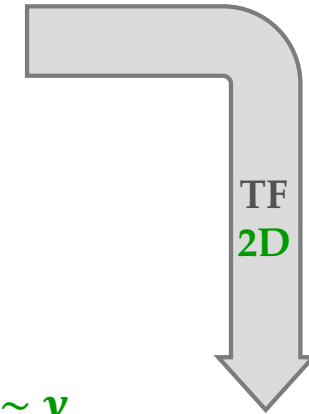
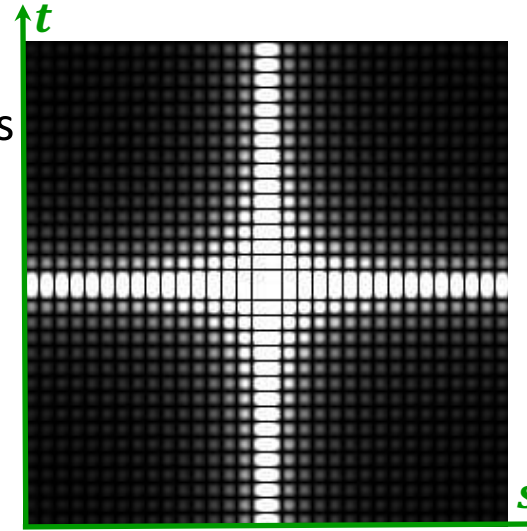
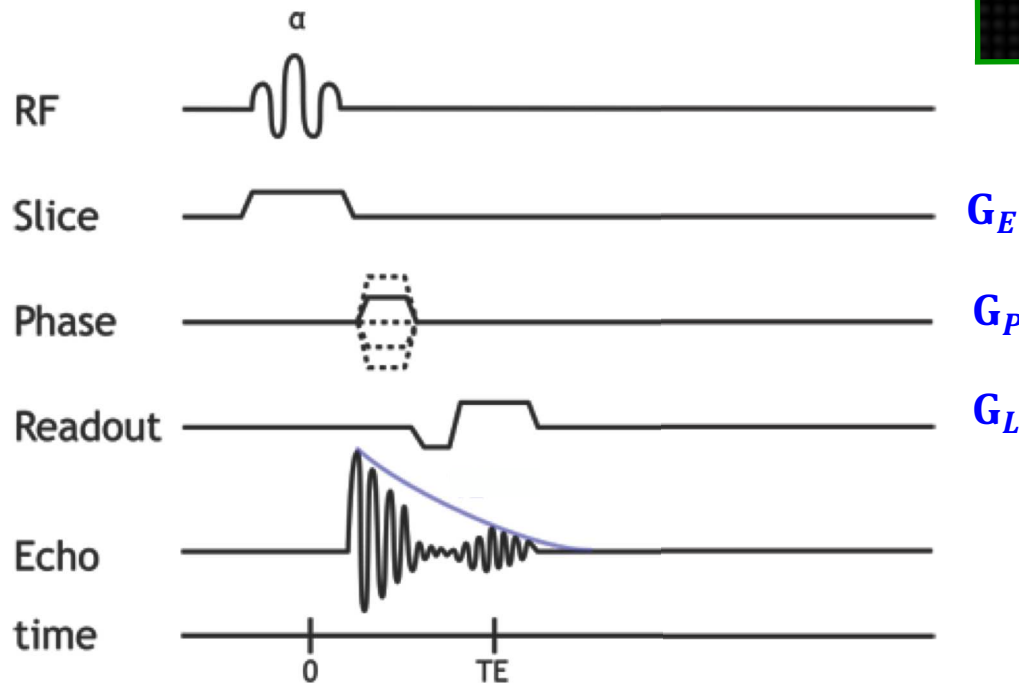


# Séquences d'acquisition

Séquence d'application des différents gradients



# Séquences d'acquisition

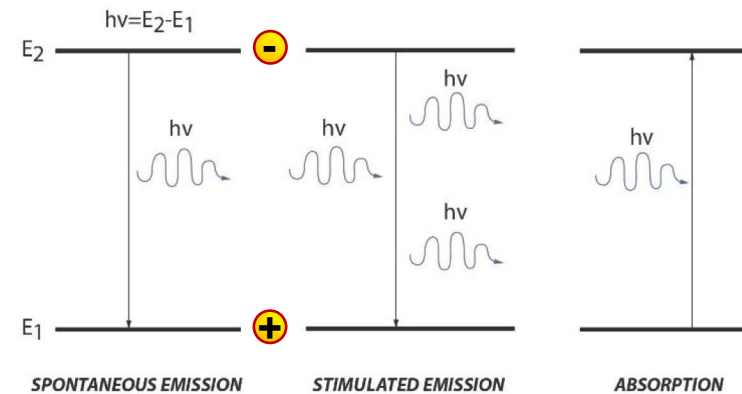
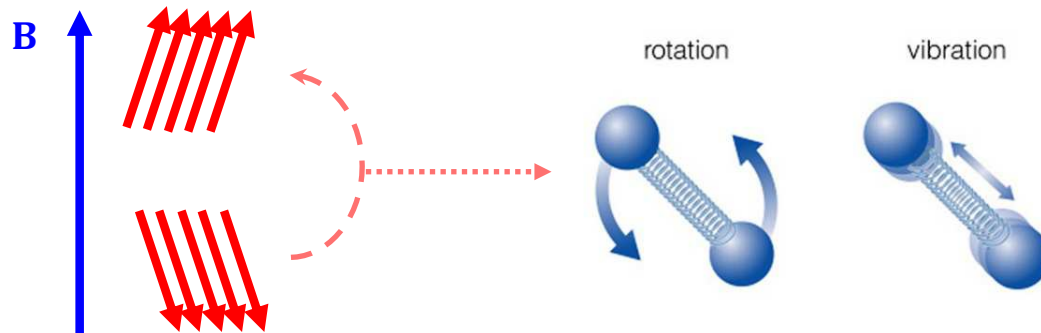
Séquence d'acquisition = assemblage des paramètres ajustables (TR, TE, impulsions, gradients) qui permet d'obtenir des images de contrastes différents

Relaxation → fluctuations du champ magnétique

## Relaxation $T_1$

Fluctuations temporelles

Echanges énergétiques avec le réseau



# Séquences d'acquisition

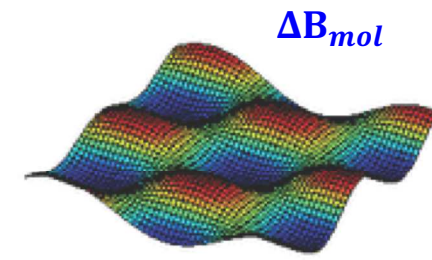
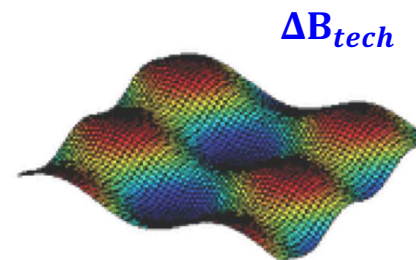
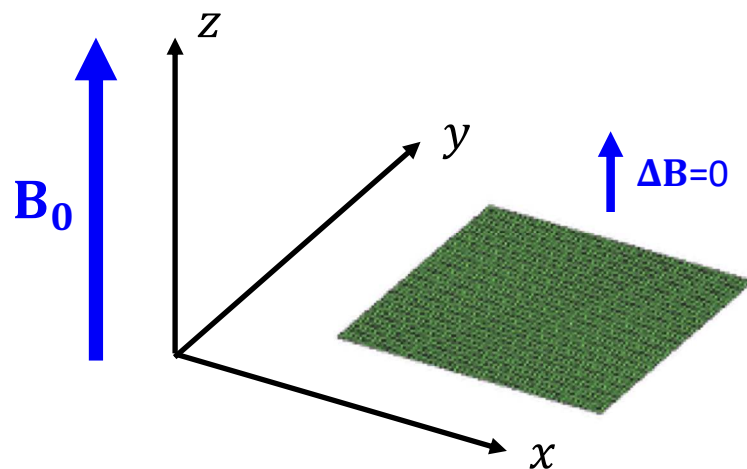
## Relaxation $T_2$

Inhomogénéités de champ (locales)

$T_2$  : environnement moléculaire :  $\Delta B_{mol}$

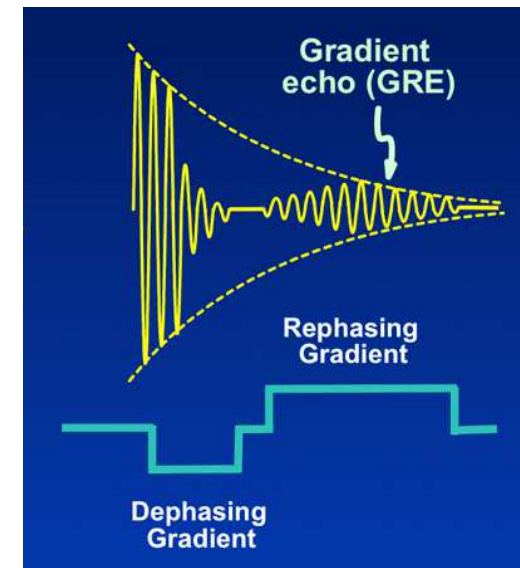
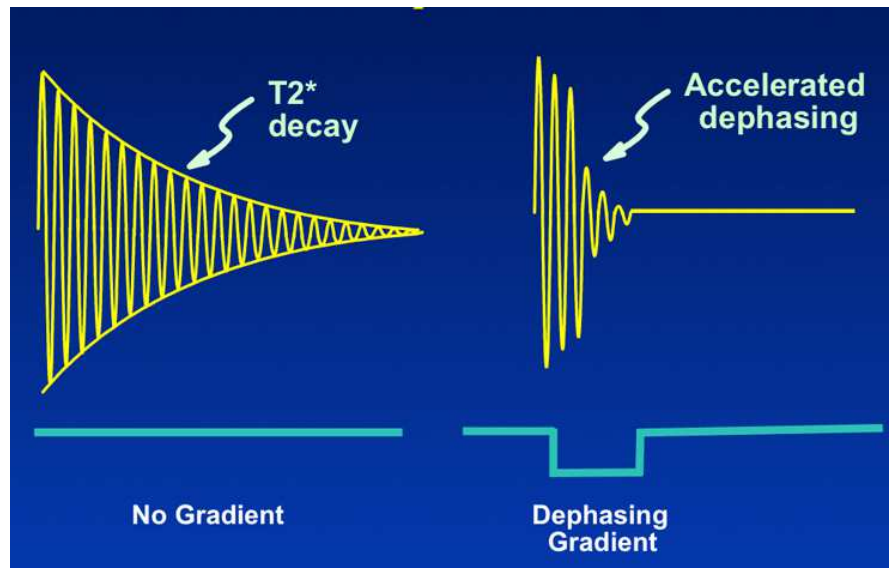
$$T_2^* \ll T_2$$

$T_2^*$  : environnement moléculaire & inhomogénéités de champ :  $\Delta B_{mol} + \Delta B_{tech}$



# Séquences d'acquisition

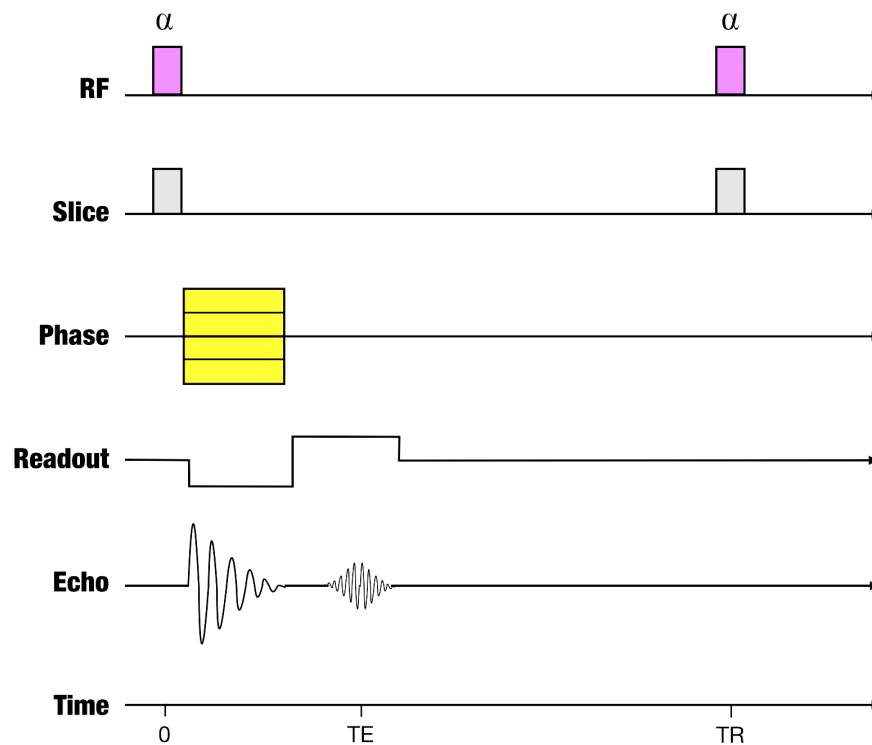
## Echo de gradient



# Séquences d'acquisition

## Echo de gradient

### Gradient Echo



Si TE long séquence pondérée  $T_2^*$

# Séquences d'acquisition



## Echo de gradient

$T_2$  : environnement moléculaire

$T_2^*$  : environnement moléculaire & inhomogénéités de champ

### Susceptibilité magnétique :

- Tissus ( $\chi = 0$ )
- Calcium ( $\chi < 0$ )
- Produits de dégradation de l'hémoglobine ( $\chi > 0$ )

# Séquences d'acquisition

## Echo de gradient

$T_2$  : environnement moléculaire

$T_2^*$  : environnement moléculaire & inhomogénéités de champ

DWI



$T_2$



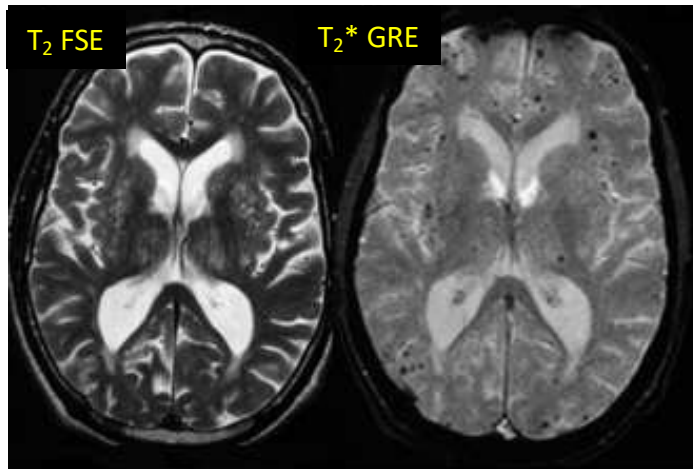
$T_2^*$



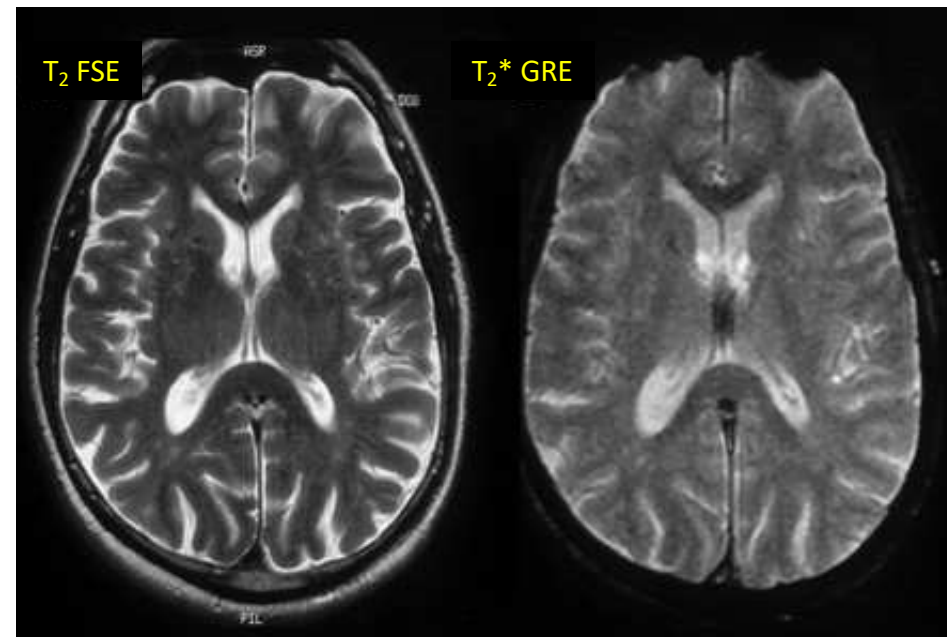
# Séquences d'acquisition

## Echo de gradient

Homme 63 ans, trble fonctions exécutives

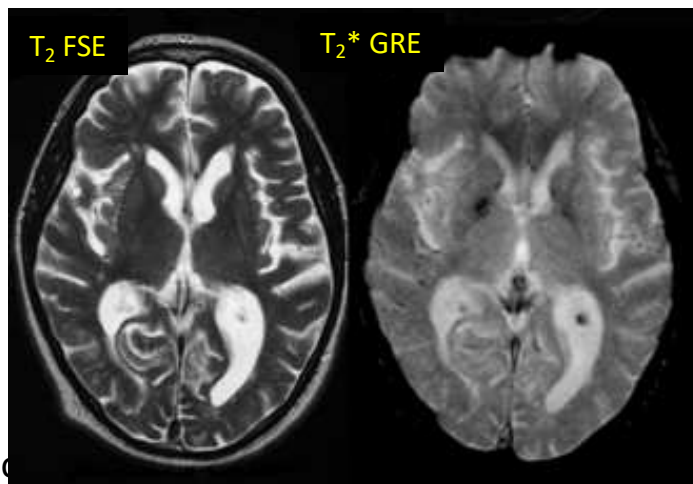


Homme 73 ans, fonctions exécutives normales



*Werring et al. Brain2004*

Homme 81 ans, trble fonctions exécutives



Ho

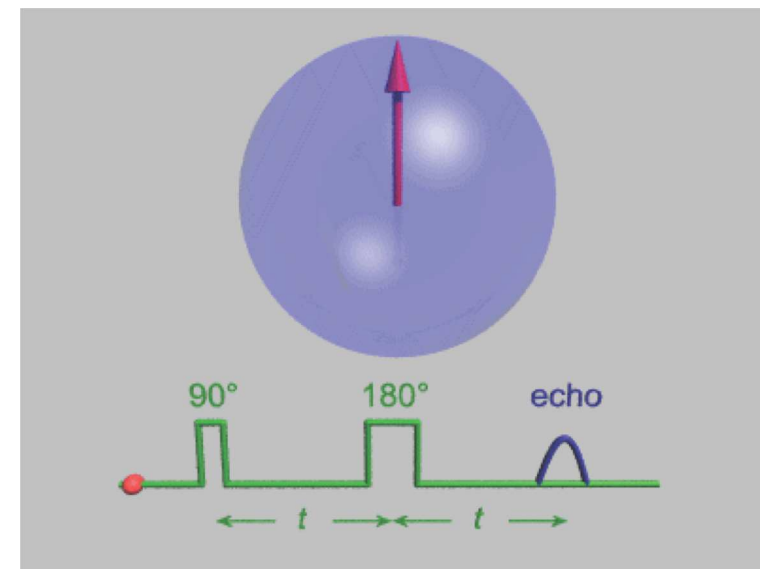
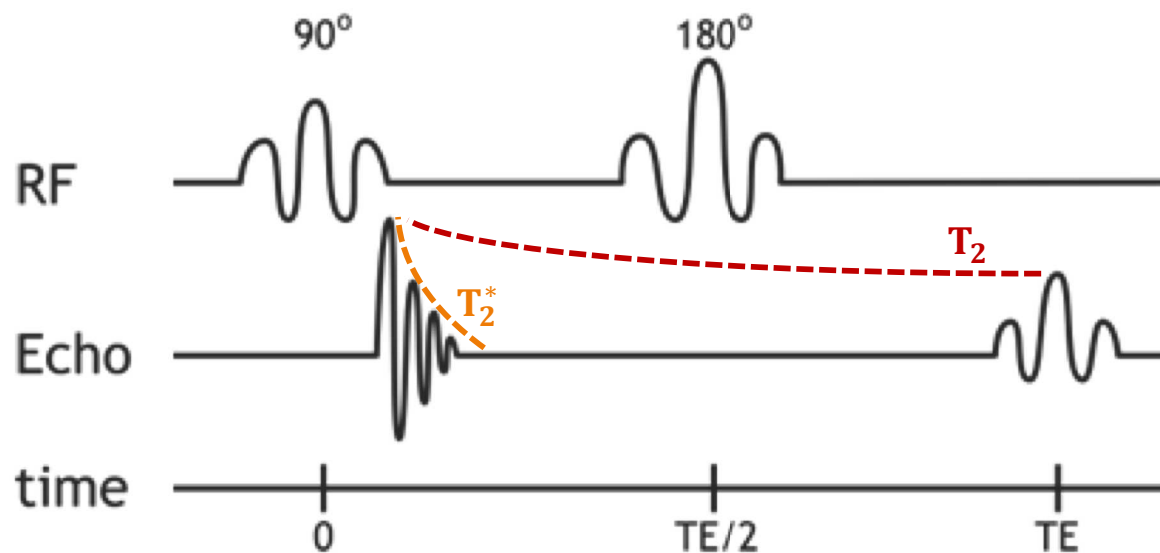


# Séquences d'acquisition

## Echo de spin

$T_2$  : environnement moléculaire

$T_2^*$  : environnement moléculaire & inhomogénéités de champ



*L'impulsion RF de départ est suivie d'une impulsion de rephasage qui remet les spins en phase et permet d'obtenir un écho du signal*

[https://en.wikipedia.org/wiki/Spin\\_echo#/media/File:HahnEcho\\_GWM.gif](https://en.wikipedia.org/wiki/Spin_echo#/media/File:HahnEcho_GWM.gif)

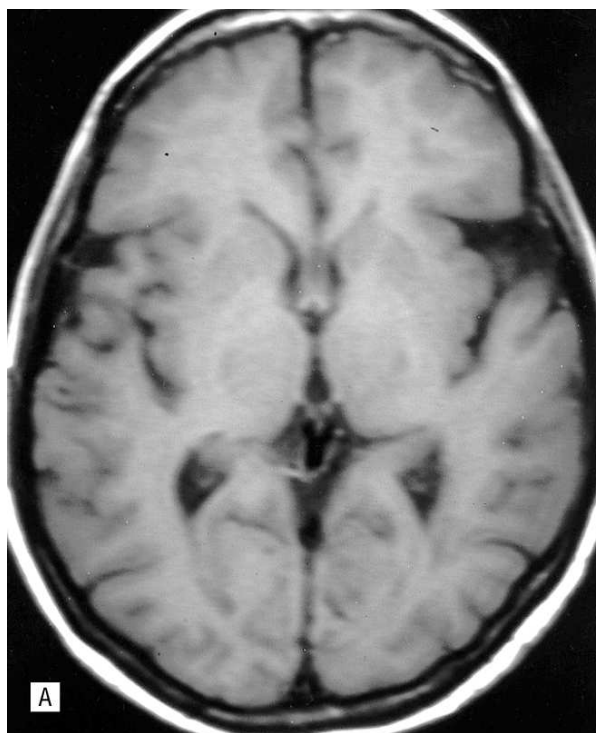
# Séquences d'acquisition

## Echo de spin

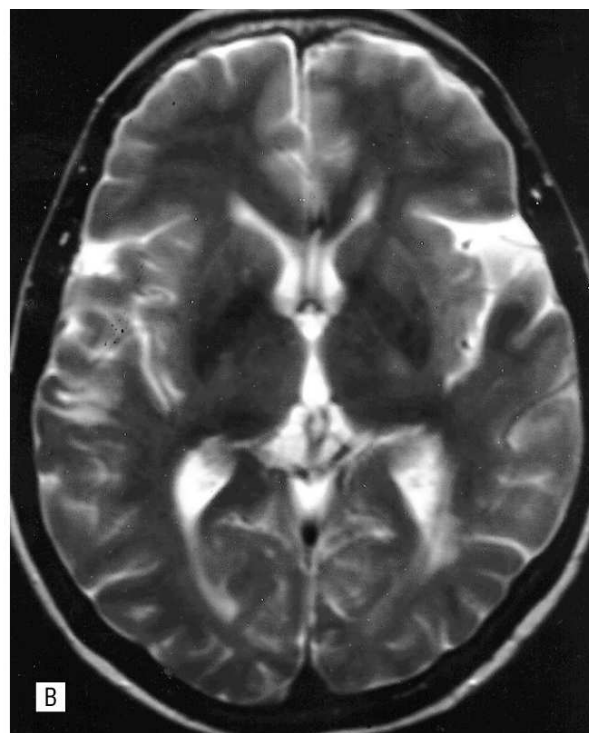
$T_2$  : environnement moléculaire

$T_2^*$  : environnement moléculaire & inhomogénéités de champ

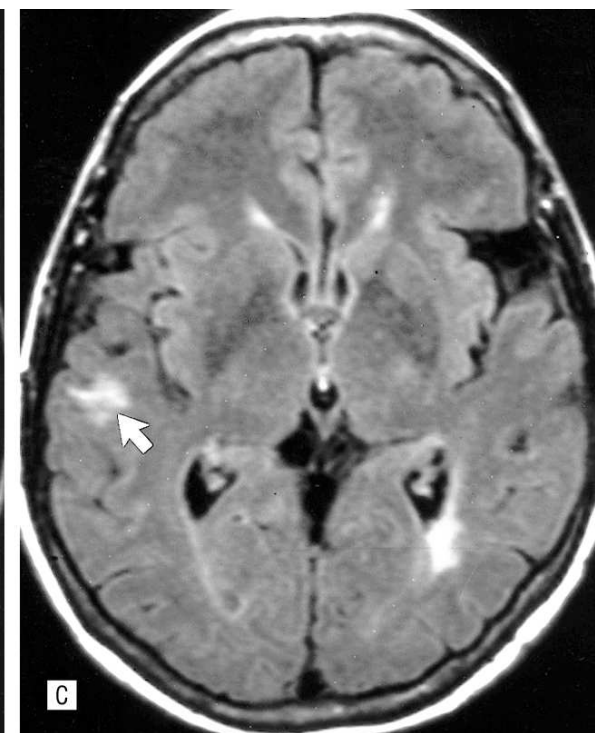
$T_1$



$T_2$  « vrai »



