

# EPU Neuroradiologie & Imagerie tête et cou

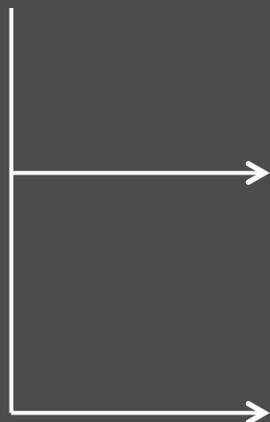
## Nouvelles tendances en imagerie neuro-vasculaire

Xavier Leclerc, Jean-Pierre Pruvo, Laurent Estrade, Apolline Kazémi, Nicolas Bricout, Martin Bretzner, Thomas Personnic, Fouzi Bala, Nasreddine Nouri, Jérôme Hodel.

Service de Neuroradiologie – CHU Lille



# Nouvelles tendances en imagerie neuro-vasculaire

- 
- Equipements : scanner et IRM
  - IRM 3T : séquences NV

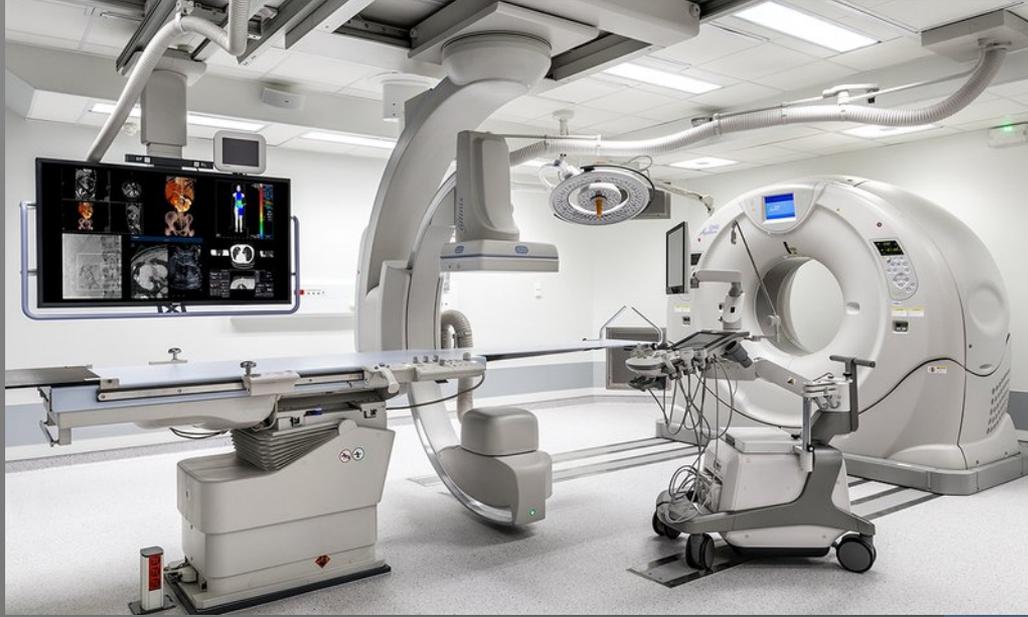
# Nouvelles tendances en imagerie neuro-vasculaire

→ Equipements : scanner



Combiner les techniques

# 2017 : salle hybride neurovasculaire

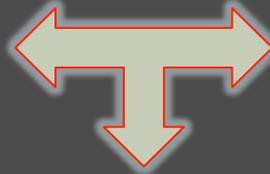


(CT/DSA)

