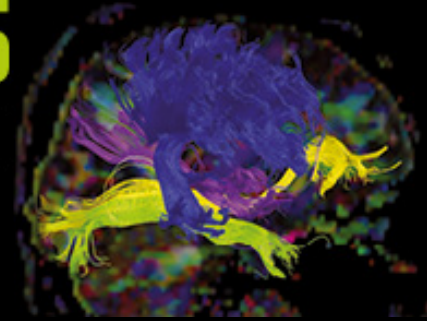


8-10 avril 2015

Novotel Paris Tour Eiffel

www.sfnrcongres.net



Place du tenseur de diffusion dans l'exploration des traumatismes crâniens graves

Nicolas Menjot de Champfleur, Louis Puybasset, Damien Galanaud

nicolasdechampfleur@orange.fr

Faculty Disclosure

Les auteurs ne déclarent pas de conflits d'intérêts dans le cadre de cette présentation.

Problématique



1. Limites de l'IRM conventionnelle
 - a. Faible spécificité du FLAIR
 - b. Mauvaise mise en évidence des lésions axonales diffuses ischémiques
 - c. Analyse médiocre de la souffrance cérébrale diffuse (métabolique, bas débit, HTIC)
2. Nécessité d'un biomarqueur
 - a. Diagnostic de gravité
 - b. Pronostic, etc.

Quelles séquences réaliser?



- Objectif de l'examen
 - Mise en évidence d'une souffrance infra-radiologique
- Quand réaliser l'examen?
 - ~ 3 semaines
- SRM
 - Fonctionnement cellulaire
 - Souffrance cérébrale diffuse
- Tenseur de diffusion
 - Intégrité des faisceaux de fibre blanche

Tenseur de diffusion



1. Etude des modifications de la diffusion des molécules d'eau
2. Séquence de diffusion répétée de multiples fois avec un changement de direction du gradient d'encodage
3. Déterminer la direction et l'état des fibres
4. Objectif
 - a. Mettre en évidence les lésions axonales diffuses non hémorragiques
 - b. Conséquences de l'hypertension intracrânienne

Indices de diffusivité



1. Analyse quantitative: cartes paramétriques
2. Indice de diffusivité isotrope
 - a. ADC (coefficient de diffusion apparent) ou MD (mean diffusivity): vitesse des mouvements
3. Indices de diffusivité anisotropes (Song et al.) (Pierpaoli et al.)
 - a. FA (fraction d'anisotropie, fractional anisotropy): uniformité des mouvements
 - b. Diffusivité axiale: altération des axones
 - c. Diffusivité radiale: altération de la myéline
 - ① Augmentation
 - ② Diffusion facilitée



$$(ADC)_{mean} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{3} = \lambda$$

$$FA = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\sqrt{(\lambda_1 - \lambda)^2 + (\lambda_2 - \lambda)^2 + (\lambda_3 - \lambda)^2}}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2}}$$

$$pdc = \lambda_{\parallel} = \lambda_1$$

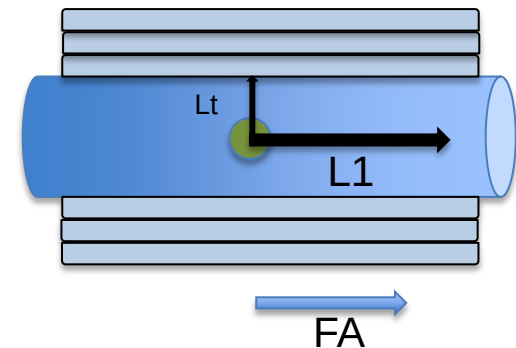
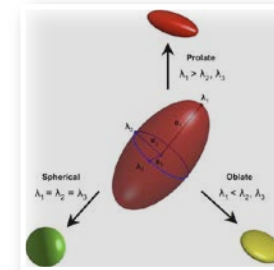
$$tdc = \lambda_{\perp} = \frac{\lambda_2 + \lambda_3}{2}$$

$(ADC)_{mean}$:coefficient de diffusion apparent

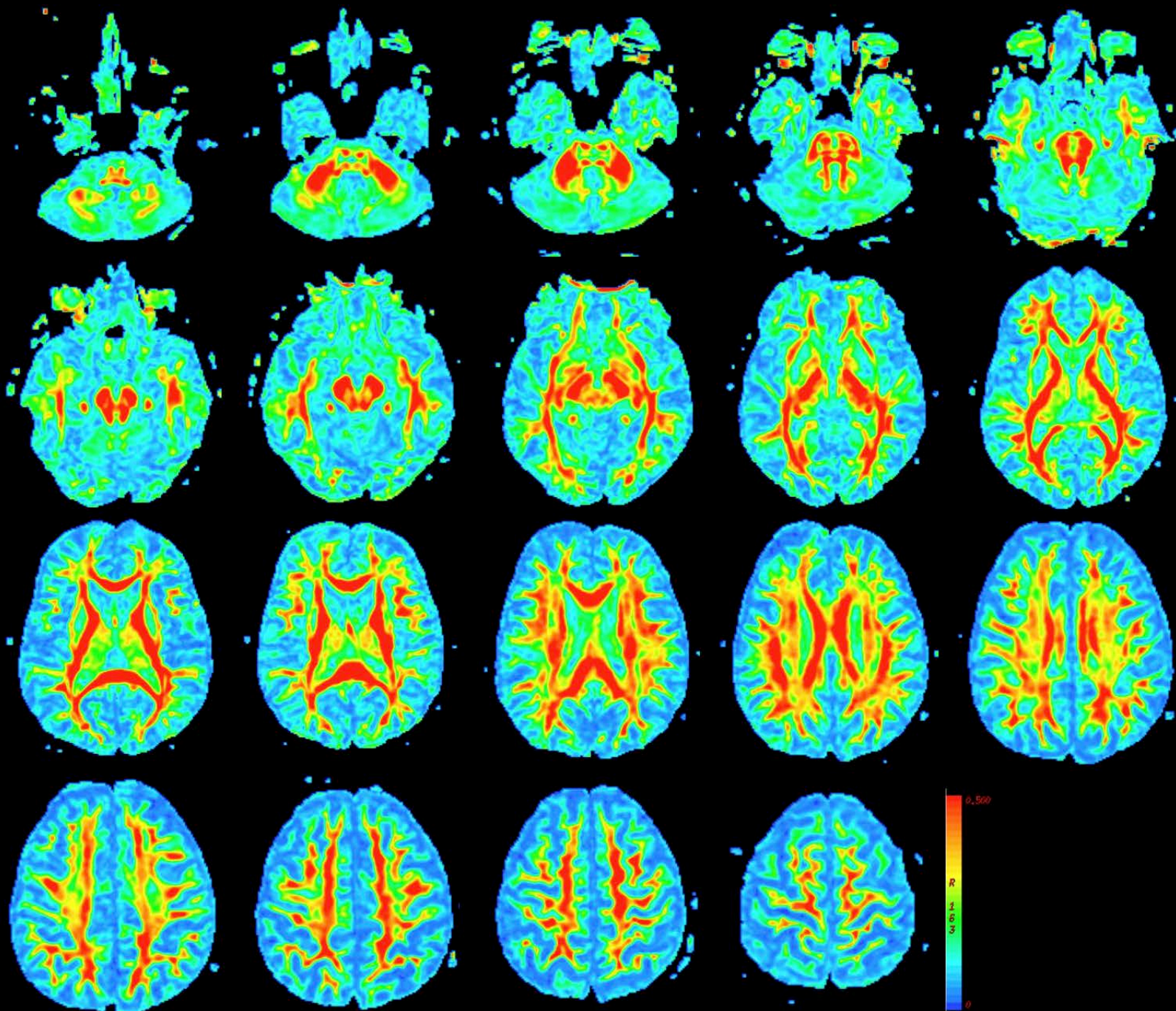
FA :fraction d'anisotropie

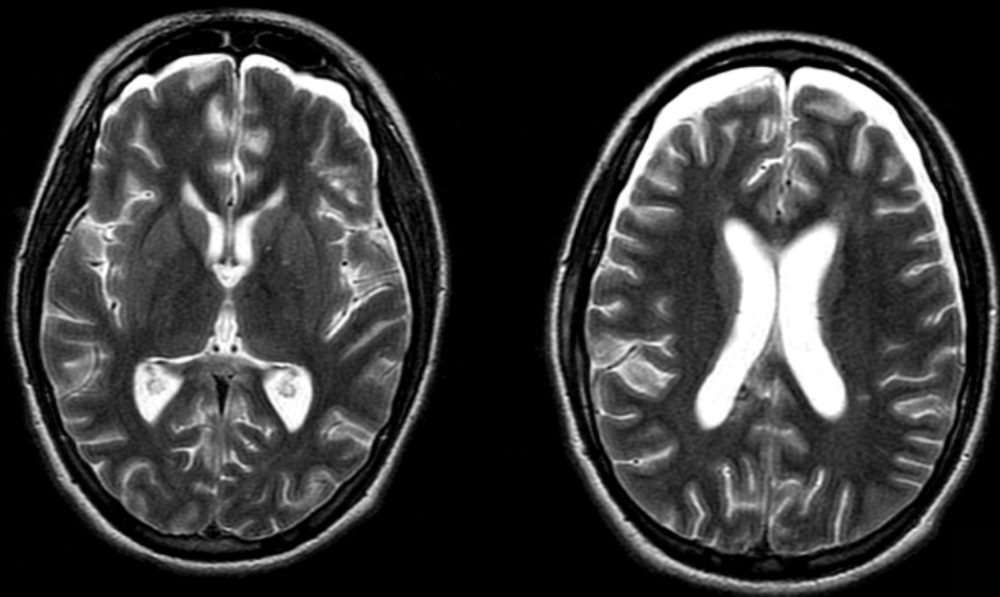
$pdc = \lambda_{\parallel}$:parallel diffusion coefficient=diffusivite axiale