$T_2$  inversé



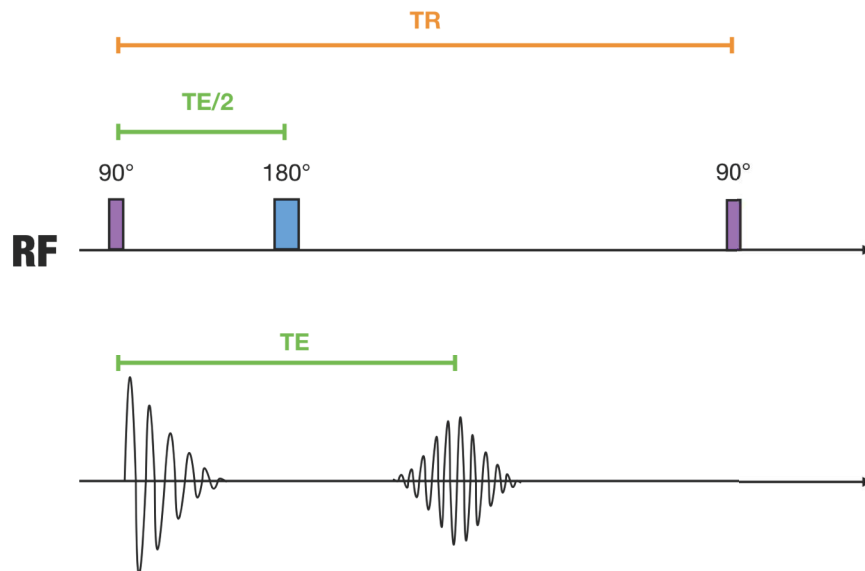
TE long

Bakshi et al. Arch Neurol 2001

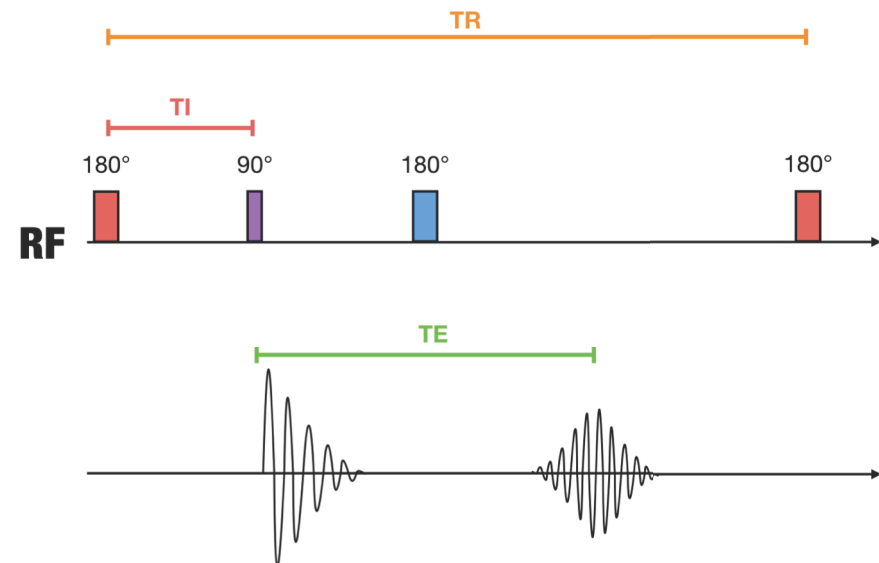
# Séquences d'acquisition

## Inversion - récupération

### Conventional Spin Echo

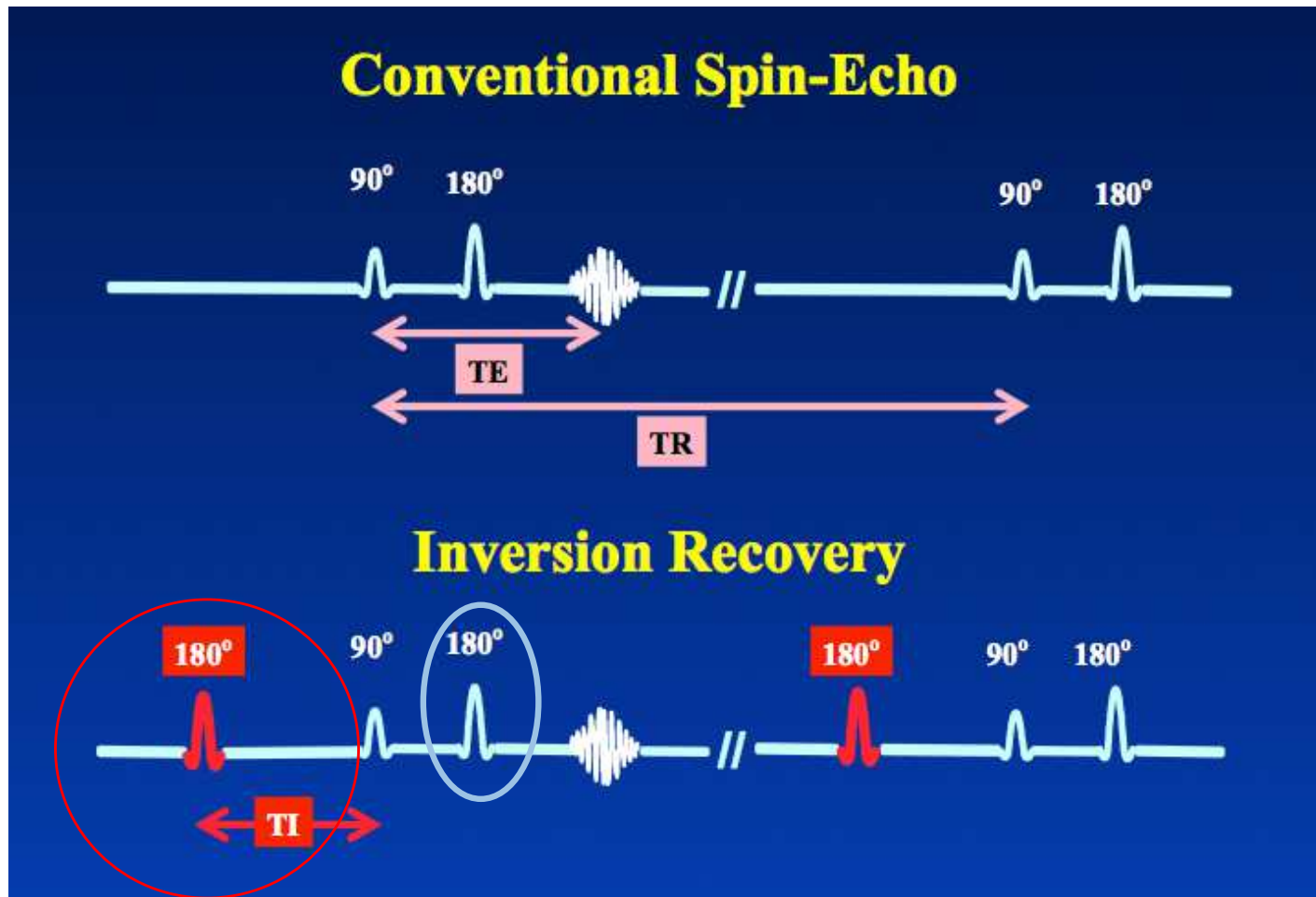


### Inversion Recovery (Spin Echo)



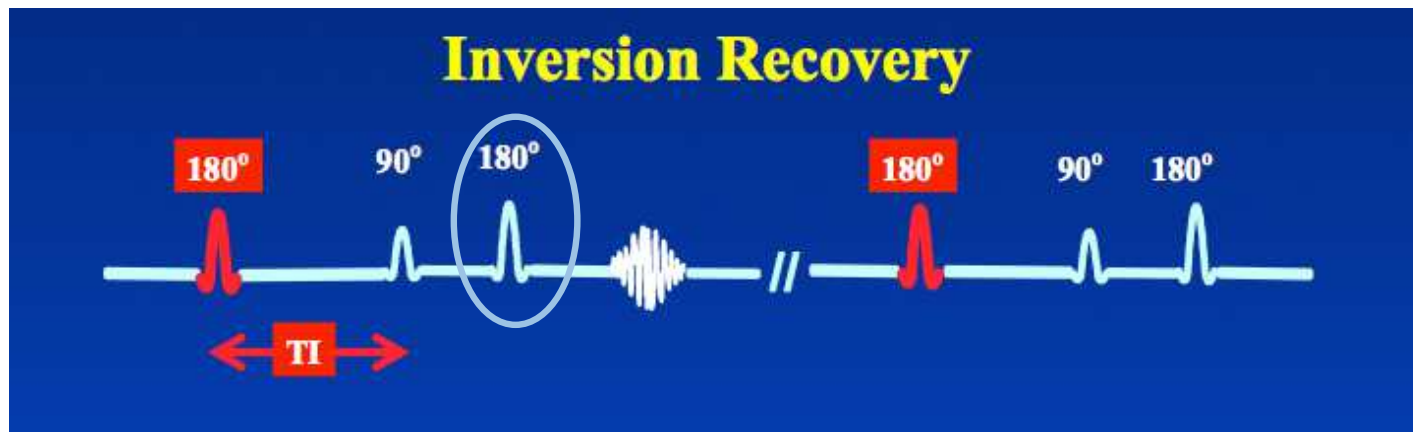
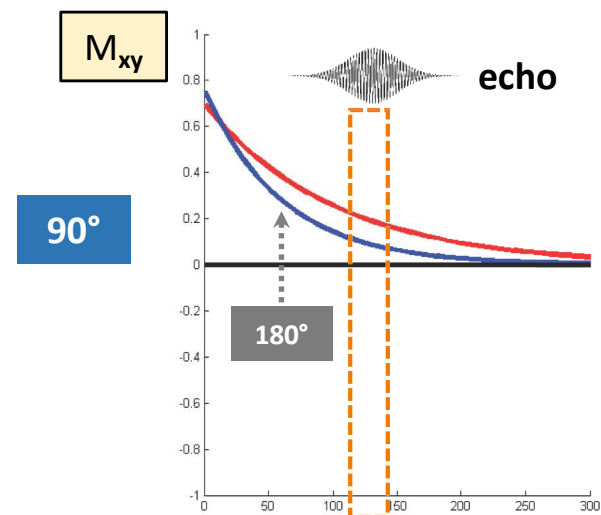
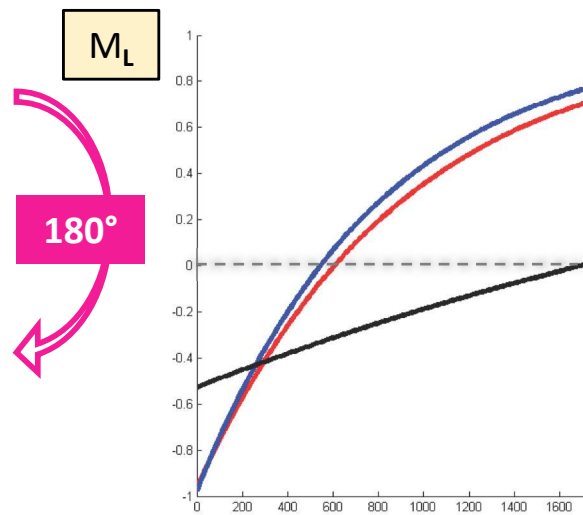
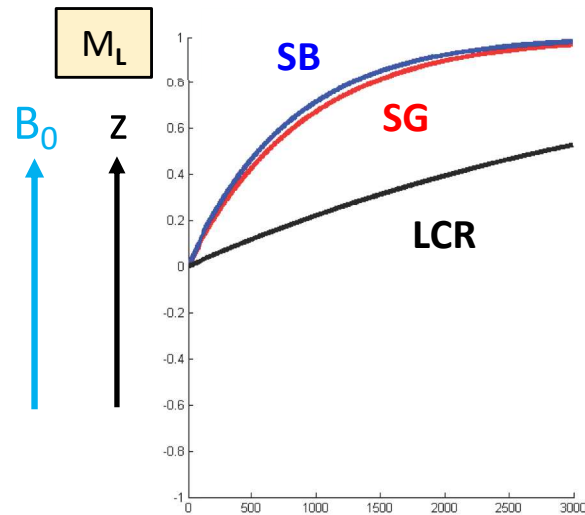
# Séquences d'acquisition

## Inversion - récupération



# Séquences d'acquisition

## Inversion - récupération FLAIR : FLuid Attenuated Inversion Recovery

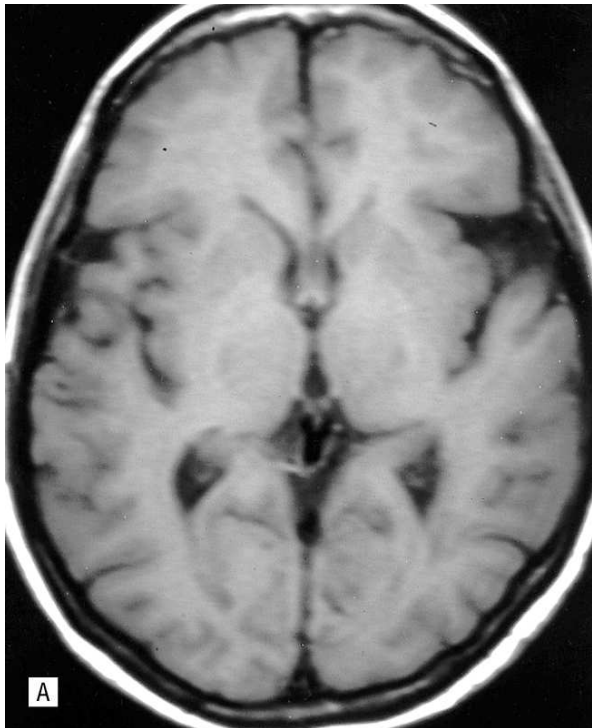


# Séquences d'acquisition

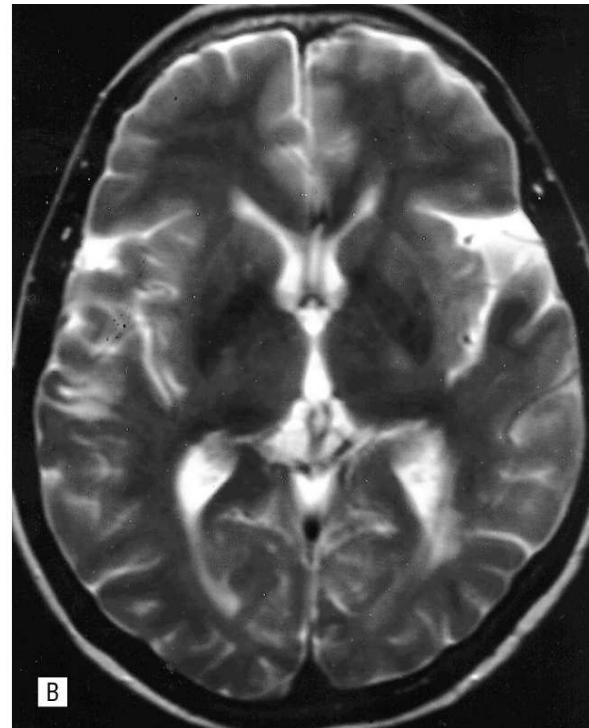
## Inversion - récupération

FLAIR : FLuid Attenuated Inversion Recovery

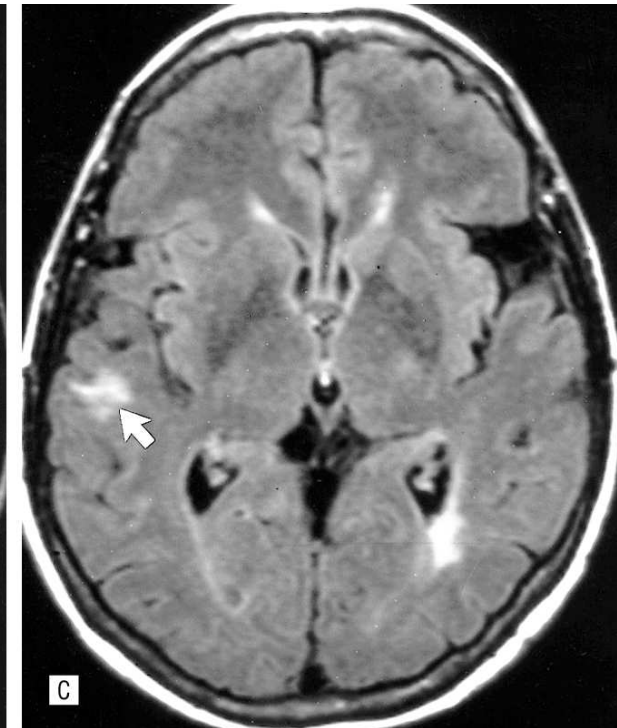
T<sub>1</sub>



T<sub>2</sub>



T<sub>2</sub> FLAIR



## Inversion - récupération

**FLAIR** : FLuid Attenuated Inversion Recovery

### RECOMMANDATIONS DE BONNE PRATIQUE

**Accident vasculaire cérébral :  
prise en charge précoce  
(alerte, phase préhospitalière, phase  
hospitalière initiale, indications de la  
thrombolyse)**

RECOMMANDATIONS

Mai 2009

## 5.1 Thrombolyse intraveineuse

### ► Indications

La thrombolyse intraveineuse (IV) par rt-PA des IC est recommandée jusqu'à 4 heures 30 (hors AMM, voir annexe 2) (accord professionnel). Elle doit être effectuée le plus tôt possible (grade A).

La thrombolyse IV peut être envisagée après 80 ans jusqu'à 3 heures (accord professionnel).

## 4.3 Quels patients justifient d'une hospitalisation en UNV ?

Tout patient ayant un AVC doit être proposé à une UNV.

## 4.2 Imagerie cérébrale et vasculaire

Les patients suspects d'AVC aigu doivent avoir un accès prioritaire 24 h/24 et 7 j/7 à l'imagerie cérébrale. Des protocoles de prise en charge des patients suspects d'AVC aigu doivent être formalisés et contractualisés entre le service accueillant ces patients et le service de radiologie (accord professionnel).

L'IRM est l'examen le plus performant pour montrer précocement des signes d'ischémie récente, et elle visualise l'hémorragie intracrânienne. Il convient de la réaliser de façon privilégiée.

Si l'IRM est possible comme examen de première intention, elle doit être accessible en urgence et elle doit privilégier des protocoles courts incluant les séquences suivantes : diffusion, FLAIR, écho de gradient (grade B).

En cas d'impossibilité d'accéder en urgence à l'IRM, il convient de réaliser un scanner cérébral. Cet examen ne montre qu'inconstamment des signes d'ischémie récente, mais permet de visualiser une hémorragie intracrânienne.

L'exploration des artères intracrâniennes est effectuée par ARM cérébrale angioscanner ou Doppler transcrânien (accord professionnel).

Une exploration des artères cervicales doit être réalisée précocement devant tout accident ischémique cérébral. Celle-ci est urgente en cas d'AIT, d'infarctus mineur, d'accident ischémique fluctuant ou évolutif. L'examen de première intention peut être un écho-Doppler, une ARM des vaisseaux cervico-encéphaliques avec injection de gadolinium ou un angioscanner des troncs supra-aortiques (grade B).

# Séquences d'acquisition

## Inversion - récupération

**FLAIR : FLuid Attenuated Inversion Recovery**

Diagnostic and Interventional Imaging (2014) 95, 1135–1144



CONTINUING EDUCATION PROGRAM: FOCUS...

## Patient “candidate” for thrombolysis: MRI is essential

M. Tisserand, O. Naggara, L. Legrand, C. Mellerio,  
M. Edjlali, S. Lion, C. Rodriguez-Régent,  
R. Souillard-Scemama, C.-F. Jbanca, D. Trystram,  
J.-F. Méder, C. Oppenheim\*

### Objectifs primaires

- Confirmer l'AVC ischémique
- Exclure l'hémorragie
- Exclure les diag. diff.

### Objectifs secondaires

- Dater l'AVC
- Localiser l'occlusion
- Evaluer la pénombre (pron.)

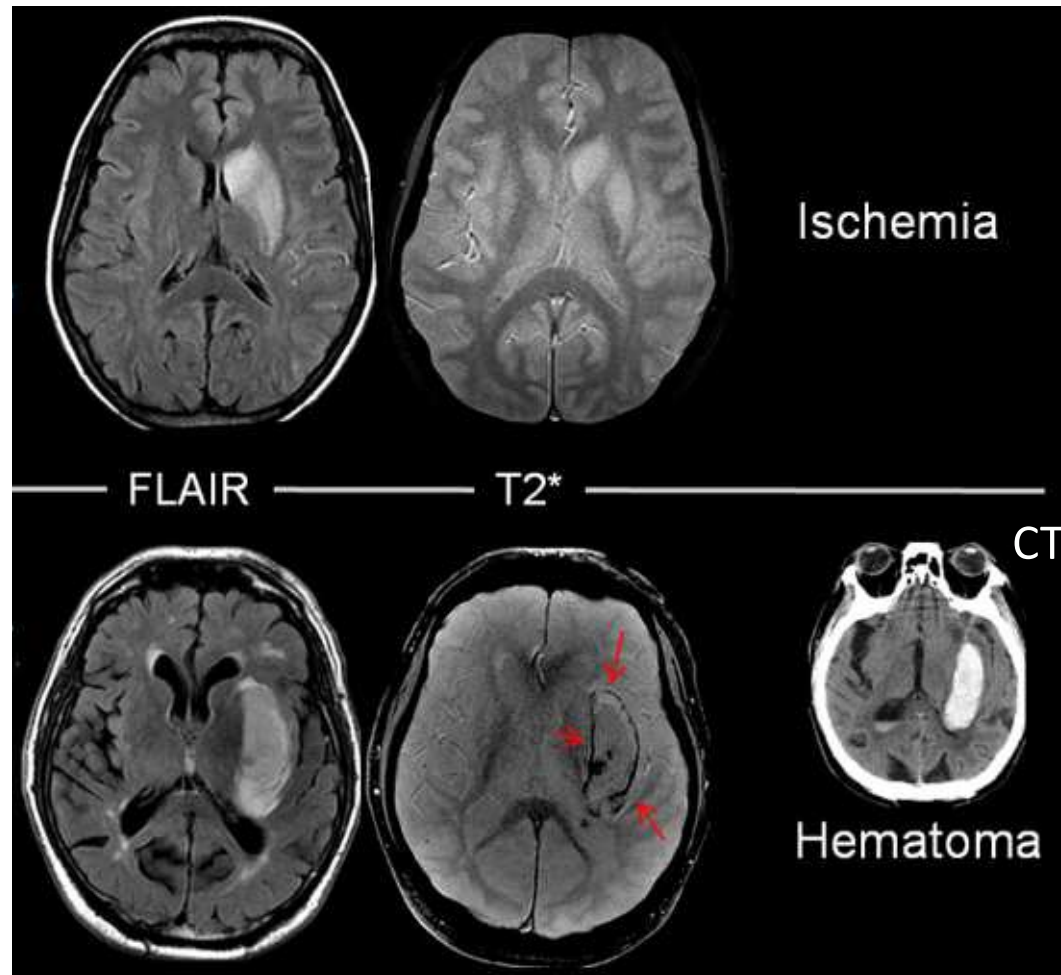


# Séquences d'acquisition

## Inversion - récupération

**FLAIR** : FLuid Attenuated Inversion Recovery

Accident  
vasculaire  
cérébral  
ischémique  
(ACM gauche)