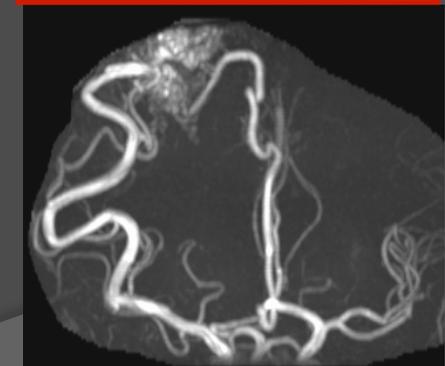
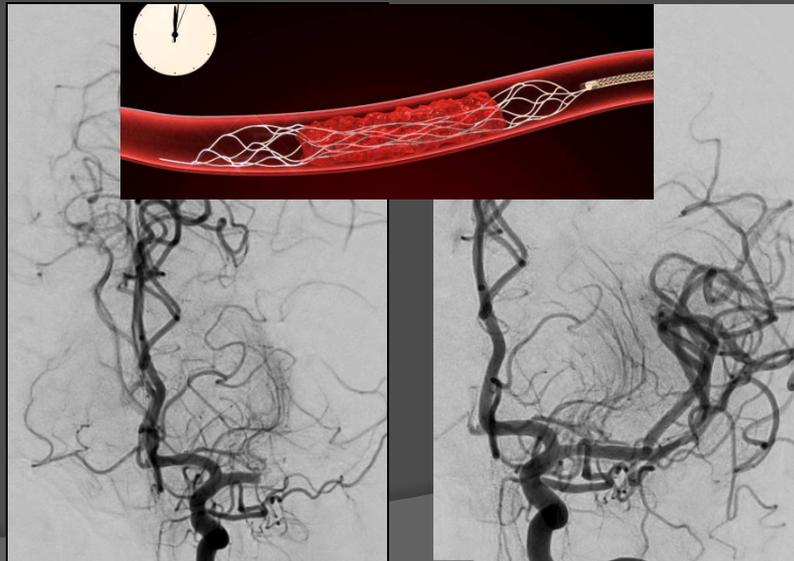
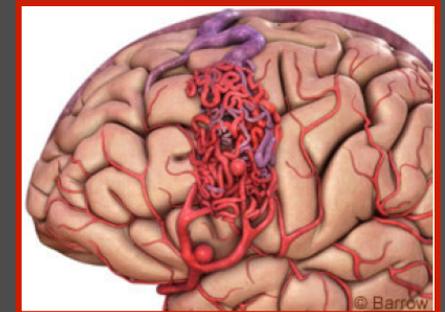
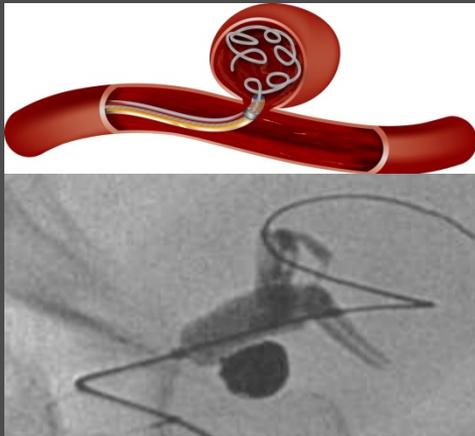
# Neuroradiologie interventionnelle CHRU Lille - 2017