$tdc = \lambda_{\perp}$:transverse diffusion coefficient=diffusivite radiale

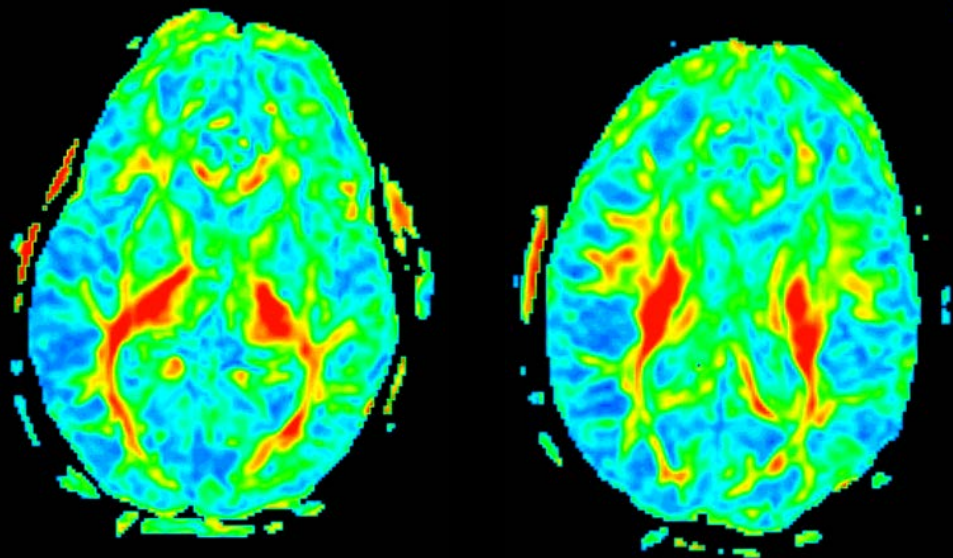


1. Song et al. *Neuroimage* 2002b; 17: 1429–36.
2. Pierpaoli et al. *NeuroImage* 2001; 13: 1174–85.
3. Ciccarelli et al. *Lancet neurology*. 2008

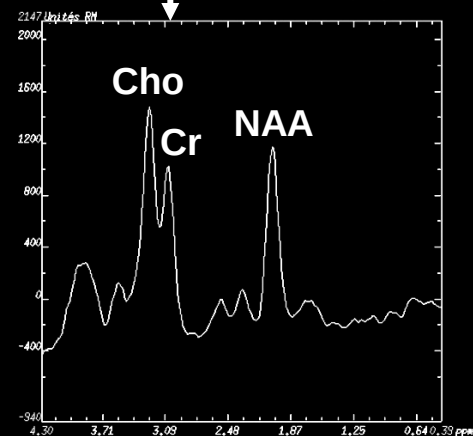
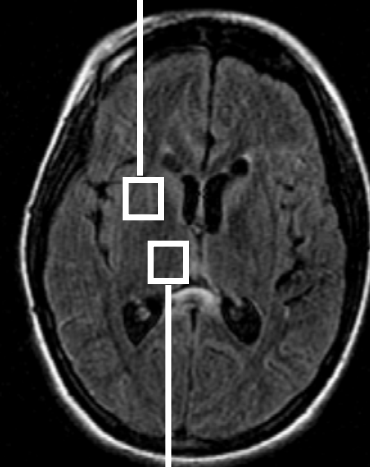
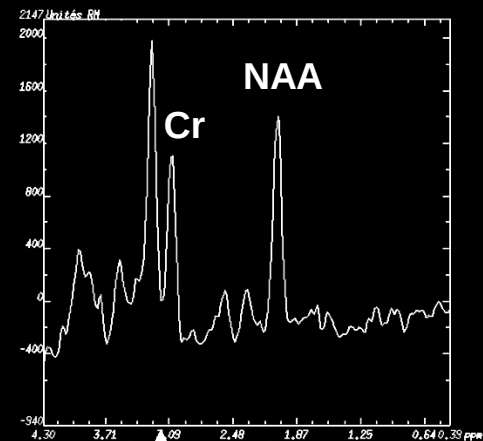


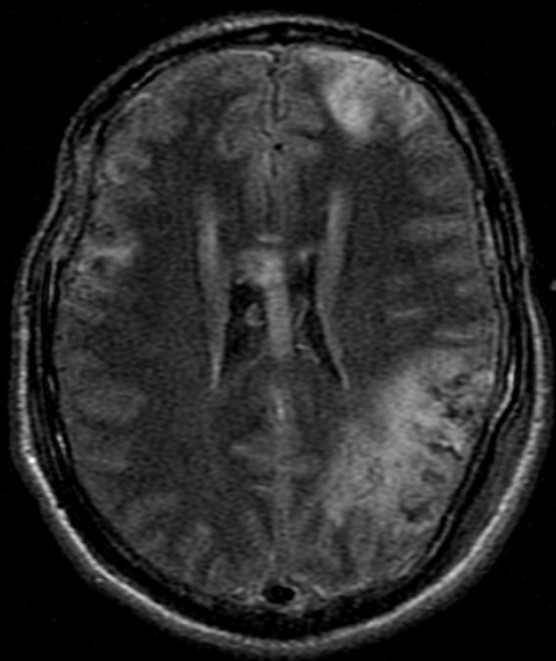


Lésions axonales diffuses+HTIC

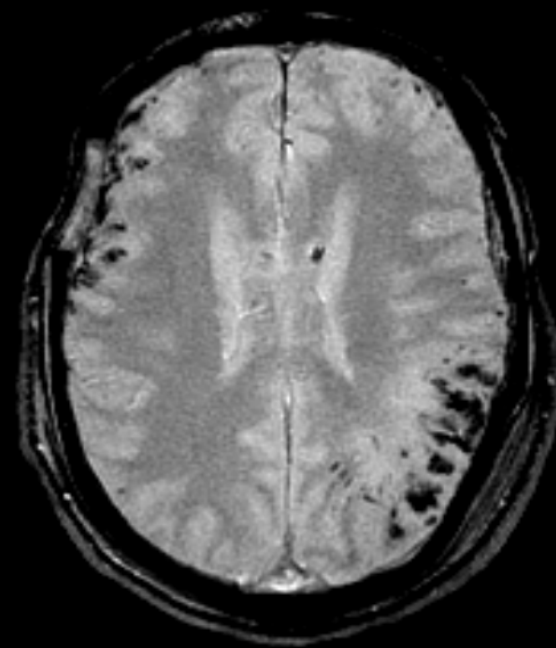
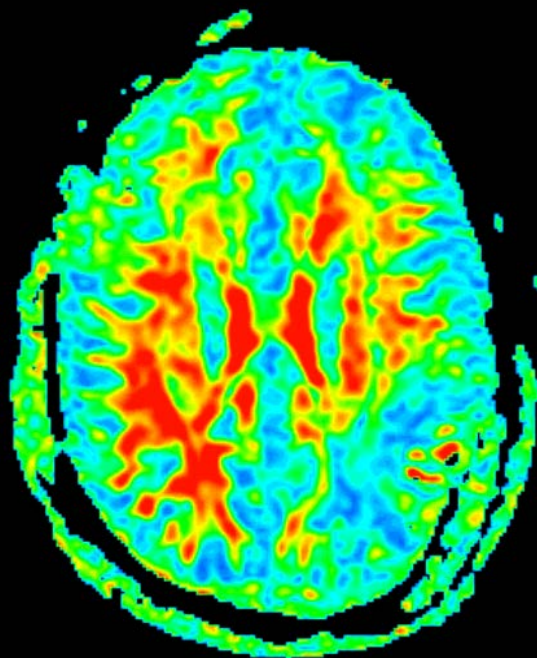


26 ans, TC grave





TCG



**Peu de DAI
Evolution favorable**

Problématique



1. Notion de biomarqueur

a. Gravité des lésion

b. Marqueur pronostique

Features for a bioscale that enable its role as a surrogate for a clinical end point beyond the NIH definition of a biomarker

No.	Properties of a Bioscale	Implications
1	Image-derived map of the disease site	More sensitivity to earlier disease than diluted remote biomarkers
2	Spatially resolved quantitative parameter	Precise and accurate measurement
3	Small biologic variance in the healthy population	Sensitivity to early disease
4	Continuously and monotonically varying with disease progression	Sensitivity to disease progression or response to treatment
5	Intrinsically related to the disease mechanism	Highly conserved metabolic parameter, essential for use as a surrogate of a clinical end point

Note:—NIH indicates National Institutes of Health.

