

Passé, présent et futur de l'IRM cérébrale

« L'eau dans tous ses états »

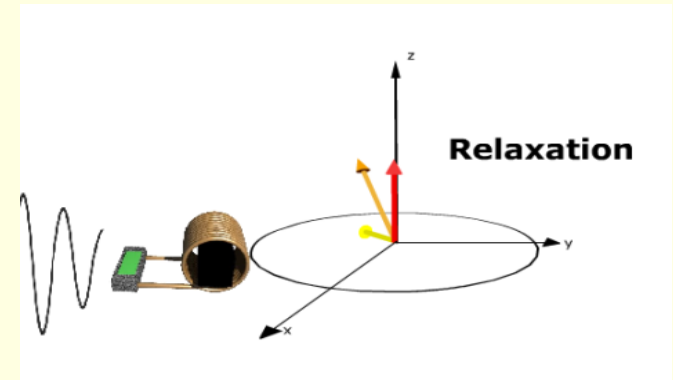
Jean-François LE BAS

CLUNI, Grenoble

SFNR 2016

Rappels « historiques »

- Après les succès du Scanner X (années 1970) apparaît la possibilité d'une **nouvelle modalité** d'imagerie en coupe (début des années 1980) basée sur la mesure du **signal de Résonance Magnétique Nucléaire du noyau ^1H** !
- Avantages mis en avant, alors
 - absence de balayage mécanique
 - possibilité d'images dans tous les plans
 - sensibilité diagnostique ++
 - absence d'irradiation
- Contraintes / limites
 - liées au champ magnétique (sécurité)
 - temps d'acquisition longs, immobilité (compromis R_s , R_c , T_{acq})
 - interprétation en contraste qualitative (contrairement au Scanner X)



- 1980: **Premières images IRM cérébrales cliniques**
- 1985: **Premières installations IRM à haut champ en France (CGR)**



La Résonance Magnétique Nucléaire: concepts un peu déroutants en 1ère approche

- **Principes physiques « nouveaux »** : champ magnétique, rapport gyromagnétique, précession, résonance, temps de relaxation, gradients, radiofréquences, déplacement chimique, susceptibilité magnétique, espace réciproque, ...
- **Signal recueilli multiparamétrique, d'interprétation « complexe »**
 - paramètres intrinsèques (Mo, T1, T2, T2*...)
 - paramètres de séquence (TE, TR, TI, α ,...)

Mais cela s'est simplifié très vite, en pratique, en considérant que

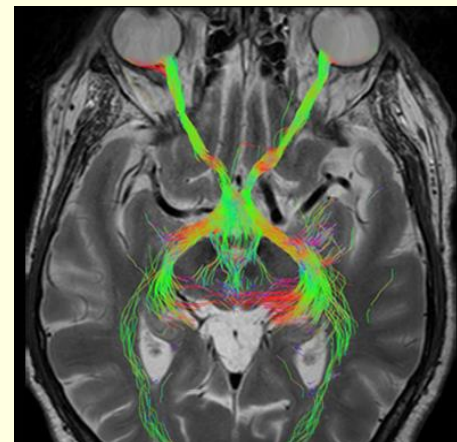
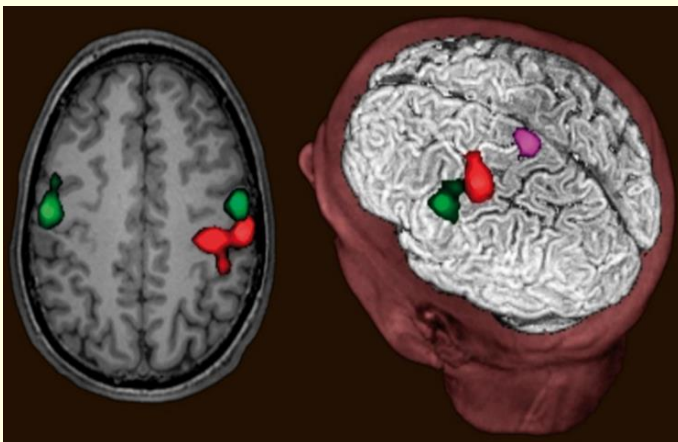
- Mo **représente** la quantité d'eau tissulaire
- T1 et T2 **dépendent de** la mobilité de l'eau **dans les différents compartiments tissulaires**
- Mo, T1 et T2 varient dans **le même sens**, en général, **entre tissus normaux / pathologiques homologues.**

