

Nouvelles du Centre IRM-INT@CERIMED

&

Quelques réflexions autour du lissage et du débruitage en IRMf

Jean-Luc Anton, Bruno Nazarian, Julien Sein

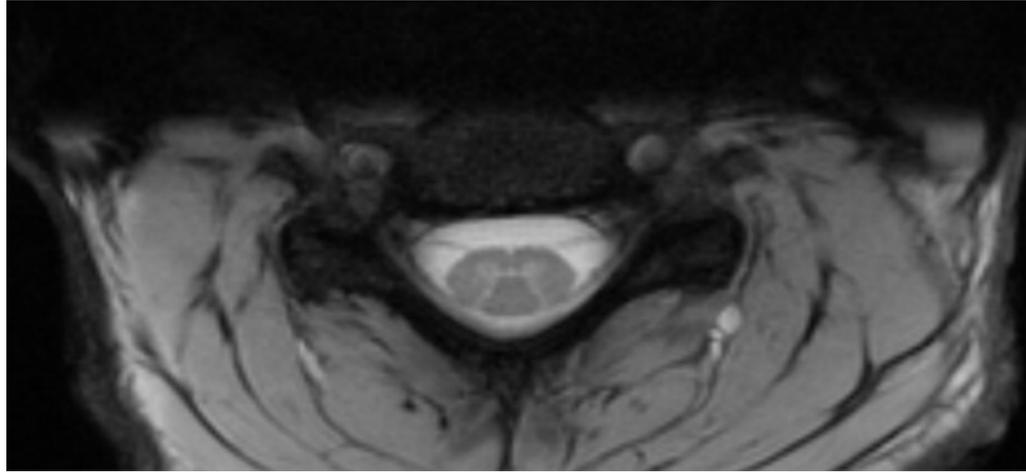
Depuis l'été 2020 - côté IRM

- **Moelle cervicale et Lombaire IRM (a+d+f)** : nombreux test et développements (acquisition et chaine de pré-traitement) + production + multi-site
- **Spectroscopie**: stage M2 + utilisation MEGA-PRESS et PRESS dans deux projets (PhantomPain et NEMO), prise en main de logiciels de quantification
- **Multi-Parameter Mapping**: utilisation dans le projet BRAINT
- **IRM de Diffusion**: Analyse de données
- **PNH**:
 - Aide à l'analyse d'images PNH: Macapype and co
 - Acquisitions PETRA et segmentation du crâne
 - Marmouset : antenne 16 cx
- **Prestation pour Thermométrie et IRM interventionnelle sur cochon**

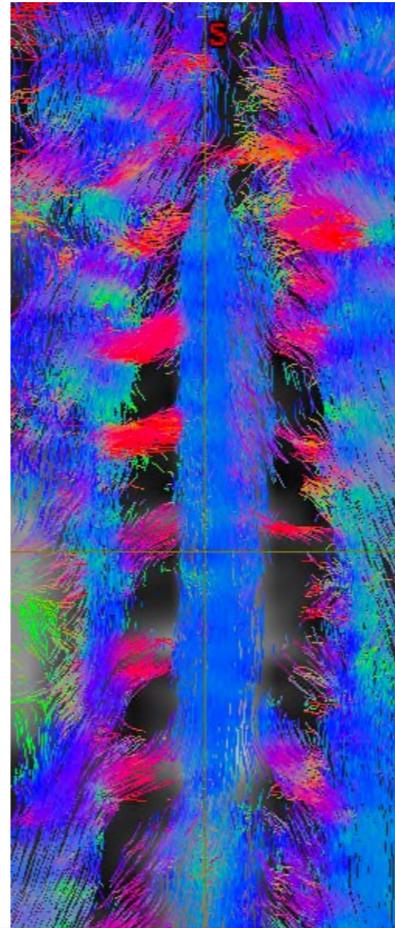
IRM de la Moelle

(Projet PhantomPainSpine avec Anne Kavounoudias et Raphaëlle Schlienger)

- IRM cervicale et lombaire



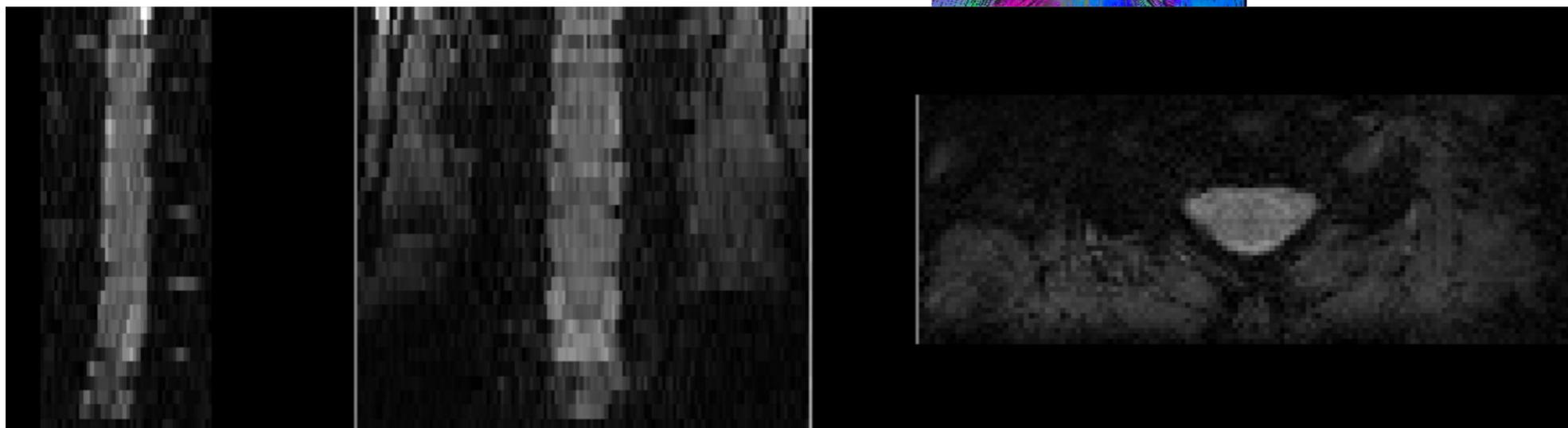
Anatomie T2*w - Cervicale



DWI- lombaire



Anatomie T2w - lombaire



IRMf- cervicale

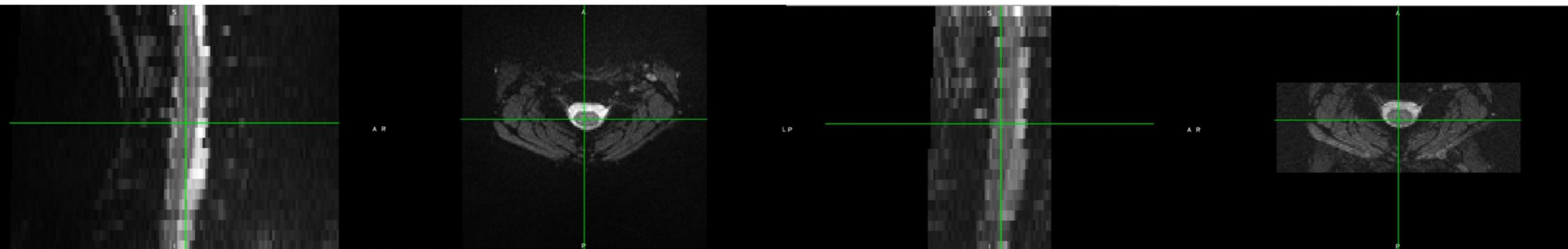
IRM de la Moelle - Méthodes - Acquisition

(avec Anne Kavounoudias et Raphaëlle Schlienger)

- Tout à découvrir - échanges avec spécialistes du domaine: Genève, Lausanne et Montréal (merci @Caroline Landelle)
- Utilisation du ZOOMit (excitation sélective)
- Acquisition avec SatPads (merci @Virginie Callot (CEMEREM)) ou sacs de riz (!) pour IRM cervicale



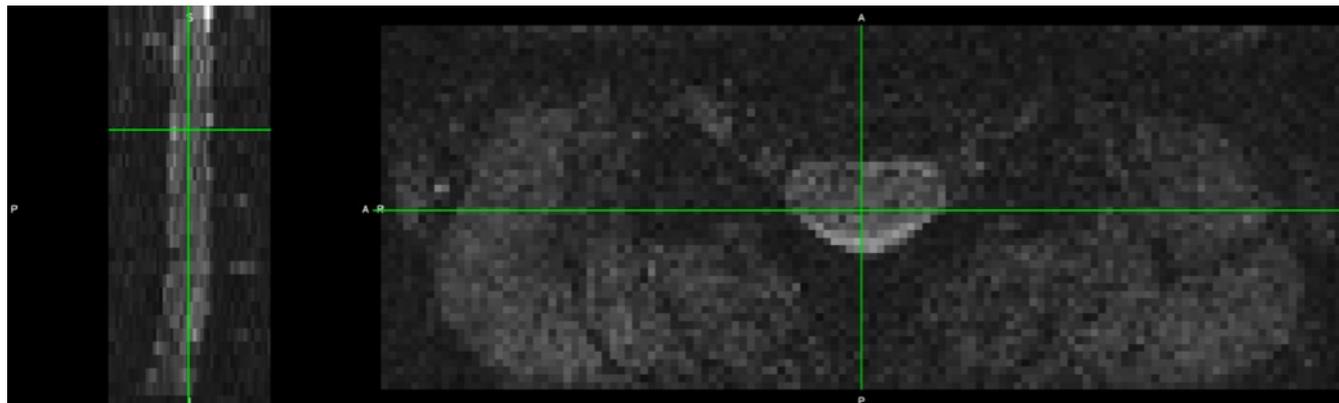
- Test du Z-shimming (C2P Hamburg):



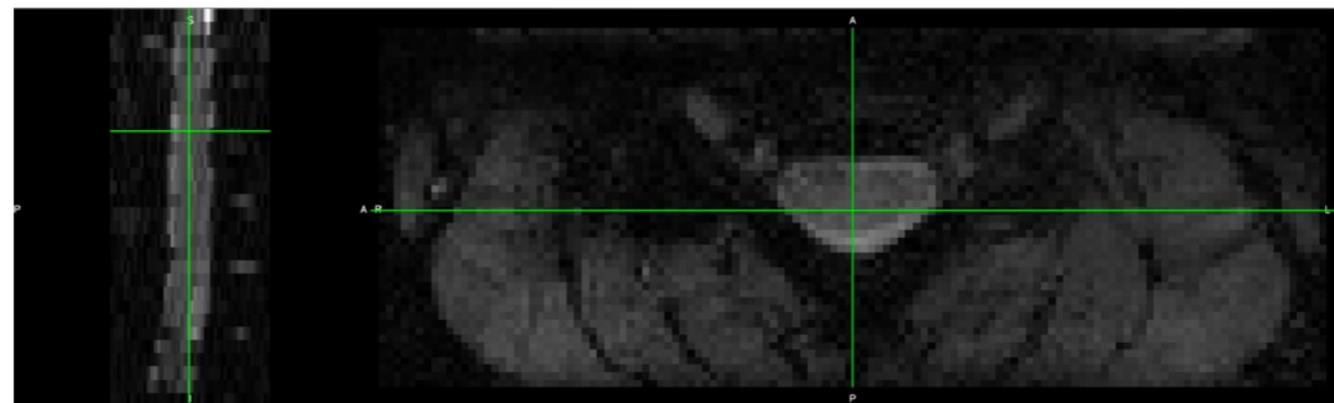
IRM de la Moelle - Méthodes - Preprocessing

(avec Anne Kavounoudias et Raphaëlle Schlienger)

- Aide à la mise en place d'un pipeline de traitement IRMf dédié moëlle (avec les conseils de Caroline Landelle)
- Evaluation de la SCT Toolbox (<https://spinalcordtoolbox.com>)
- Evaluation de NORDIC (débruitage IRMf en tenant compte de la phase) (https://github.com/SteenMoeller/NORDIC_Raw)



Bold natif: 1 volume



Après NORDIC: 1 volume (même coupe)

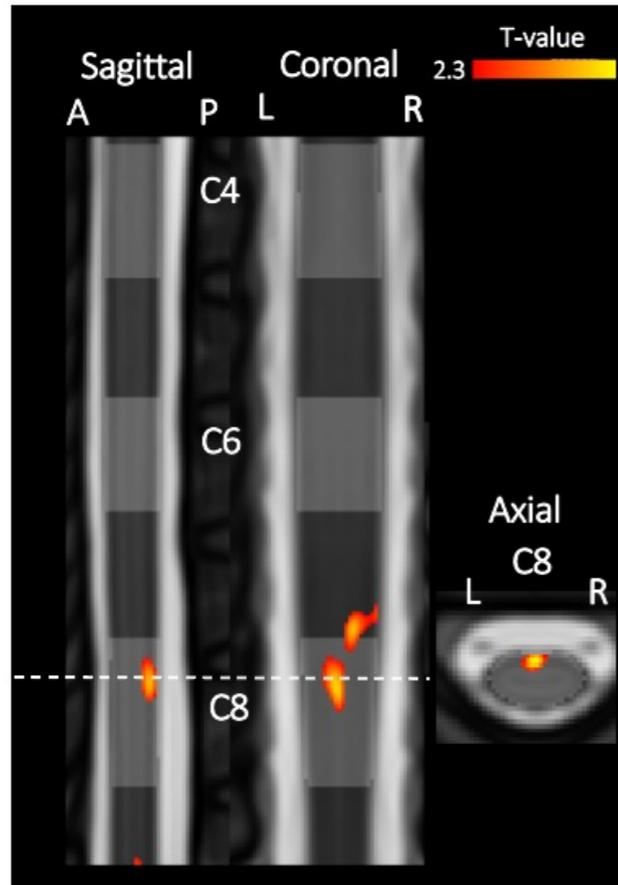
- Evaluation du pipeline NEPTUNE (<https://neptunetoolbox.com>)
- Evaluation approfondie de la correction de mouvements
- Pas de correction de distorsions pour le moment