Hématome  
profond

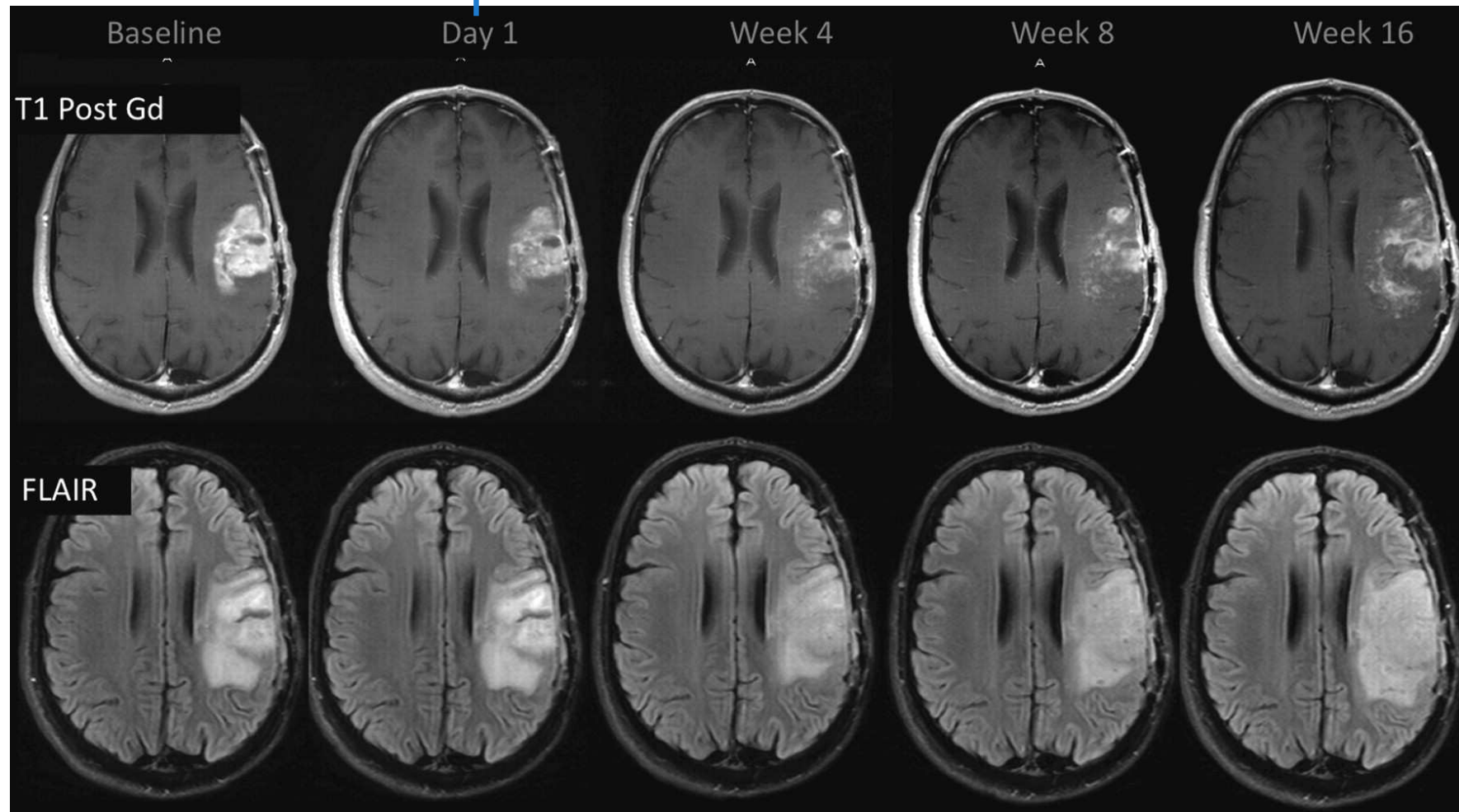
# Séquences d'acquisition

## Inversion - récupération

FLAIR : FLuid Attenuated Inversion Recovery

Homme, 47 ans glioblastome multiforme

bevacizumab



# Séquences d'acquisition



## Inversion - récupération

**FLAIR** : FLuid Attenuated Inversion Recovery

THE LANCET  
Neurology

REVIEW | VOLUME 15, ISSUE 3, P292-303, MARCH 01, 2016

### MRI criteria for the diagnosis of multiple sclerosis: MAGNIMS consensus guidelines

Prof Massimo Filippi, MD • Maria A Rocca, MD • Prof Olga Ciccarelli, PhD • Nicola De Stefano, MD • Nikos Evangelou, PhD • Prof Ludwig Kappos, MD • et al [Show all authors](#) • [Show footnotes](#)

#### Panel 2: Recommended 2016 MAGNIMS MRI criteria to establish disease dissemination in space in multiple sclerosis

Dissemination in space can be shown by involvement\* of at least two of five areas of the CNS as follows:

- Three or more periventricular lesions
- One or more infratentorial lesion
- One or more spinal cord lesion
- One or more optic nerve lesion
- One or more cortical or juxtacortical lesion†

\*If a patient has a brainstem or spinal cord syndrome, or optic neuritis, the symptomatic lesion (or lesions) are not excluded from the criteria and contribute to the lesion count. †This combined terminology indicates the involvement of the white matter next to the cortex, the involvement of the cortex, or both, thereby expanding the term juxtacortical lesion.

# Séquences d'acquisition


## Inversion - récupération

### FLAIR : FLuid Attenuated Inversion Recovery

THE LANCET  
Neurology

REVIEW | VOLUME 15, ISSUE 3, P292-303, MARCH 01, 2016

#### MRI criteria for the diagnosis of multiple sclerosis: MAGNIMS consensus guidelines

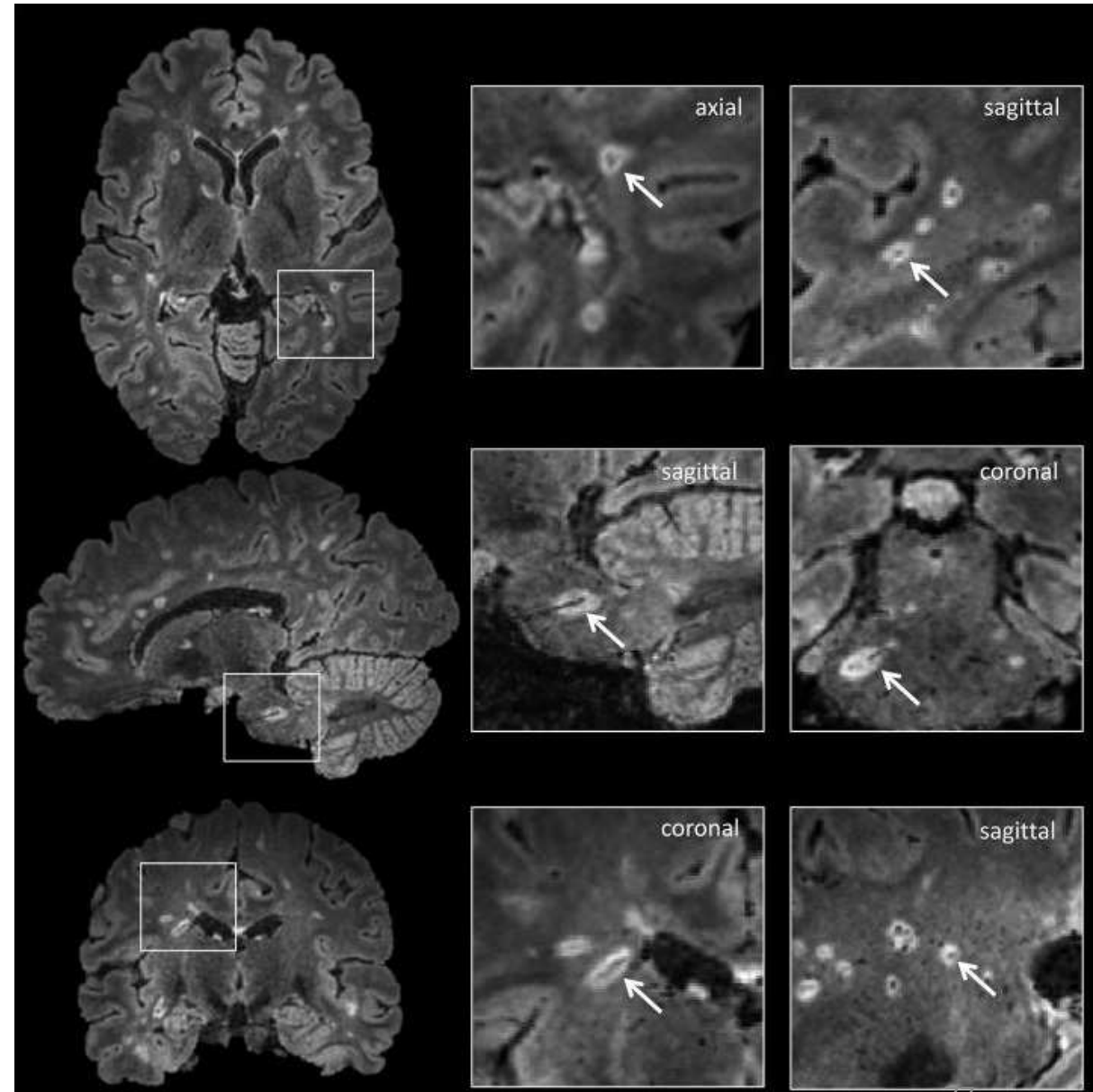
Prof Massimo Filippi, MD  Maria A Rocca, MD • Prof Olga Ciccarelli, PhD • Nicola De Stefano, MD • Nikos Evangelou, PhD • Prof Ludwig Kappos, MD • et al [Show all authors](#) • [Show footnotes](#)

Lésions corticales/juxta-corticales

Lésions sous-tentorielles

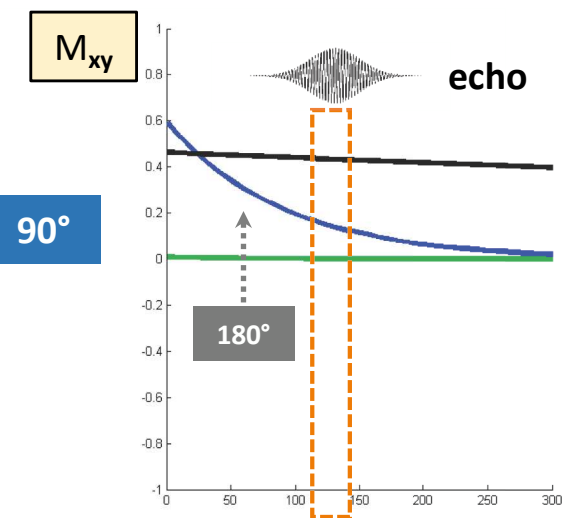
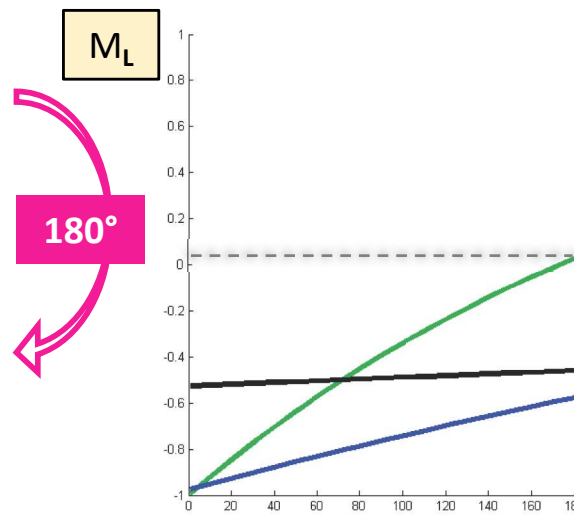
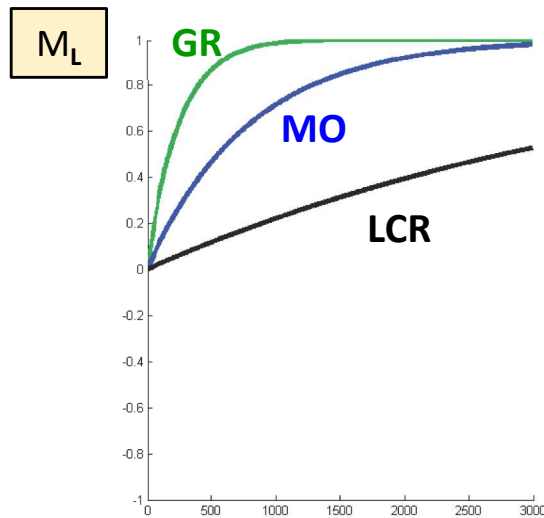
Lésions périventriculaires

Homme, 33 ans, sclérose en plaques



# Séquences d'acquisition

## Inversion - récupération STIR : Short Ti Inversion Recovery



# Séquences d'acquisition

**Inversion - récupération**  
**STIR : Short Ti Inversion Recovery**

SE T<sub>2</sub>



Sclérose en plaques

STIR



Lésion démyélinisante

# Séquences d'acquisition

**Inversion - récupération**  
**STIR : Short Ti Inversion Recovery**

Homme 56 ans, douleurs lombaires.



Hyposignal MO

Hypersignal STIR > T2

*Salinas et al. ECR 2017*

# Séquences d'acquisition

**Inversion - récupération**  
**STIR : Short Ti Inversion Recovery**

Abcès intraduraux et péri-duraux



Hyposignal T1

T1 Gd

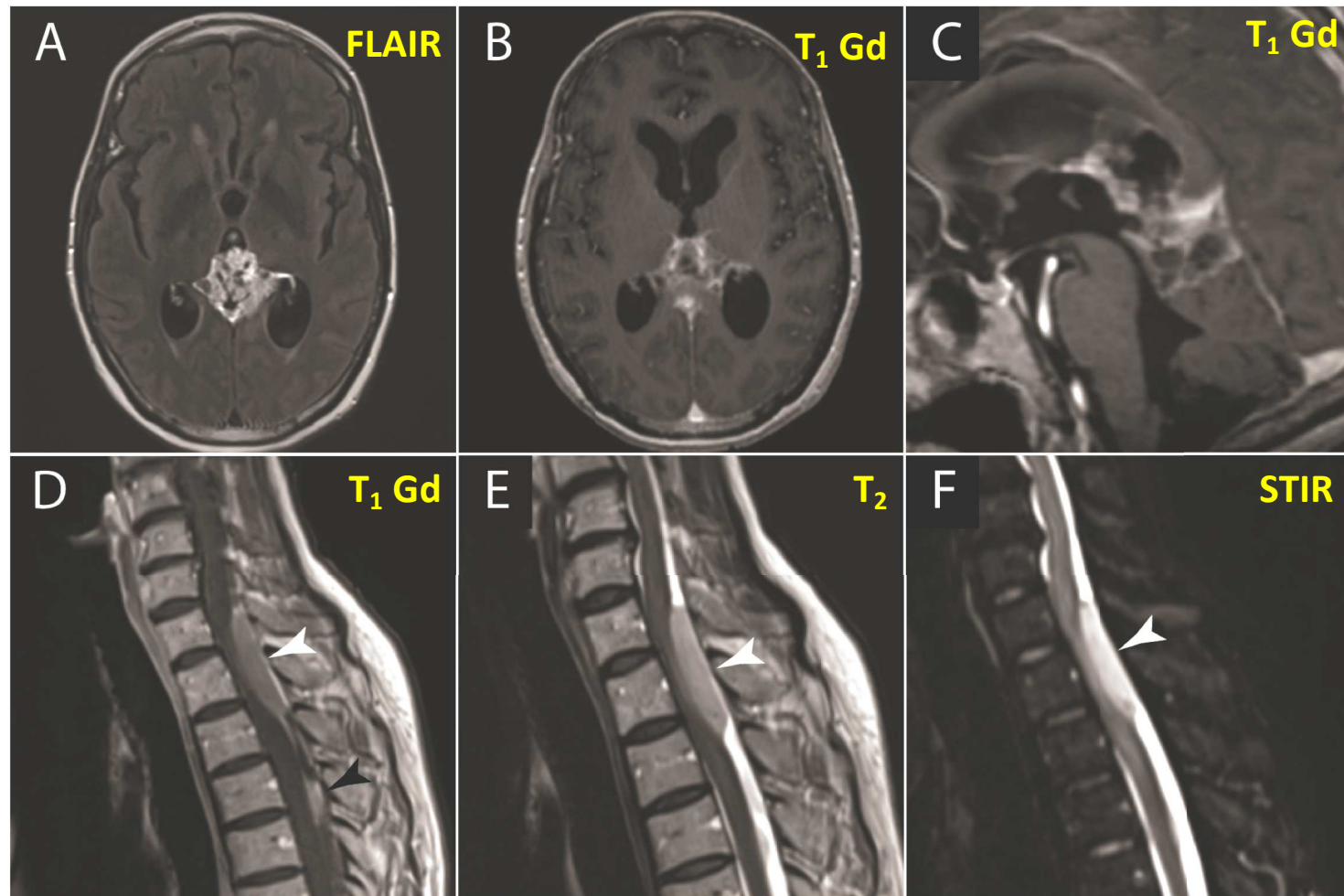
Hypersignal T2, STIR *Salinas et al. ECR 2017*



# Séquences d'acquisition

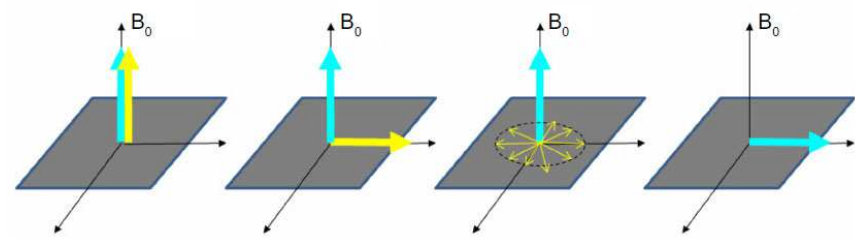
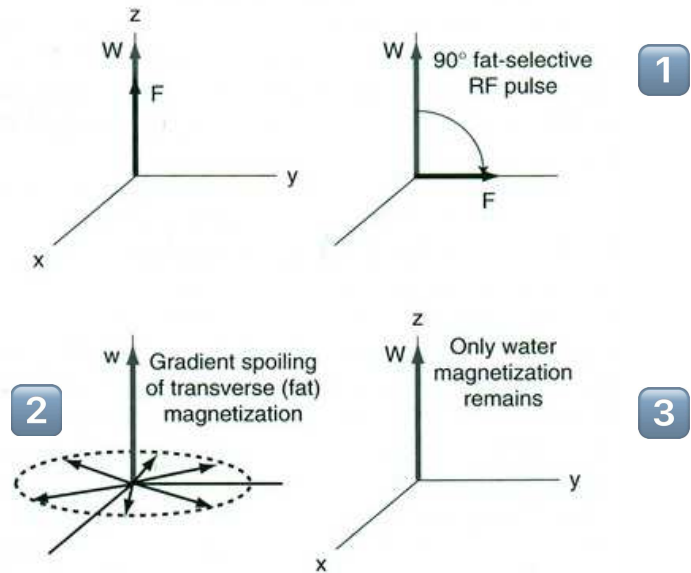
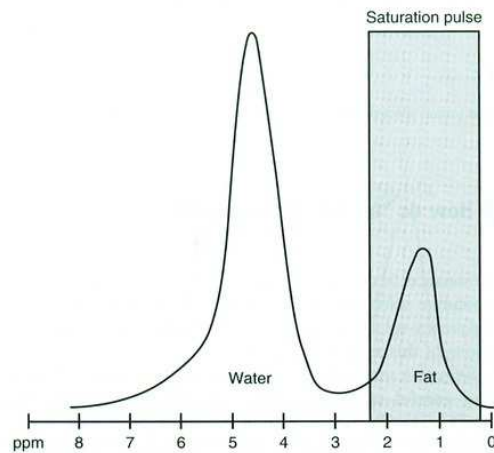
**Inversion - récupération**  
**STIR : Short Ti Inversion Recovery**

Femme, 49 ans, paraparésie subaiguë associée à une névralgie cervicobrachiale bilatérale intense