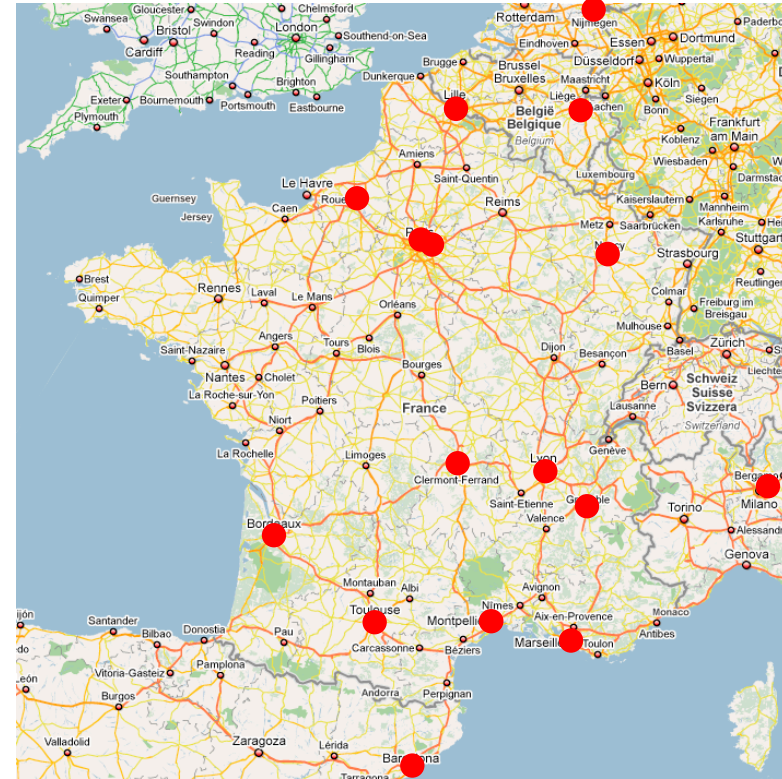
1. *Faro 2013 AJNR 34, 2241–2249. doi:10.3174/ajnr.A3721*

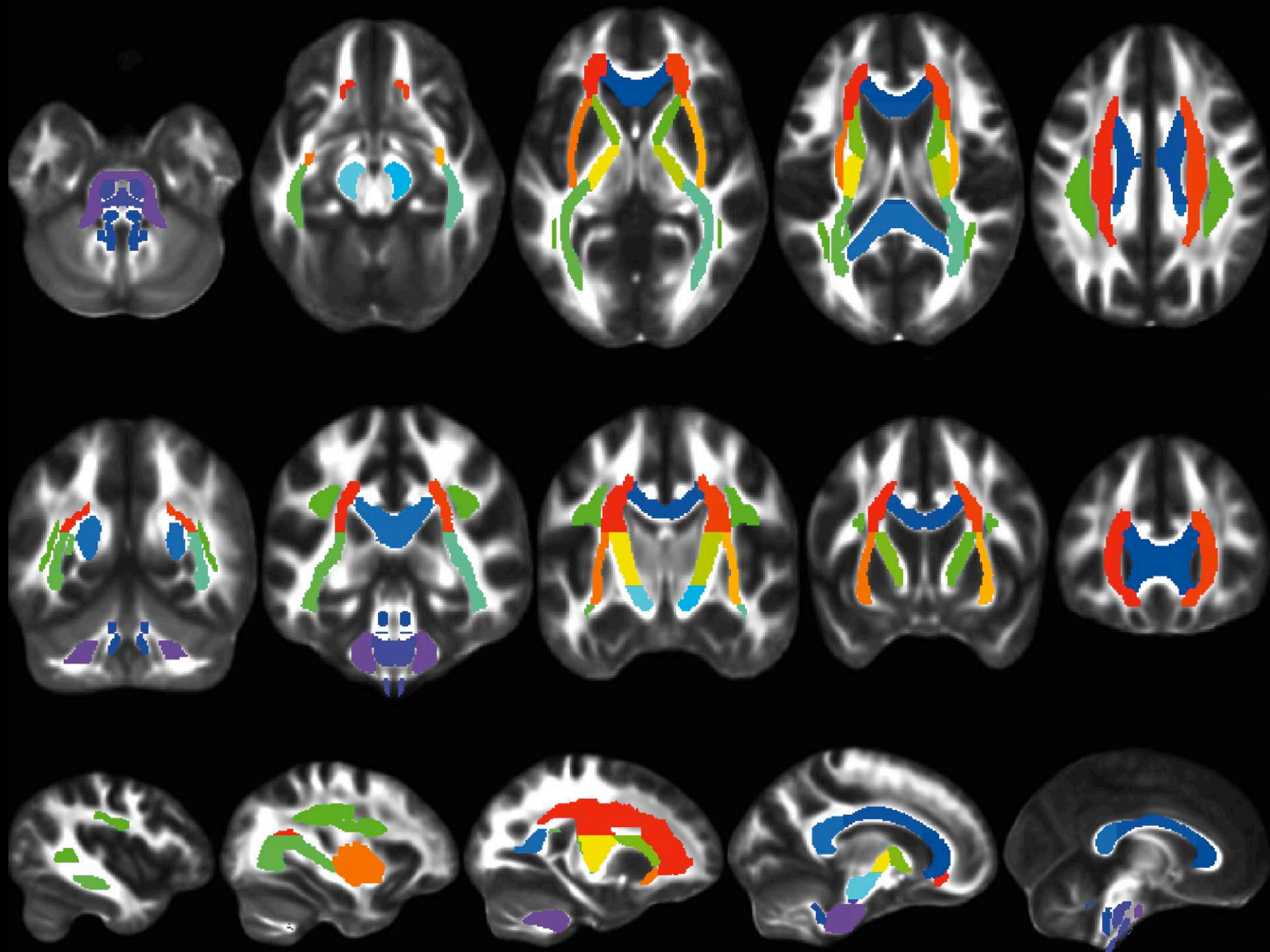
Variabilité de la mesure

- **Variations importantes** (surtout sur L1 et Lt)
 - Même lorsque des séquences similaires sont utilisées
 - Même sur des IRM “identiques”
- **Explications possibles**
 - L'épaisseur de coupe et le TE jouent un rôle
 - Séquences variables en fonction du **constructeur**
 - Différences dans l'enregistrement des DICOM
 - Différentes versions de firmware
- **Solutions**
 - **Inclure des contrôles**
 - **S'assurer de la stabilité des acquisitions**
 - Développement d'un fantôme de tenseur de diffusion ?

PHRC national “IRM et coma”

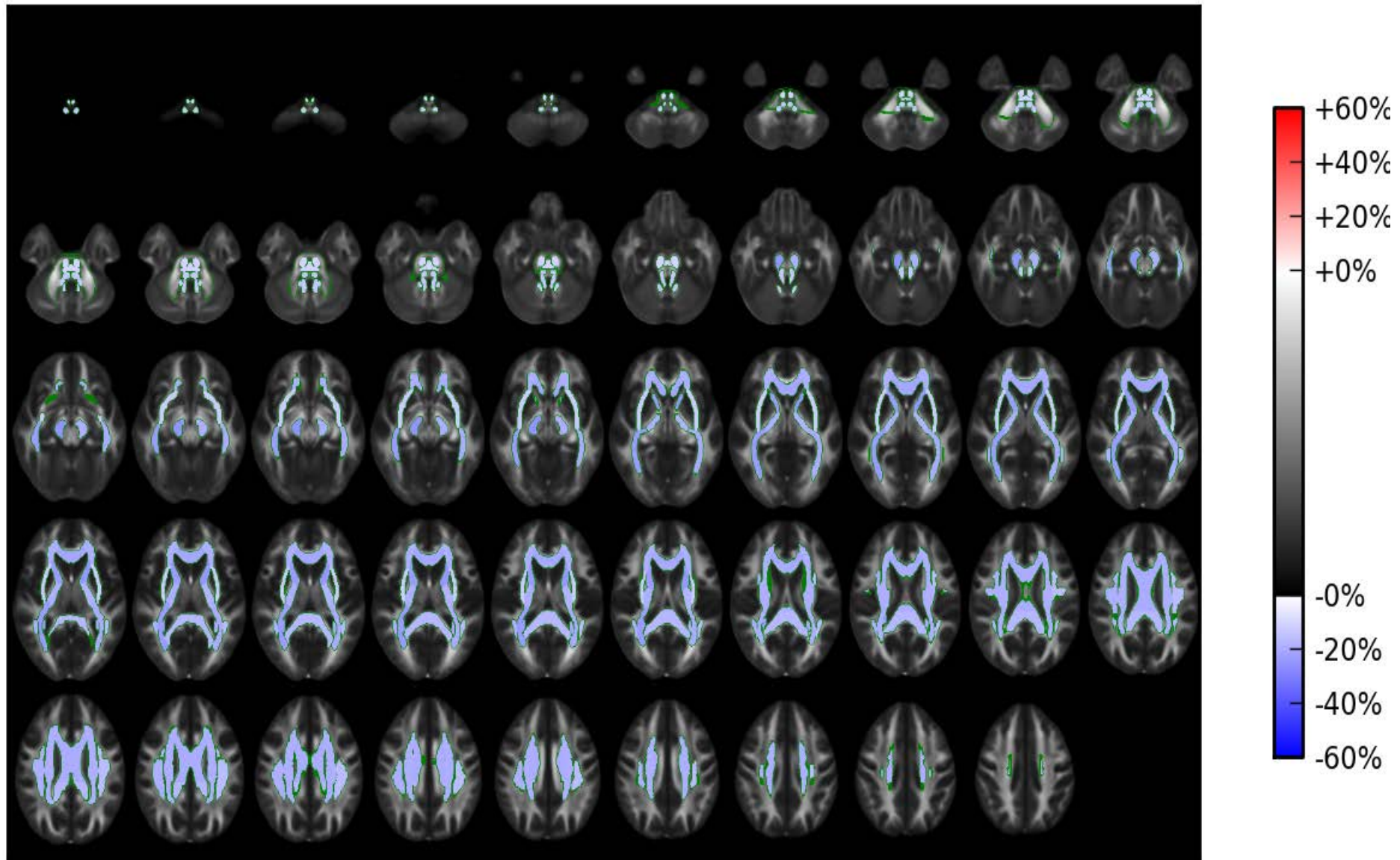
- Centres:
 - Paris (Salpêtrière and fondation Rothschild)
 - Lyon
 - Marseille
 - Lille
 - Montpellier
 - Grenoble
 - Rouen
 - Nancy
 - Liège
 - Bordeaux
 - Clermont-Ferrand
 - Besançon
 - Toulouse
 - Barcelone
 - Monza
- Données « open-source »