Le signal RMN du noyau ^1H est :

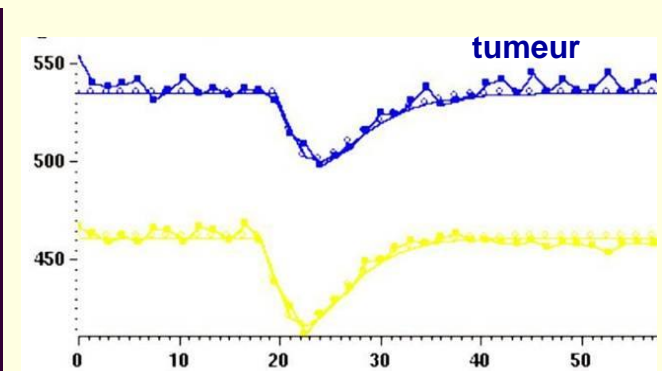
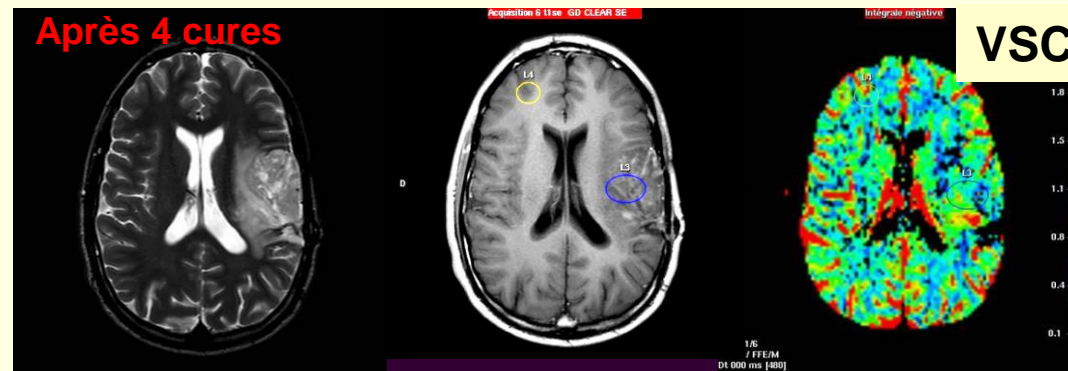
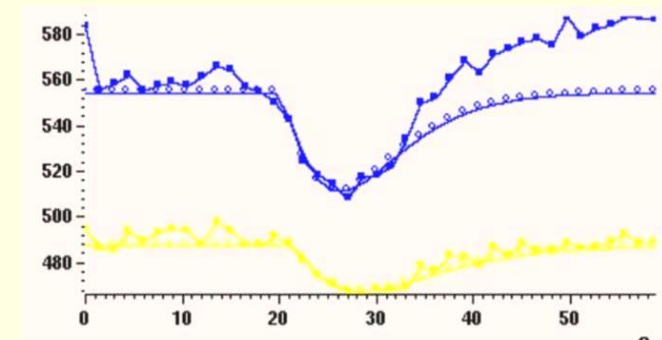
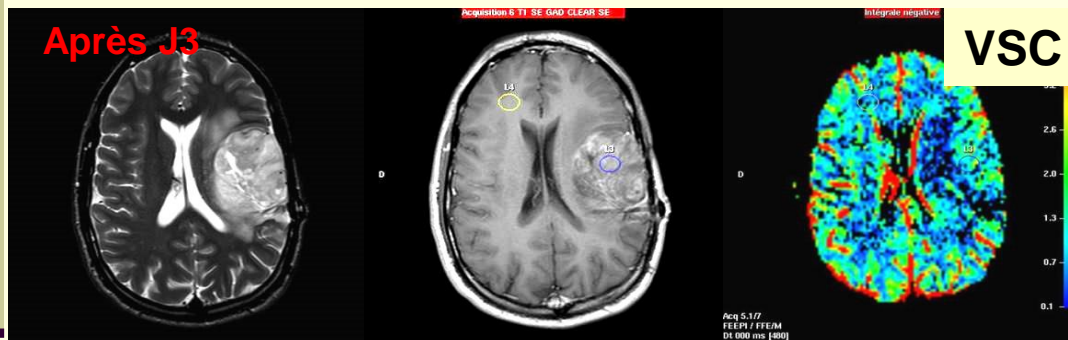
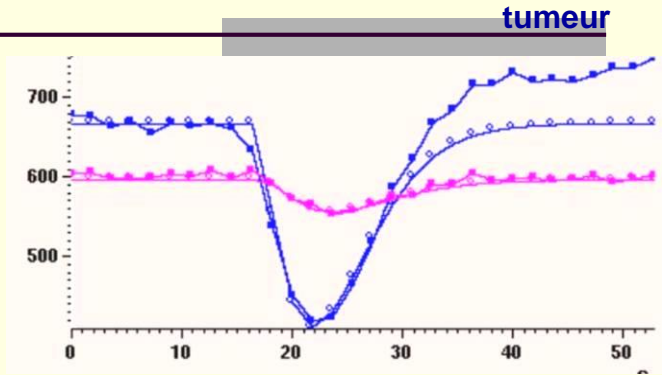
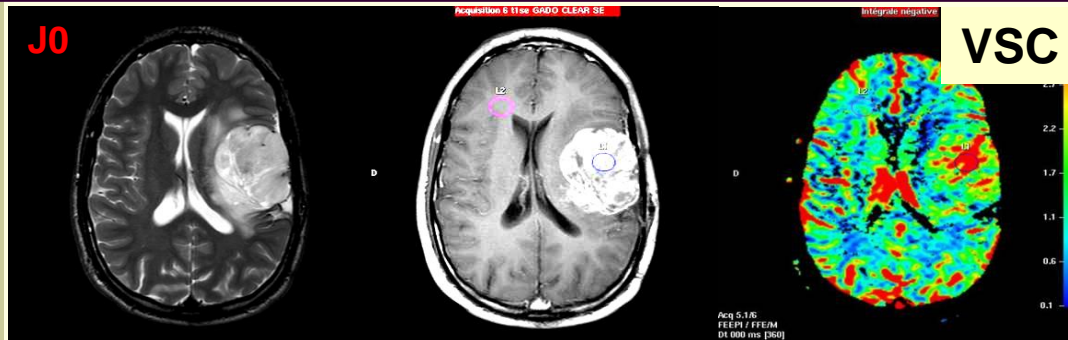
- représentatif en chaque point image de la **quantité d'eau tissulaire** (eau libre essentiellement, 90% de l'eau totale)
- modulé par toutes **ses modifications physico chimiques**:
 - **rapport eau libre/eau liée**, concentrations protéiques et macromoléculaires et **échanges** rapides entre les ^1H
 - **compartmentation** (vasculaire, interstitielle, intracellulaire)
 - **déplacements macro et microscopiques** (flux, diffusion)
 - **environnement** (substances paramagnétiques ou ferromagnétiques endogènes, produits de contraste exogènes)
- Les **outils de traitement du signal et de modélisation** permettent aujourd'hui de **caractériser bon nombre de paramètres** tissulaires directement, ou d'autres indirectement (température, pH, élasticité,...), et d'en proposer des cartes paramétriques