# Séquences d'acquisition

## Techniques de saturation FAT-SAT



# Séquences d'acquisition

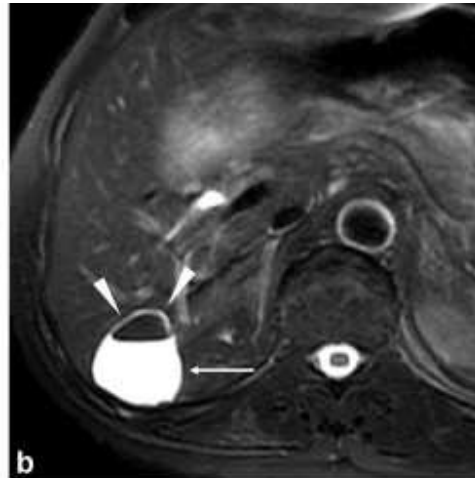
Techniques de saturation  
FAT-SAT

Kyste hydatique

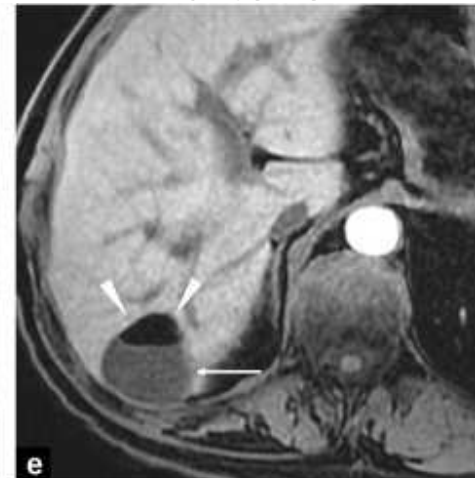
T<sub>2</sub>



T<sub>2</sub> FAT SAT



T<sub>1</sub> FAT SAT Gd  
artériel



T<sub>1</sub> FAT SAT Gd  
portal



Fluide: hypersignal T<sub>2</sub> et T<sub>2</sub> FAT-SAT

Graisse: hypersignal T<sub>2</sub> hyposignal T<sub>2</sub> FAT-SAT

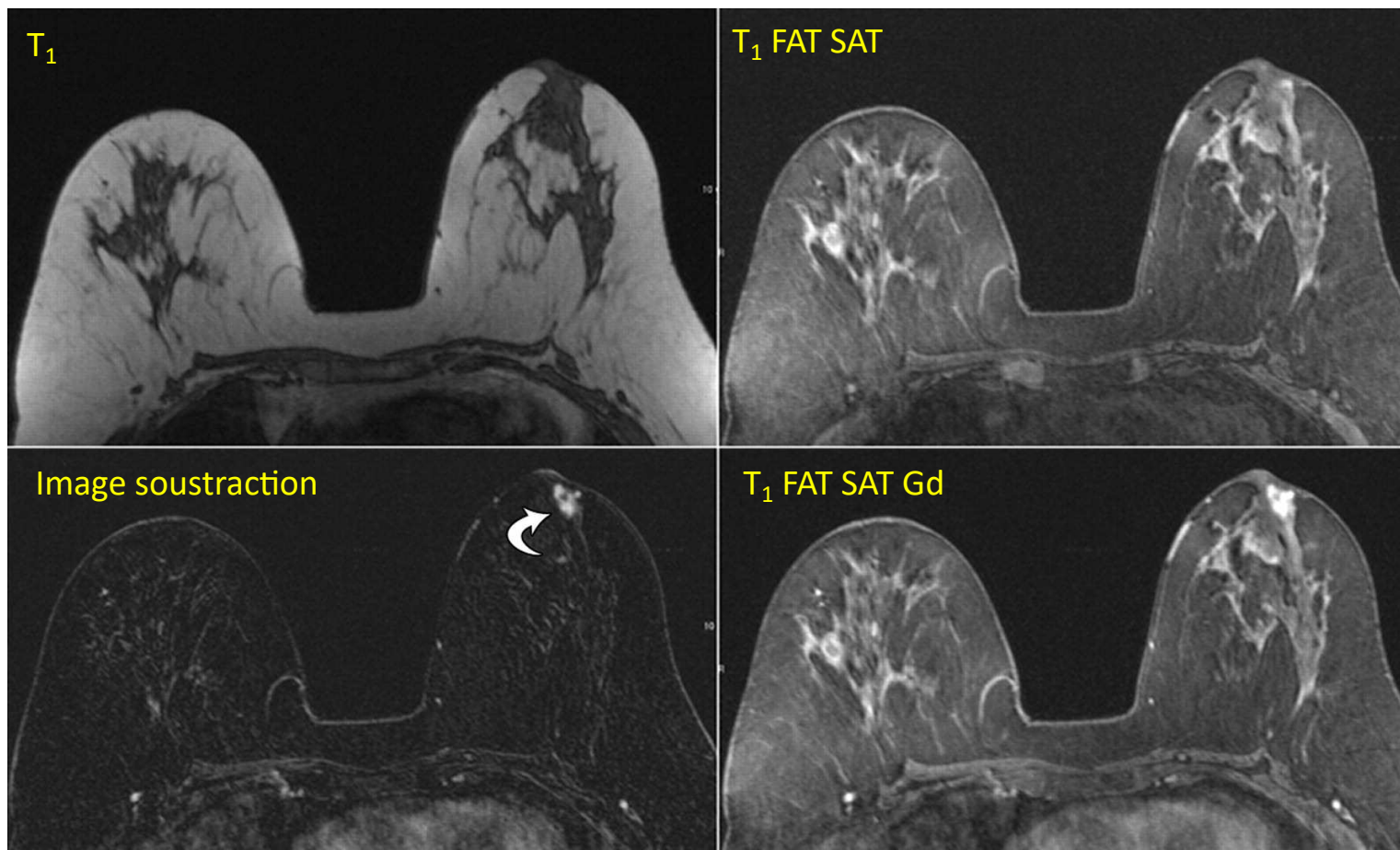
Pas d'absorption après Gd

*Tekath et al. Diag Interv Imaging 2015*

# Séquences d'acquisition

## Techniques de saturation FAT-SAT

Femme 55 ans carcinome canalaire *in situ* sein droit

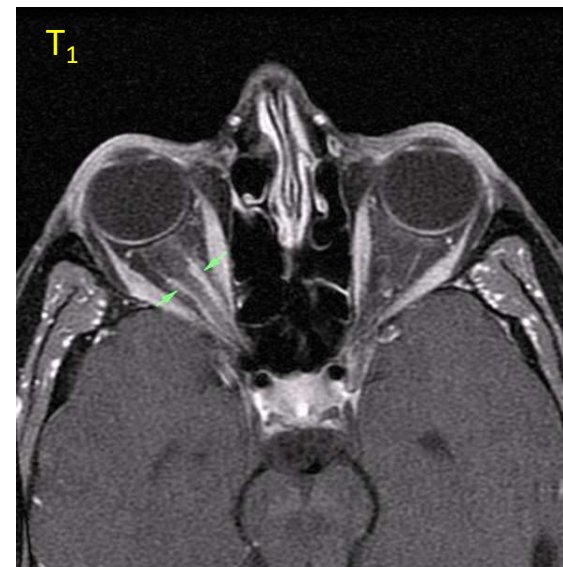
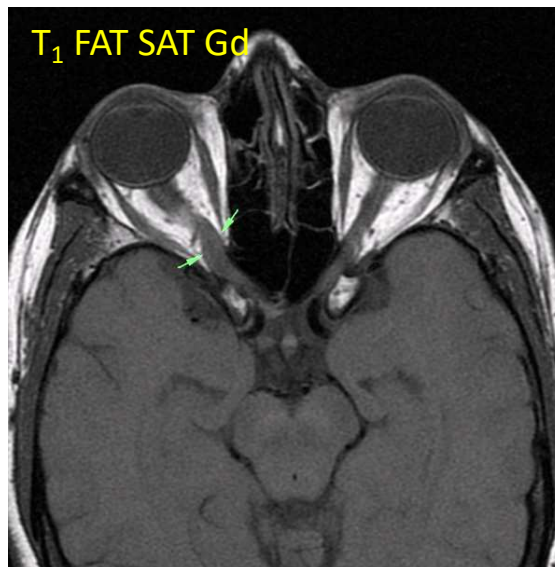
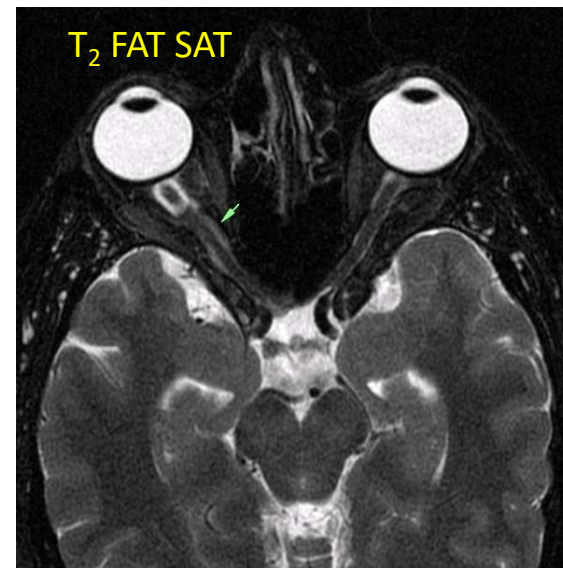
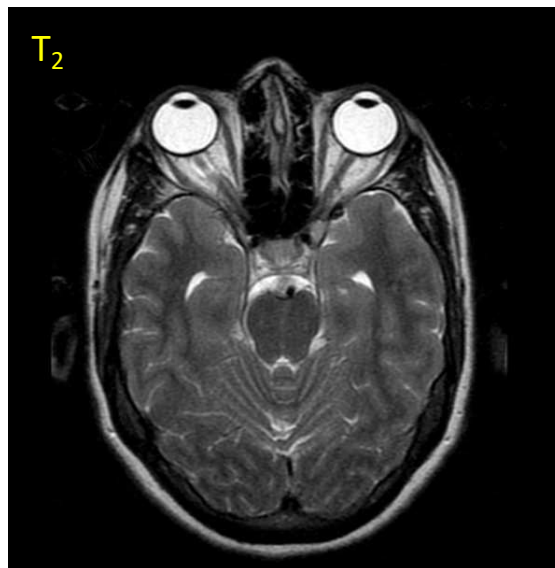


Daly et al. AJR 2008

# Séquences d'acquisition

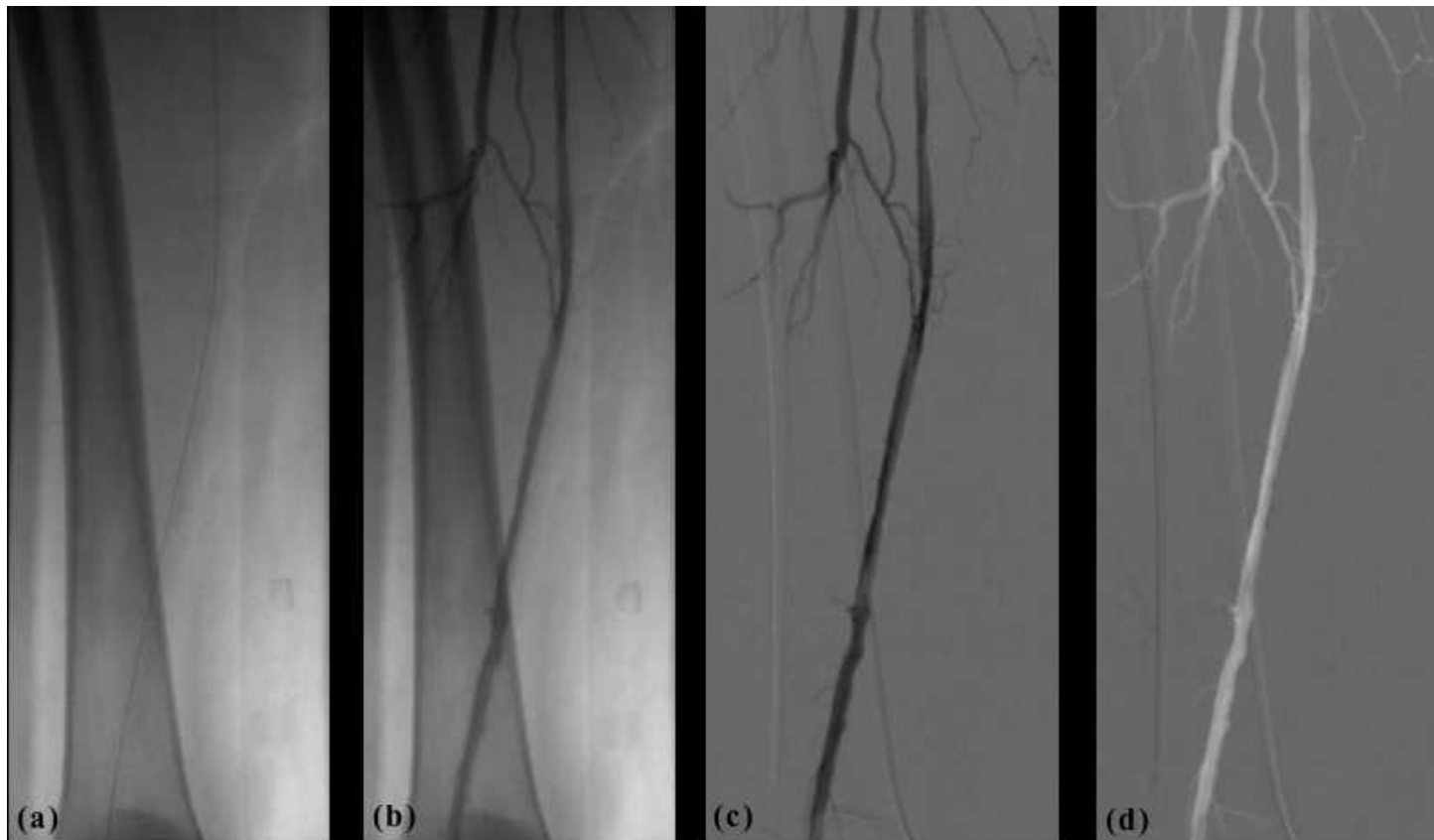
Techniques de saturation  
FAT-SAT

Méningiome nerf optique



# Séquences d'acquisition

## Angiographie IRM Contraste



(a) CT standard

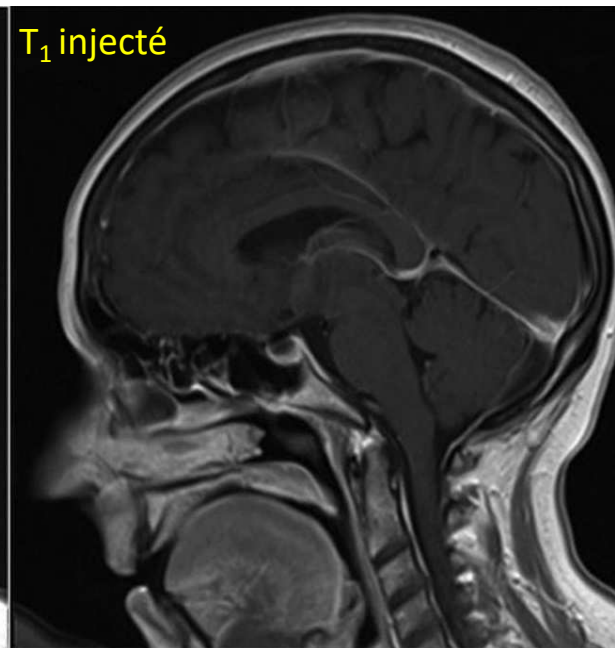
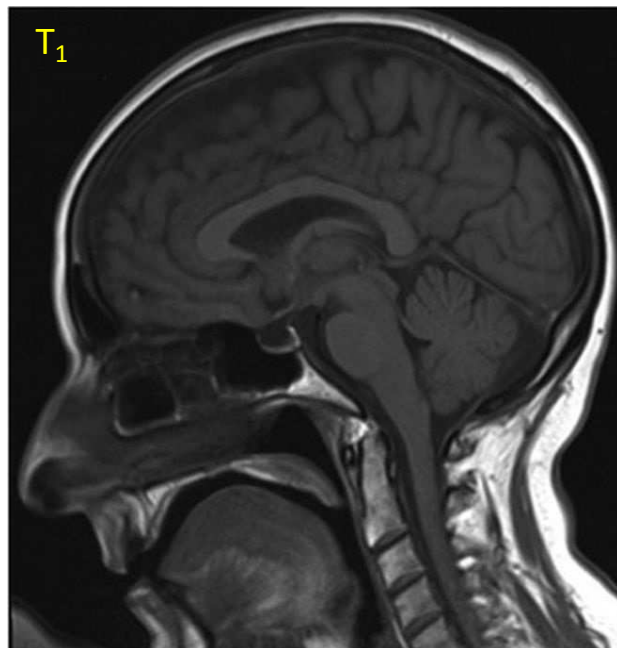
(b) opacification du  
réseau artériel  
fémoral

(c) image de soustraction

(d) idem en négatif

# Séquences d'acquisition

## Angiographie IRM Contraste



Currie et al. Postgrad Med J 2013

Injection au temps veineux

# Séquences d'acquisition

## Angiographie IRM Contraste

ARM dynamique :

[http://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/4833459\\_orig.gif](http://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/4833459_orig.gif)

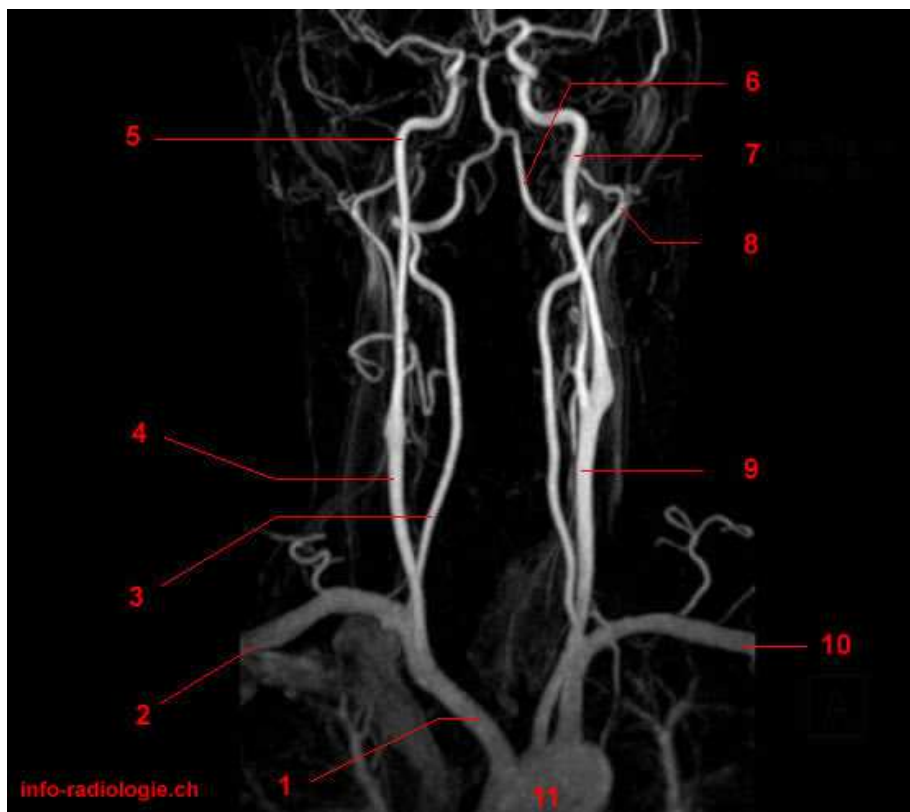




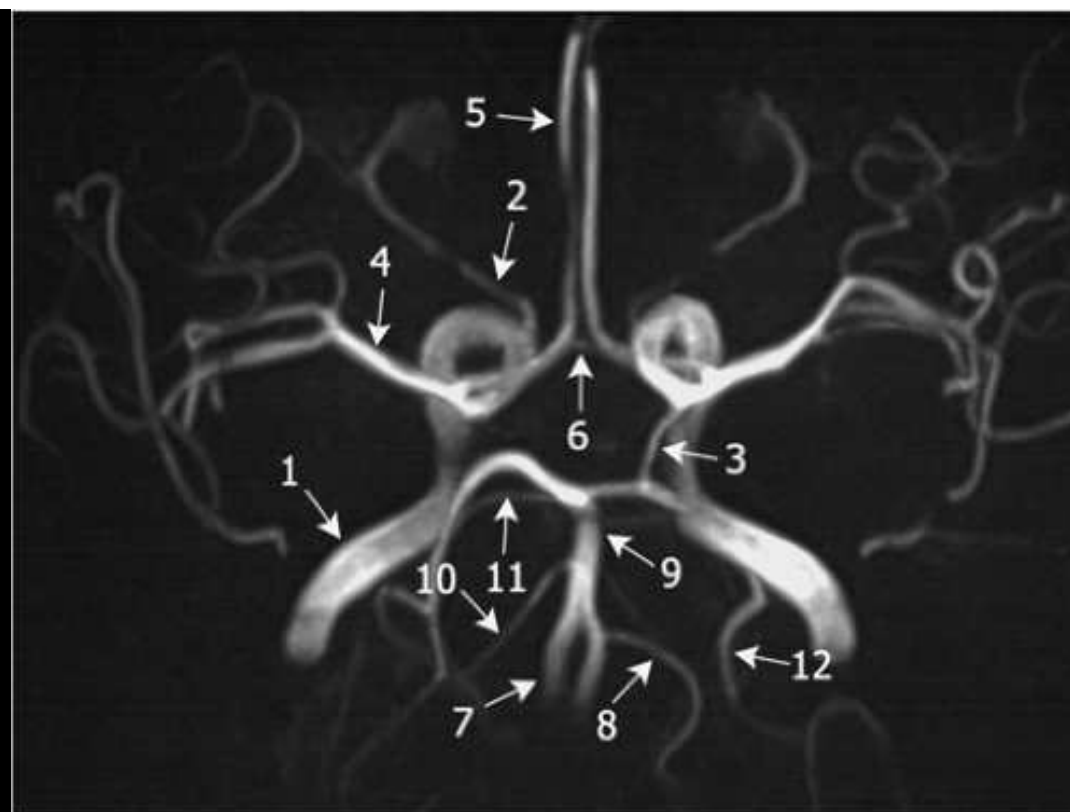
# Séquences d'acquisition

## Angiographie IRM Contraste

ARM des troncs supra-aortiques

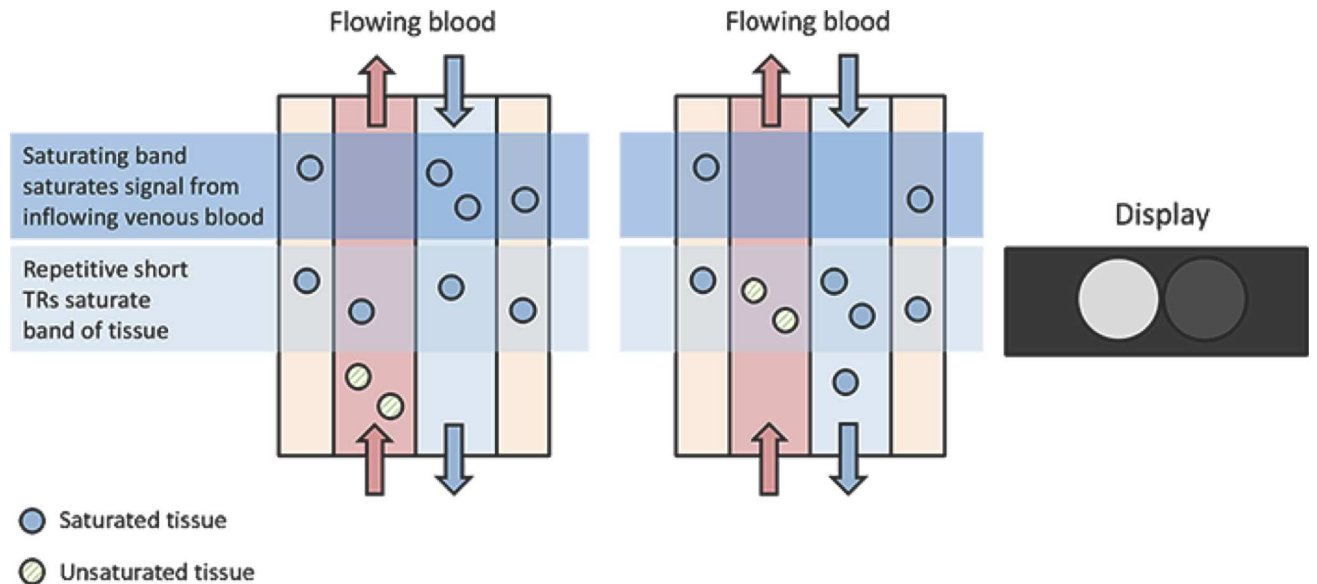
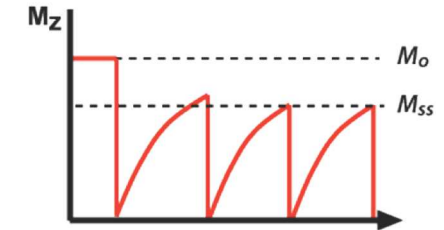
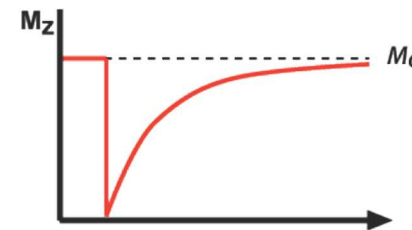
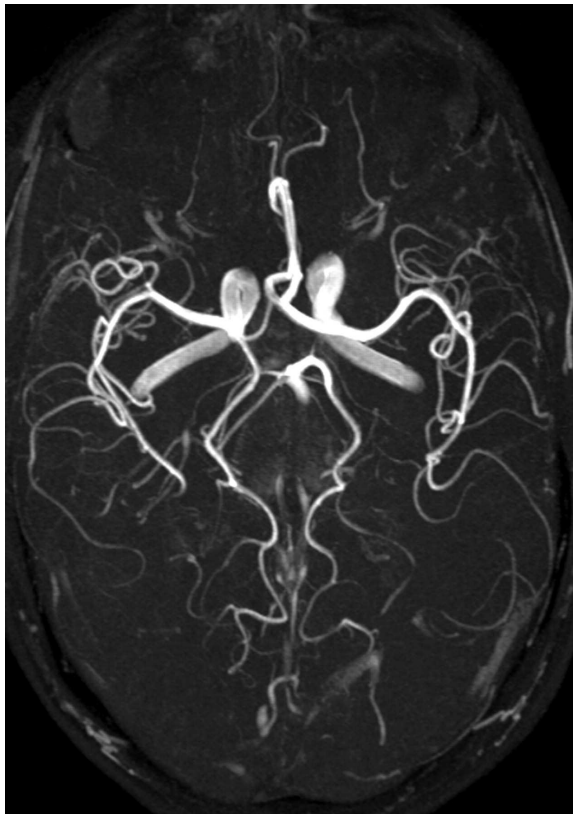


ARM du polygone de Willis



# Séquences d'acquisition

## Angiographie IRM TOF (time of flight)



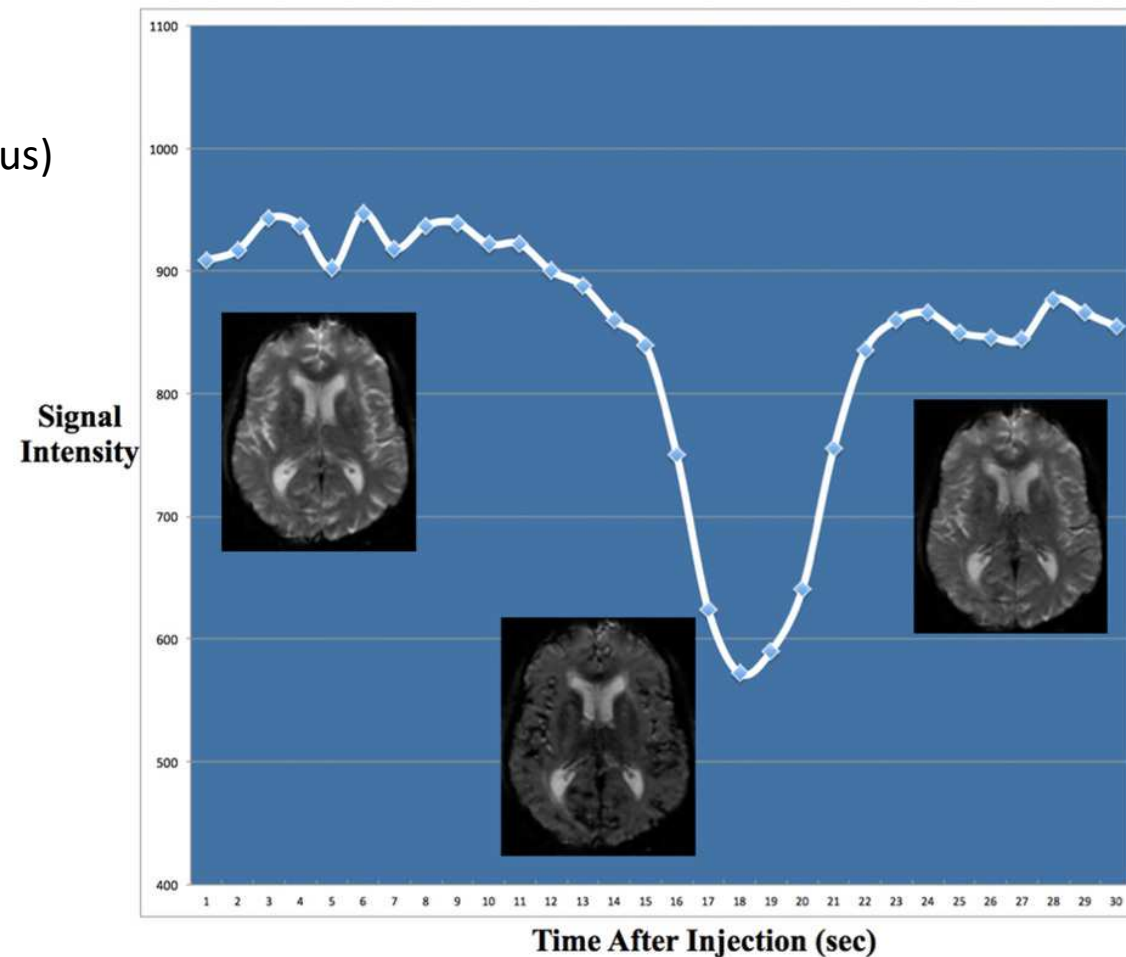
# Séquences d'acquisition

IRM de perfusion  
Contraste

DSC (dynamic susceptibility contrast, T<sub>2</sub>)

chute du signal en pondération T2\*

Gd forte concentration (bolus)