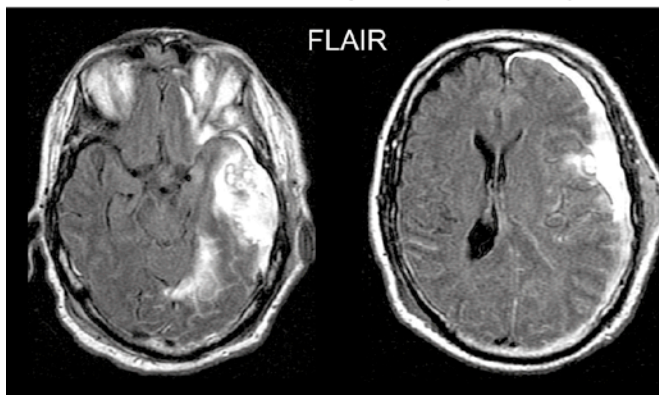


	Number		Abbreviation	Region
Posterior fossa	1		MCP	Middle cerebellar peduncle
	2		antBS	Anterior brainstem (pons, medulla oblongata)
	3		postBS	Posterior brainstem (pons, medulla oblongata)
	7		CP_R	Right cerebral peduncle
	8		CP_L	Left cerebral peduncle
Deep brain	4		gCC	Genu of the corpus callosum
	5		bCC	Body of the corpus callosum
	6		sCC	Splenium of the corpus callosum
	13		ALIC_R	Anterior arm of the internal capsule (right)
	14		ALIC_L	Anterior arm of the internal capsule (left)
	15		PLIC_R	Posterior arm of the internal capsule (right)
	16		PLIC_L	Posterior arm of the internal capsule (left)
Superficial regions	9		SS_R	Stratum sagittale (right)
	10		SS_L	Stratum sagittale (left)
	11		SLF_R	Superior longitudinal fasciculus (right)
	12		SLF_L	Superior longitudinal fasciculus (left)
	17		EC_R	External capsule (right)
	18		EC_L	External capsule (left)
	19		CR_R	Corona radiata (right)
	20		CR_L	Corona radiata (left)

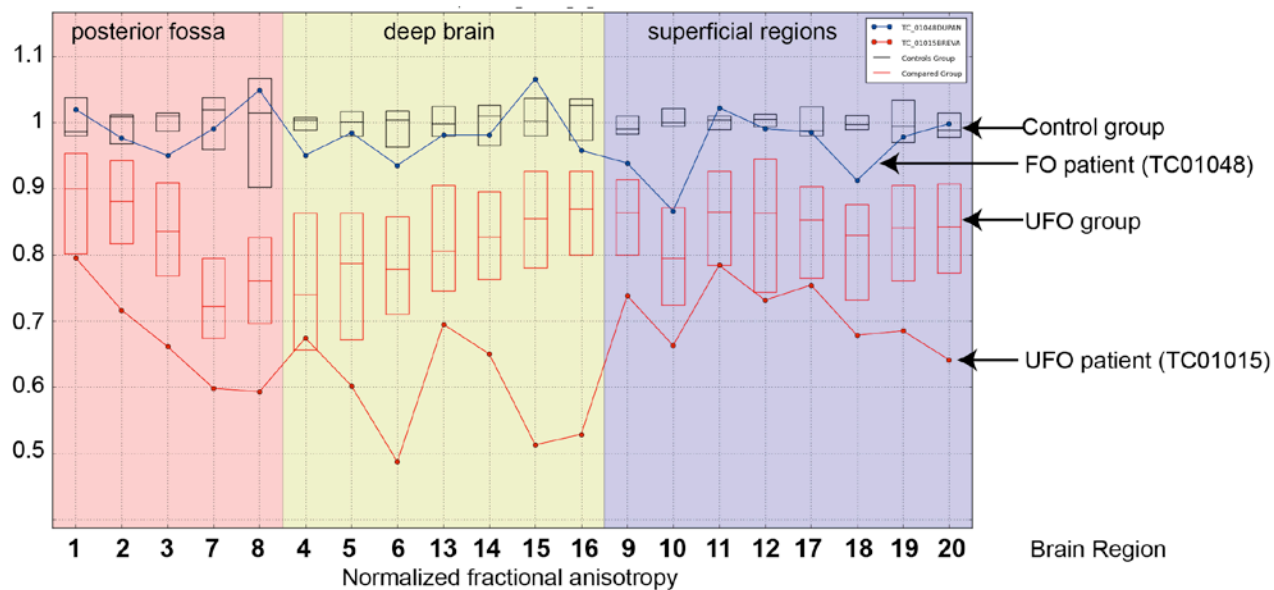
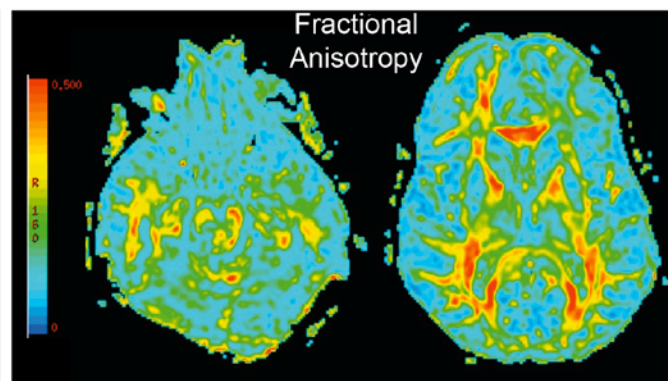
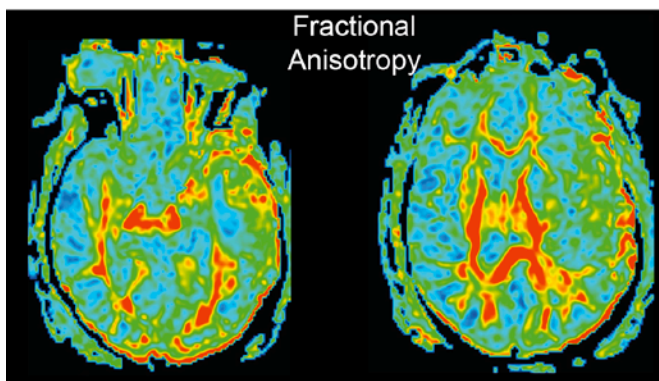
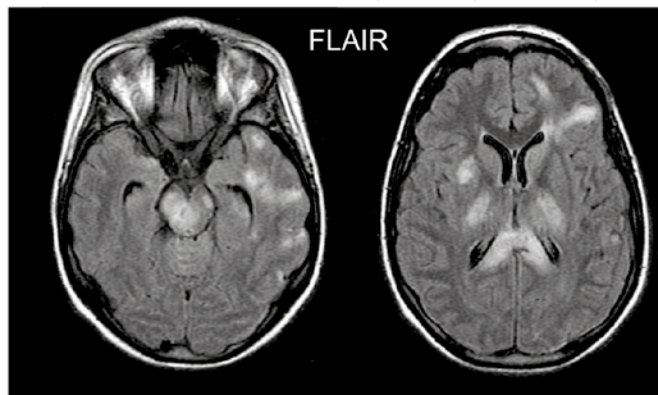
Regional FA differences relative to normal values



Favorable outcome patient (TC01048)