=> choix d'analyse: SCT Toolbox + Moco SCT + FSL-FNIRT + aCompCor

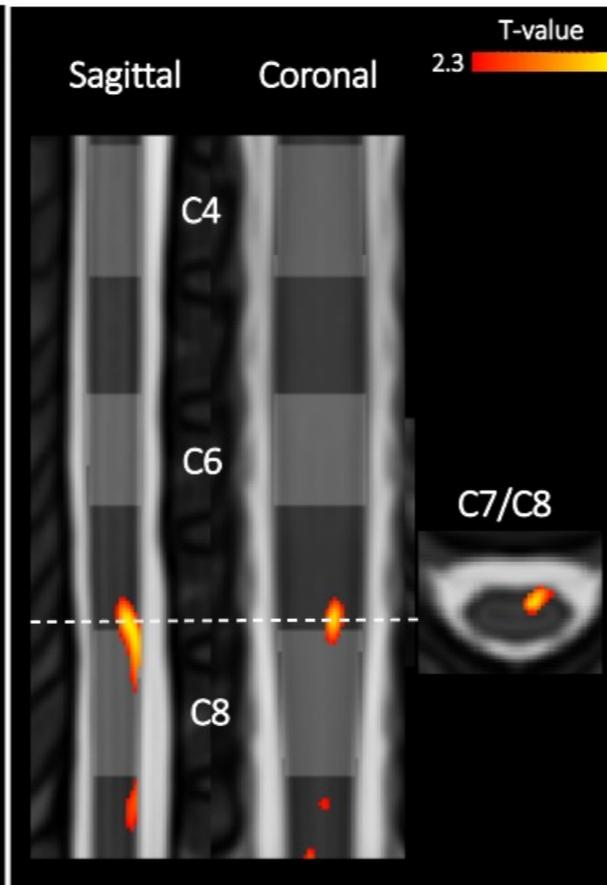
IRM de la Moelle - Analyses IRMf

(avec Anne Kavounoudias et Raphaëlle Schlienger)

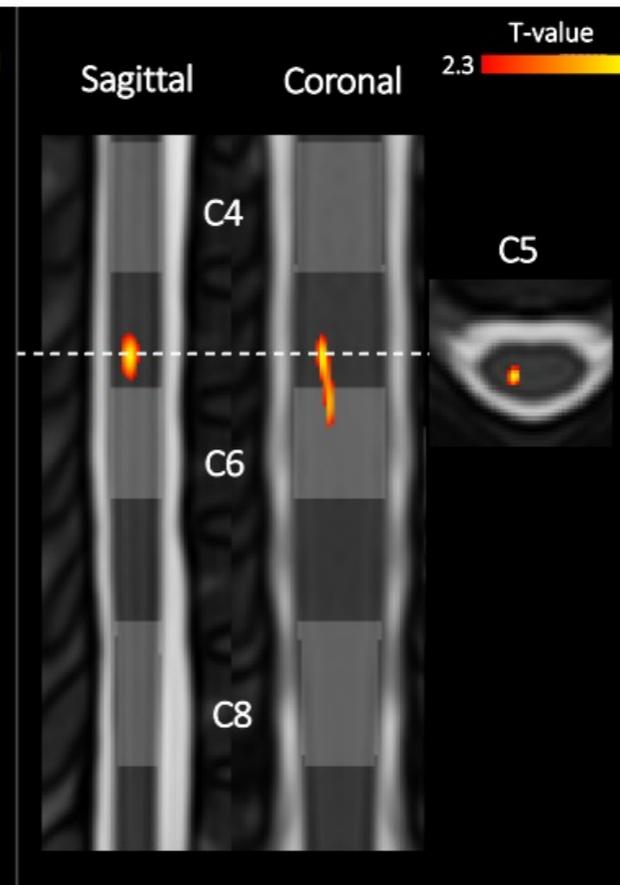
Fléchisseur & extenseur poignet
> Pas de stimulation



Biceps & Triceps > Pas de stim



Deltoïdes antérieur et postérieur
> Pas de stim



Schlienger et al.
OHBM (2023)
accepted for oral
presentation

Activations dans la moelle épinière cervicale lors de vibrations proprioceptives (60-80Hz) des muscles du bras gauche.

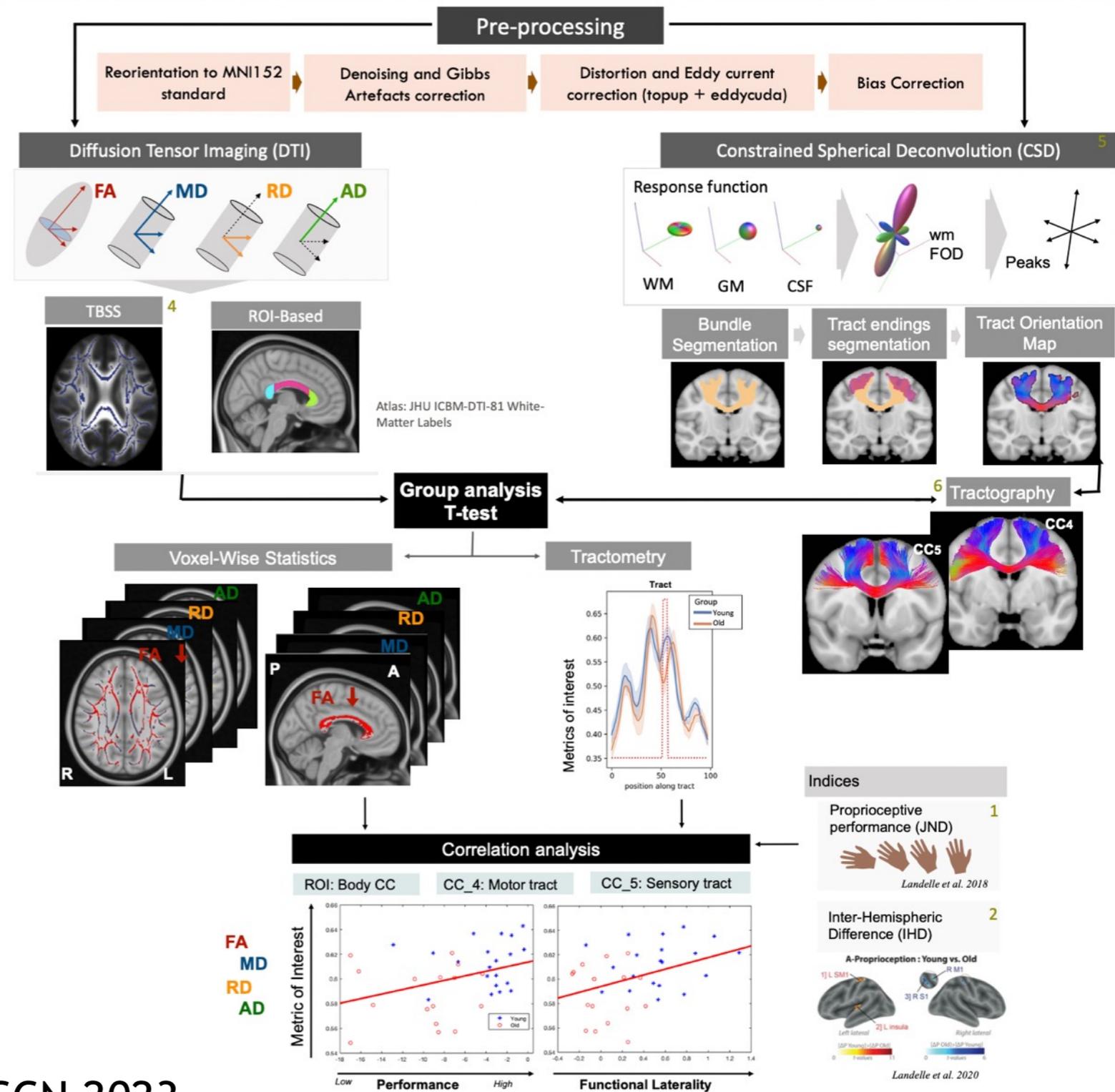
Analyse à l'échelle d'un participant : exemple d'une carte d'activations d'un participant (modèle 'Fixed Effects') pour 3 différents contrastes de 2 vibrations ago-antagonistes, comparés à une condition de repos (pas de stimulation) sur poignet, bras et épaule.

IRM de Diffusion (Cerveau)

Mise en oeuvre de l'analyse des données d'IRM de diffusion:

Projet Aging (Anne Kavounoudias, Daniela Pinzon et al.):

- Acquisition "courte" du Centre IRM: 7min (AP + PA)
- Prétraitements avec FSL + MRTRIX (toolbox QSIPREP)
- Analyse DTI avec TBSS (FSL)
- Tractographie avec MRTRIX et FreeSurfer et Tractométrie avec TractSeg



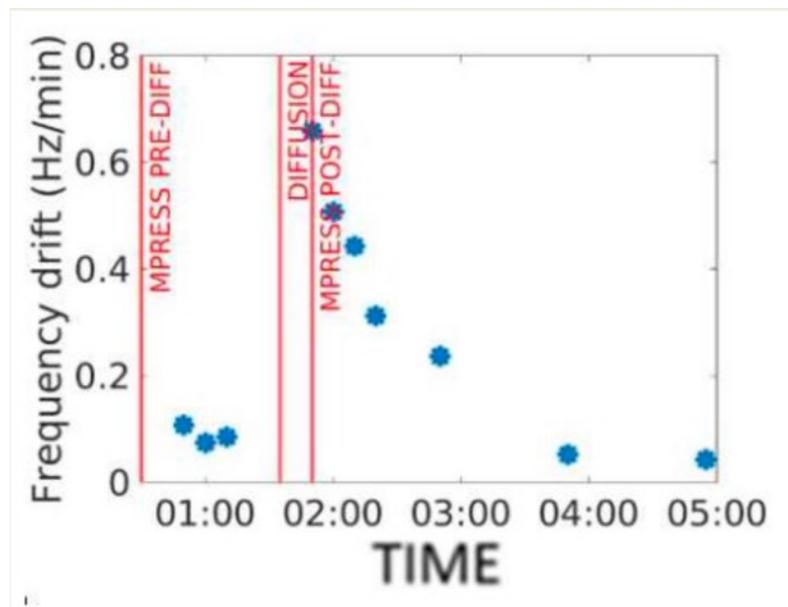
Pinzon et al, ECCN 2023

Spectroscopie

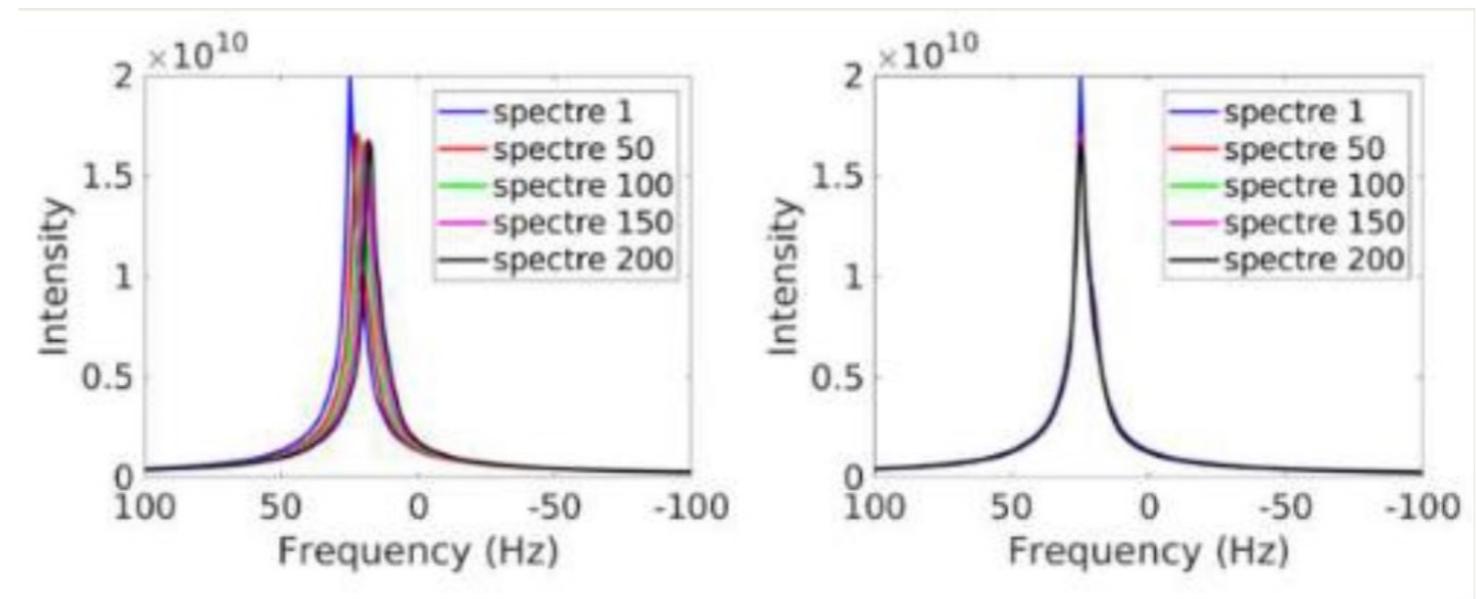
Stage de Juliette MYXA (M2- Ecole d'ingénieur):

Impact de la température de l'aimant sur les mesures IRM:

- Caractérisation du drift de fréquence en fonction des séquences acquises
- Prise en main de différents logiciels: Gannett, Mrspa, Osprey, scripts du CENIR
- Évaluation des méthodes de corrections dans différents logiciels
- Impact sur les mesures en spectroscopie MEGA-PRESS