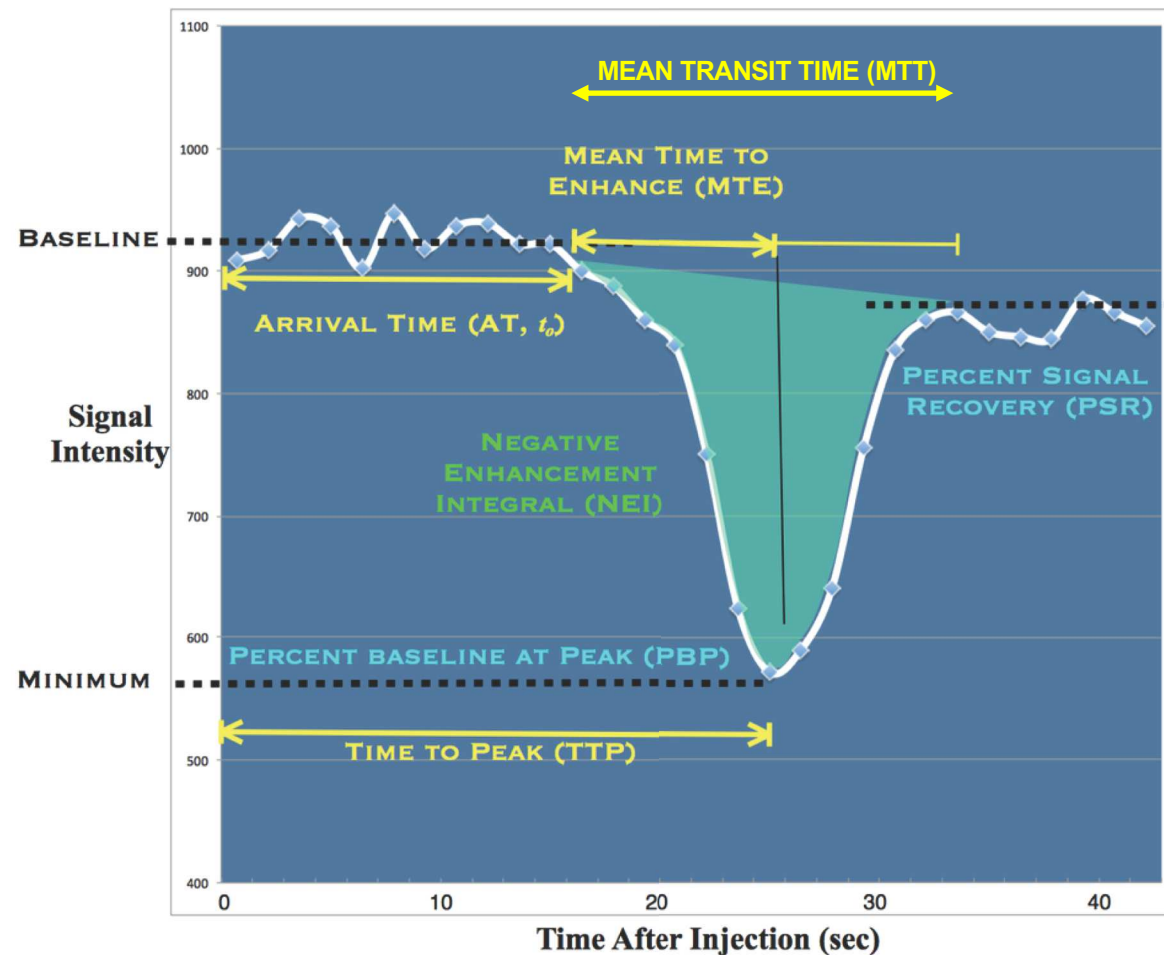
# Séquences d'acquisition

**IRM de perfusion  
Contraste  
DSC (dynamic susceptibility contrast, T<sub>2</sub>)**

Obtention d'images paramétriques

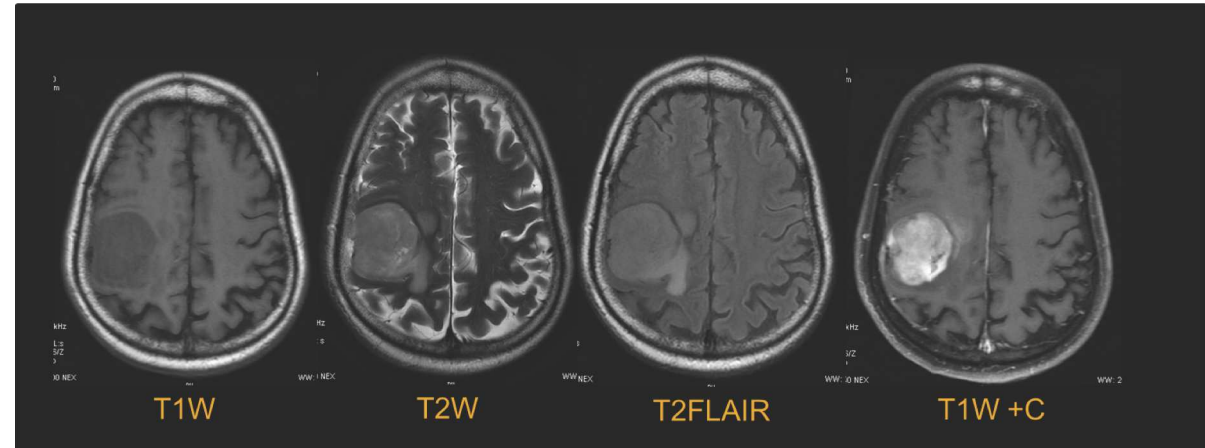
NEI → rCBV

NEI/MTT → rCBF

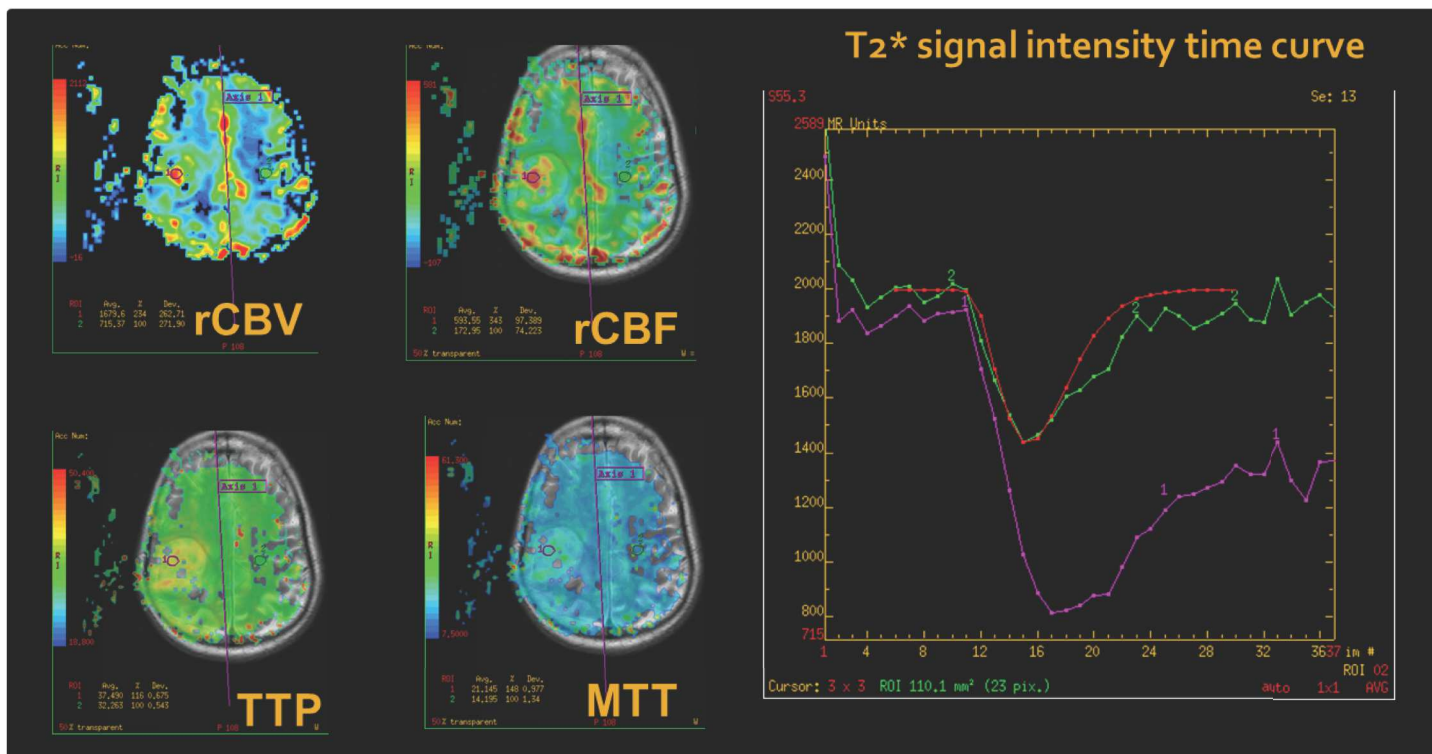


# Séquences d'acquisition

**IRM de perfusion**  
**Contraste**  
**DSC (dynamic susceptibility contrast, T<sub>2</sub>)**



Udare et al. ECR 2014

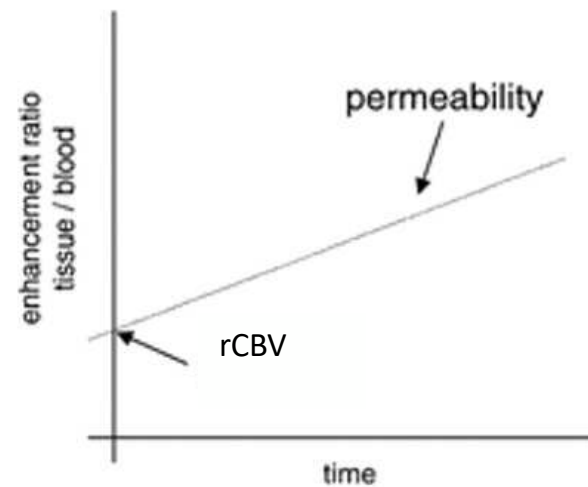
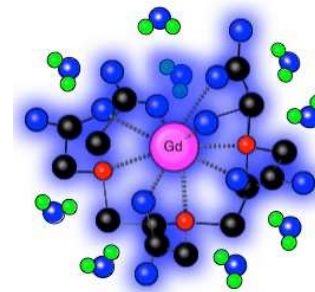
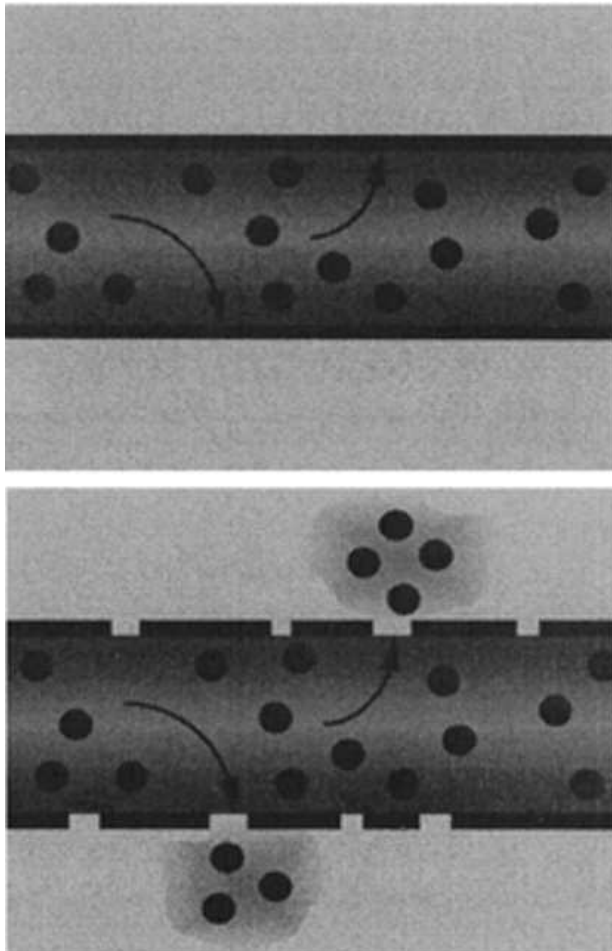


↑ rCBV (2,34:1)  
↑ rCBF (3,43:1)  
légère élévation du  
TTP et MTT

# Séquences d'acquisition

## IRM de perfusion Contraste

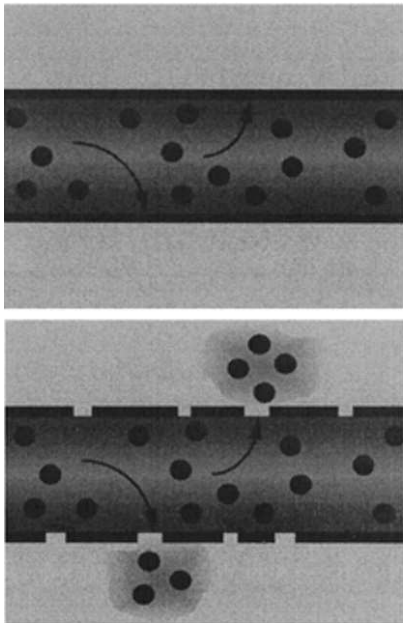
DCE (dynamic contrast enhanced,  $T_1$ )



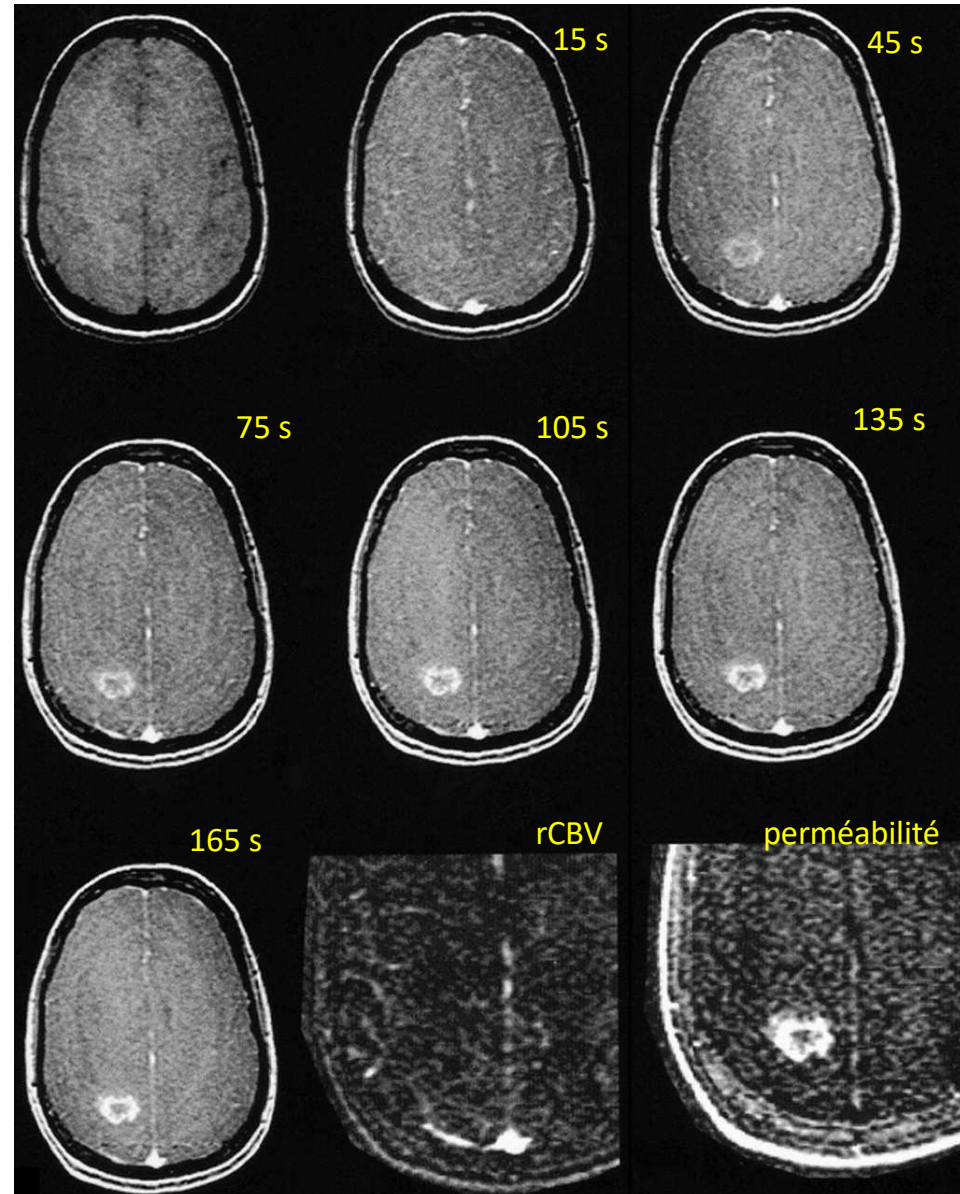
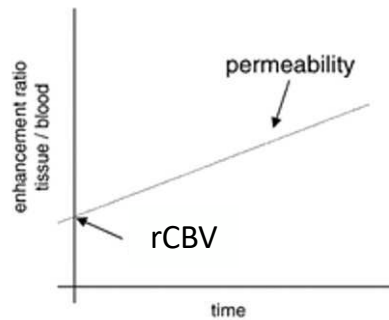
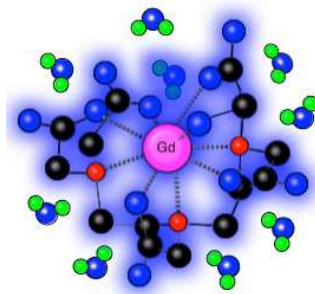
# Séquences d'acquisition

glioblastome multiforme de grade 4

**IRM de perfusion**  
**Contraste**  
DCE (dynamic contrast enhanced , T<sub>1</sub>)



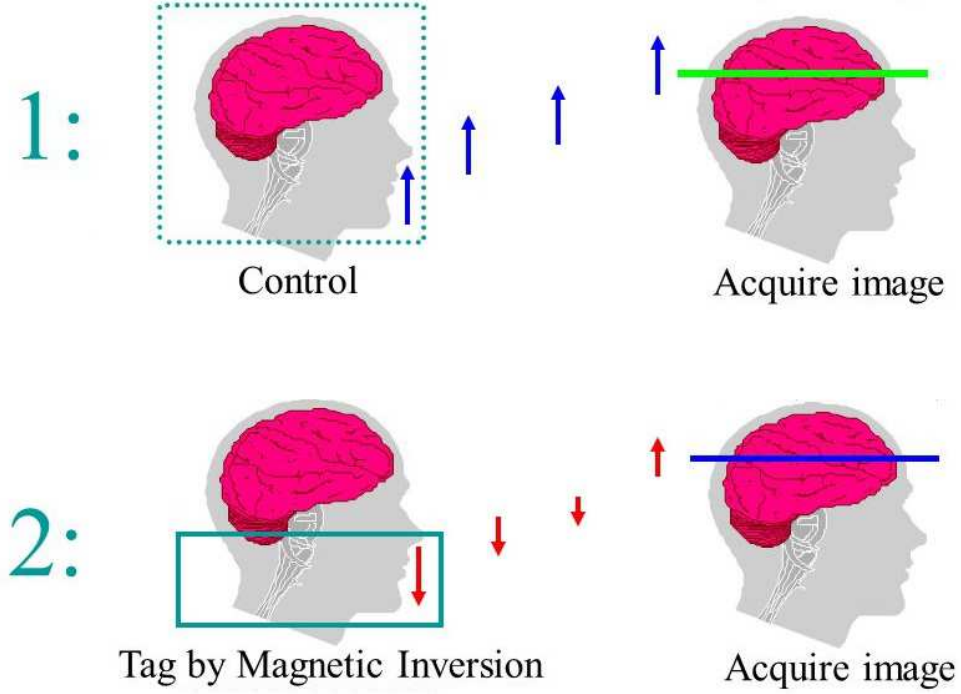
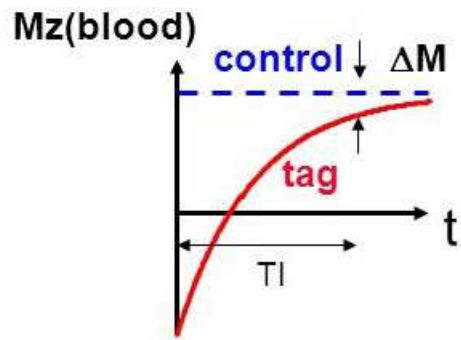
Roberts et al. AJNR 2000



# Séquences d'acquisition

## IRM de perfusion ASL (arterial spin labeling)

Principe global



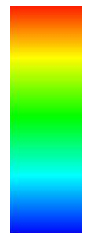
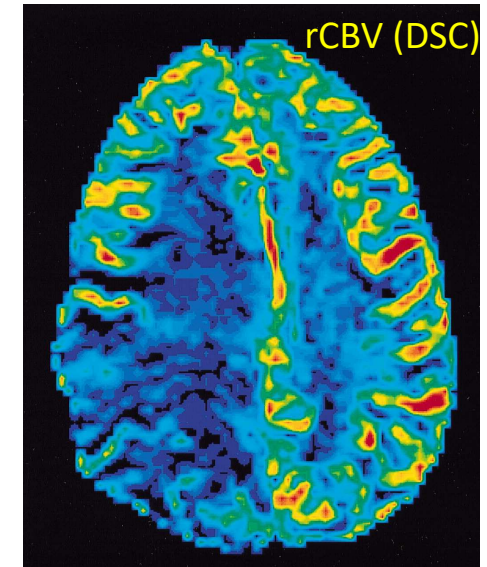
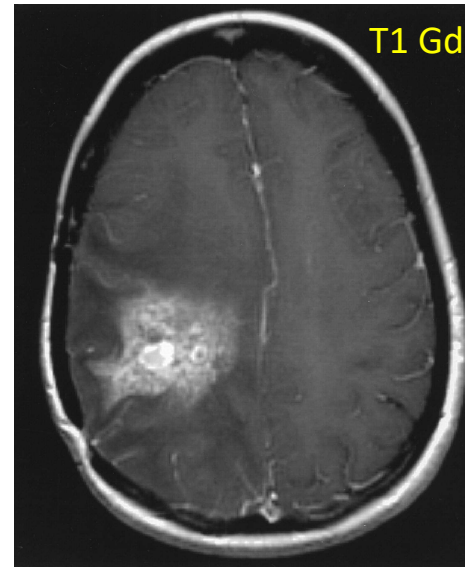


# Séquences d'acquisition

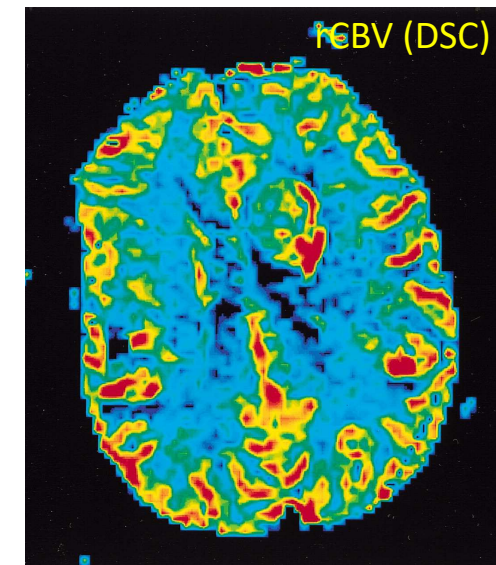
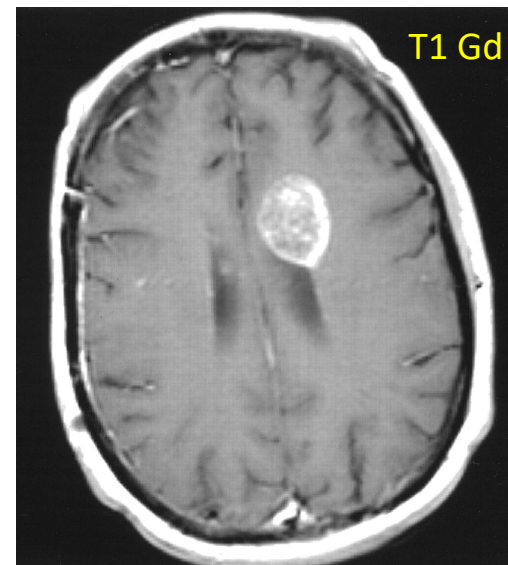
## IRM de perfusion Applications

Femme 24 ans, néoplasme cérébral de haut grade (épendymome anaplasique) traité.

La biopsie a révélé une nécrose frontopariétale droite par radiation.



Femme 29 ans, astrocytome de haut grade traité. La biopsie a révélé une tumeur dans la substance blanche périventriculaire du lobe frontal gauche.