Anévrisme  
intracrânien  
**250**

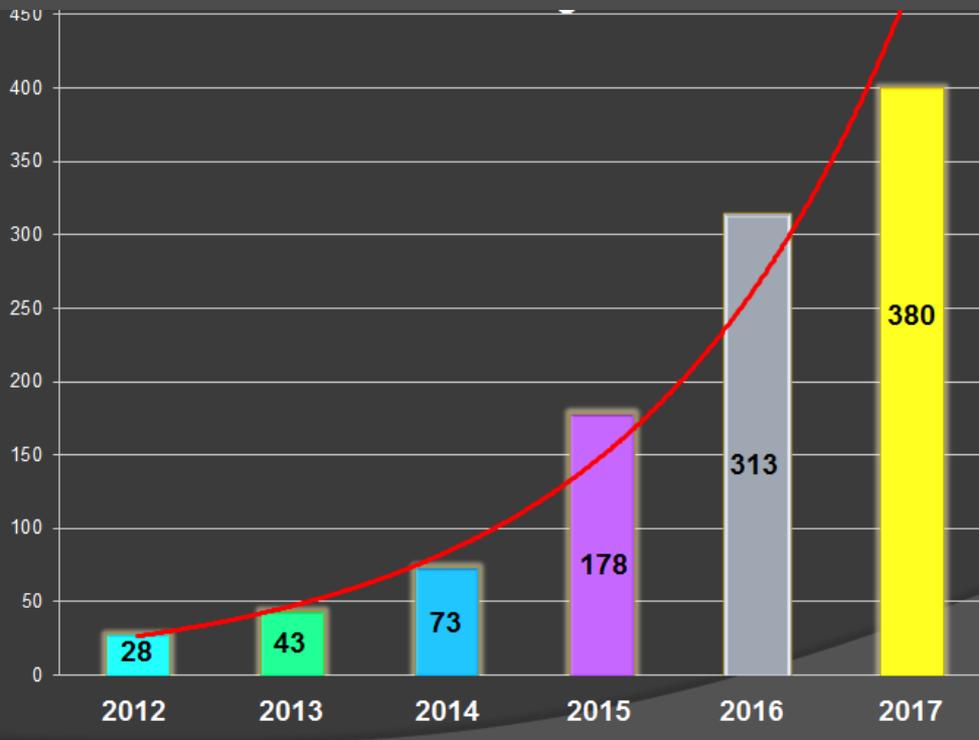
MAV, fistule  
**80**



AVC aigu  
**380**

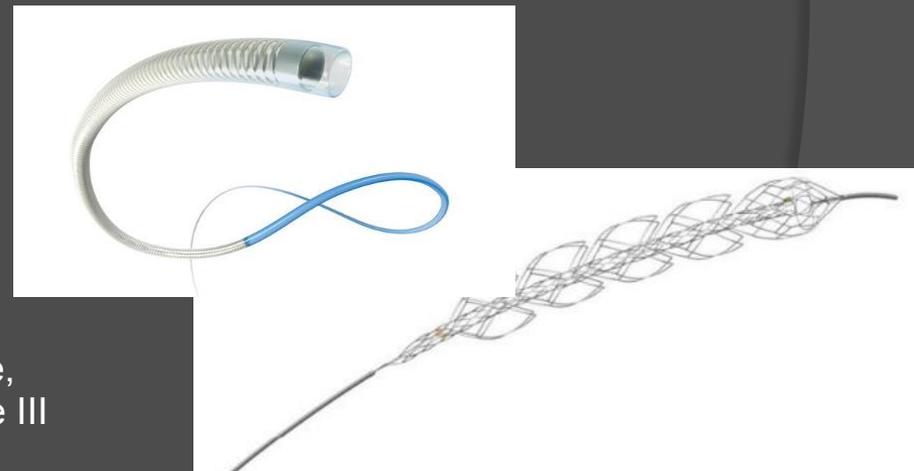


# Thrombectomie à Lille



MrClean, Extend-IA, Escape,  
Swift, Thrace, Dawn, Defuse III

Premier centre français en  
nombre de d'actes  
(> 400 in 2018)



Centre de référence européen pour la formation

# AVC : scanner ou IRM ?

---

	CT	IRM
Hémorragie	+	+
Stroke mimics	+	++
Volume de l'infarctus	+	++
Fosse postérieure	-	++
Infarctus lacunaire	-	++
Pénombre ischémique	+	+
Imagerie des vaisseaux	++	+
Temps d'acquisition	++	-
Accessibilité	++	-

---

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

- *Approche tout en un*
- *Technique rapide*
- *Détecter l'occlusion vasculaire et l'état des collatérales*
- *Evaluer la perméabilité des vaisseaux extracrâniens*
- *Estimer la pénombre pendant l'intervention*
- *Mesurer le volume de l'infarctus dans les lésions tandems*
- *Evaluer les complications per-procédure (lésion artérielle)*

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

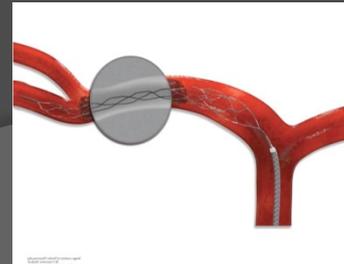
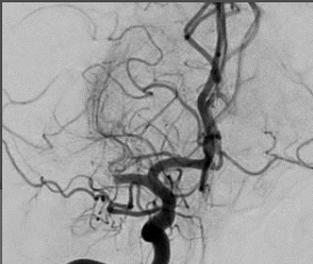
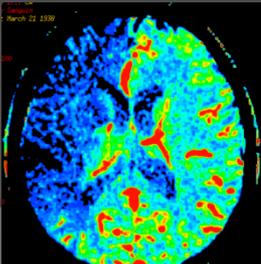
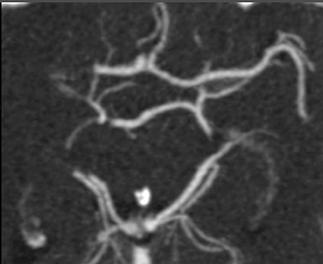
- *Approche tout en un*
- *Technique rapide*
- *Détecter l'occlusion vasculaire et l'état des collatérales*
- *Evaluer la perméabilité des vaisseaux extracrâniens*
- *Estimer la pénombre pendant l'intervention*
- *Mesurer le volume de l'infarctus dans les lésions tandems*
- *To evaluate per-procedure complications (arterial injury)*

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

→ *Approche tout en un*



Diagnostique et approche thérapeutique accélérées



# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

- *Approche tout en un*
- *Technique rapide*
- *Détecter l'occlusion vasculaire et l'état des collatérales*
- *Evaluer la perméabilité des vaisseaux extracrâniens*
- *Estimer la pénombre pendant l'intervention*
- *Mesurer le volume de l'infarctus dans les lésions tandems*
- *To evaluate per-procedure complications (arterial injury)*