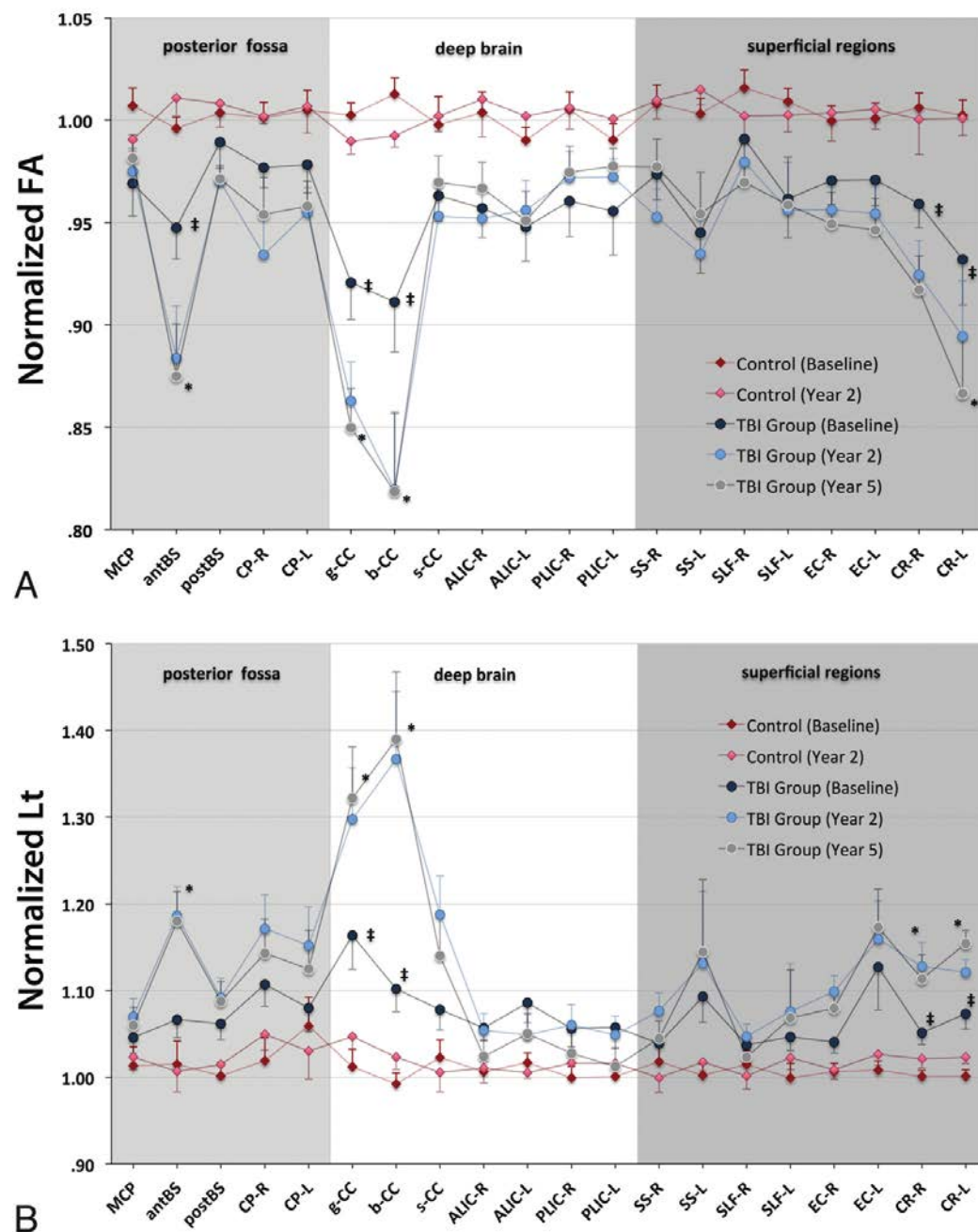
Unfavorable outcome patient (TC01015)



Evolution du DTI

- Traumatismes crâniens graves
- Modifications des indices de diffusivité à distance de l'événement (2 ans, 5 ans)
 - Chute de FA
 - Augmentation de la diffusivité radiale

1. Dinkel et al. 2014. American Journal of Neuroradiology 35, 23–29.
doi:10.3174/ajnr.A3616



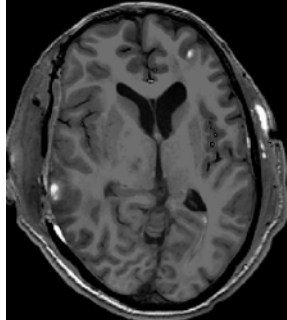
Perspectives



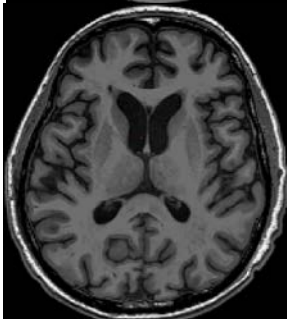
1. Prédiction plus fine du pronostic
2. Evaluation thérapeutique
3. Raffinement du post-traitement: TRACULA
 - a. Package de Freesurfer
 - b. Combine tracking et quantification le long du faisceau
 - c. Nécessite une acquisition DTI et un 3DT1
 - d. "Vraie" analyse faisceau par faisceau
 - e. Mais nécessite une puissance de calcul considérable

T1W Image

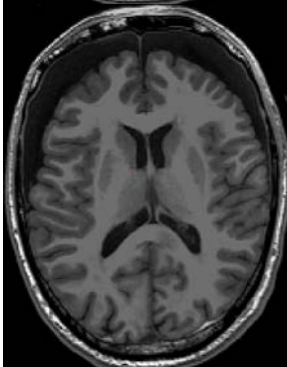
Subject
1



Subject
2

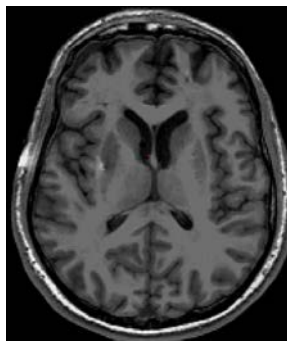


Subject
3



⋮

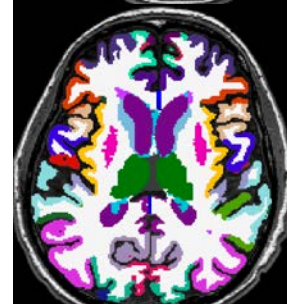
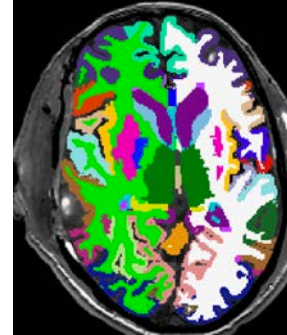
Subject
n



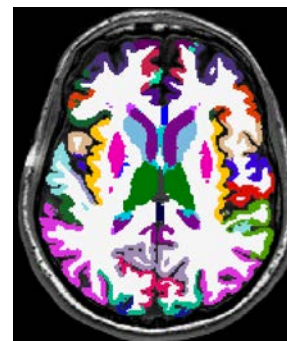
FreeSurfer Segmentation



Segmented Brain Substructures



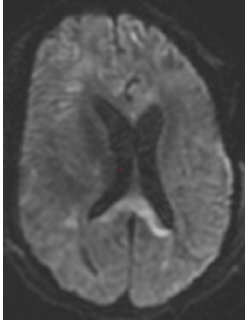
⋮



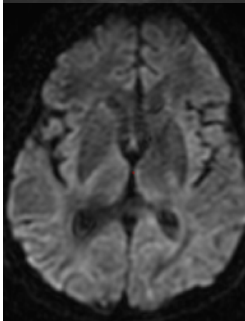
*Subject refers to both
patients and controls*

DTI Image

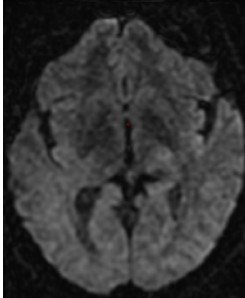
Subject
1



Subject
2

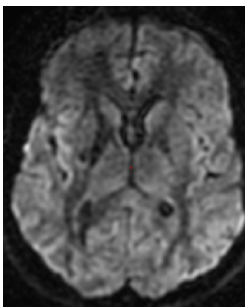


Subject
3



⋮

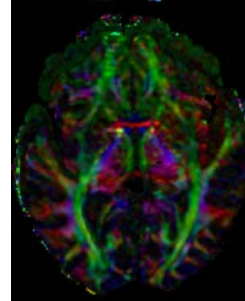
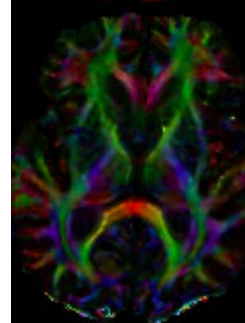
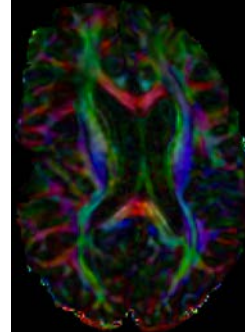
Subject
n



