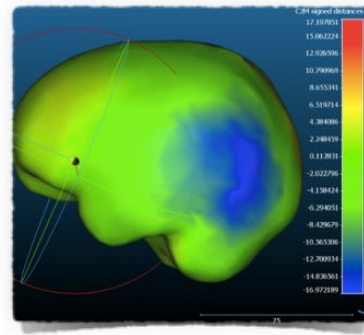
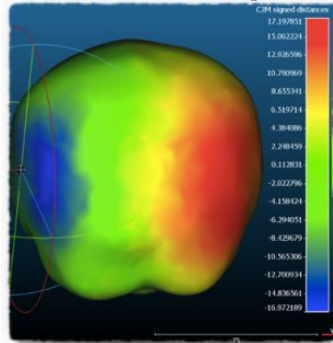


Figure 11: *Transfert d'une carte d'asymétrie d'un pathologique sur la géométrie commune (template).*

# Motif moyen pour chaque classe

- Projection de cartes d'asymétrie d'une même classe de déformation sur le référent
  - Récupération des valeurs  $d_i$  pour chaque index
  - Moyenne de cette valeur
  - Affichage de la moyenne sur le référent
- répéter pour chaque classe (PFO, PO, BP)

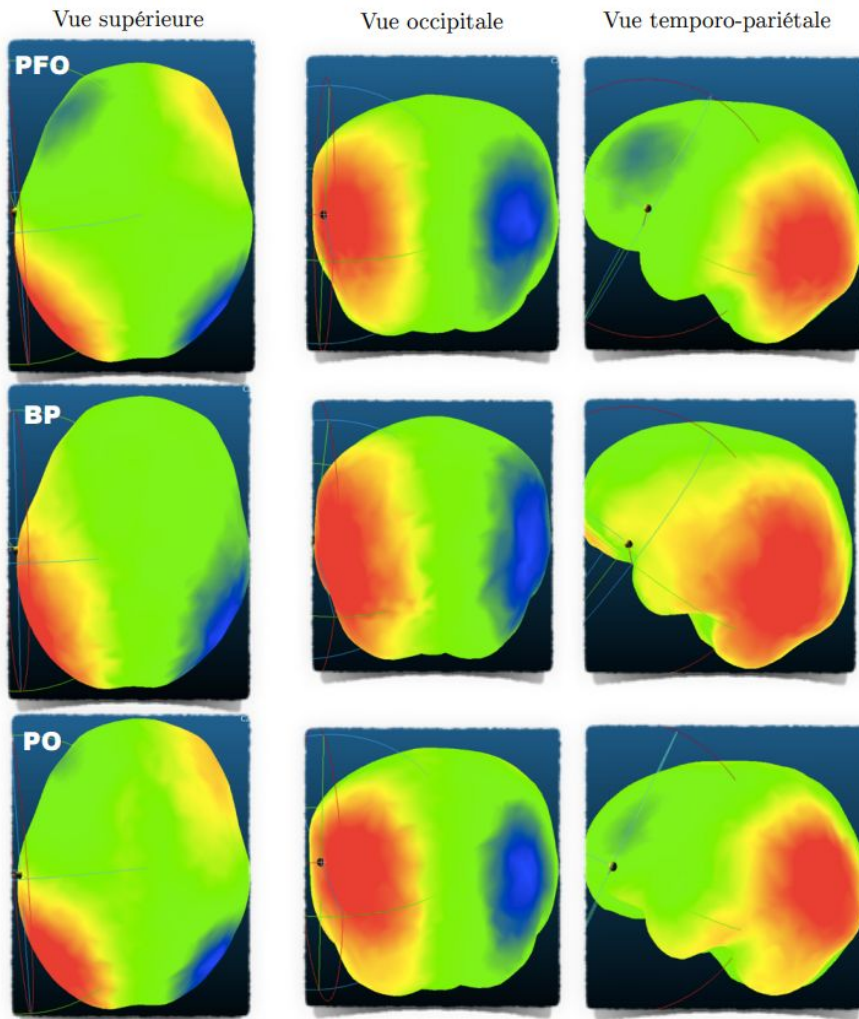


Figure 12 : Motifs moyens de déformation pour chaque type de déformation

- PFO : déformations frontales beaucoup plus marquées que chez PO
- BP : pas de déformation frontale, déformations occipitales beaucoup plus importantes que pour PO et PFO
- Moyenne effectuée sur 3 endocrâne de chaque type : résultats préliminaires

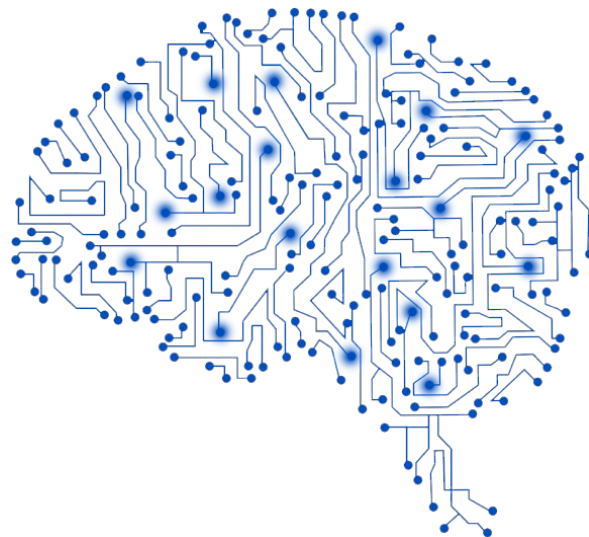


# IV. Perspectives et conclusion

---

# Perspectives

- Méthode générale :
  - cartes d'asymétrie
  - cartes de courbure
- Peut s'appliquer à d'autres structures
- PYCPD : puissant outil si bien initialisé
- Deep learning : classification automatique ?
- Analyse des motifs : corrélations
- Etudes statistiques inter-individuelles



# Conclusion

- Méthode utile pour réaliser des études statistiques
- Pas encore complètement automatisé :
  - Utilisation nécessaire de MeshLab, CloudCompare, Endex
  - Utilisation des 3 algorithmes : PYCPD, GetCorrespondences, TransferValue
- Application de l'anatomie computationnelle
  - champ inter-disciplinaire en pleine expansion



Merci de votre attention!

Des questions ?