De fait, on explore en IRM l'eau tissulaire, son organisation et son environnement, dans les aspects statiques, comme dans les aspects dynamiques, ce qui amène à **revisiter tous les domaines des Sciences Médicales.**

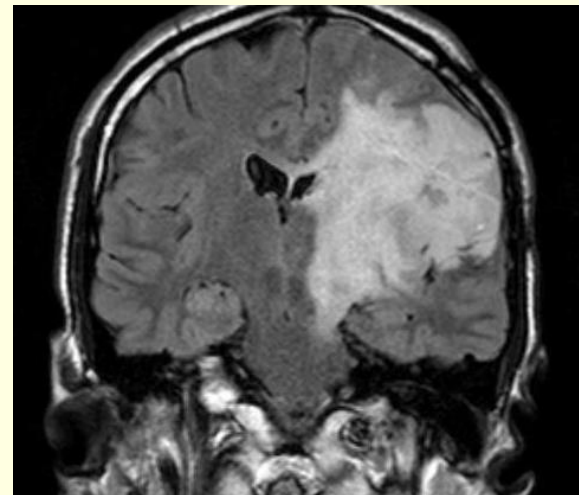
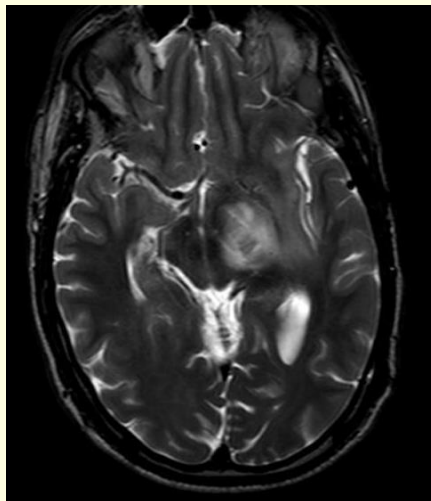
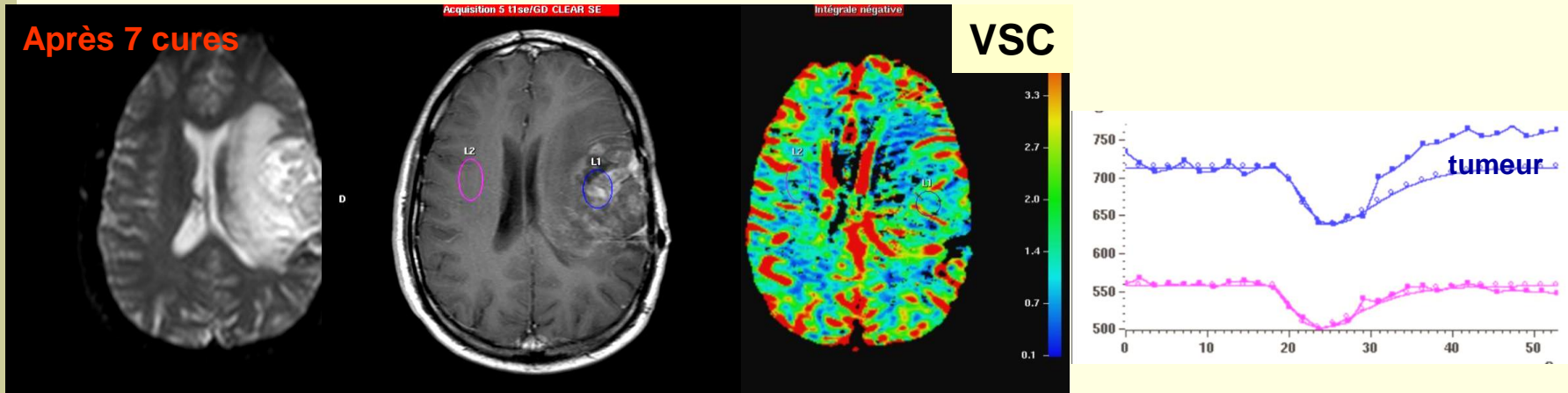
- **Anatomie morphologique** (somatotopie, malformations, ...)
- **Histologie et Histopathologie** (œdème cytotoxique ou vasogénique, inflammation, démyélinisation, gliose, ischémie, nécrose,...)
- **Biophysique** (diffusion, perméabilité membranaire, BHE,...)
- **Physiologie et Physiopathologie** (HIC, LCR, thrombose, hémorragie, ...)
- **Biochimie et métabolisme** (acidification, oxygénation, abcédation, ...)
- **Anatomopathologie** (caractérisation tumorale)
- **Vasculaire** (angiographie, flux, vasoréactivité, perfusion,...)
- **Fonctionnelle** (activité corticale, connectivité, ...)