Evolution du drift en fonction du protocole d'acquisition



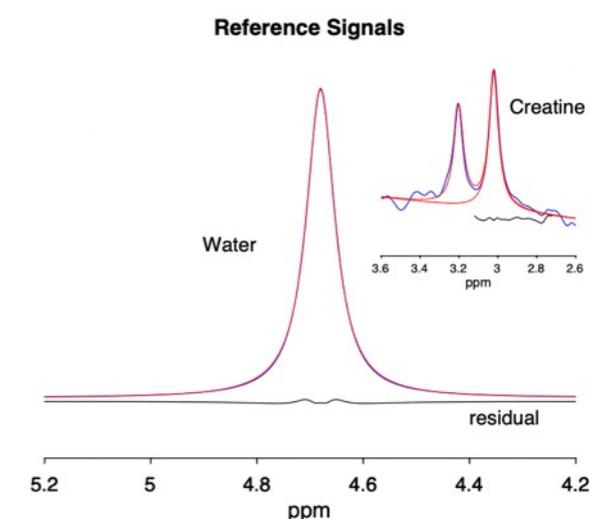
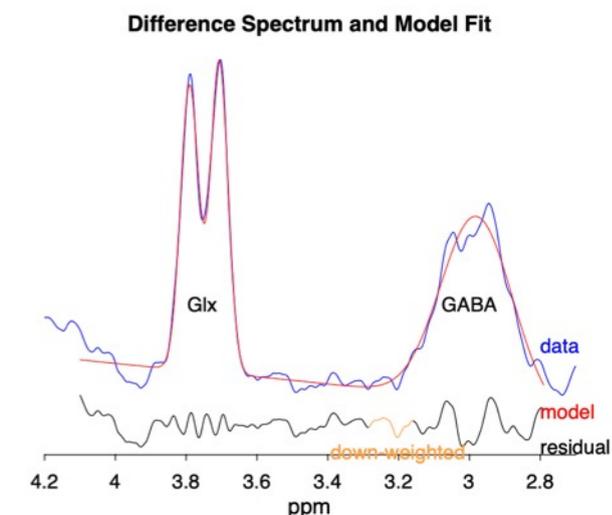
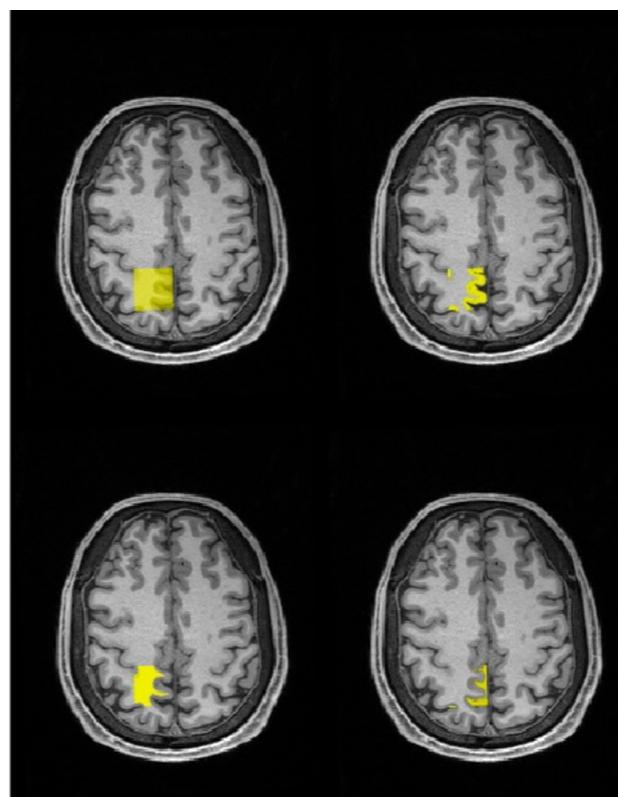
Superpositions de spectres individuels avant et après correction

Spectroscopie

Single voxel Spectroscopy (SVS) avec edition GABA :

Projet PhantomPainBrain (Anne Kavounoudias et Raphaëlle Schlienger):
intégration de la sequence MEGA-PRESS dans le protocole IRM "Cerveau":

- sequence IRM MEGA-PRESS de Minneapolis (C2P)
- 2 voxels dans le cortex somato-sensoriel (1 par hemisphere)
- 8 minutes par voxel, 25 x 25 x 30 mm
- Logiciel Gannet pour les pré-traitements et la quantification
- Projet porté à Marseille et à Lyon
- Participants sains et participants amputés, sessions pré- et post- entraînement

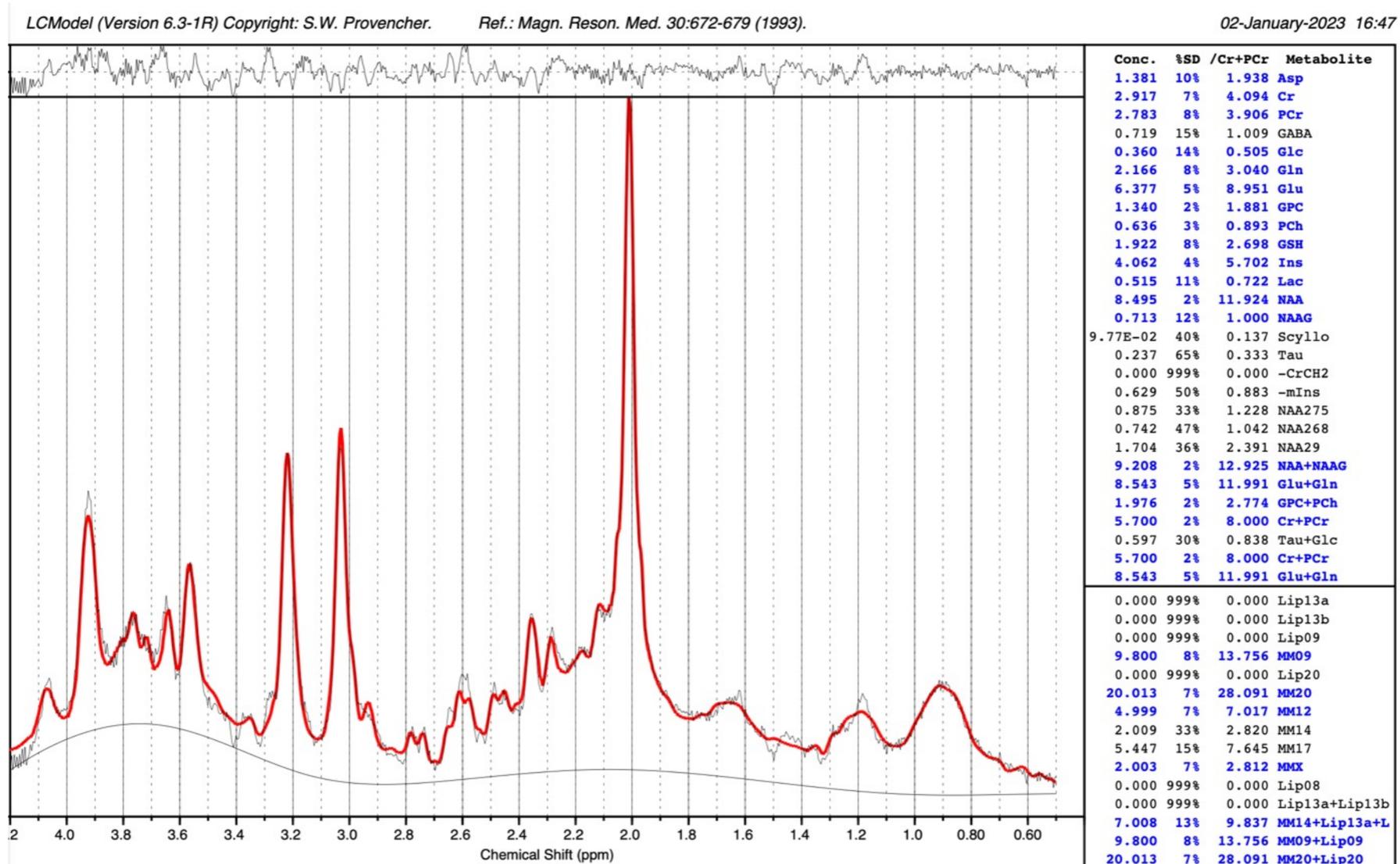


Spectroscopie

Single voxel Spectroscopy (SVS) “Classique”:

Projets NEMO et GEBRA (Antoine Lefrere et al., Raoul Belzeaux et): integration de la sequence PRESS dans le protocole IRM “anatomique”:

- sequence IRM PRESS
- 2 voxels dans le cortex prefrontal (1 par hemisphere)
- 3 minutes par voxel, voxel de 20 x 20 x 20 mm
- Logiciel LCModel pour la quantification



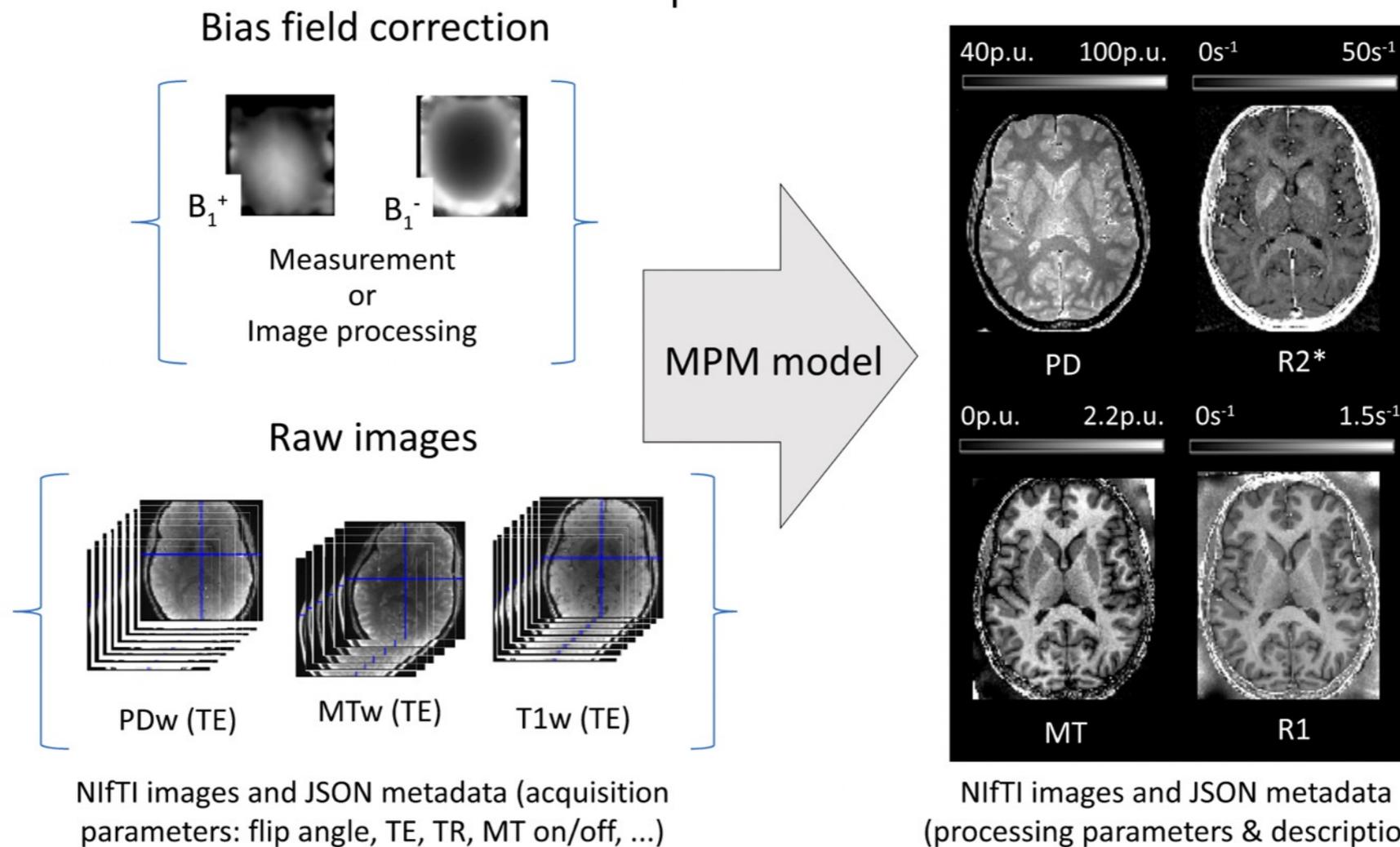
MPM - Multi-Parameter Mapping

IRM quantitative

Projet “cohort” BRAINT (Guillaume Masson et al.): integration des sequences C2P MPM dans le protocole IRM “anatomique”:

- 20 minutes pour l'ensemble des sequences
- Résolution de 1mm isotropique
- Toolbox SPM hMRI (Tabelow et al. 2019)
- Cartes quantitatives T1, T2*, DP et MT

Map Creation



NIfTI images and JSON metadata (acquisition parameters: flip angle, TE, TR, MT on/off, ...)

NIfTI images and JSON metadata (processing parameters & description)

PNH - avancées

Antenne 16 canaux marmouset

- Achetée et utilisée par le Projet **COVOPRIM** (Pascal Belin, Manon Obliger, Regis Trapeau et al.) Etude de la perception des vocalisations à travers différentes espèces: Humain, Macaque, Marmouset
- Séquences IRM inspirées du protocole NHP-NNP (Hayashi et al. NI 2021)
- IRM anatomique, Diffusion, IRMf
- Acquisition Clustered Sparse en IRMf
- Utilisée pour d'autres projets de l'INT nécessitant des images de marmouset: repérage pré-chirurgical, IRM ex-vivo

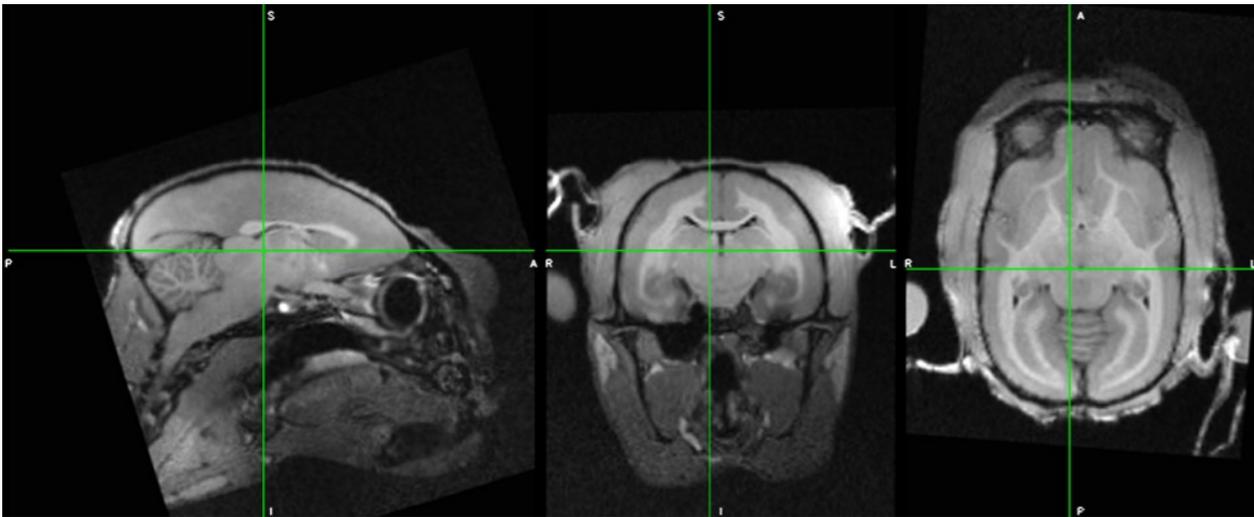


Image T1w
(0.18mm, 17min)