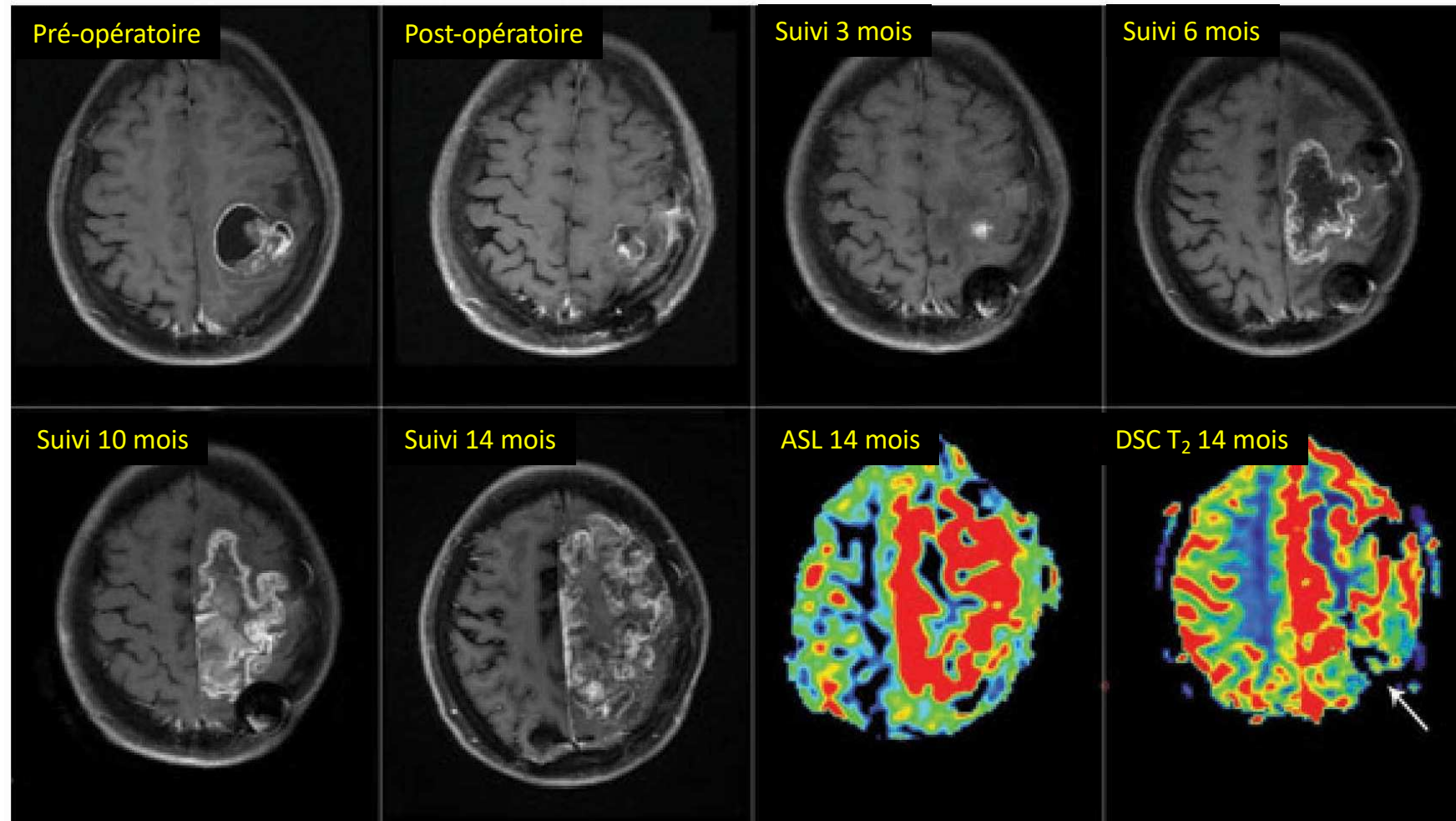


*Petrella et al. AJR 2000*

# Séquences d'acquisition

## IRM de perfusion Applications

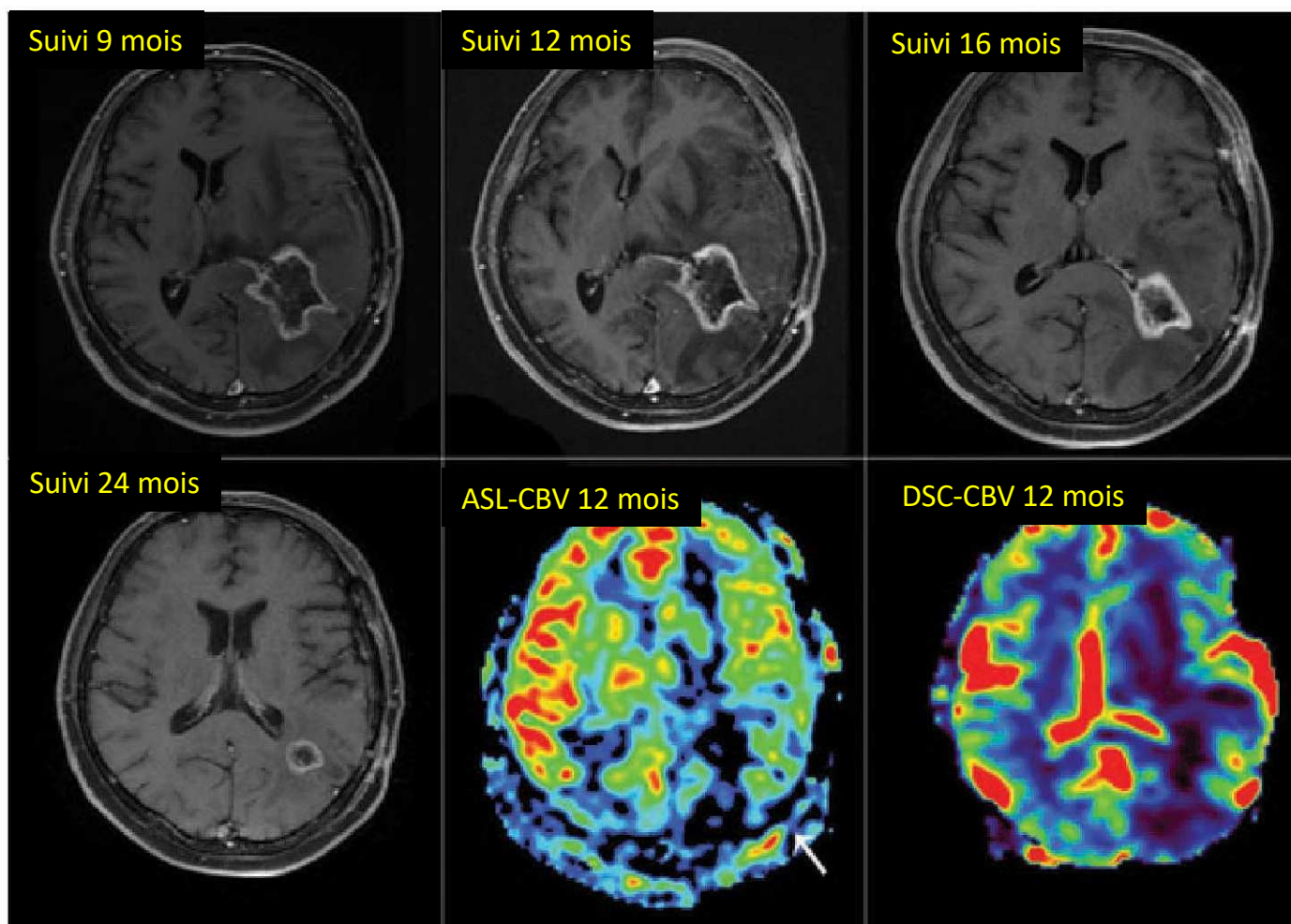
Homme 54 ans, glioblastomes. Images  $T_1$



# Séquences d'acquisition

## IRM de perfusion Applications

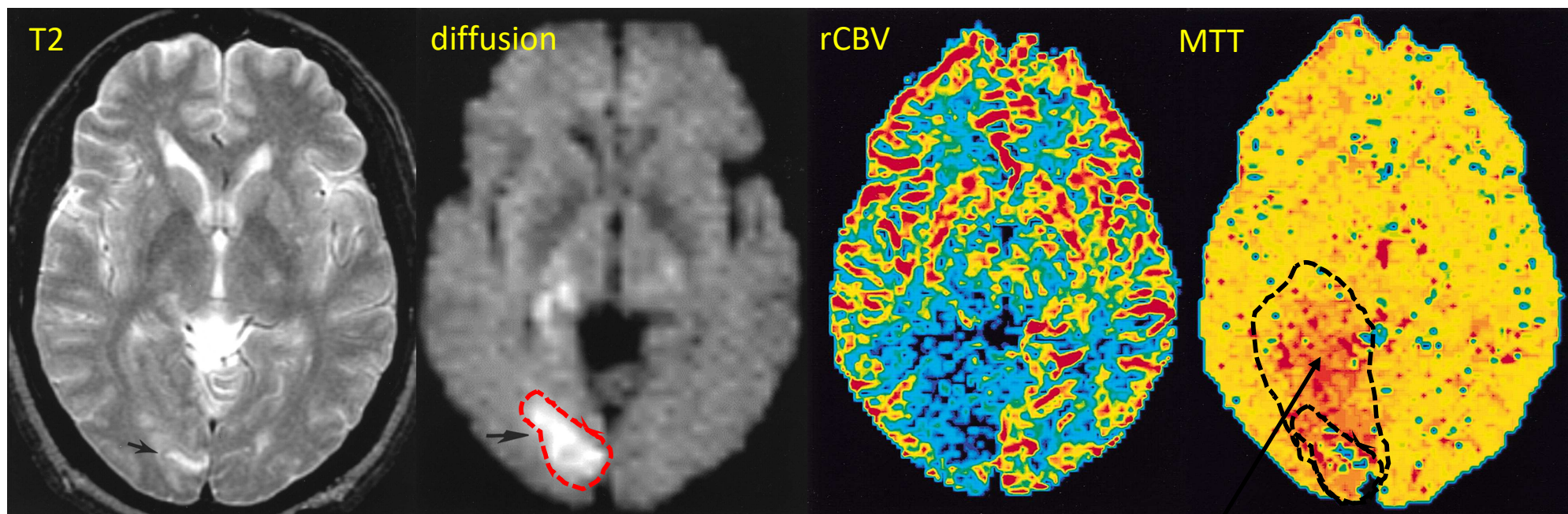
Homme 37 ans glioblastome multiforme  
Images postopératoires T1



# Séquences d'acquisition

## IRM de perfusion Applications

Homme 43 ans hémianopsie AVC ischémique

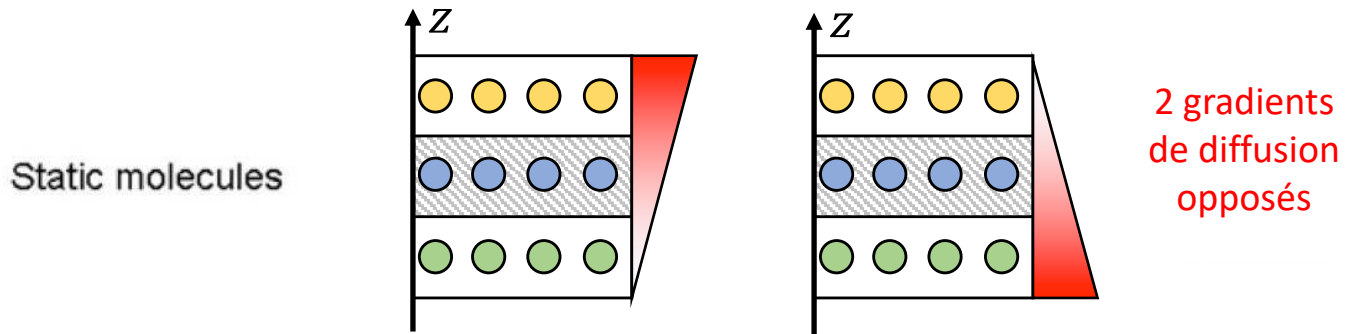
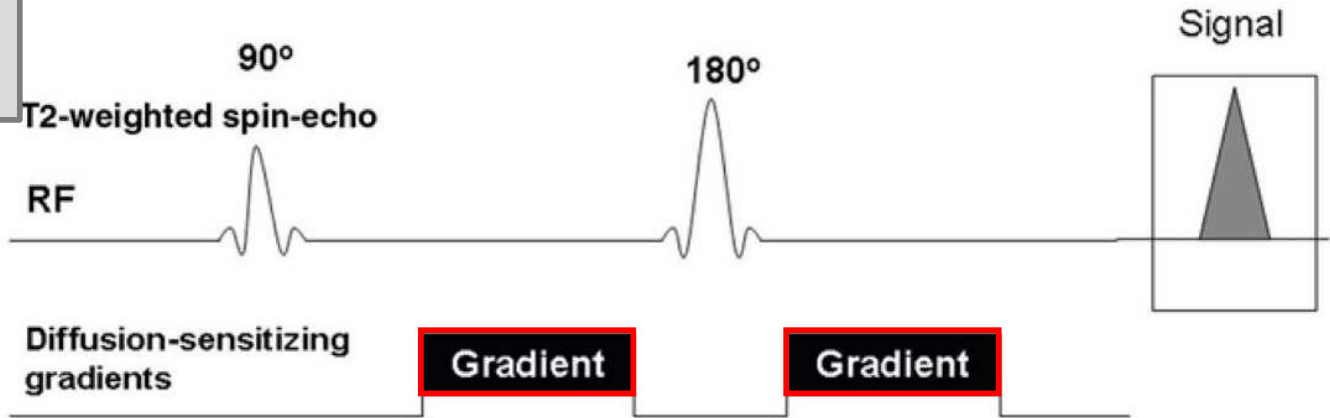
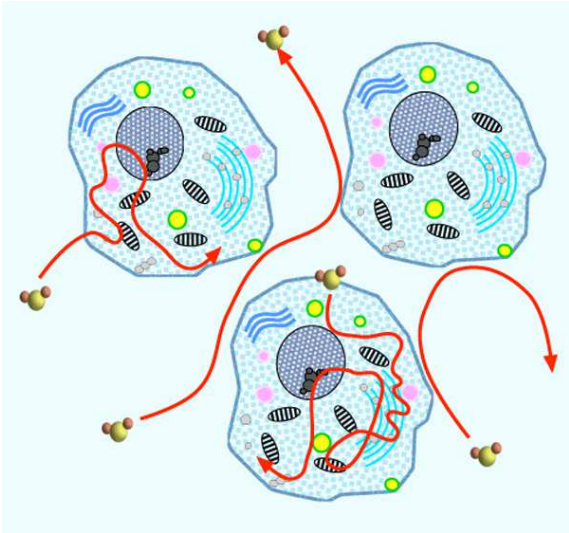


*Petrella et al. AJR 2000*

Pénombre ischémique

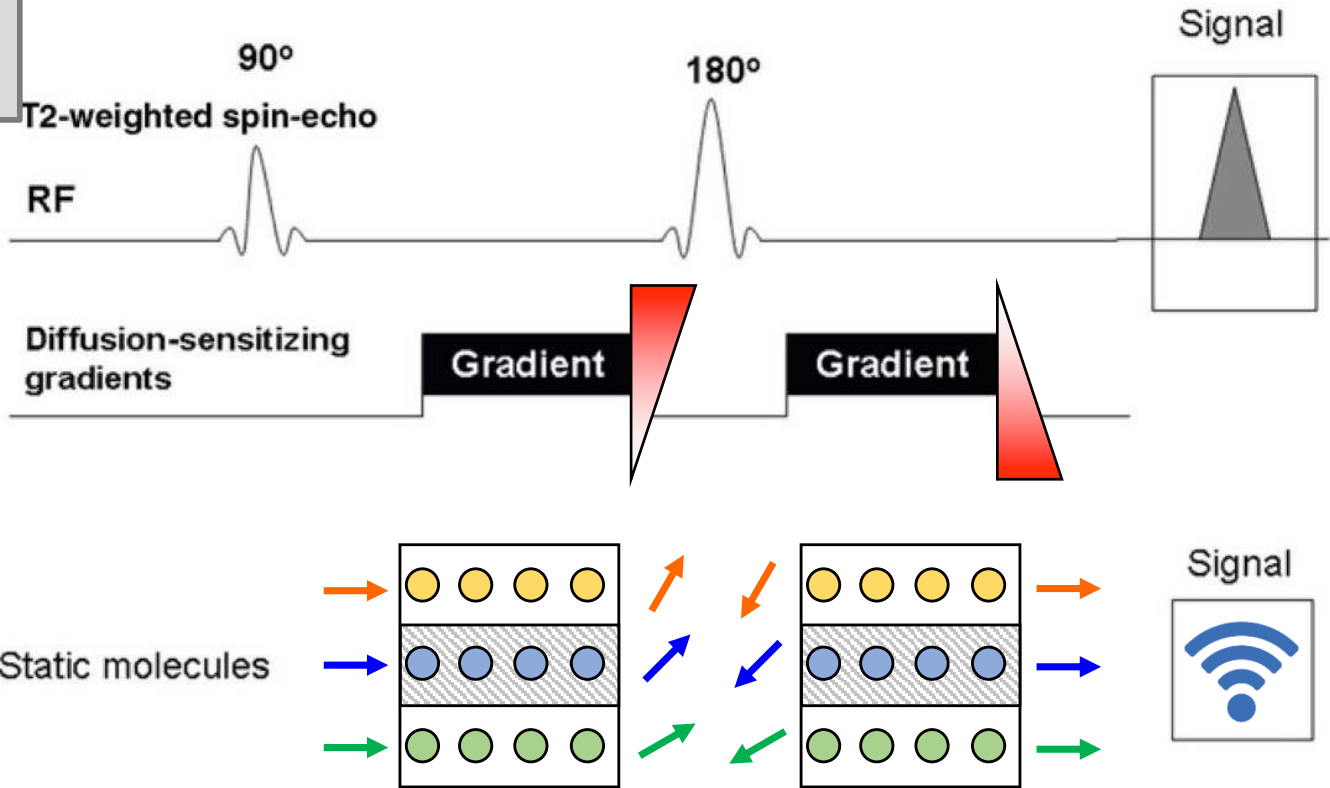
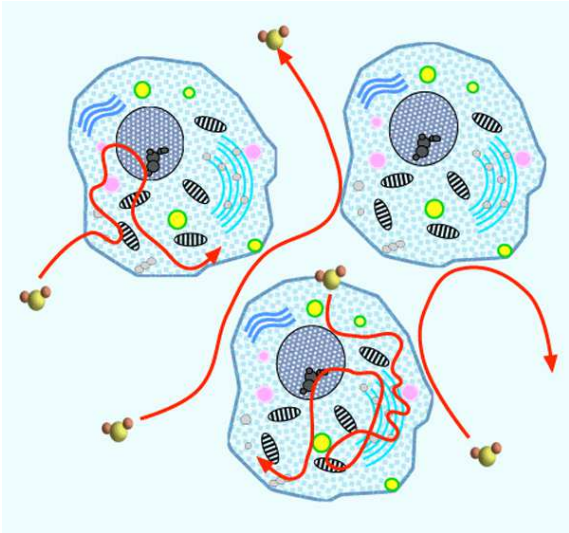
# Séquences d'acquisition

**IRM de diffusion**  
DWI (Diffusion Weighted Imaging,  $T_2$ )



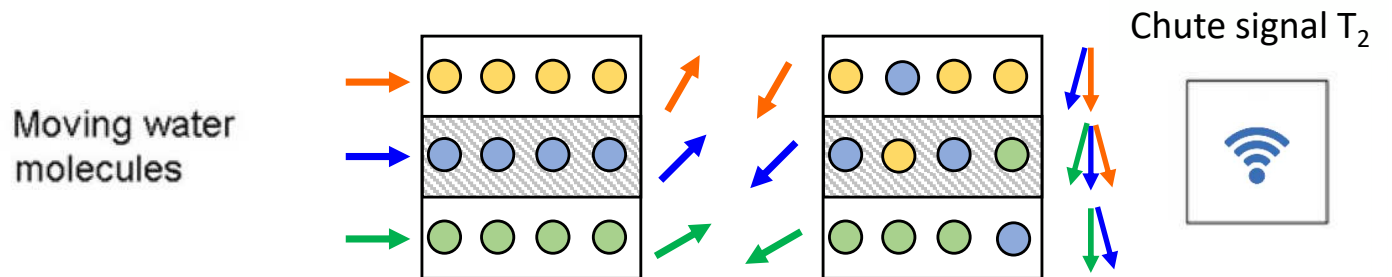
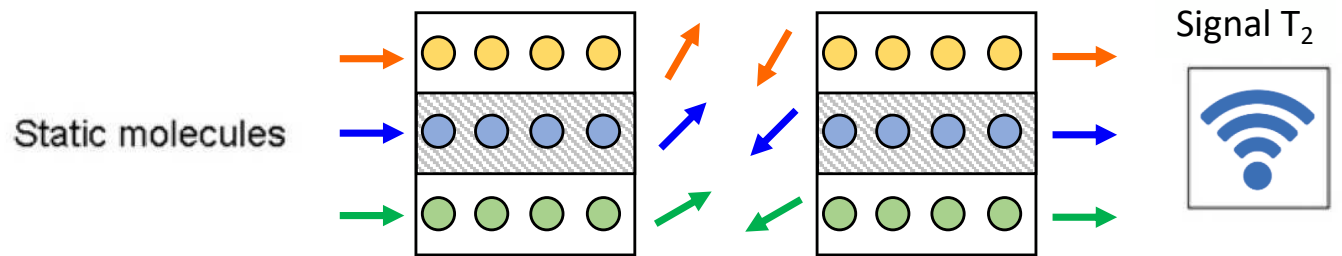
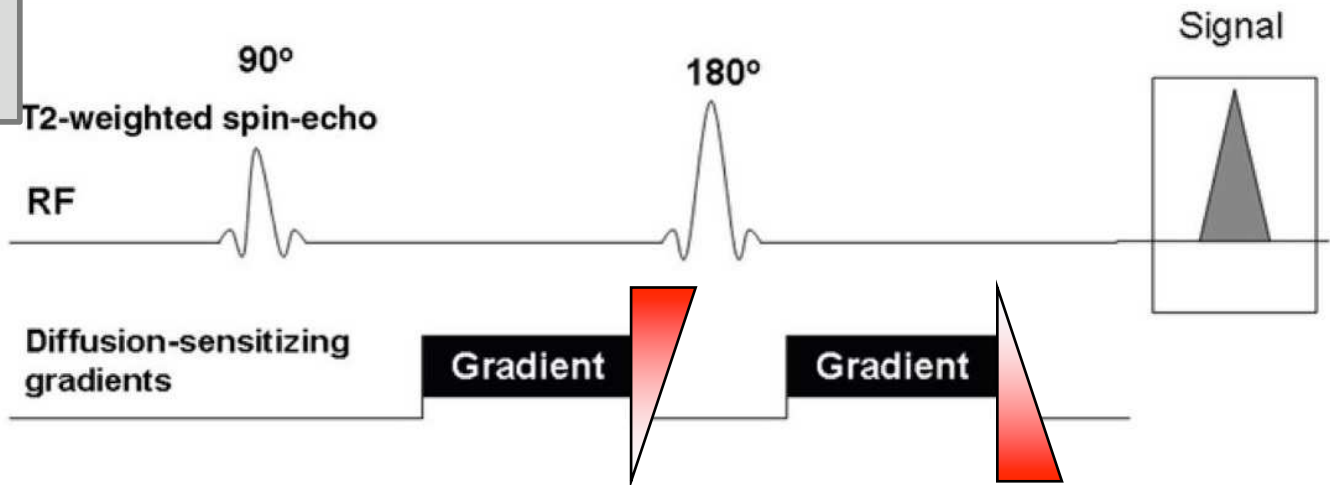
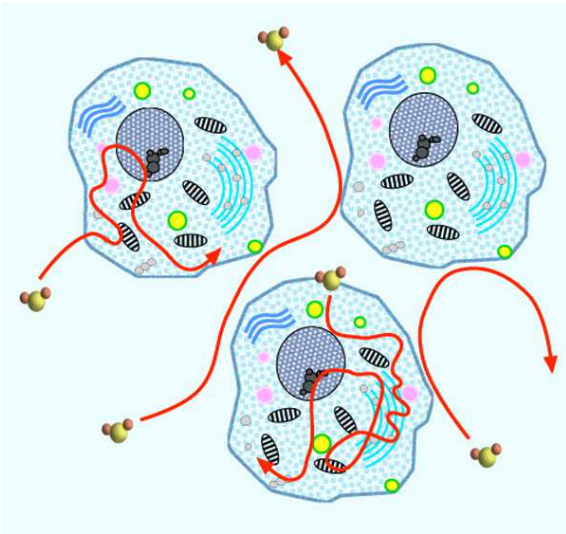
# Séquences d'acquisition