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

→ *Technique rapide*



AHA Guidelines for the Early Management of Patients  
With Acute Ischemic Stroke. *Stroke* march 2018

*“ Brain imaging studies should be performed within 20 minutes of arrival  
in the emergency department in at least 50% of patients who may be  
candidates for IV alteplase and/or mechanical thrombectomy “*

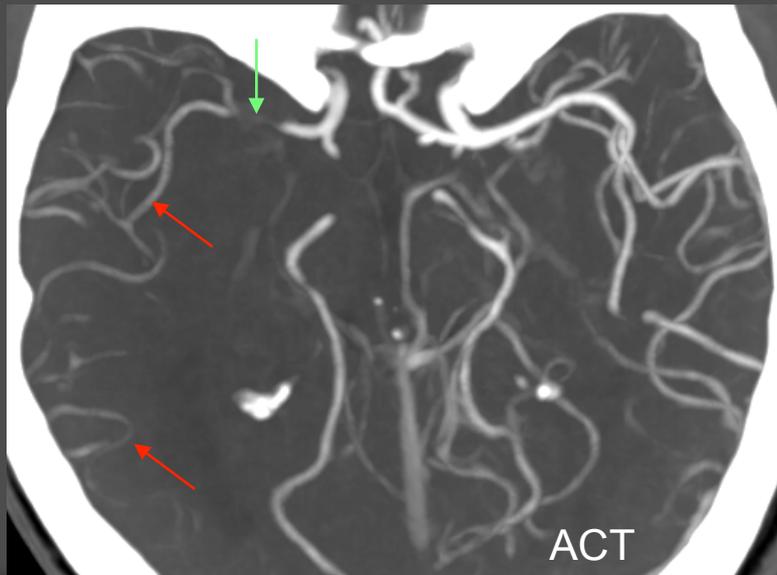
# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

- *Approche tout en un*
- *Technique rapide*
- *Détecter l'occlusion vasculaire et l'état des collatérales*
- *Evaluer la perméabilité des vaisseaux extracrâniens*
- *Estimer la pénombre pendant l'intervention*
- *Mesurer le volume de l'infarctus dans les lésions tandems*
- *To evaluate per-procedure complications (arterial injury)*

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

ACT est la technique la plus précise pour évaluer les lésions sténo-occlusives intracrâniennes et pour analyser le flux artériel distal

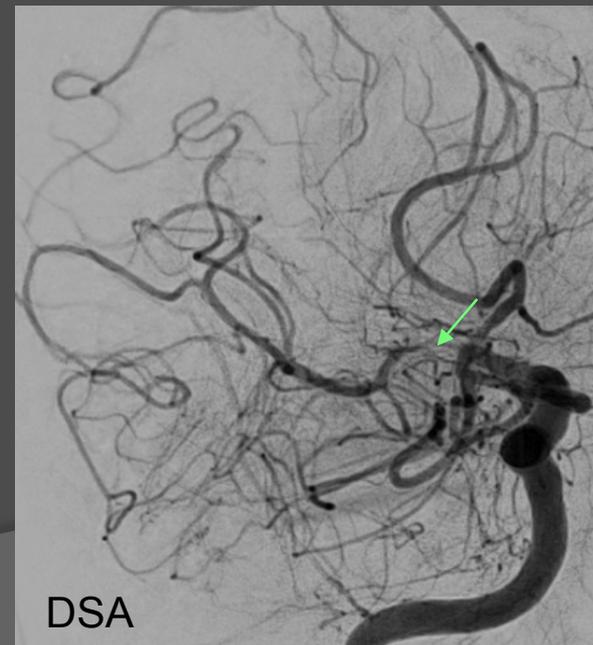
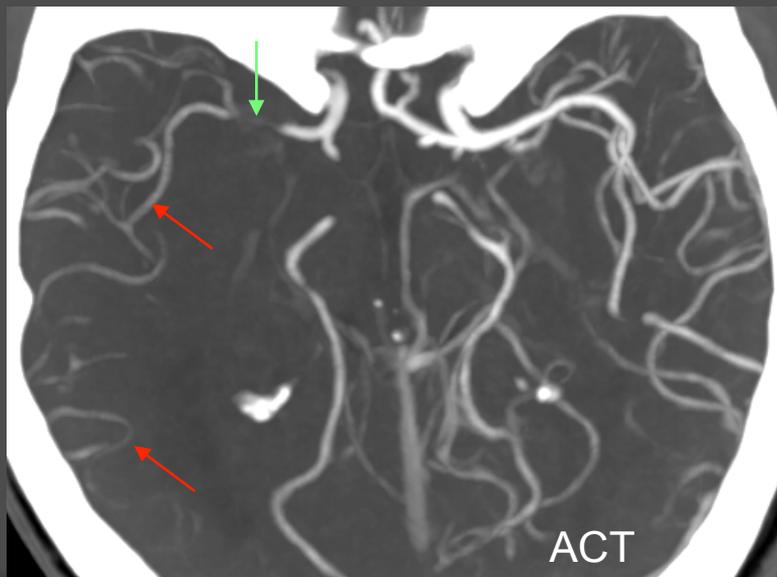
→ *Détecter l'occlusion vasculaire et l'état des collatérales*