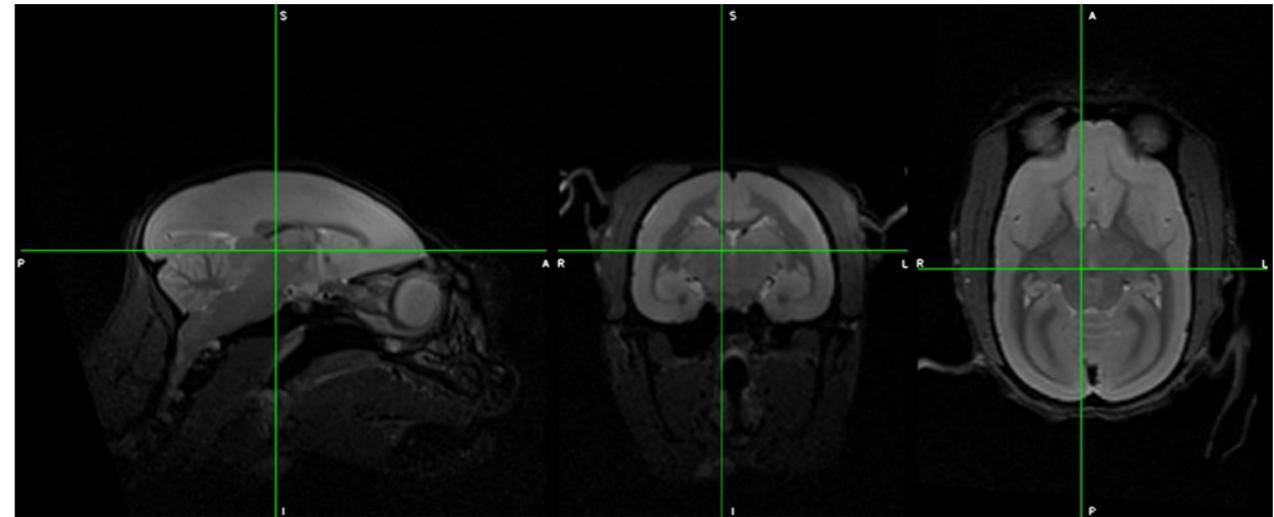
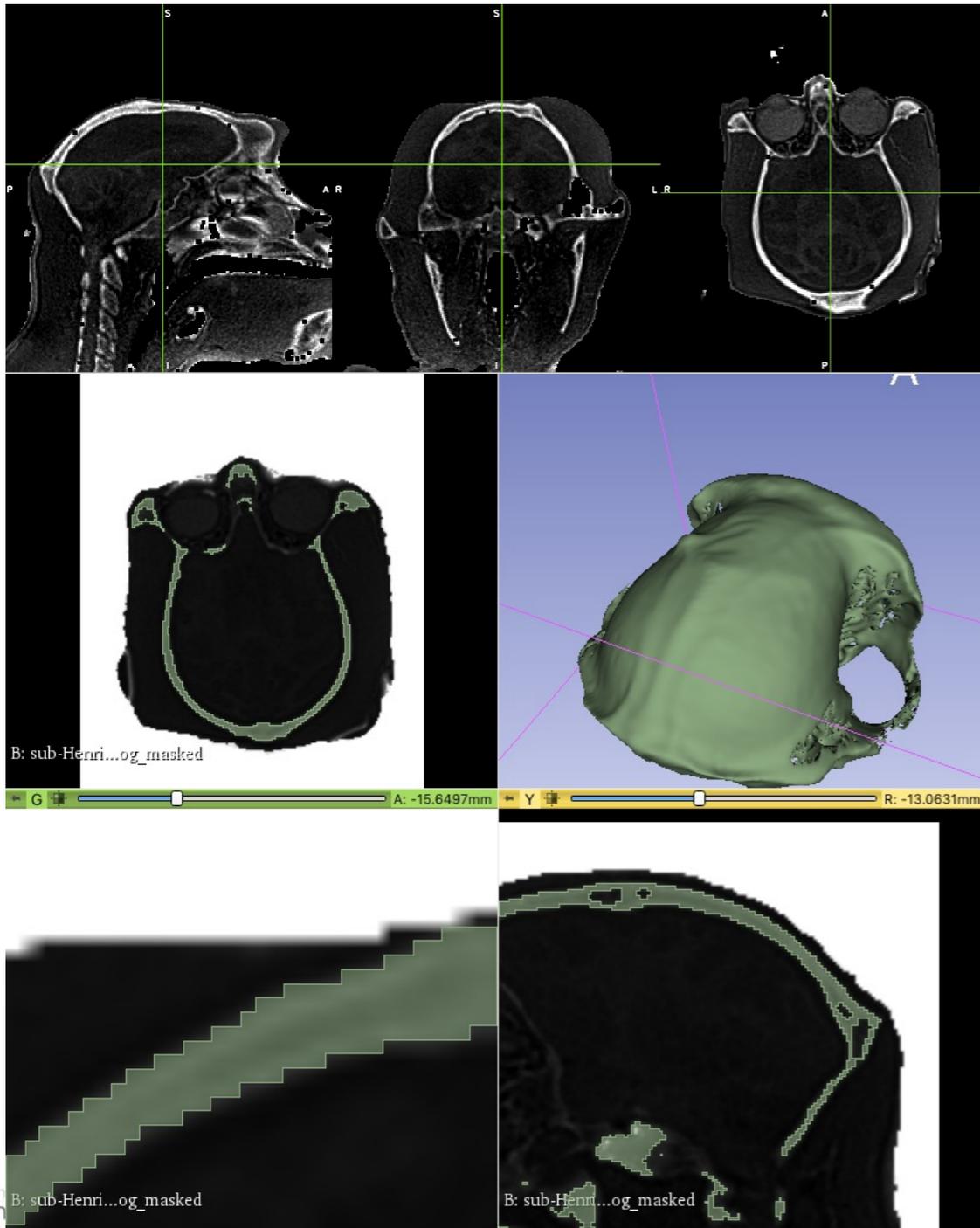


Image T2w
(0.18mm, 6 min)

PNH - avancées

Segmentation automatique du crâne

- Stage de M2 d'Adam Sghari (co-encadré par D. Meunier, X. Degiovanni, J. Sein)
- Séquence IRM PETRA (C2P Minneapolis)
- Pipeline d'extraction automatique de crâne multi-espèce et generation de surface pour l'impression 3D



IRM - en plus

Prestation pour validation d'IRM interventionnelle sur cochon

- premier cochon en IRM au Centre IRM-INT@CERIMED
- Collaboration avec P Bridge et A Coppola au CERIMED
- Monitoring de la temperature pendant la thermoablation avec sonde micro-onde
- Validation à 3T en vue d'une certification du logiciel par la FDA

Stimulation ... What's new ?

- Panel des modalités de plus en plus large

<https://irmf.int.univ-amu.fr/equipement/environnement-de-stimulation/>

- Contrôle de plus en plus précis des réponses et des stimulations

Puissance du vidéo-projecteur (a priori)

Capteurs sur vibrations (a posteriori / Temps-réel)

Boutons équipés de capteurs de force (a posteriori)

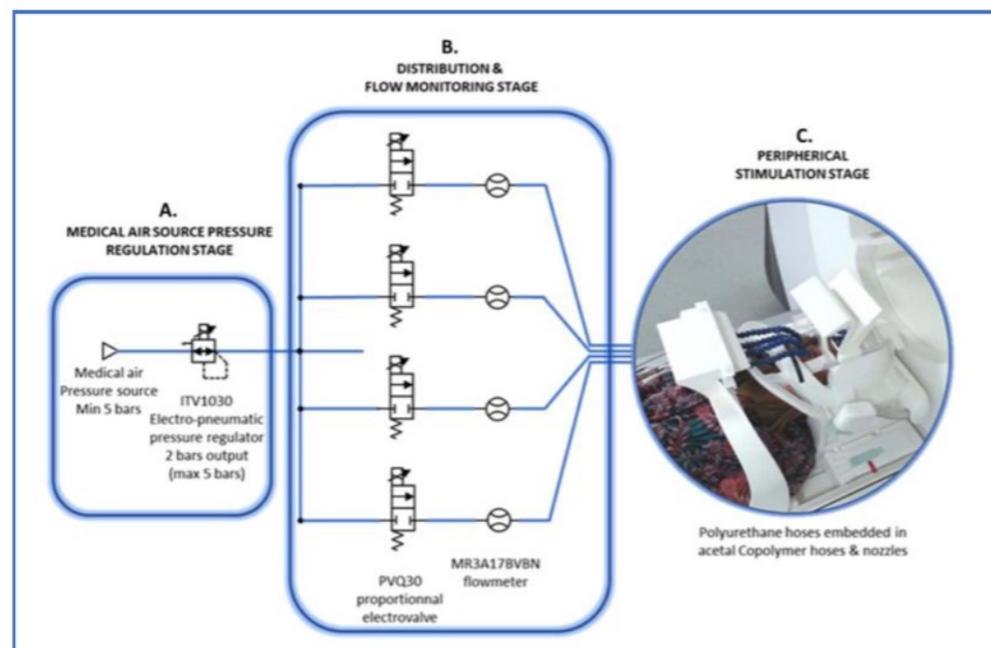
- Développement collectif de l'expertise et des traitements

Eye-Tracking (Franziska Gerinswald, Thierry Chaminade, Martin Szinte)

EMG (Franck Vidal, Laure Spieser, Jenny Coull, Marion Royer d'Halluin)

Stimulation ... What's new ?

- Développement collectif de nouveaux outils



Nazarian B, Caron-Guyon J, Anton JL, Sein J, Baurberg J, Catz N, Kavounoudias A.

A new Patterned Air-Flow device to reveal the network for tactile motion coding using fMRI.

Journal of Neuroscience Methods (2021), 365(1):109397. doi:10.1016/j.jneumeth.2021.109397

Stimulation ... What's new ?

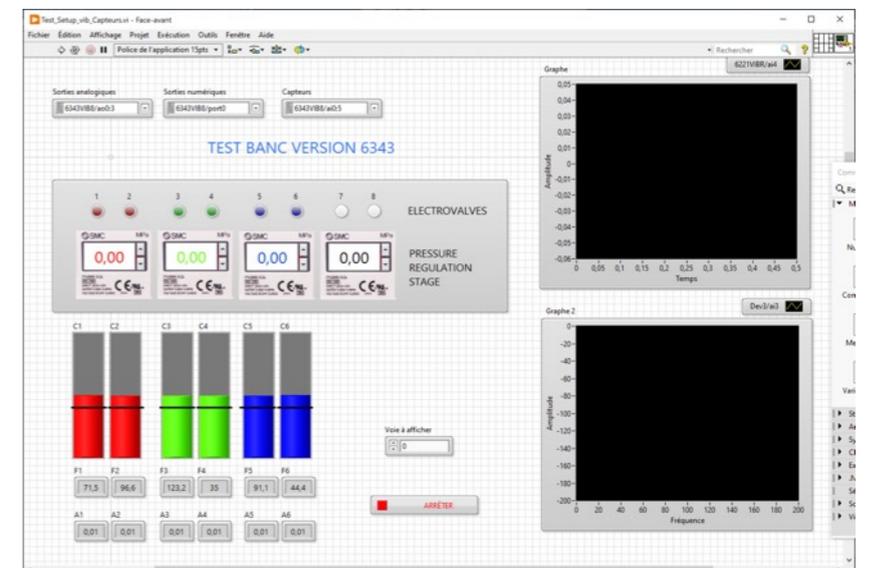
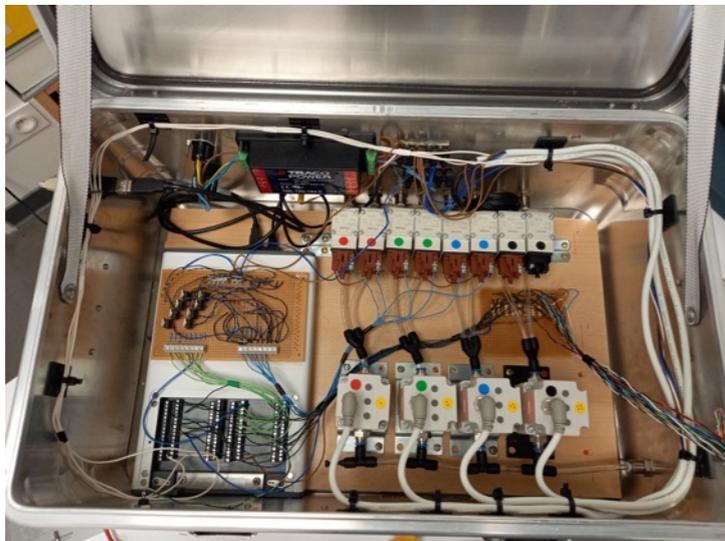
- Développements portables

Multi-modalité (MEG, EEG, IRM)

Multi-Centres (Marseille, Lyon, Saint-Etienne)

Export (McGill, EPFL, ...) de solutions hardware / software

- Exemple du banc de vibrateurs pneumatiques



Evolutions logicielles

- Un formalisme plus générique pour coder les paradigmes

Toujours basé sur des fichiers texte-tableurs

- CONDITION(S) ; DURATION(S)
- STIM_XXX (TEXT, BITMAP, WAV, VIDEO, VIB, ...)
- RESP_YYY (BUTTON, VOCAL, JOYSTICK, ...)
- MISC_ZZZ (BIP, POWER, MESSAGE,)

- Coder des paradigmes de plus en plus complexes / précis

- Contrôler le comportement en temps-réel ... et en //

Ecriture / Tablette graphique

Réponses boutons

Vidéo (Gestes / Moteur)