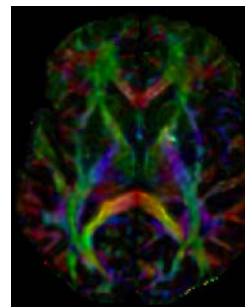
FSL BedpostX

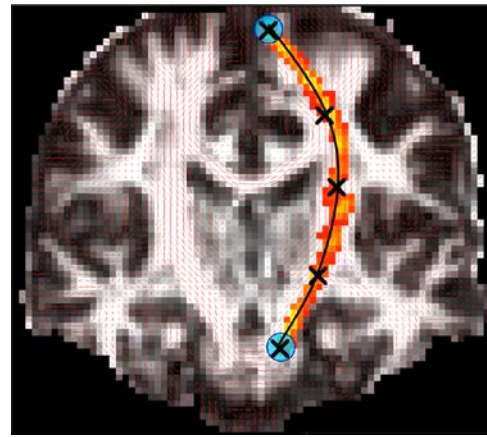
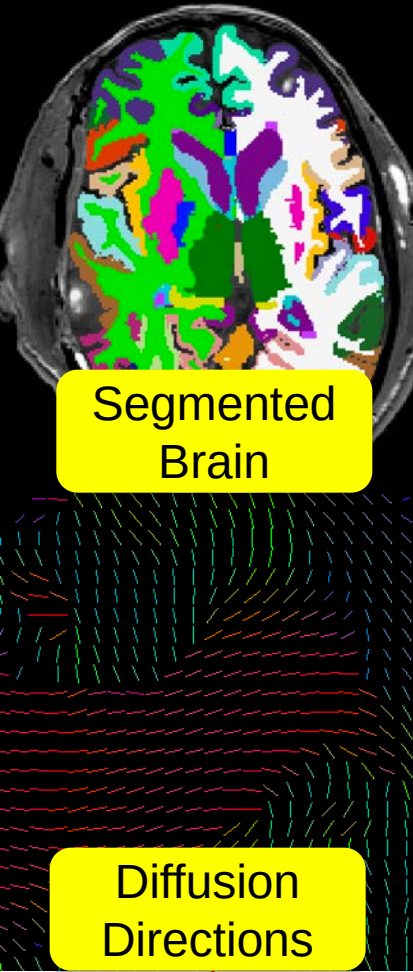


Diffusion
parameters
at each
Voxel



⋮





TRACULA

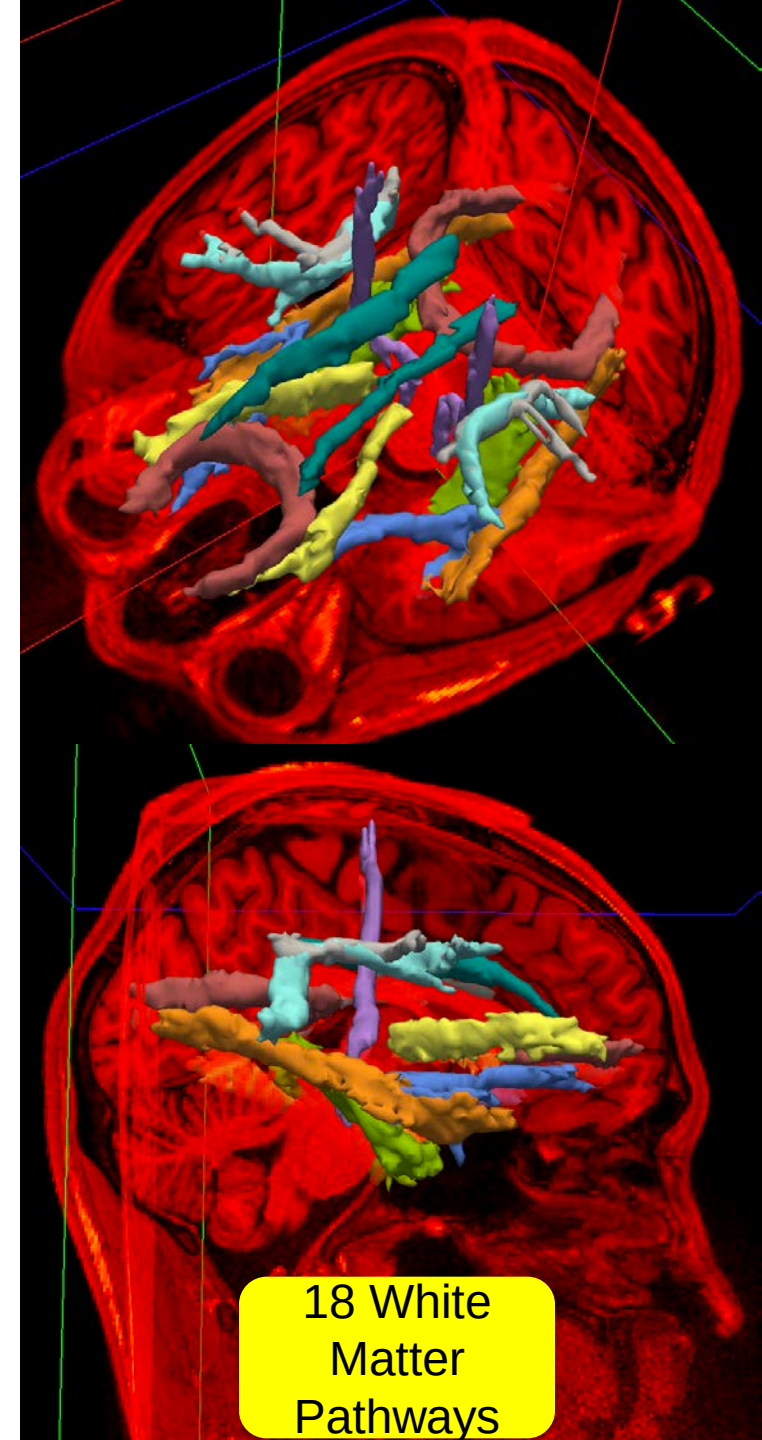


TRActs Constrained by
UnderLying Anatom



**Emad Ahmadi
Rajiv Gupta**

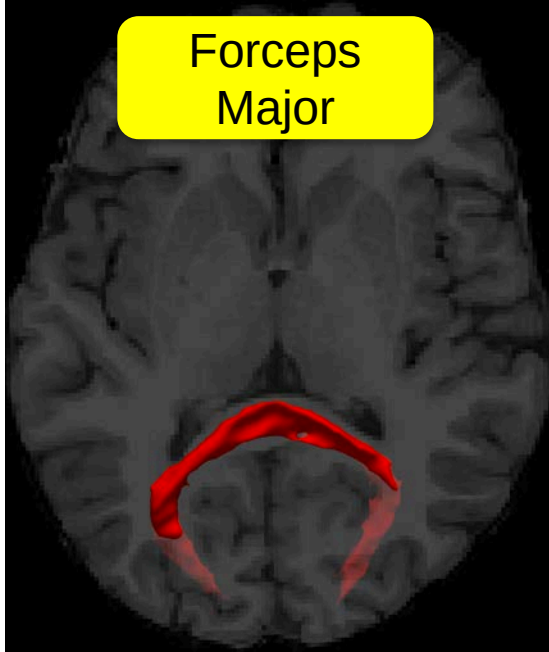
Yendiki et al.; Front Neuroinform. 2011



Les étapes de l'analyse

- Reconstruction de 18 faisceaux de substance blanche
- Détection des régions anormales sur le trajet de chaque faisceau
 - Estimation de la FA sur le trajet du faisceau
 - Détermination de la normalité
 - Marquage des points anormaux
- Nouvelle méthode de caractérisation
 - De la nature extensive de l'atteinte
 - Lien avec le pronostic