Exemple: Patient suivi pour un oligoastrocytome III, récidivé après chirurgie + radiothérapie, et traité par anti-angiogénique : Normalisation de la prise de contraste et des index de perfusion



Après 6 mois, aggravation clinique. Malgré la persistance de l'effet initial sur la prise de contraste et la perfusion, l'IRM démontre une **extension diffuse de la lésion** en FLAIR, vers le mésencéphale
Décès et confirmation autopsique d'une « gliomatose » infiltrante.



Discussions concernant les anti-angiogéniques, et cet effet “d’échappement” .

Cancer Cell, Mars 2009

« Clinical practice reveals that therapy with angiogenesis inhibitors often does not prolong survival of cancer patients for more than months, **because tumors elicit evasive resistance.** »

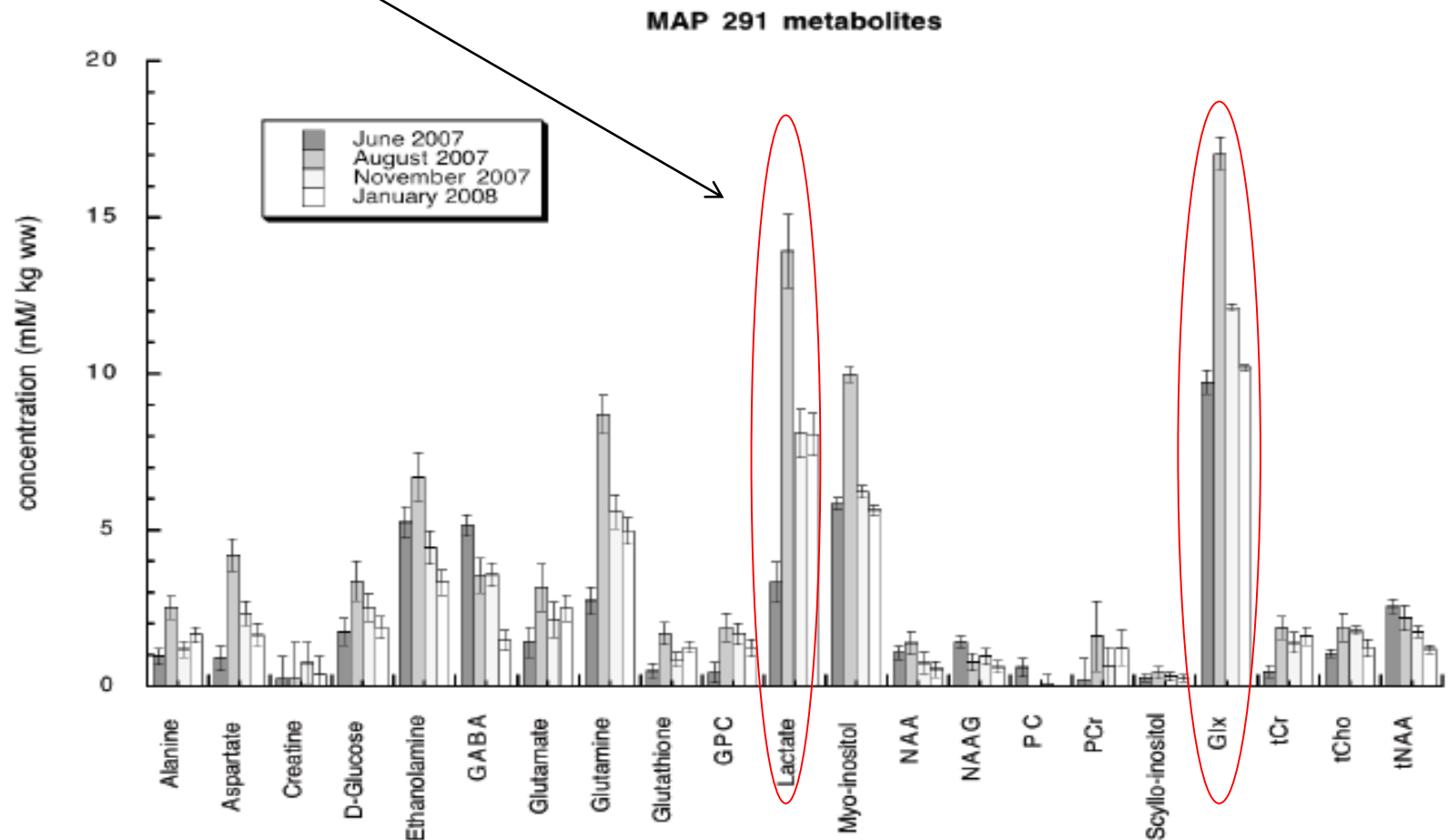
Cancer Cell
Minireview

Silencing or Fueling Metastasis with VEGF Inhibitors: Antiangiogenesis Revisited

Sonja Loges,^{1,2} Massimiliano Mazzone,^{1,2} Philipp Hohensinner,^{1,2} and Peter Carmeliet^{1,2*}
¹Vesalius Research Center, VIB, B-3000 Leuven, Belgium