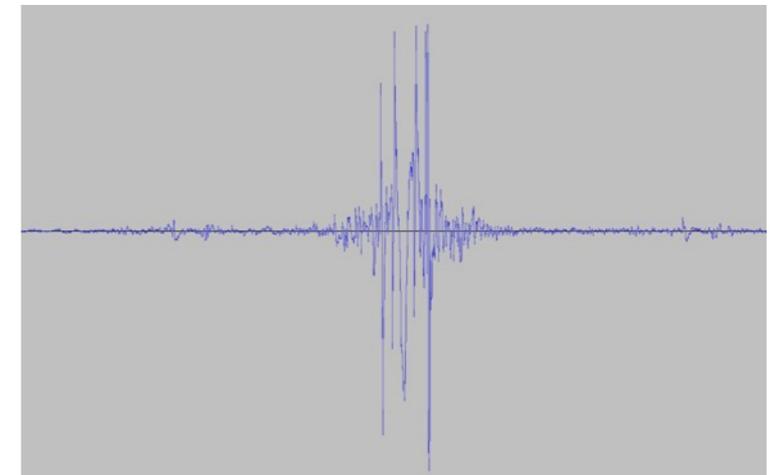
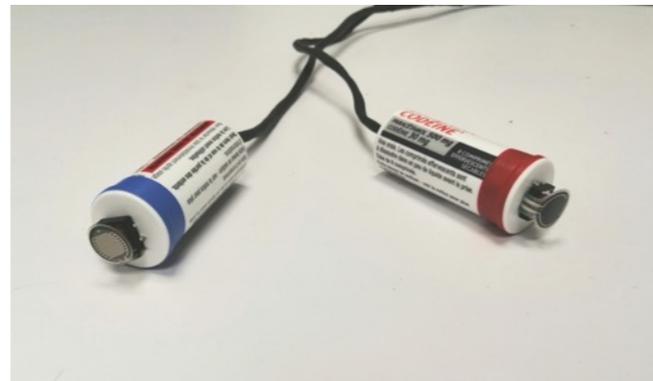
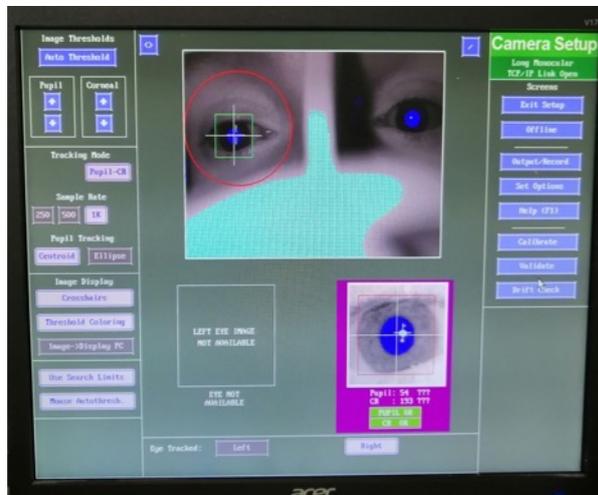
- Garantir la compatibilité BIDS en sortie

Illustration

- Manip « TimOn » (Jenny Coull / Marion Royer d'Halluin)

Effet de la prédictibilité temporelle sur l'impulsivité
Tache de conflit (Simon) + indices temporels

- Stimulation visuelle, EyeTracking, EMG, Boutons et capteurs de force

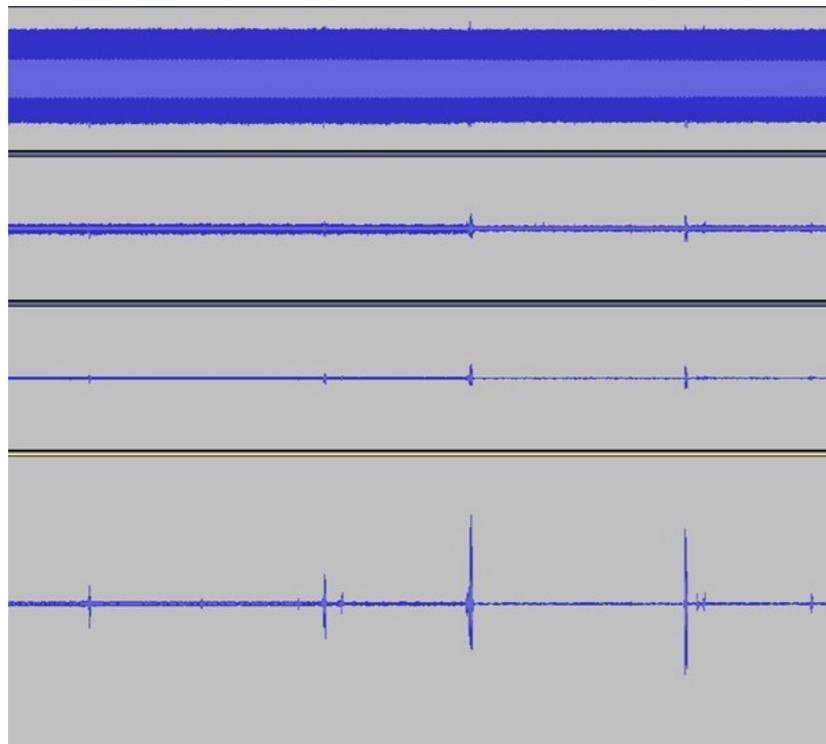


EMG : Une affaire qui roule

- L'aboutissement d'un développement de plusieurs années

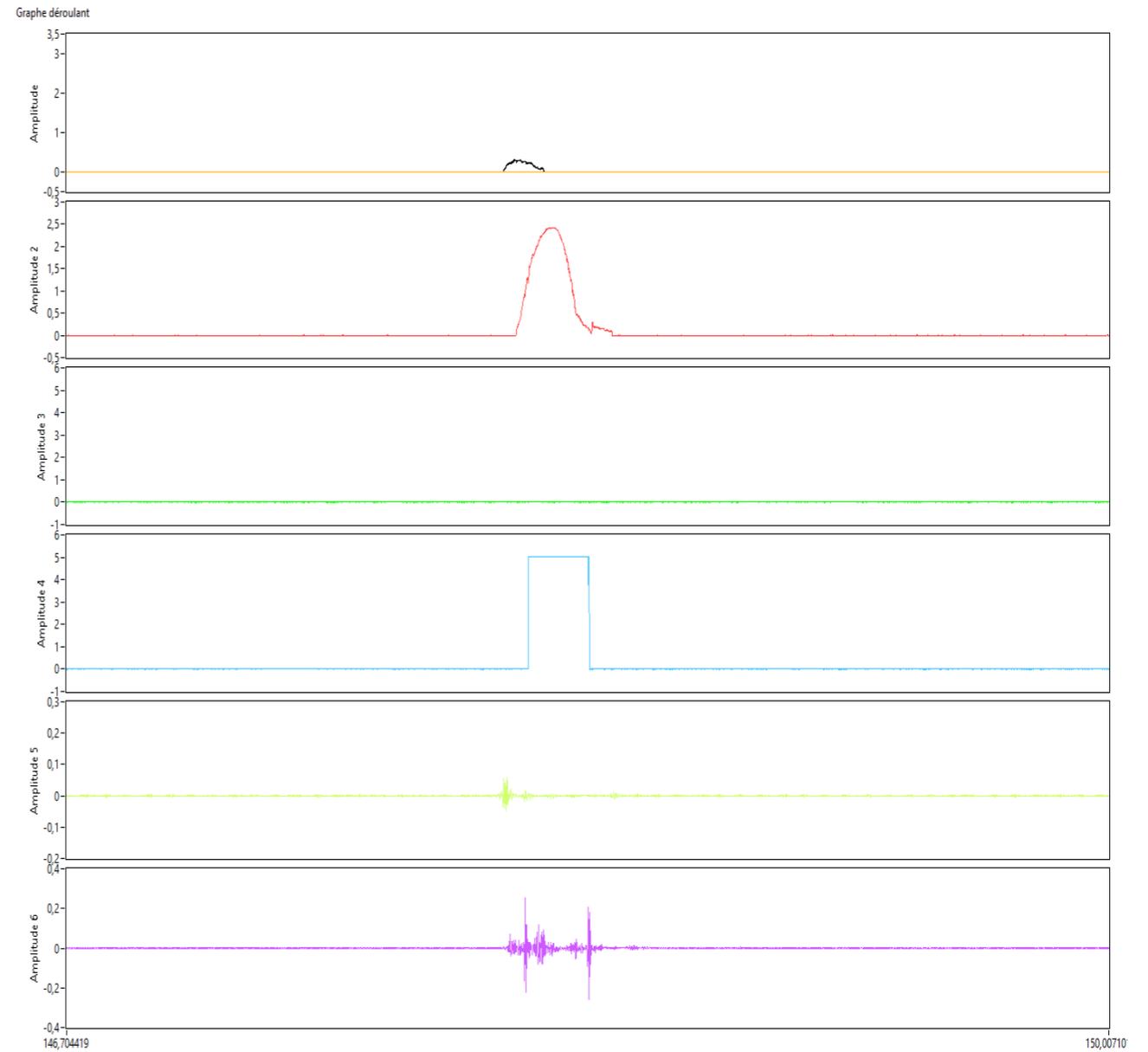
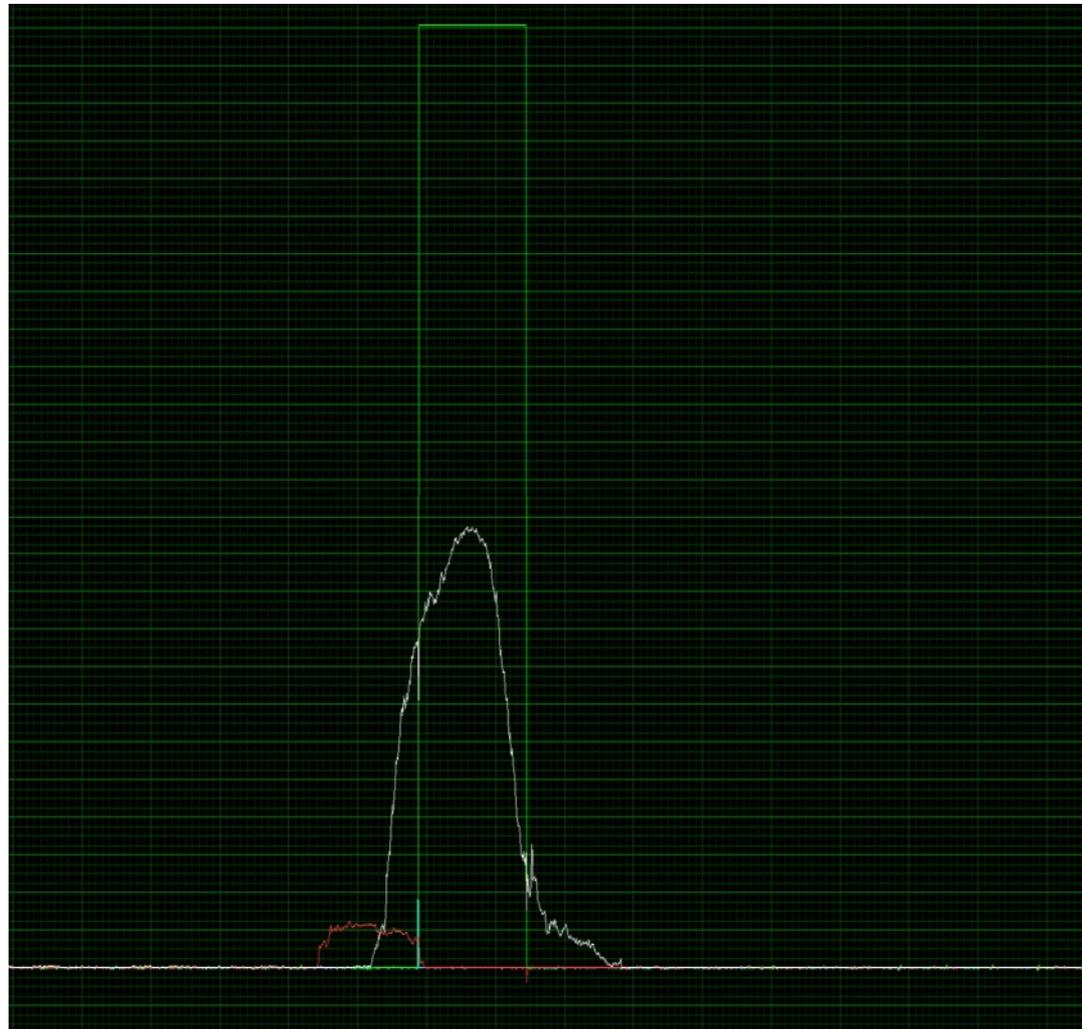
https://irmf.int.univ-amu.fr/MyUploads/NAZARIAN_EMG.pdf