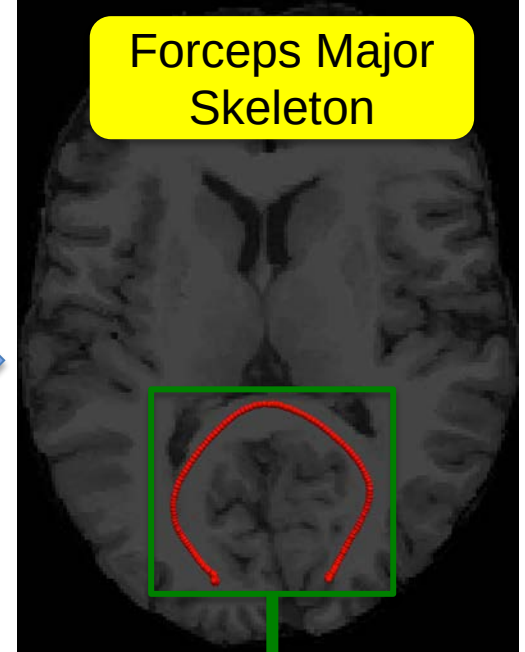
Forceps Major



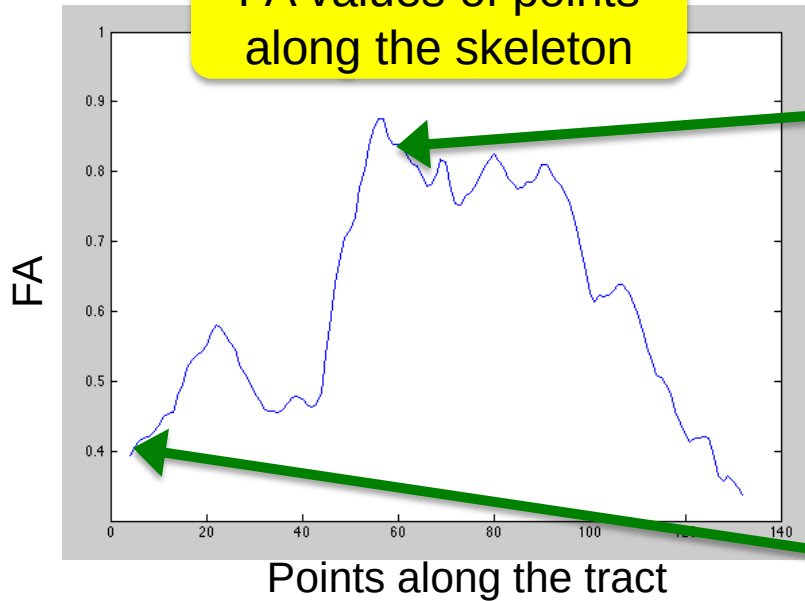
Finding the pathway skeleton



Forceps Major Skeleton



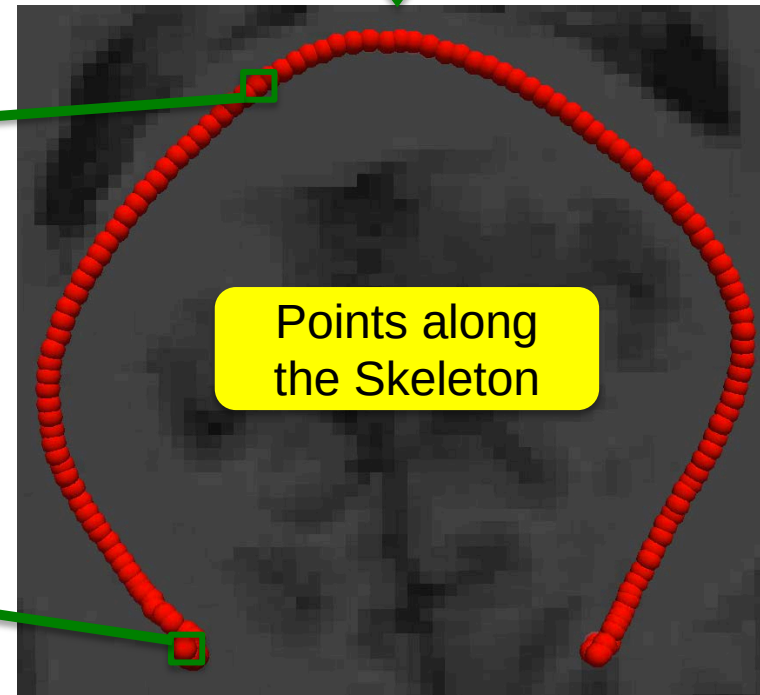
FA values of points along the skeleton



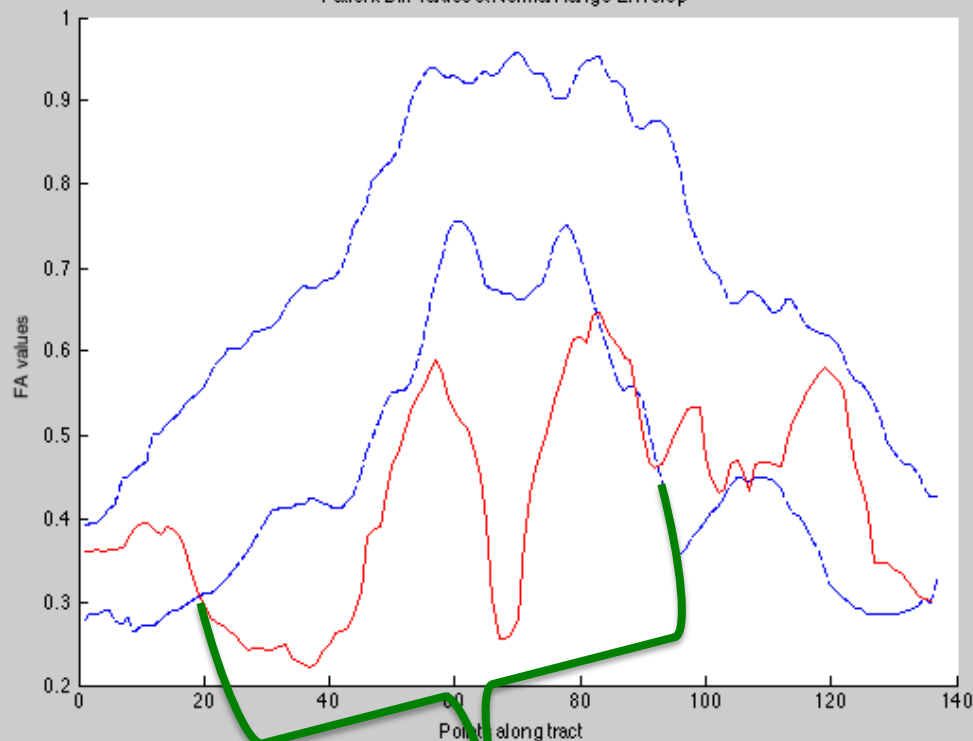
FA of this point

FA of this point

Points along the Skeleton

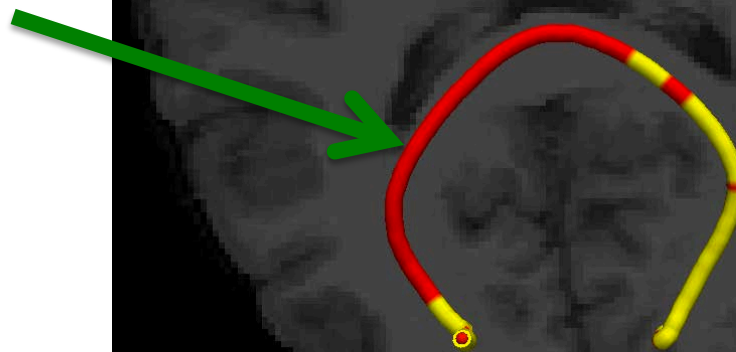


Patient Diff values & Normal Range Envelop

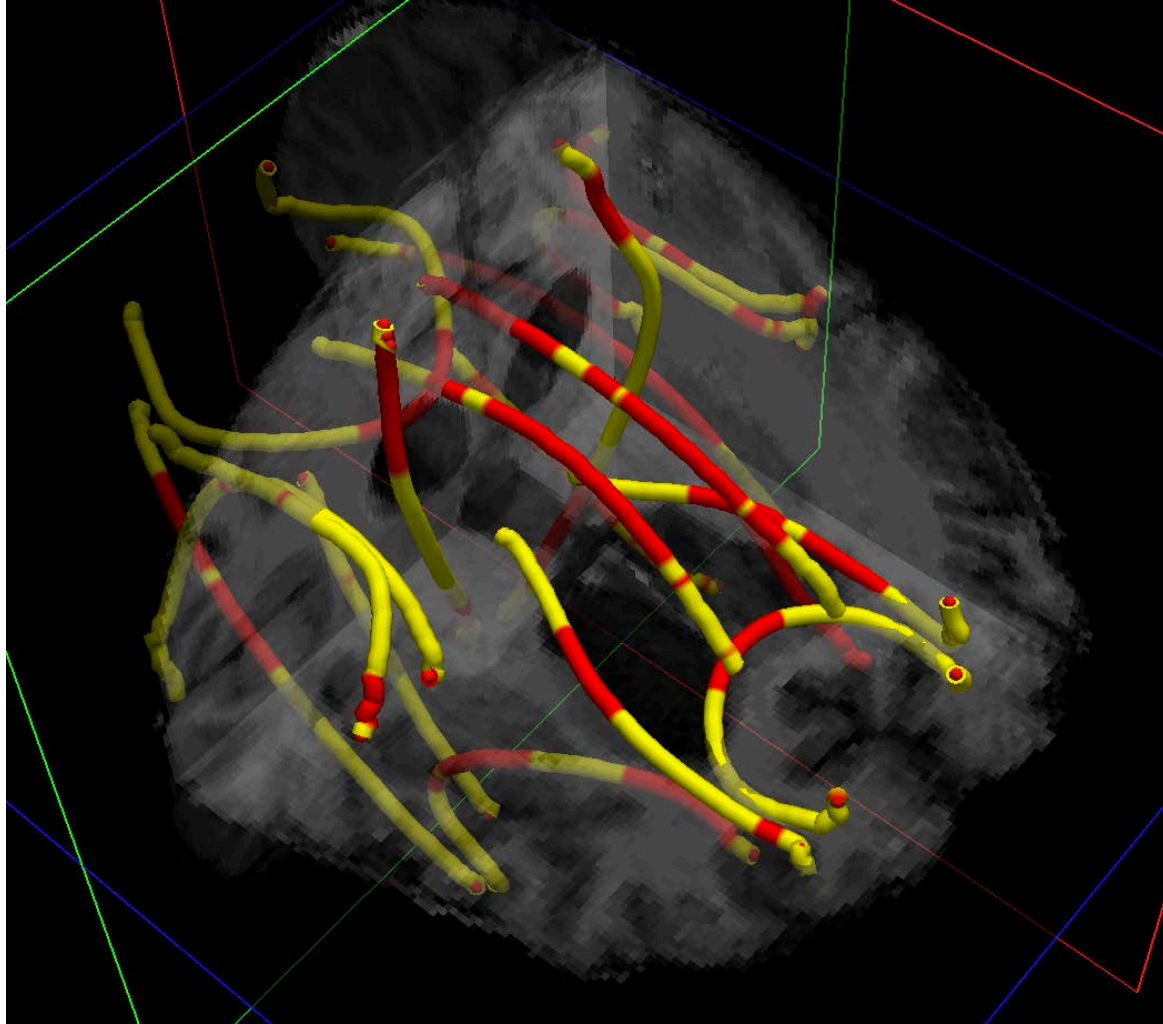


These points with FA values outside the "Normal Envelop" Are marked as injured

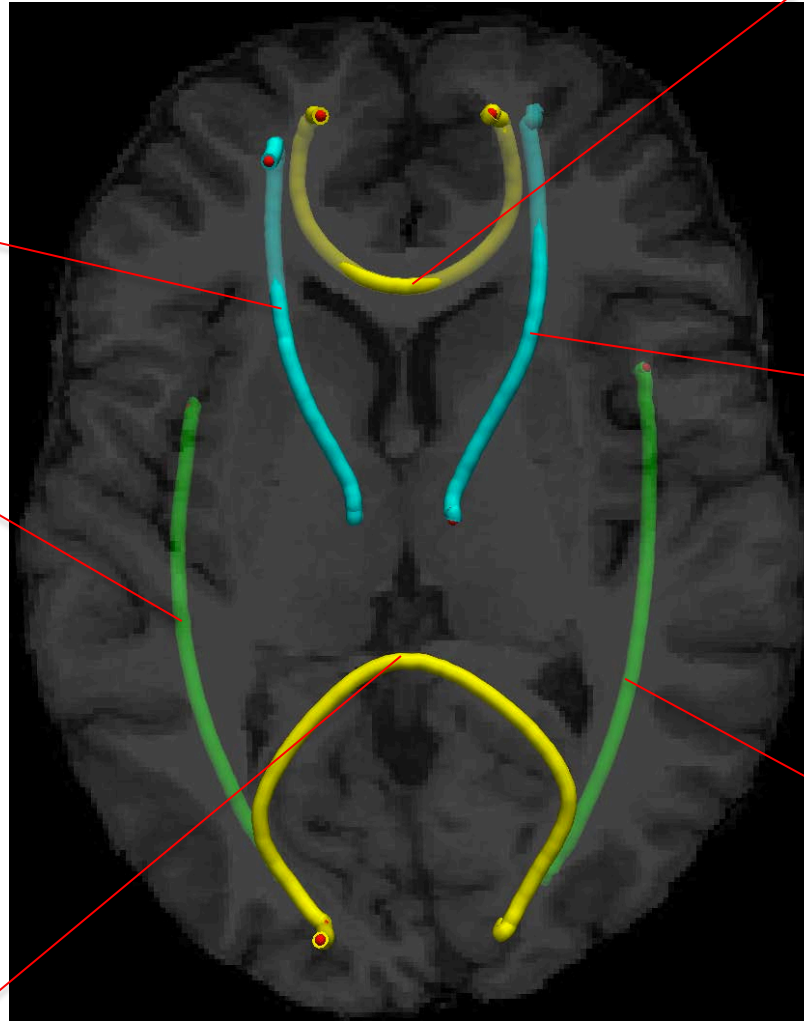
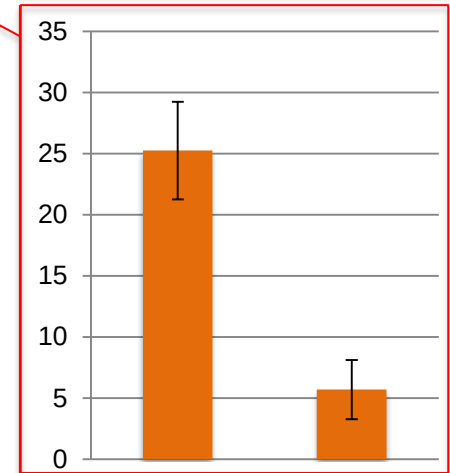
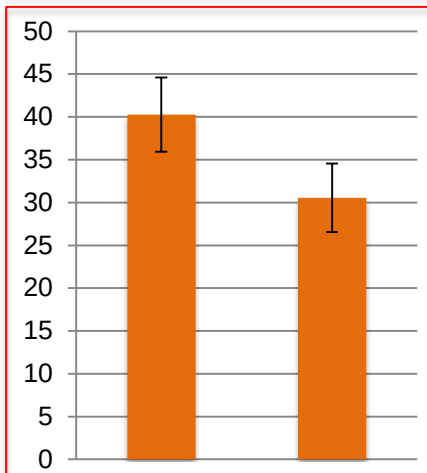
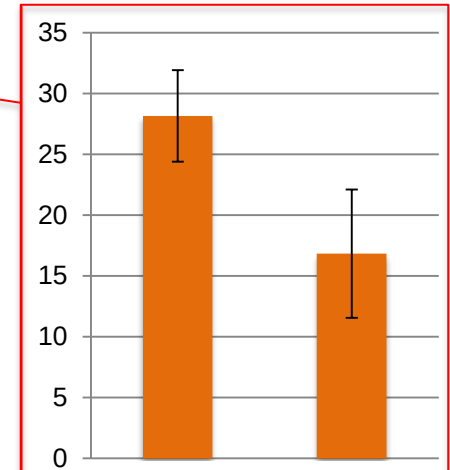
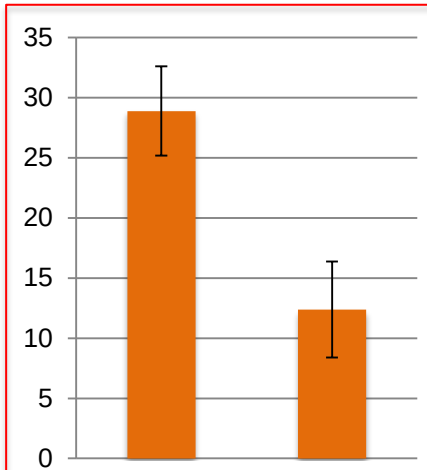
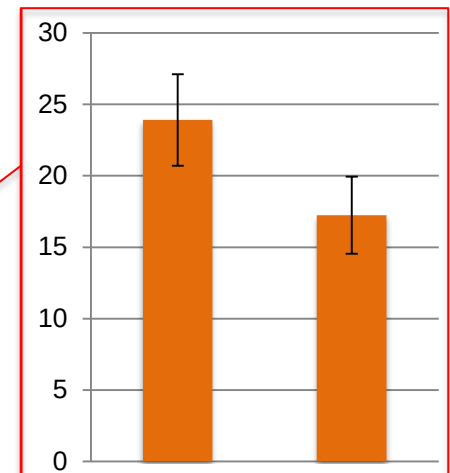
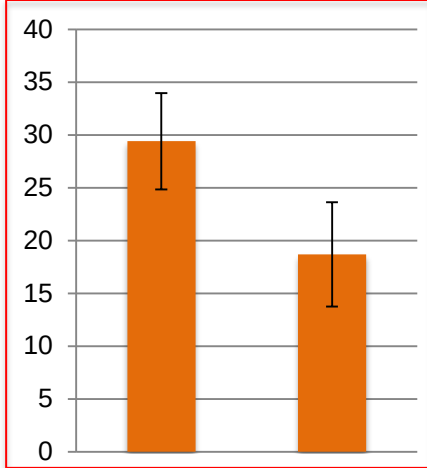