²Vesalius Research Center, KU Leuven, B-3000 Leuven, Belgium
*Correspondence: peter.carmeliet@med.kuleuven.be
DOI 10.1016/j.ccr.2009.02.007

La normalisation de la vascularisation par une action anti angiogénique efficace pourrait induire **une hypoxie qui stimulerait la voie de la glycolyse anaérobie** et le développement d'un **phénotype très invasif et métastatique**

Le suivi en spectroscopie RMN, à 3 tesla et à TE court, démontre clairement, sur le contrôle à 2 mois, une augmentation importante du lactate, en rapport avec l'hypoxie induite.



Aujourd'hui, au niveau cérébral, l'IRM occupe donc une place majeure



- **en diagnostique, au quotidien**

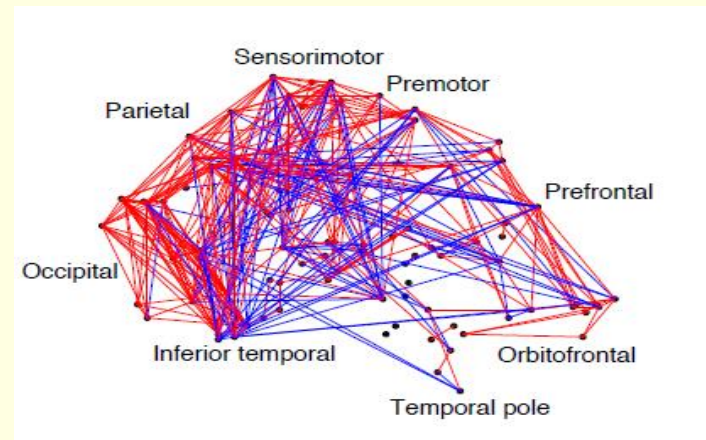
l'examen IRM s'est banalisé, et il est souvent demandé pour rassurer le patient et/ou le médecin !

- **dans les bilans pré-thérapeutiques et dans le suivi des lésions traitées, il est essentiel,**

- **en recherche**

- préclinique (sur des modèles animaux, et à haut champ,)
- clinique (dans le cadre de protocole)
- cognitive (en lien avec les Neurosciences Cognitives)