- Le challenge de l'acquisition et du débruitage

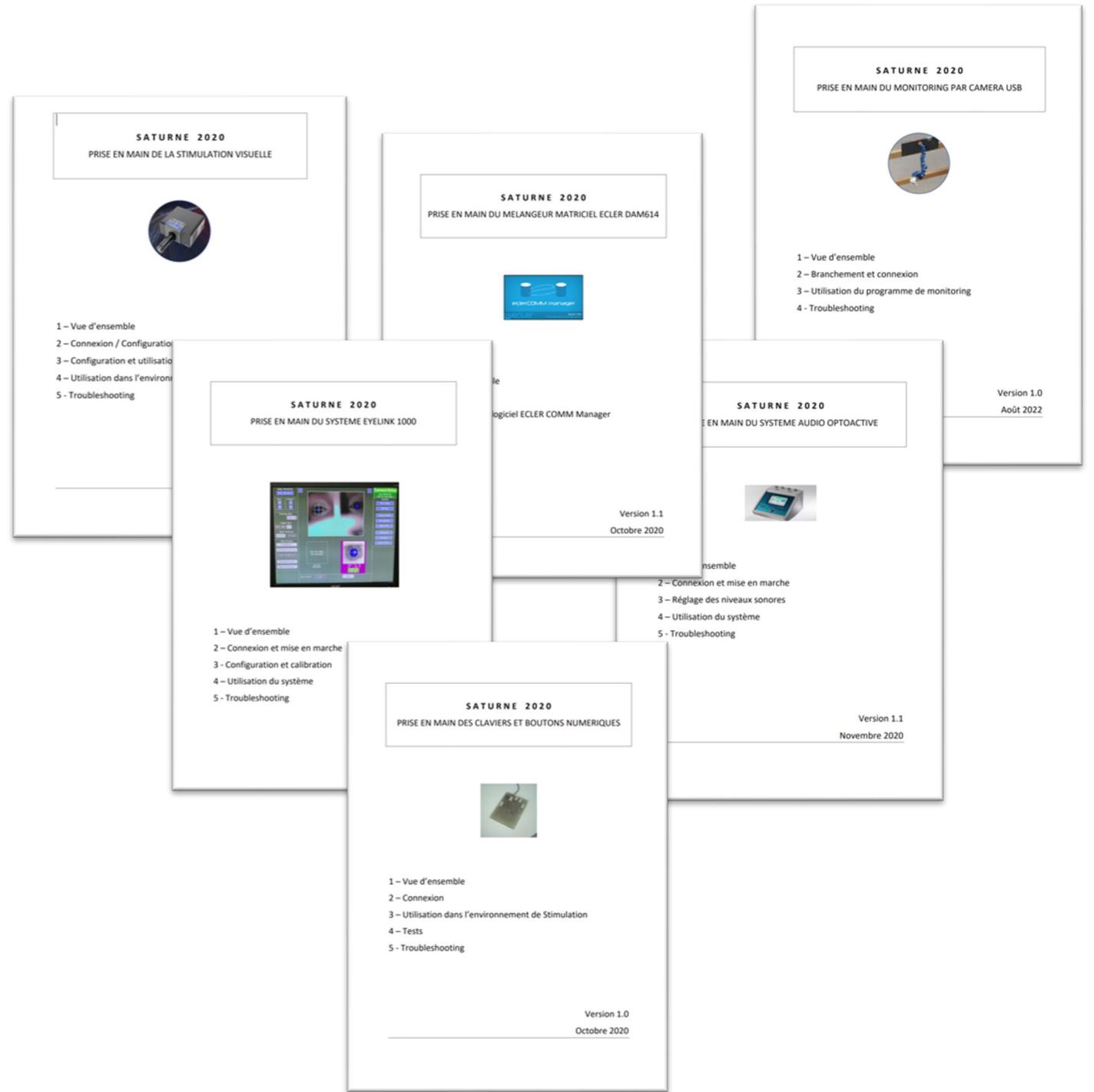
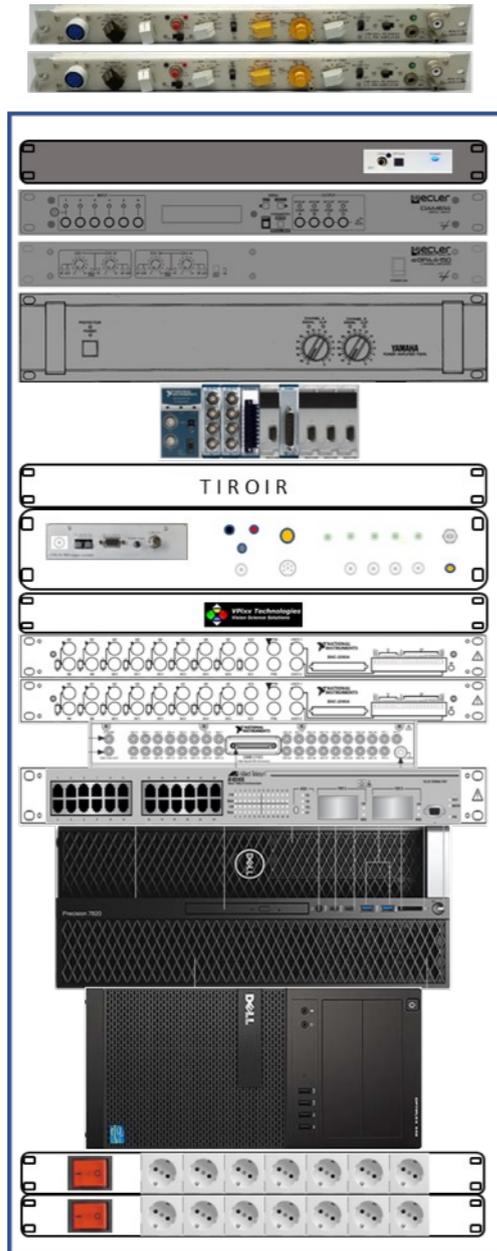


EMG : Une affaire qui roule

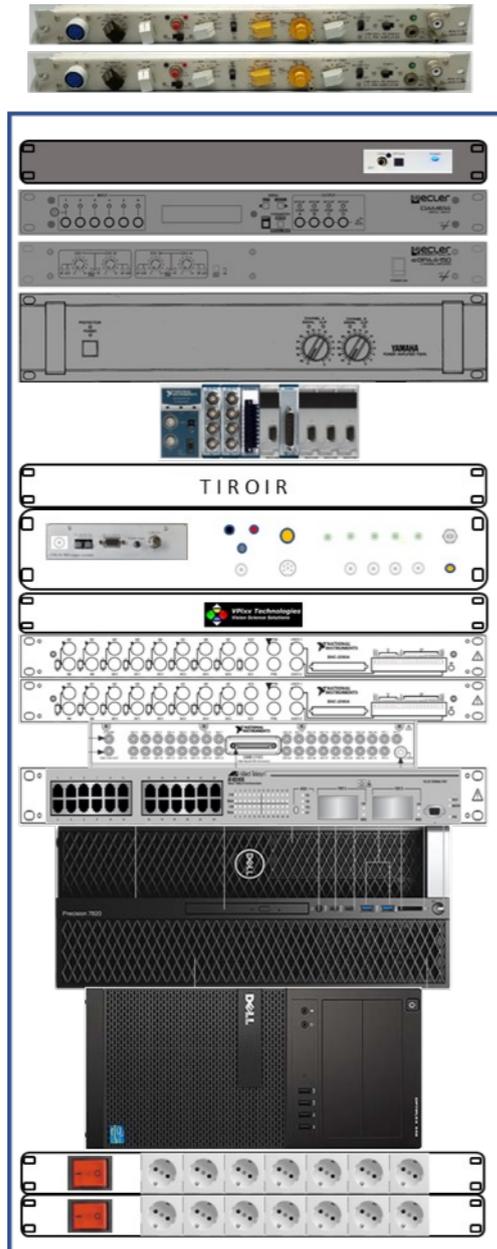
- Apport de l'EMG



Un environnement de plus en plus riche



Un environnement de plus en plus riche



SETUP SLIP2 – ROUILLE DE FOOT

STIMULATION VISUELLE
REPONSE VIA MICROPHONE OPTIQUE
CONTRÔLE EYE-TRACKING + RECORD POUR RESTING STATE

- 1 ALLUMER LES DE
- 2 ALLUMER DELL SUPERIEUR (BOOT LONG) (système de stimulation)
- 3 ALLUMER CONVERTISSEUR AD
ALLUMER MELANGEUR MATRIciel
ALLUMER AMPU ECLER
- 4 CONNECTER UNE DERIVATION DU TRIGGER IRM ET DU MICROPHONE SUR LES DEUX PREMIERES VOIES DU DAD
- 5 ALLUMER MODULE NUMERIQUE
VERIFIER DEUX INTERRUPTEURS SUR IMPULS (petite LED allumée)
VERIFIER LE CÂBLE JAUNE DU MICRO

Etude TimOn – Feuille de route pour le banc de stimulation

Allumer Vidéo-Projecteur

Setup EMG

- Préparer le sujet. Placer les électrodes
- Connecter deux câbles BNC Bleu et Rouge des sorties des amplis GRASS aux entrées 0 et 1 du premier module du CompactDAQ
- Tester le signal au moyen du programme « Teste_FIRG.vi »

Brancher et tester Clavier / Boutons

- Brancher le contrôleur de boutons : USB vers le PC de Stimulation / SuD09 vers Filtrés
- Brancher les boutons dans la salle IRM : SuD09 mise vers Filtrés
- Tester au moyen du programme « Teste_FSR_Boutons.vi »

Mise en place du système EyeTracking (voir document annexé)

- Une fois le système EyeLink démarré, vérifier l'image vidéo sur l'écran à la console
- Une fois le sujet installé, vérifier la qualité de l'image de l'EyeTracker
 - Dans le dossier « Stimulation_2021\MANIP_TimOn » lancer « InstEyeLinkBackView2.vi »
 - Sélectionner un nom participant (moins de 8 caractères)
 - Sur le clavier de l'EyeLink, appuyer sur ENTREE sur l'écran de stimulation
 - Basculer Zoom/DeZoom avec les flèches gauche et droite du clavier de l'EyeLink
 - Vérifier la qualité de l'image.
 - Au besoin, rediriger délicatement la caméra depuis l'arrière du tunnel
 - Au besoin, optimiser le focus au moyen de la bague de mise au point (profil de salle miroir)
 - Quitter par « Exit Setup » sur la console de l'EyeLink. Cela stocke le programme « « InstEyeLinkBackView2.vi », CTRL-Q pour quitter LIVEVIEW

Etude TimOn – Utilisation du programme

Lancement du programme

- Mode DEMO ou IRM : Pensez à vérifier le fichier « TimOn », une boîte de dialogue de « Warning » s'affiche
- Lancer le programme « TimOn.vi » dans le dossier « S » (flèche blanche en haut à gauche)

Après le choix et la validation du nom du sujet et du fichier de Description du protocole (3 séquences dans le menu déroulant) cliquer sur « Go »

Etude SLIP2 – Feuille de route pour le banc de stimulation

Préparation du setup audio

- Allumer la console « OptoAcoustics » (voir doc annexé)
- Préparer le microphone optique et son « pad hygiénique »
- Connecter un dérivation du trigger IRM sur la fiche BNC Mod1A0 (vert sur le schéma) du CompactDAQ
- Connecter une dérivation du micro Optique IRM sur la fiche BNC Mod1A1 (jaune sur le schéma) du CompactDAQ
- Vérifier la connexion du microphone optique sur le bornier principal (câble BNC jaune sur entrée a0 du bornier inférieur)
- Vérifier le niveau audio du micro en utilisant le programme de test
- Vérifier le niveau audio du retour du micro dans les oreilles du sujet (soit écouter sur la console OptoAcoustic)

PENSER A ALLUMER LE VIDEO-PROJECTEUR

Lancement du programme

- Mode DEMO ou IRM : Pensez à vérifier le fichier « Slip2.vi »
- Lancer le programme « Slip2.vi » dans le dossier « Stimulation_2021\MANIP_Slip2 »
- Après le choix et la validation du nom du sujet et du fichier de Description du protocole, l'image de rappel des instructions apparaît sur l'écran de gauche en même temps que la boîte de dialogue de démarrage sur l'écran de droite
- Dès que le sujet est prêt, appuyez sur le bouton « Démarrer ». Le programme (en mode IRM) est en attente des triggers pour démarrer

Quelques vérifications

- Pensez à vérifier quelques fichiers réponses audio (dans sourcedata/sub-XX) à l'aide d'Audacity (par exemple)
- Pensez à écouter les productions du sujet en écoutant le microphone débranché sur la console OptoAcoustic

Etude PHANTOMPAIN – Feuille de route pour le banc de stimulation

Préparation du setup audio

- Allumer la console « OptoAcoustics » (voir doc annexé)
- Préparer le microphone optique et son « pad hygiénique »
- Vérifier la connexion du microphone optique sur le bornier principal (câble BNC jaune sur entrée a0 du bornier inférieur)
- Vérifier le niveau audio du micro en utilisant le programme de test

PENSER A ALLUMER LE VIDEO-PROJECTEUR

Programme de test

- Dans le sous-dossier « Dev »
- Programme Test_Setup_vib_Capteurs.vi

Lancement du programme

- Mode DEMO ou IRM : Pensez à vérifier les fichiers « .ini »
- Lancer le programme « PhantomPainBrain.vi » dans le dossier « Stimulation_2021\MANIP_PhantomPainBrain »
- Après le choix et la validation du nom du sujet et du fichier de Description du protocole, l'image de rappel des instructions apparaît sur l'écran de gauche en même temps que la boîte de dialogue de démarrage sur l'écran de droite
- Dès que le sujet est prêt, appuyez sur le bouton « Démarrer ». Le programme (en mode IRM) est en attente des triggers pour démarrer

Quelques vérifications

- Pensez à vérifier quelques fichiers réponses audio (dans sourcedata/sub-XX) à l'aide d'Audacity (par exemple)
- Pensez à vérifier les fichiers d'enregistrement des vibratores dans le même dossier

Des démarches à concrétiser

- Développer le management qualité au Centre IRM
- Faire valider la maîtrise organisationnelle
- Obtenir la labellisation ISO 9001 / NFX 50-900 (FLI/IBISA /C. Gomis)

- Motivations pour la labellisation
 - Augmenter la lisibilité de la plateforme
 - Valider des processus et des méthodes mis en œuvre depuis longtemps
 - Développer notre niveau d'exigence pour atteindre cette validation globale

NFX 50-900 en quelques concepts

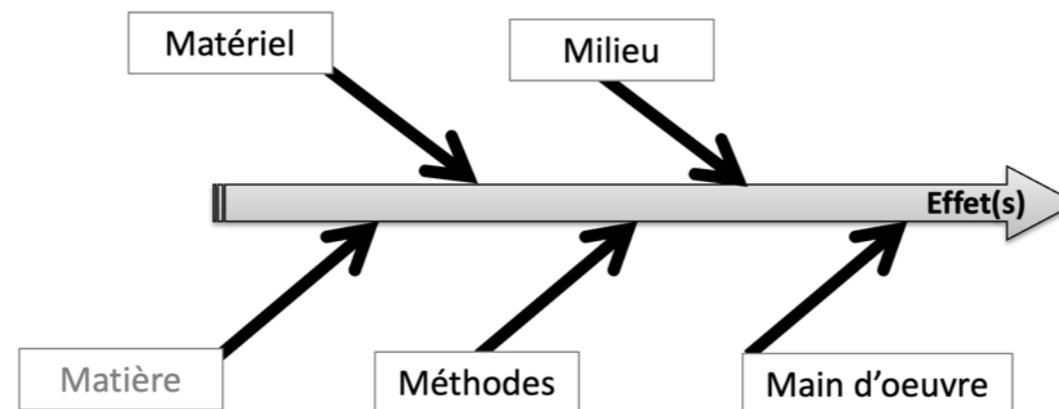
- Maîtrise organisationnelle
- Principes
 - Orientation « Client » avec une activité de type « Prestation pour la recherche »
 - Leadership - Veille scientifique, méthodologique et technologique
 - Implication du personnel
 - Evaluation et gestion des risques
 - La maîtrise des activités par la maîtrise des 5M
 - Approche « Processus » avec un pilotage et une dynamique d'amélioration
 - Prise de décision fondée sur des preuves

NFX 50-900 en quelques concepts

- Les 5 M

- Matière (première) : Science et Populations
- Milieu : Environnement
- Main d'œuvre : Equipe, formation, gestion
- Méthode : Méthodologies, Veille technologique
- Matériel : Maîtrise, gestion, évolution