Injured areas of Forceps Major are marked by red color



- Processus répété pour chaque faisceau



Variable calculée: pourcentage d'atteinte



Conclusion

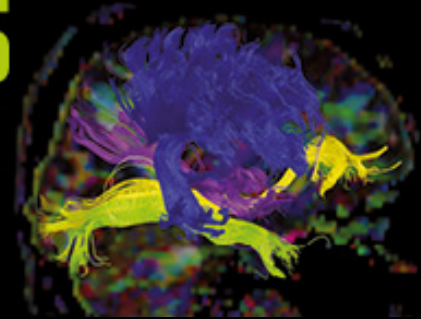
1. L'imagerie du tenseur de diffusion est fondamentale pour l'évaluation des traumatismes crâniens
2. Intérêt
 - a. Déterminer la probabilité de réveil
 - b. Evaluation des séquelles
 - c. Exploration de la physiopathologie
3. Nécessité d'uniformiser les protocoles d'acquisition et le traitement des données
4. Perspectives:
 - a. Prédiction plus fine du pronostic
 - b. Evaluation thérapeutique
 - c. Prédiction du handicap

42^{ème} CONGRÈS ANNUEL de la
Société Française de NeuroRadiologie



8-10 avril 2015
Novotel Paris Tour Eiffel

www.sfnrcongres.net



nicolasdechampfleur@orange.fr

www.sfnrcongres.net