**IRM de diffusion**  
DWI (Diffusion Weighted Imaging,  $T_2$ )



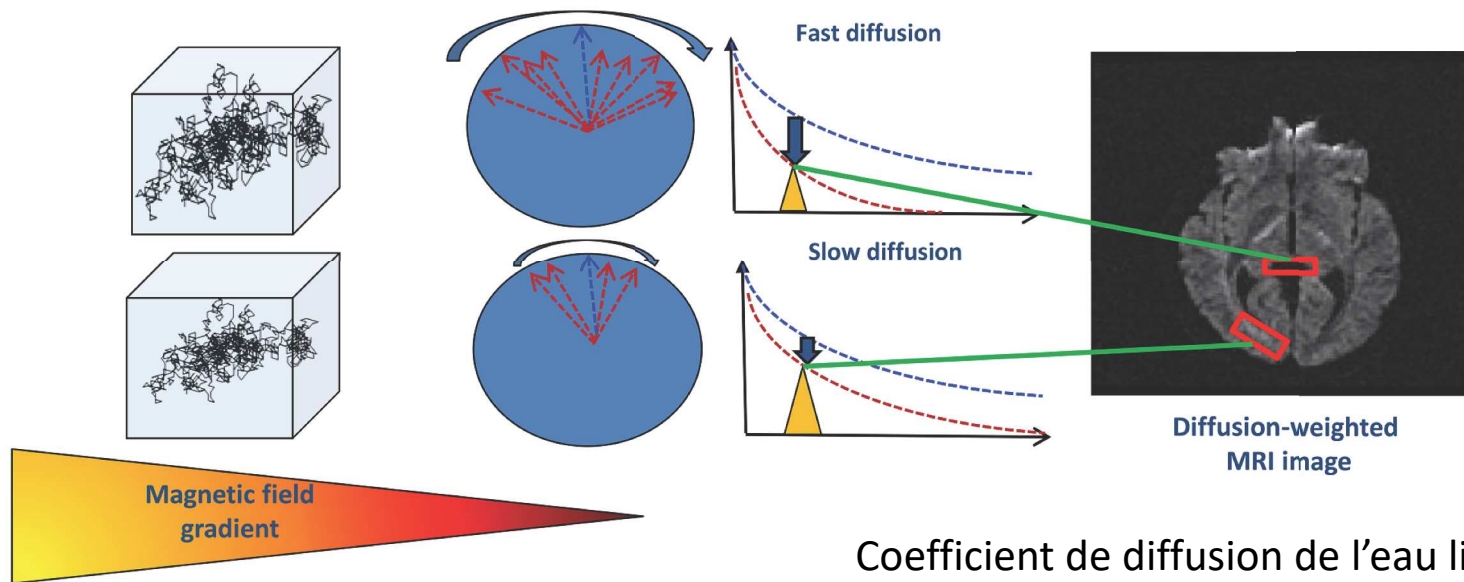
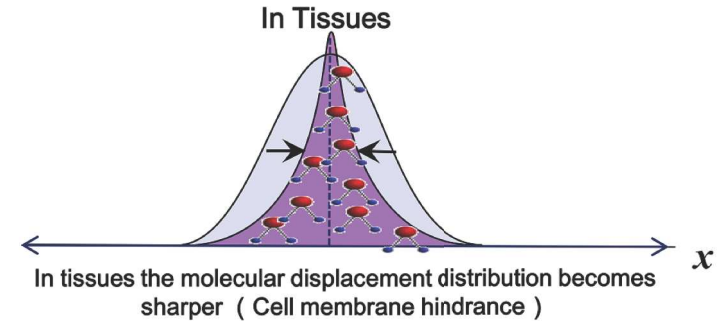
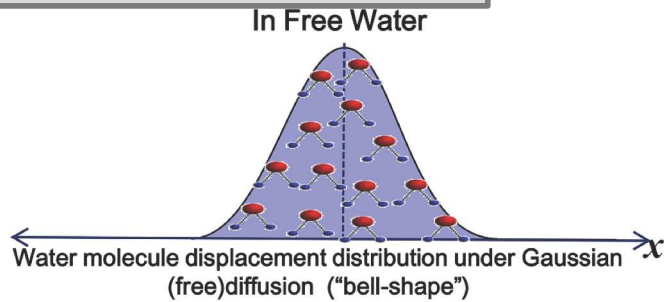
# Séquences d'acquisition

**IRM de diffusion**  
DWI (Diffusion Weighted Imaging,  $T_2$ )



# Séquences d'acquisition

## IRM de diffusion DWI (Diffusion Weighted Imaging, $T_2$ )



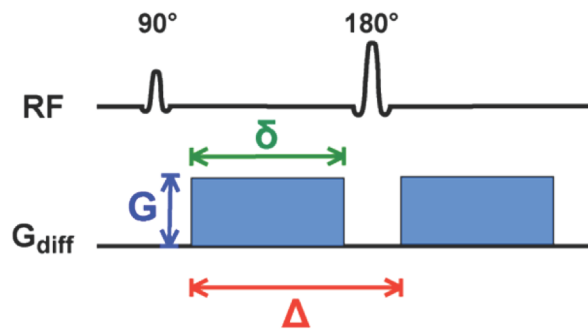
Coefficient de diffusion de l'eau libre à 37°C est de l'ordre de  $3 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$

Le Bihan et al. Plos One 2015



# Séquences d'acquisition

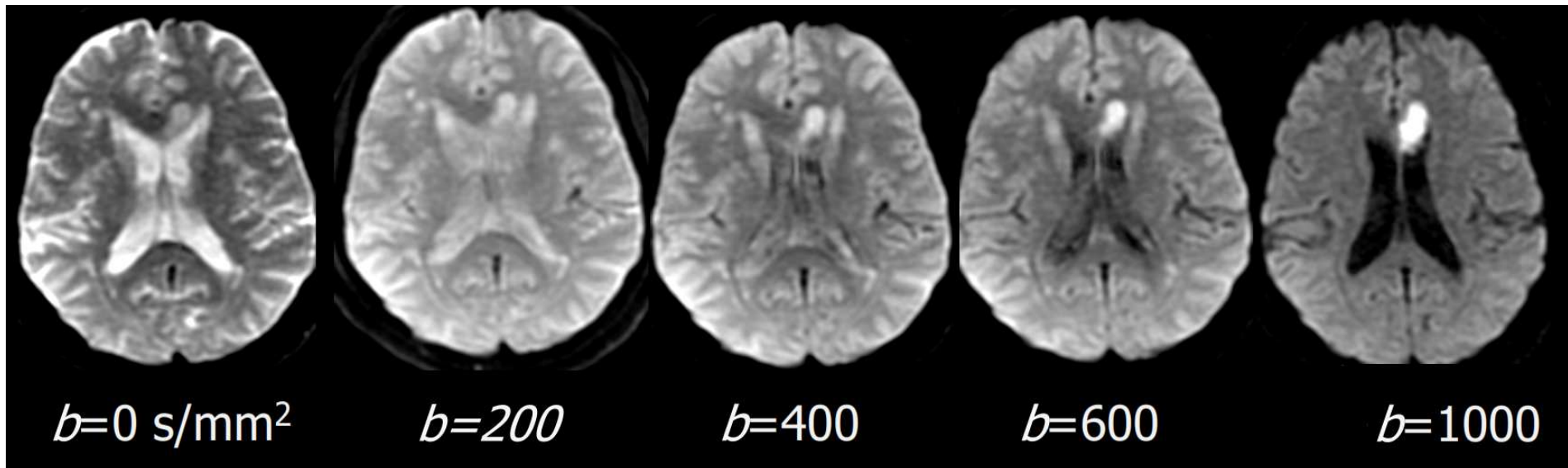
**IRM de diffusion**  
**DWI (Diffusion Weighted Imaging, T<sub>2</sub>)**



$$b = G^2 \gamma^2 \delta^2 \left( D - \frac{\delta}{3} \right)$$

[s/mm<sup>2</sup>]

G: intensité du gradient  
 γ: rapport gyromagnétique  
 δ: durée du gradient  
 D: délai entre 2 gradients



*b=0 s/mm<sup>2</sup>*

*b=200*

*b=400*

*b=600*

*b=1000*

T<sub>2</sub>

Foyer de restriction = hypersignal

# Séquences d'acquisition

## IRM de diffusion

DWI (Diffusion Weighted Imaging, T<sub>2</sub>)

Apparent Diffusion Coefficient (ADC)  
Image paramétrique

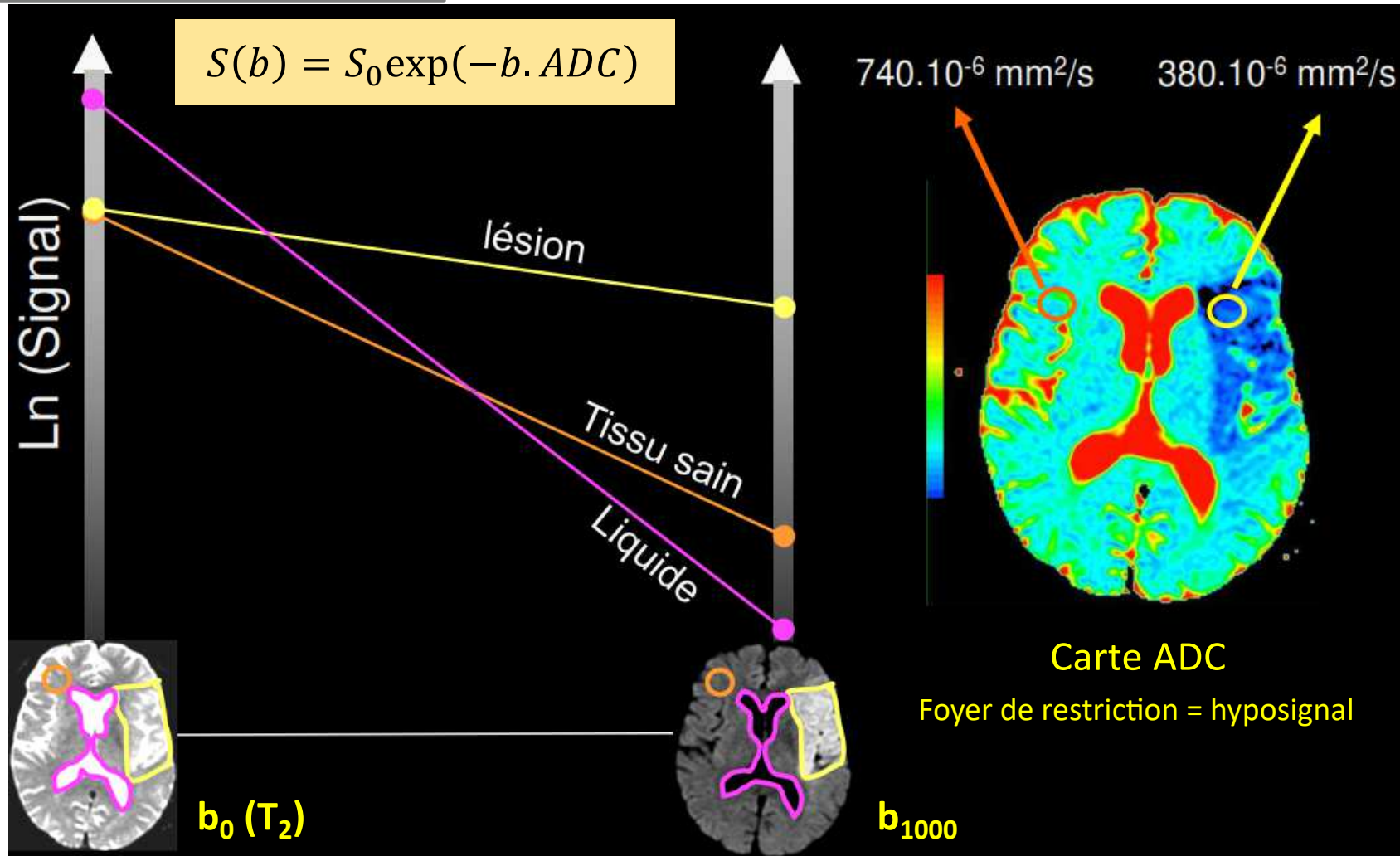


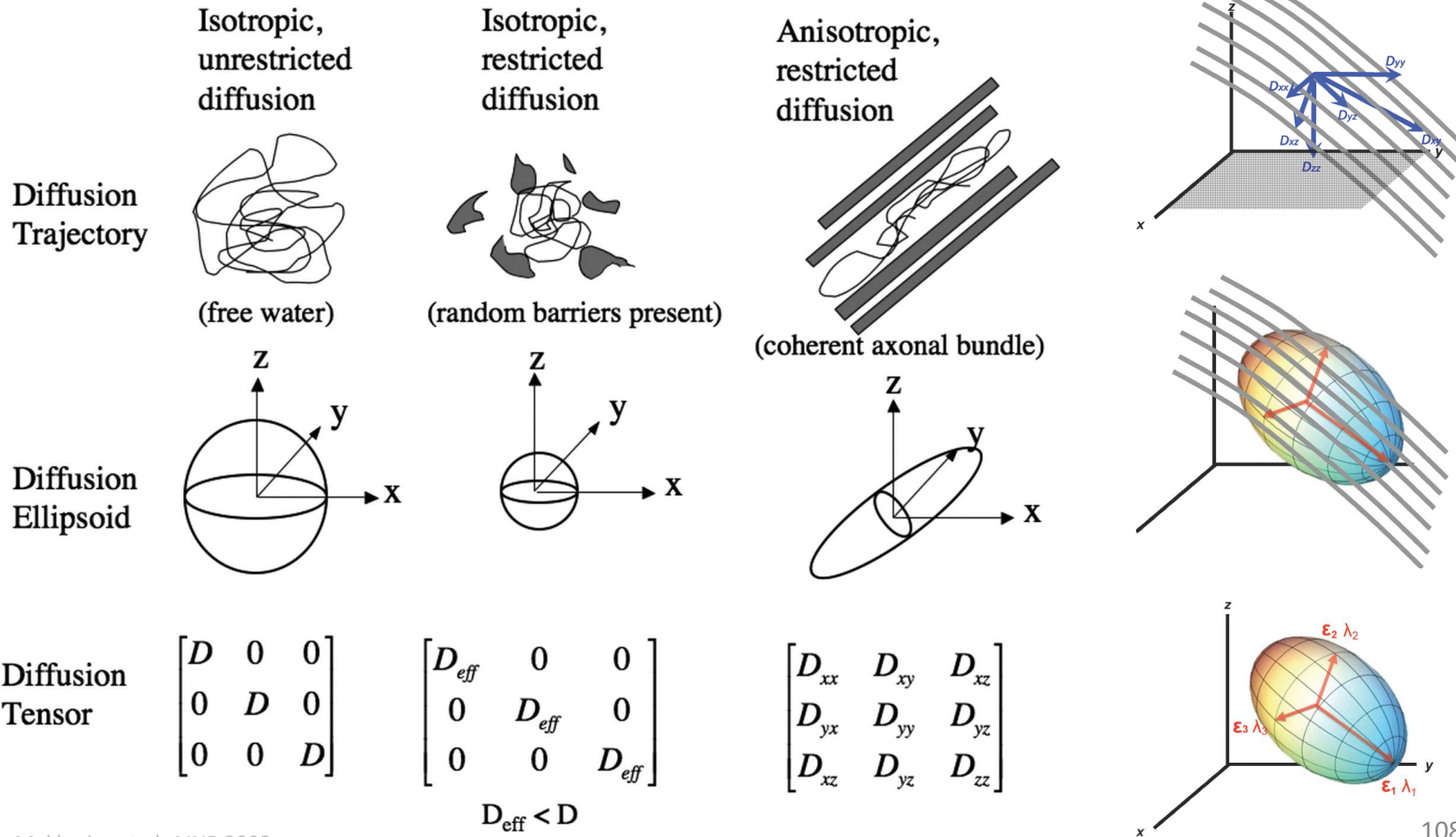
Image DWI

Foyer de restriction = hypersignal

# Séquences d'acquisition

**IRM de diffusion**  
**DTI (diffusion tensor imaging, T<sub>2</sub>)**

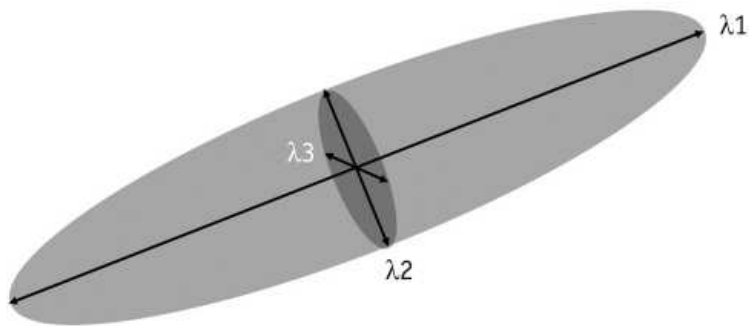
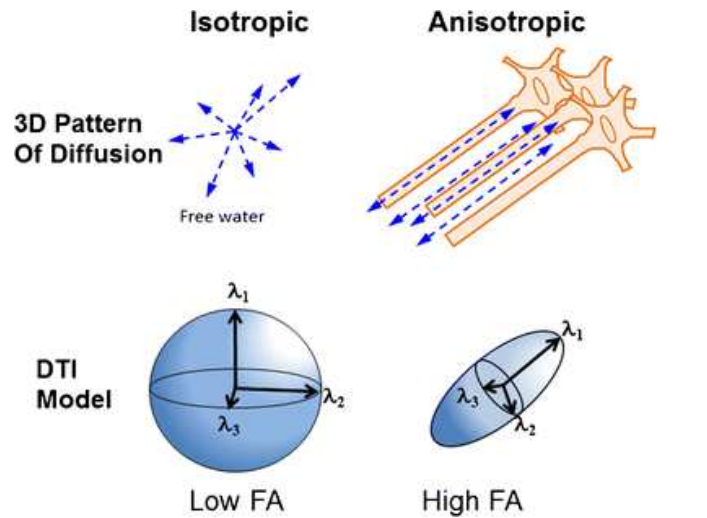
Tractographie



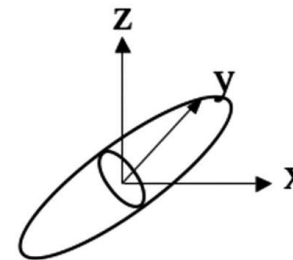
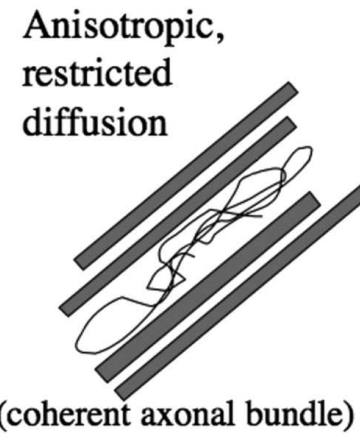
# Séquences d'acquisition

**IRM de diffusion**  
**DTI (diffusion tensor imaging, T<sub>2</sub>)**

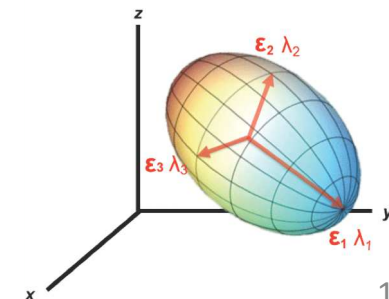
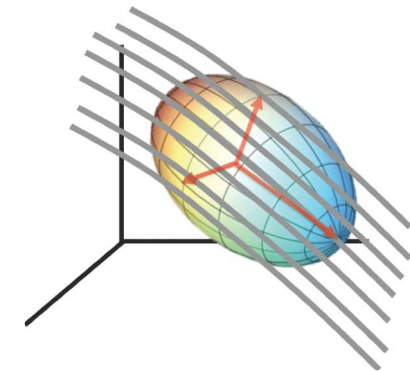
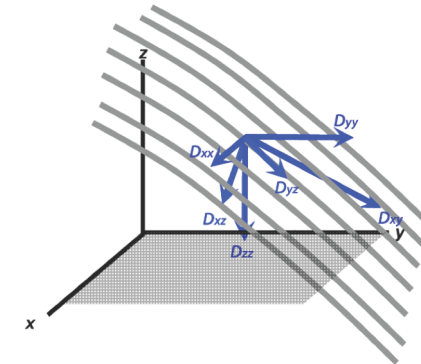
Tractographie



$$FA = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(\lambda_1 - \lambda_2)^2 + (\lambda_2 - \lambda_3)^2 + (\lambda_3 - \lambda_1)^2}{\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2}}$$



$$\begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} & D_{xz} \\ D_{yx} & D_{yy} & D_{yz} \\ D_{zx} & D_{yz} & D_{zz} \end{bmatrix}$$



# Séquences d'acquisition

## IRM de diffusion DTI (diffusion tensor imaging, T<sub>2</sub>)

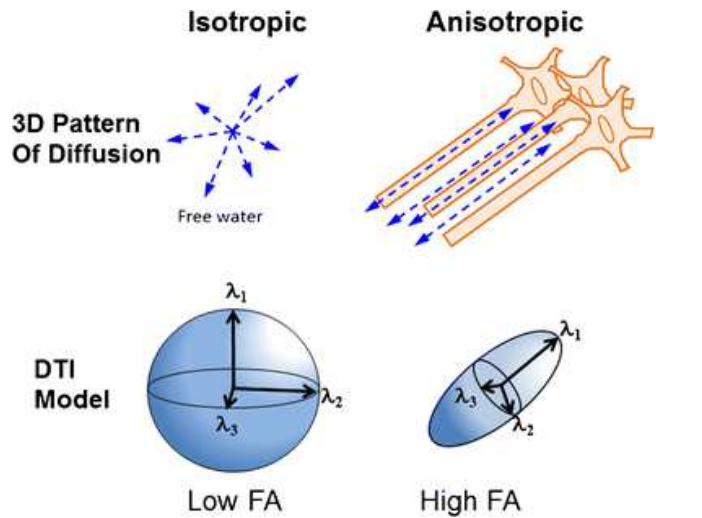
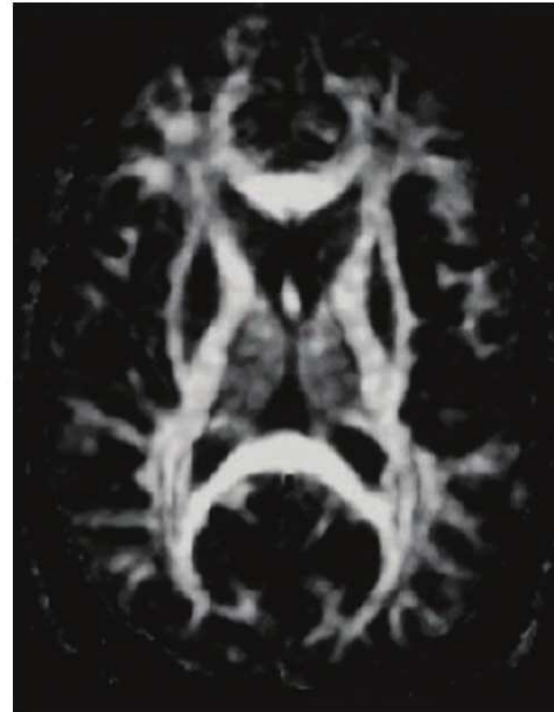
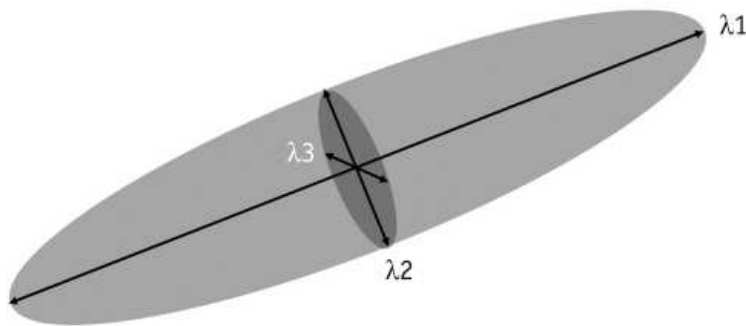


Image paramétrique de FA (anisotropy fraction)

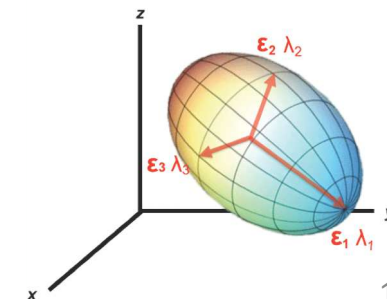


Fibres SB: hypersignal  
SG, LCR: hyposignal  
(diffusion isotrope)



$$FA = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(\lambda_1 - \lambda_2)^2 + (\lambda_2 - \lambda_3)^2 + (\lambda_3 - \lambda_1)^2}{\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2}}$$

$$\begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} & D_{xz} \\ D_{yx} & D_{yy} & D_{yz} \\ D_{zx} & D_{zy} & D_{zz} \end{bmatrix}$$