Qualité



NFX 50-900 en quelques concepts

- Les 7 M

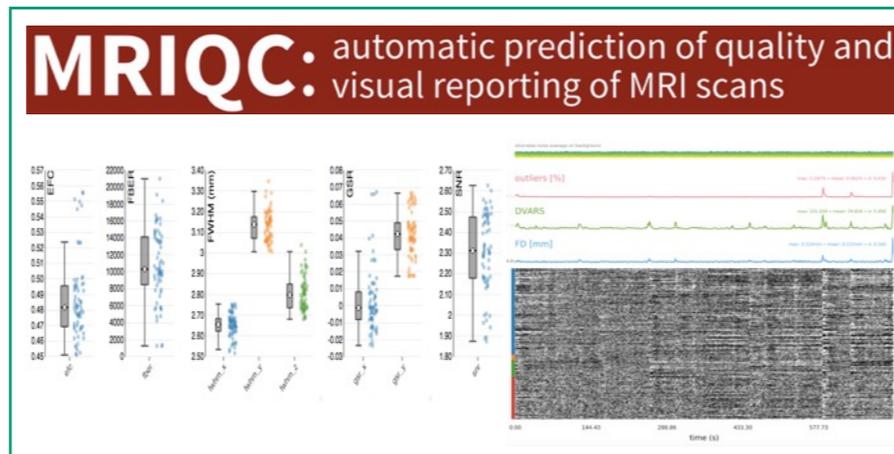
- Matière (première) : Science et Populations
- Milieu : Environnement
- Main d'œuvre : Equipe, formation, gestion
- Méthode : Méthodologies, Veille technologique
- Matériel : Maîtrise, gestion, évolution

- Management
- Money

Qualité

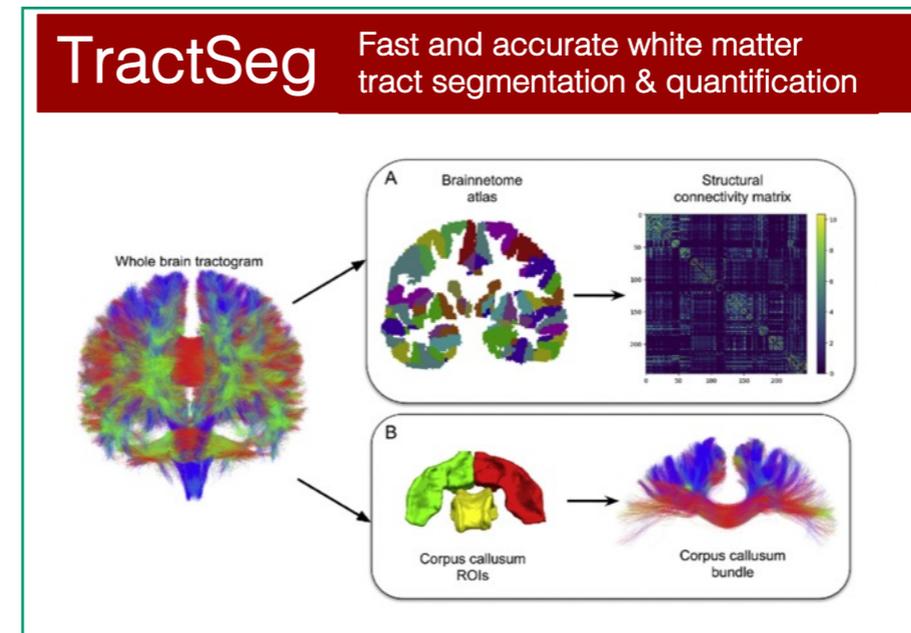
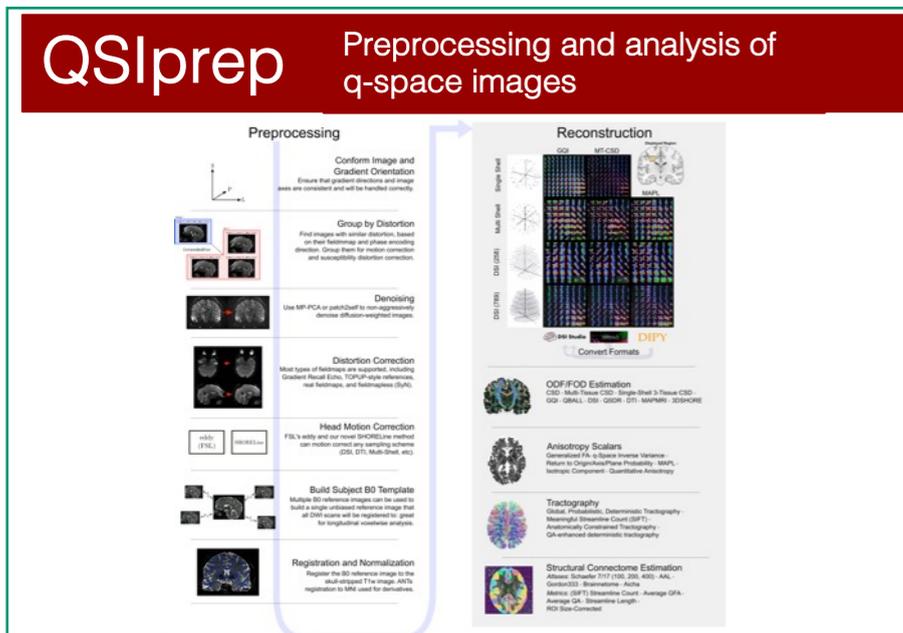
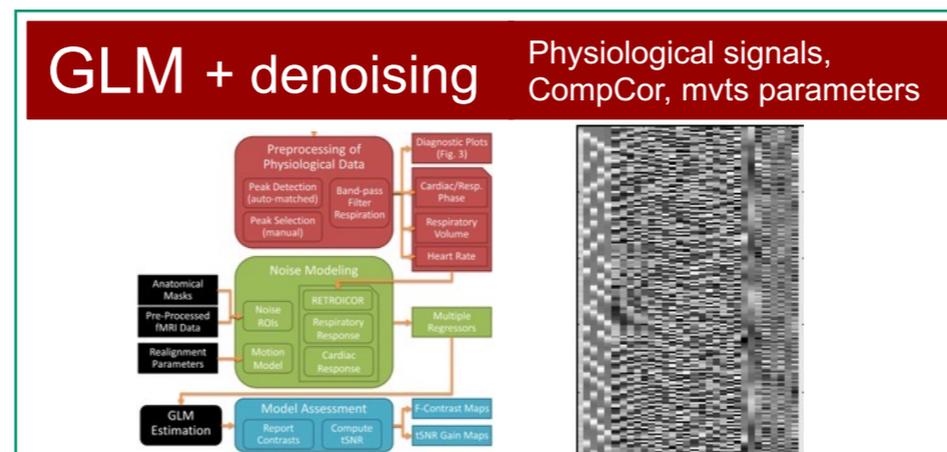
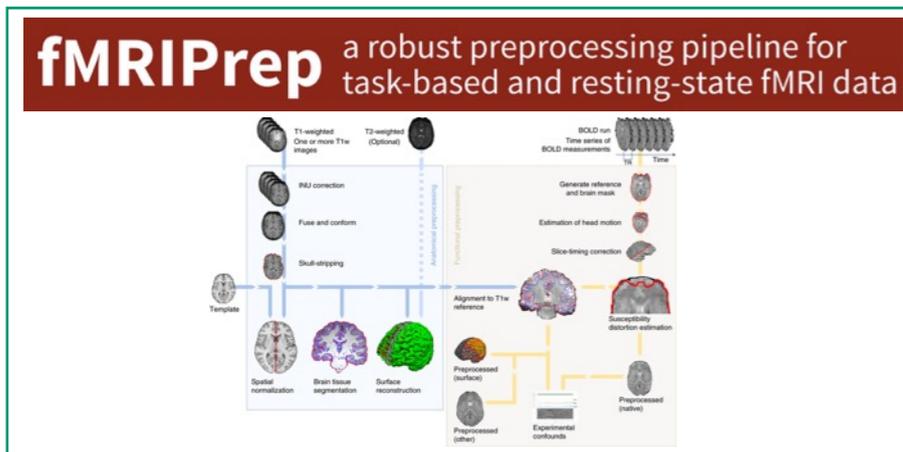
Pilotage

Gestion des données : qualité, traitements & partage



OpenNEURO
a free online platform for sharing and analysis of neuroimaging data

Krzysztof J. Gorgolewski, Oscar Esteban, Gunnar Schaefer, Brian A. Wandell, and Russell A. Poldrack



Développement permanent ...



Activités en constant développement

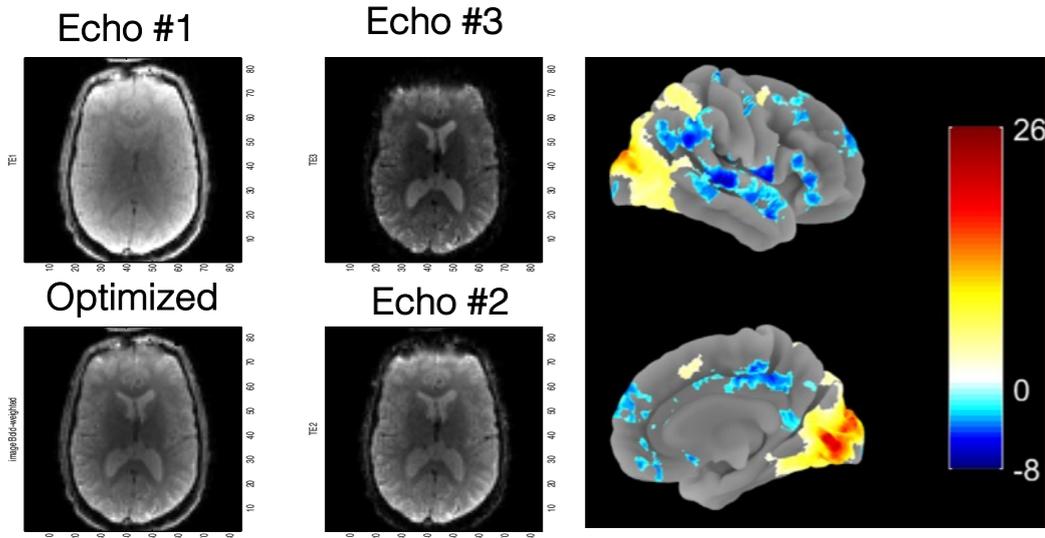
- Projets chez le sujet humain sain
 - Perception : Vision (PredictEye, OculoTMS), Audition (BrainVoice, AudioDisc), Proprioception (TOLD, MoelleCervicale), Multi-sensorielle (VisuoTact, AudioVisAsso), Temps (TimOn)
 - Langage, parole & écriture (Gloups, Slip, PhoNet, Bigraphe, LanguageControl, Word-Learning, Convers)
 - Motricité (Interception : 3T & 7T)
 - Cohorte multimodale (BraINT)
- Projets chez le patient : de plus en plus !!
 - Vieillesse
 - Rétinopathie
 - Amputation : PhantomPain (multi-centrique : Marseille - Lyon) & PhantoMobil
 - Dyslexie : MorphoSem, Predys
 - Parkinson : EcriPark
 - Psychiatrie : NEMO, GEBRA, ANTARES
 - Addiction : DrugAddict
- Recherche clinique (service de M. Ceccaldi)
 - Nombreuses études pharmacologiques : impact des médicaments (Alzheimer)

Activités en constant développement

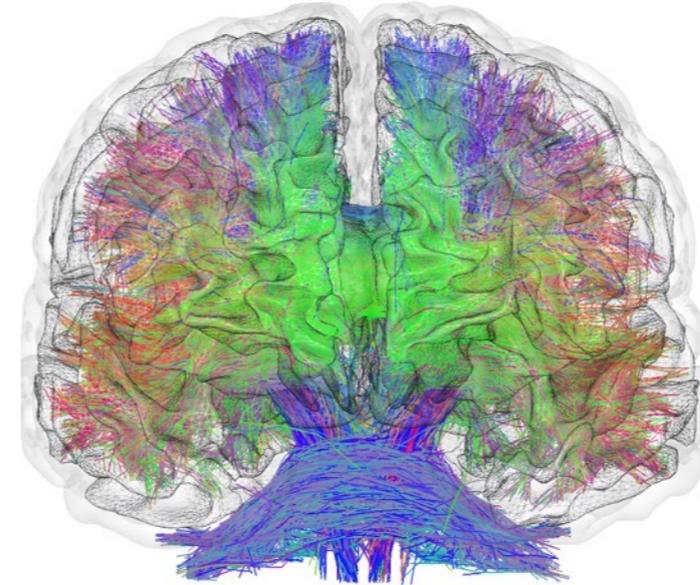
- Projets chez le PNH :
 - Babouin & développement : GestImage, Babofet
 - Macaque : Primavoice, Préparations à la chirurgie
 - Marmouset : Primavoice, Prép à la chirurgie / injection de traceur
 - Imagerie ex-vivo très haute résolution
- Projet multimodal en collaboration avec Cerimed : « Thermométrie et IRM interventionnelle sur cochon »