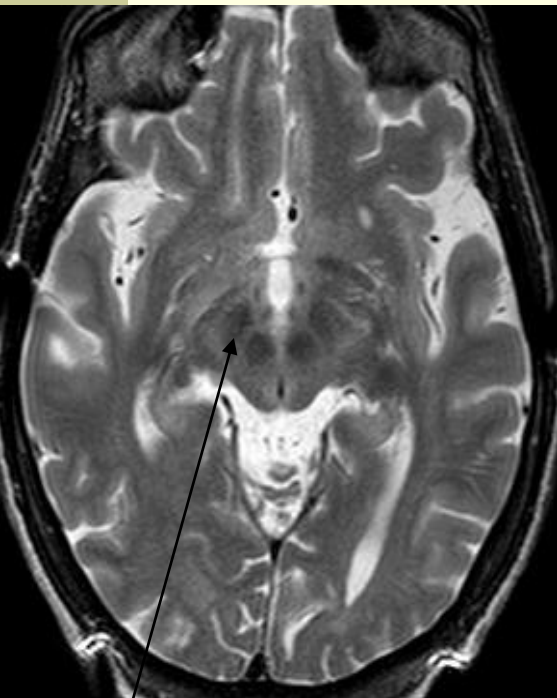
	Connections longues
	Connections courtes



mais aussi, potentiellement demain

- **en Neuroradiologie Interventionnelle**, sur des équipements dédiés, en collaboration avec les Neurochirurgiens, pour
 - le guidage de prélèvements tissulaires
 - la mise en place d'électrodes cérébrales profondes (ou autres dispositifs actifs), guidée par IRM
 - le contrôle sur table de gestes interventionnels, sur un plan anatomique ou fonctionnel (exérèse, destruction de cibles par thermothérapie, radiofréquence, ou US, ...).

2012 : Implantation sous IRM d'électrodes de stimulations cérébrales dans les noyaux sub-thalamiques, chez 2 patients parkinsonniens (Prs S Chabardes, Grenoble et P Larson, UCSF).



STN

**IRM 1,5 T
CLUNI, Grenoble**



Tabouret amagnétique !

Durée de l'intervention (pour les 2 cotés) : 5 heures
Très bon résultat anatomique et clinique, dans les 2 cas



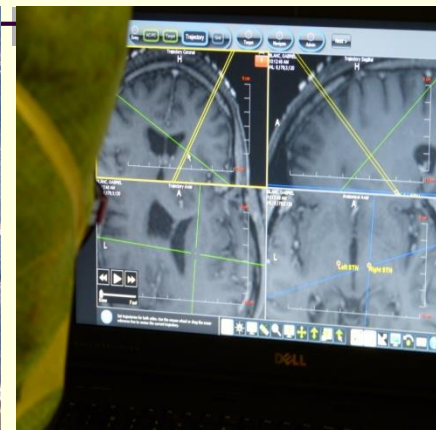
installation



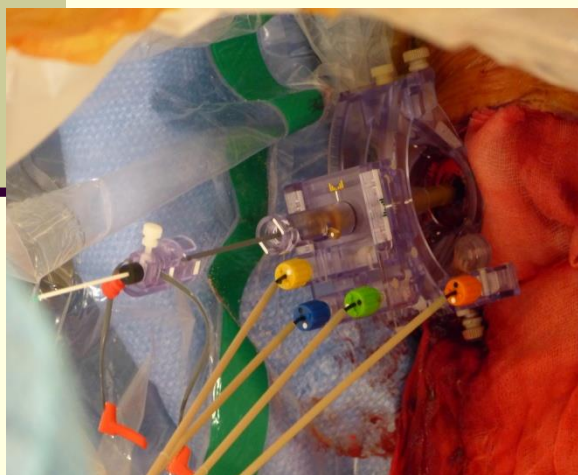
champ opératoire



grille de repérage



trajectoires visées



insert de guidage



guidage IRM vers la cible



contrôle sur table

Le rôle de la SFNR a été primordial, et il reste important pour le futur

- Pour assurer la **formation initiale** et **continue** aux « techniques avancées » (DIU, Ateliers , CluTAv,..)
- Pour convaincre les Neuro-radiologues de CHU de **dégager du « temps machine »**, pour participer aux développements à venir et à leur évaluation clinique.
- Pour demander que les **moyens prévus en soutien** à ces activités (MIGAC/MERRI, SIGAPS, SIGREC) y soient affectés...

Remerciements chaleureux

- aux organisateurs de cette réunion
- à la SFNR, et à ceux qui l'ont animée au cours de ces années
- à l'équipe neuro-radiologique de Grenoble

**et à l'eau,
qui fait la vie...**