# Séquences d'acquisition

**IRM de diffusion**  
**DTI (diffusion tensor imaging, T<sub>2</sub>)**

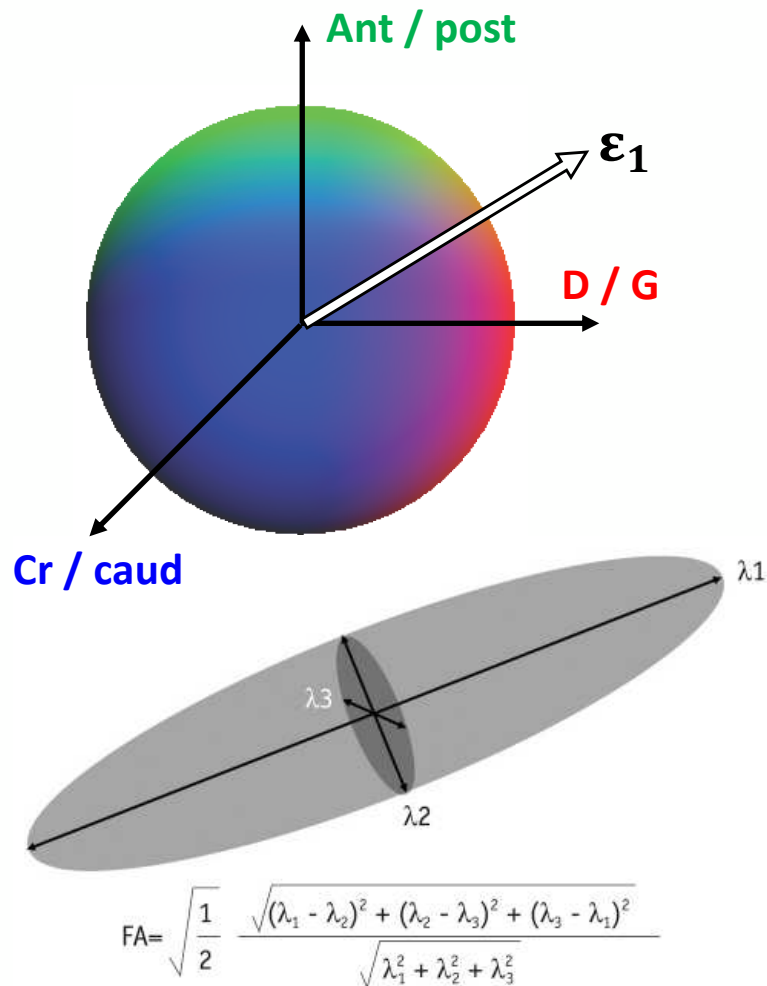
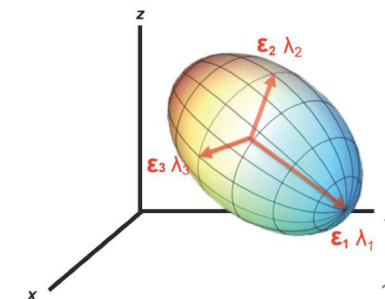
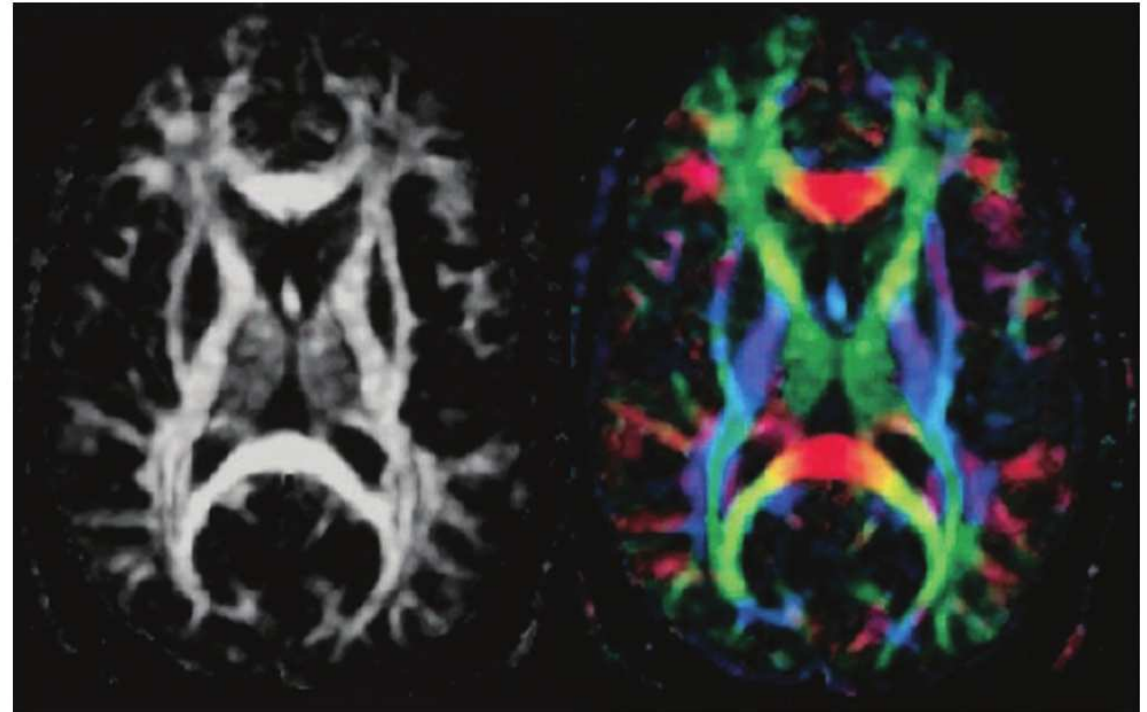


Image paramétrique d'anisotropie directionnelle



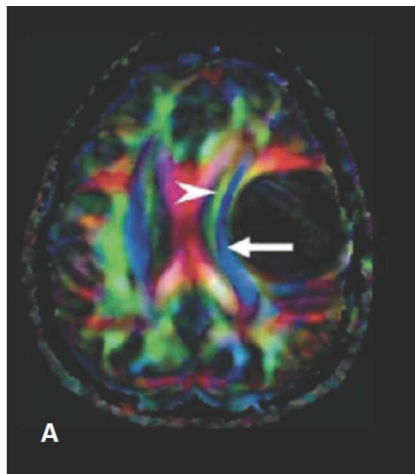
# Séquences d'acquisition

**IRM de diffusion**  
**DTI (diffusion tensor imaging, T<sub>2</sub>)**

Tractographie

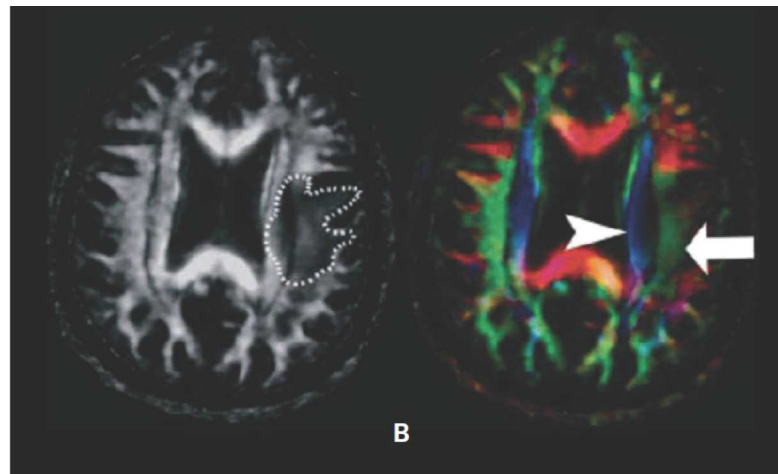
Vert: faisceau occipito-frontal sup  
Bleu: corona radiata

Astrocytome  
kystique



Fibres SB déviées par  
astrocytome  
(orientation  
anormale) mais  
anisotropie normale

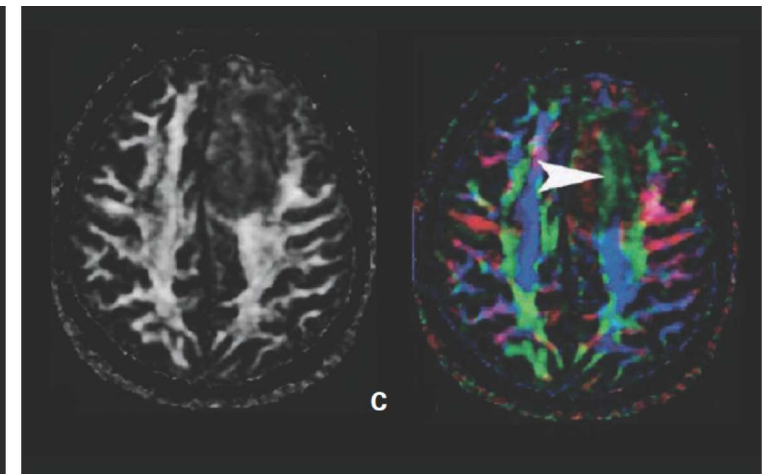
Métastases



Faible anisotropie  
sur cartographie FA

Orientation normale  
sur cartographie  
directionnelle

Astrocytome infiltrant



Anisotropie  
diminuée

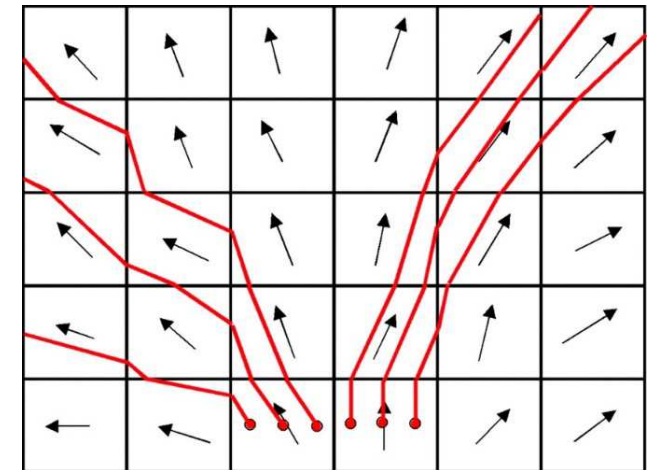
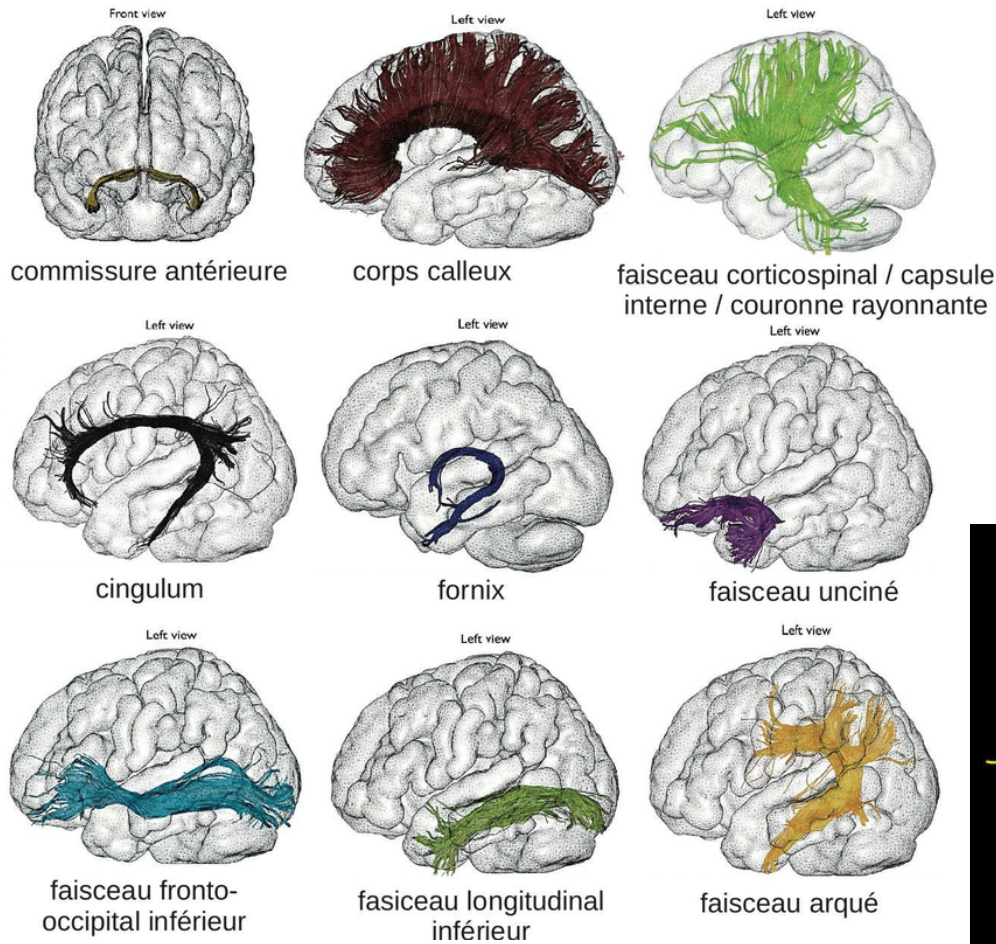
Modification  
couleur des fibres

*Guillevin et al. Neurologie.com 2010*

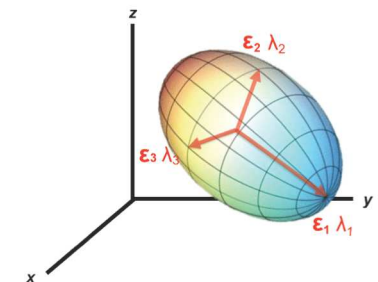
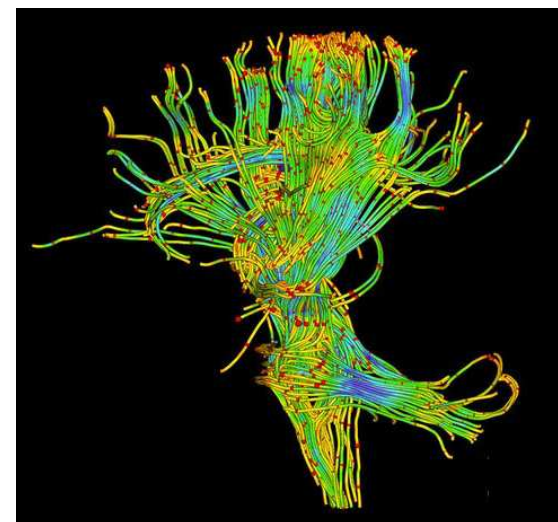
# Séquences d'acquisition

## IRM de diffusion DTI (diffusion tensor imaging, $T_2$ )

## Tractographie



Mukherjee et al. AJNR 2008



Adapted from Catani et al. Cortex 2008

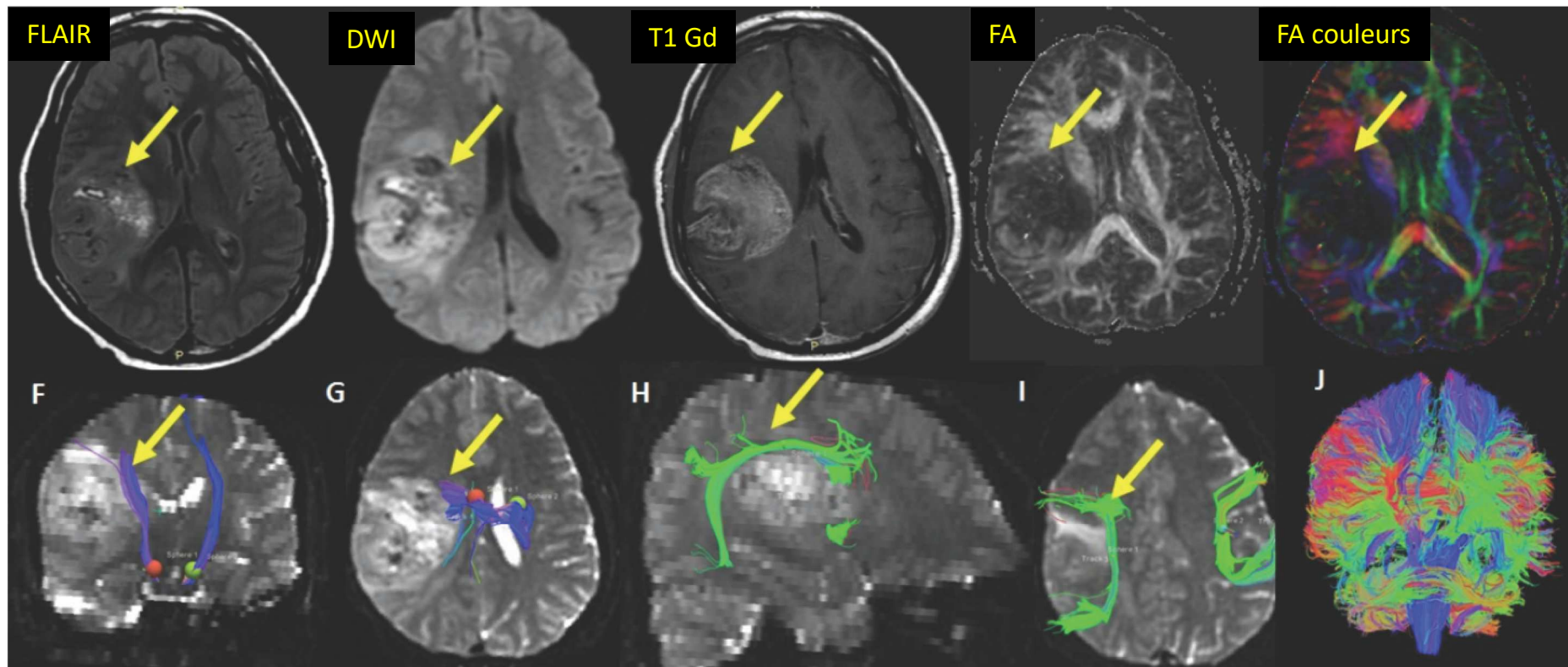


# Séquences d'acquisition

IRM de diffusion  
DTI (diffusion tensor imaging)

Homme 24 ans, glioblastome fronto-pariétal droit

destruction des fibres SB



tractographie 3D (F, G) à partir du tronc cérébral (sphère rouge et verte): tractus cortico-spinal droit passe à travers la lésion

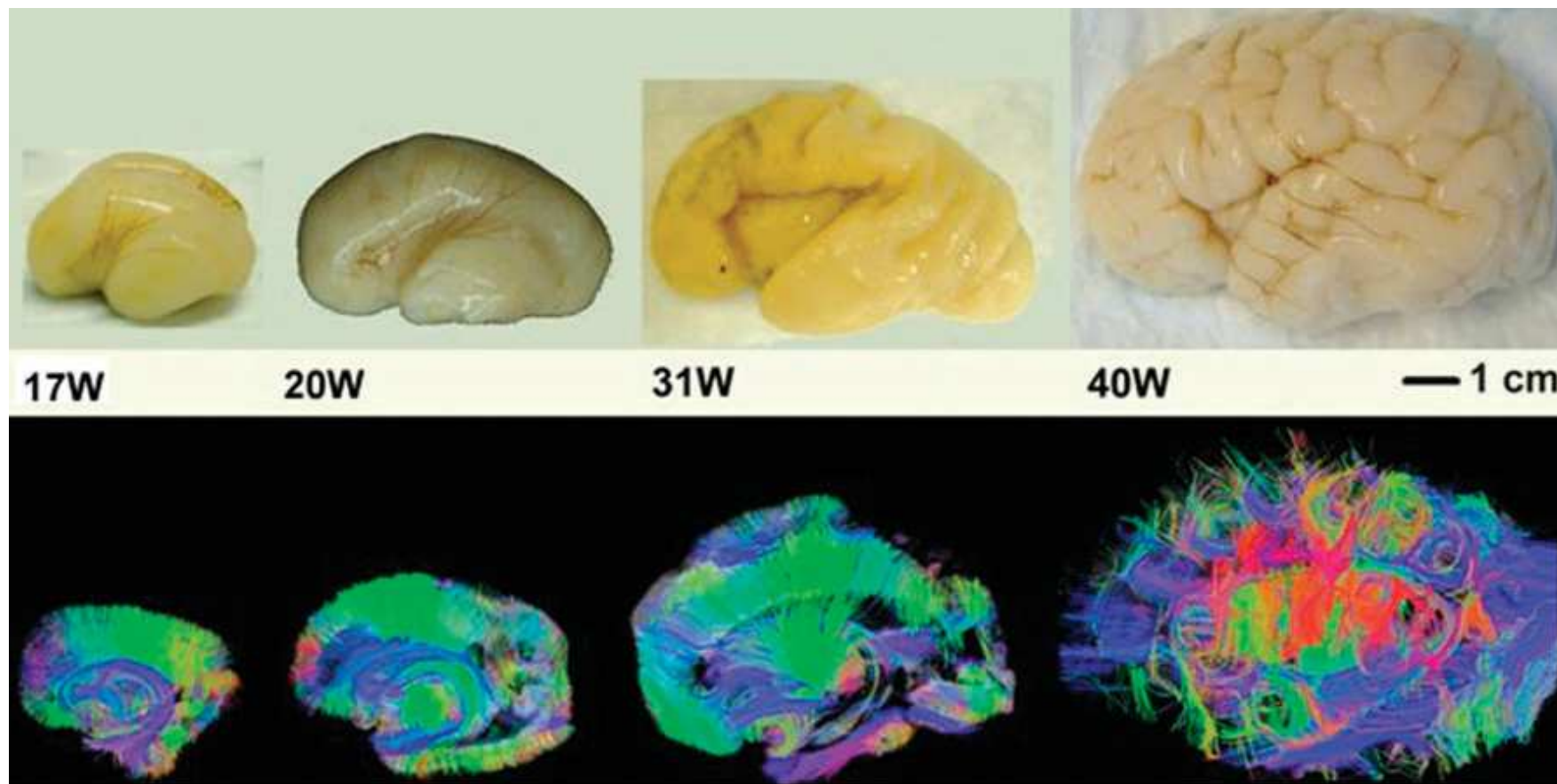
tractographie 3D (H, I) montre le fascicule arqué comprimé et dévié par la lésion.  
Tractographie coronale du cerveau entier (J)

*Soni et al. Cureus 2017*

# Séquences d'acquisition

IRM de diffusion  
DTI (diffusion tensor imaging,  $T_2$ )

Tractographie



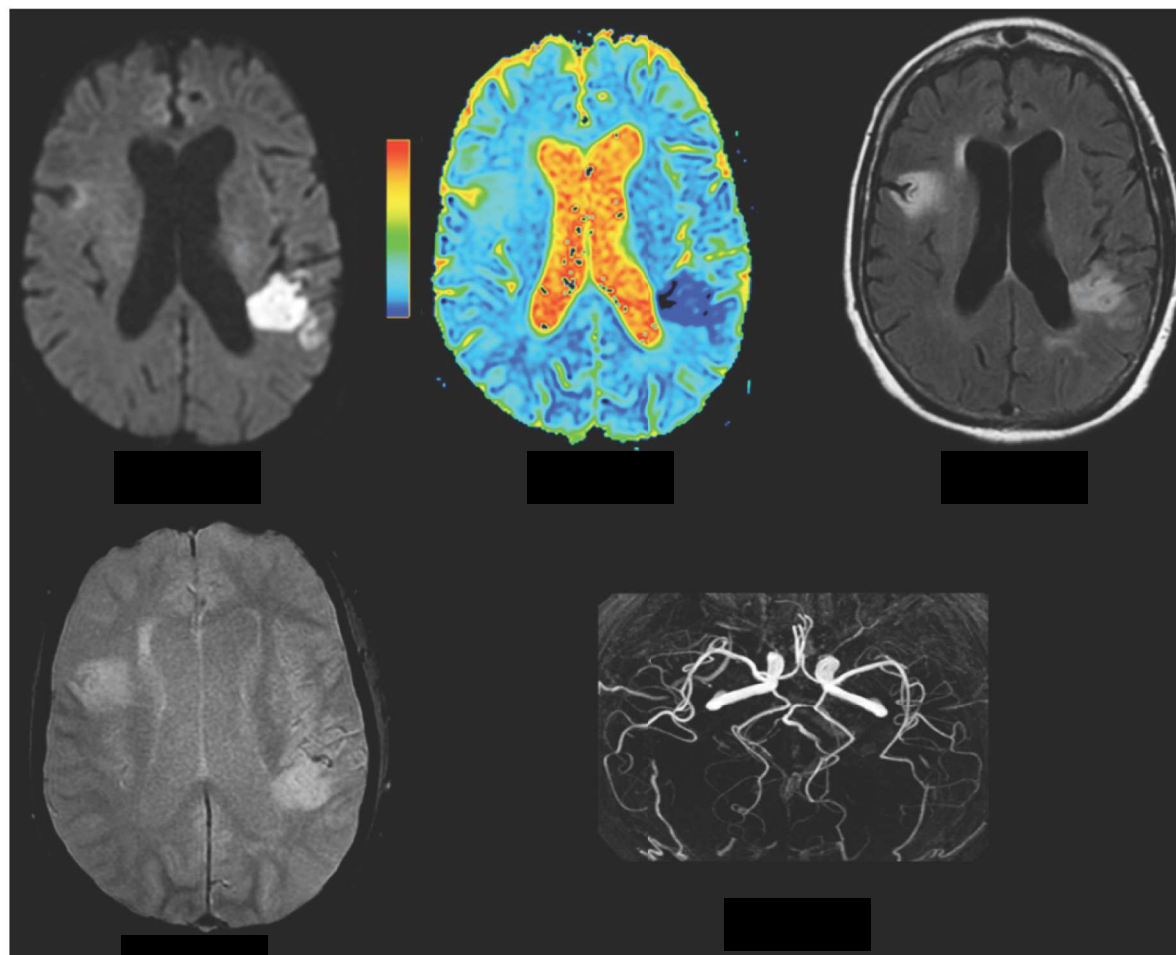
la régression de l'organisation radiale et l'émergence de la connectivité cérébrale fœtale passent du postéro-dorsal à l'antéro-central

*Takahashi et al. Cereb Cortex 2012*

# Séquences d'acquisition

## Cas clinique

Une patiente de 50 ans se présente aux urgences pour une aphasie dont elle n'est pas capable de dater le début.  
Une IRM est réalisée.



# Séquences d'acquisition

## Cas clinique

- 1) Quel est le diagnostic ?
  - A. hématomes multiples
  - B. Infarctus d'âges différents
  - C. Métastases
  - D. Abscès et lésions pré-suppuratives
- 2) Décrire l'aspect des différentes lésions
- 3) Que représente l'hyposignal ponctuel T2\* en topographie insulaire postérieure gauche ?
- 4) La thrombolyse est-elle indiquée chez cette patiente ?