Recherche clinique et fondamentale chez l'Humain

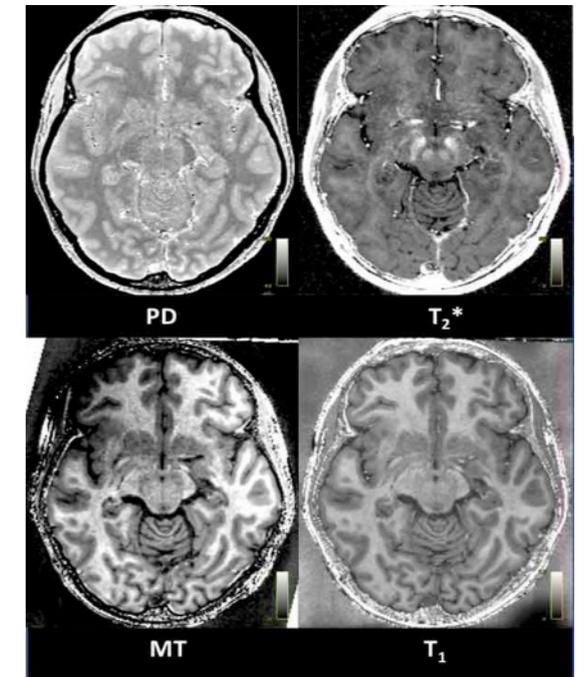
Multi-echo BOLD fMRI



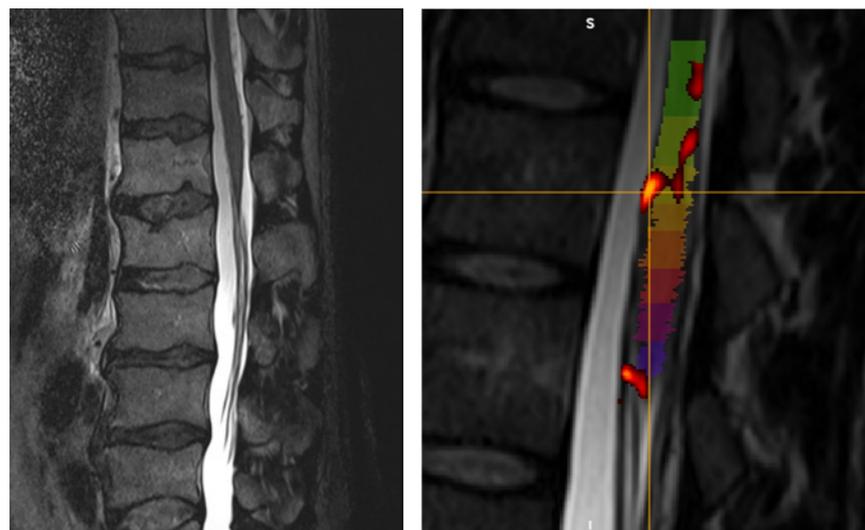
Diffusion : Connectivity & white matter



Quantitative & multi-parametric



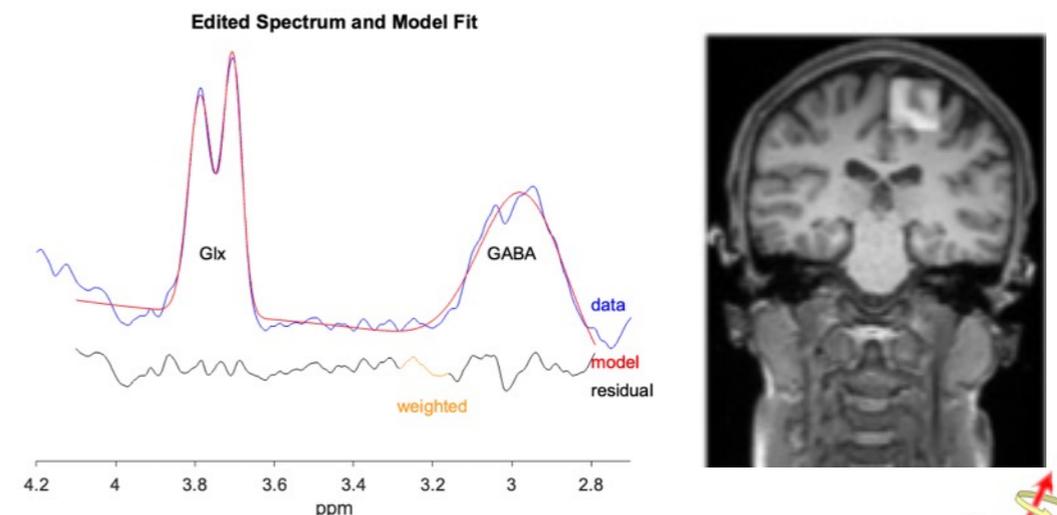
Spinal cord : structure & function



Angiography



Spectroscopy : Gaba, Glutamate, ...

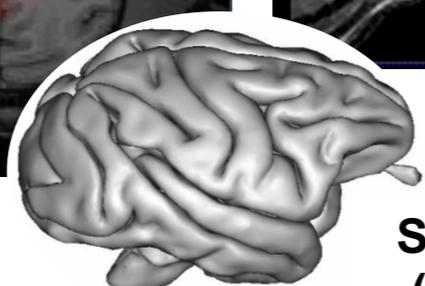
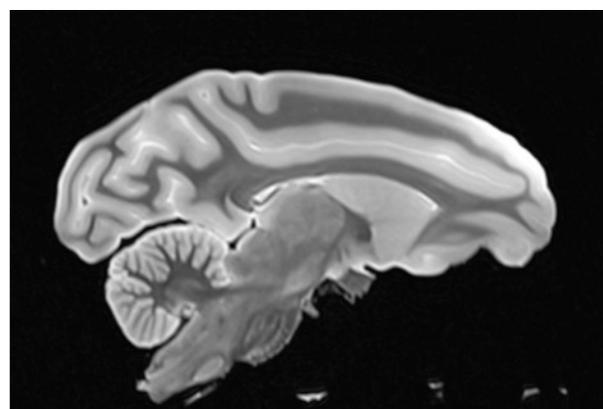
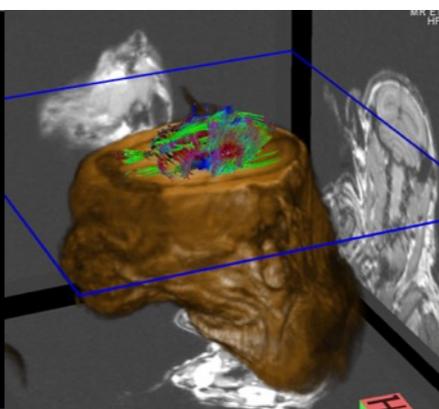
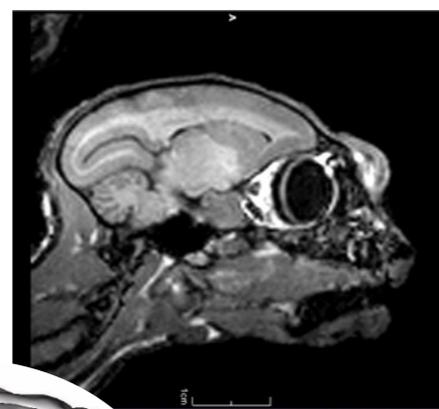
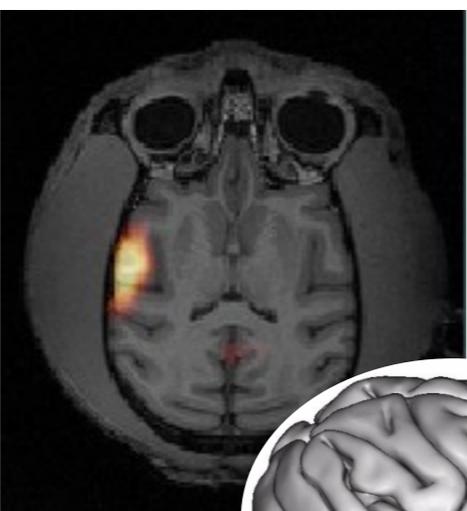


Recherche clinique et fondamentale chez le Primate Non-Humain

Functional (awake macaque)

Marmoset

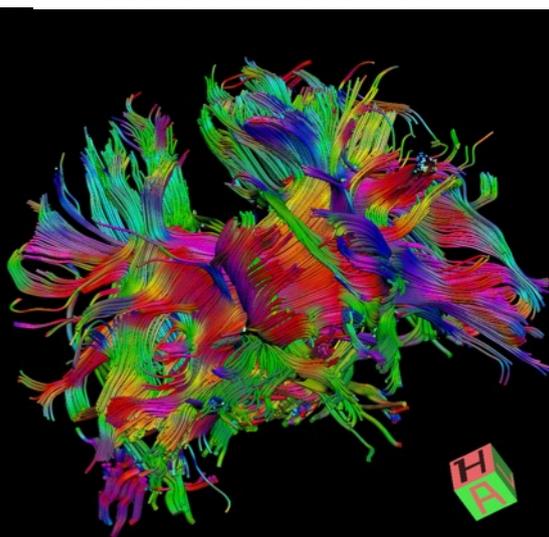
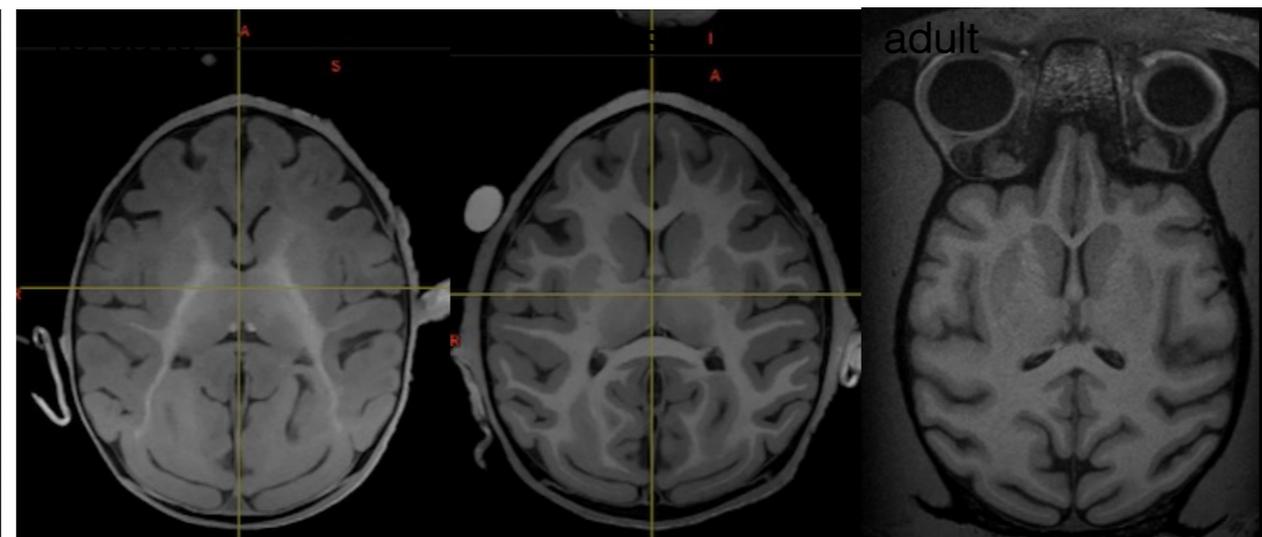
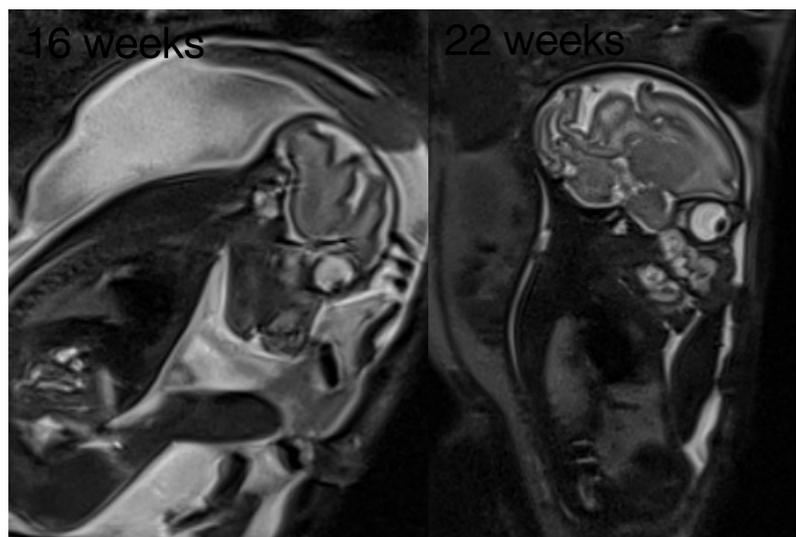
HR Post-mortem



Soft Macapype (MECA & NIT)

Brain development : in- & ex-utero (baboon)

White Matter maturation



Evolution du système IRM

- Système PRISMA Installé début 2016 : 7 ans déjà !
- Renouvellement de la maintenance pour 3 ans (août 2023 - 2026)
- A l'étude : upgrade logiciel et informatique prochainement ?
VE11C → XA30 + nouveaux PCs pour la console et la reconstruction
- Etude technique et recherche de financement pour un upgrade majeur d'ici quelques années : PRISMA -> CIMA.X Fit
 - conservation de l'aimant (le meilleur aimant 3T)
 - gradients ++ : 80 mT/m → 200 mT/m
 - chaine RF : 128 canaux en réception
 - Deep-resolve : débruitage & augmentation de la résolution
 - Open-Recon (équivalent aux C2P pour la reconstruction)
 - 2 bobines de shim dans les antennes tête-cou 64cx & 20cx
 - Biomatrix : capteurs respiratoire et cardiaque intégrés dans les antennes

Animation scientifique : Journée IRM 2022

« Neuro-imagerie par IRM des désordres cérébraux » (14 octobre 2022)

80 participants

Organisation : Guillaume Auzias, Valérie Chanoine, Anne Kavounoudias, Raphaëlle Schlienger, Marie-Hélène Grosbras & Jean-Luc Anton

13th Annual Scientific Day of the MRI-INT Centre
MRI NEUROIMAGING OF BRAIN DISORDERS
October 14th 2022

Free & Mandatory Registration

Keynotes :

- Kate Watkins (Oxford, UK)
- Tamar Makin (UCL, UK)

Poster session

Talks:

Eddy Cavalli
Lauriane Veron-Delor, Jérémy Danna & Serge Pinto
Raphaëlle Schlienger & Anne Kavounoudias
Manon Chateau & Jozina De Graaf
Thomas Brochier

CERIMED
Faculté de Médecine de la Timone
27 Boulevard Jean Moulin, 13001 Marseille
Program : <https://irmf.int.univ-amu.fr/en/annual-meetings/>

Animation scientifique : Journée IRM 2023

Date : 20 Octobre 2023

Thème « au-delà du cortex »

Organisation : Olivier Coulon, Elin Runqvist, Marie-Hélène Grosbras & Jean-Luc Anton

Programme préliminaire :

- 9h Introduction du Centre IRM
- 9h15 Moelle 1 : Virginie Callot
- 10h Moelle 2 : Nawal Kinany
- 10h30 Moelle 3 : Raphaëlle Schlienger
- 11h00 pause café - Poster Session
- 11h30 Cervelet 1 : Anila D'Mello
- 12h15 Lunch break - Poster Session
- 14H15 Cervelet 2 : Wietske Van Der Zwaag
- 15h Basal Ganglia 1 : Sonja Kotz
- 15h45 Basal Ganglia 2 : Bénédicte Ballanger
- 16h15 Basal Ganglia 3 : Damiano Terenzi
- 16h45 Cocktail- Poster Session

Quelques réflexions méthodologiques ...