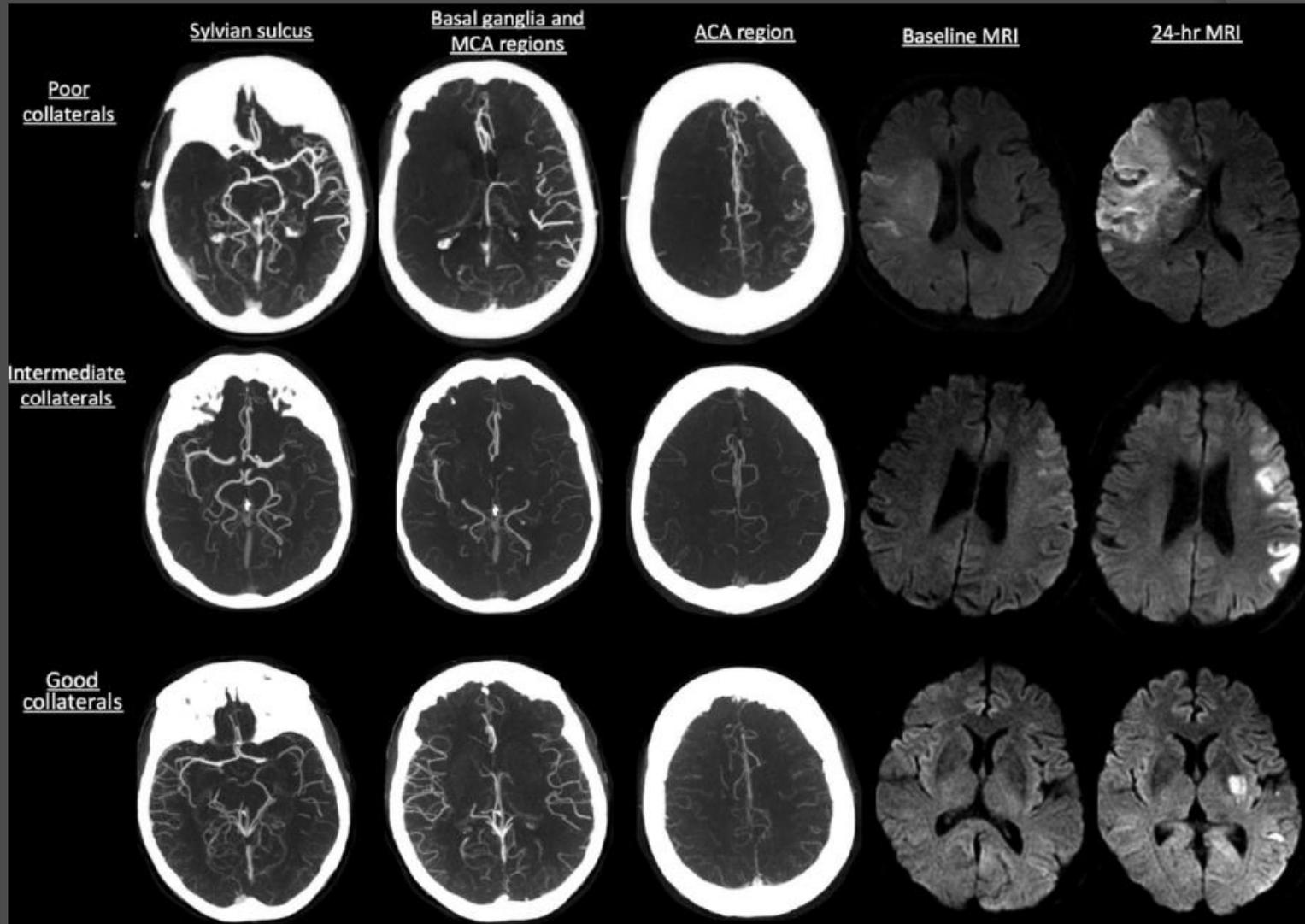
# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

ACT est la technique la plus précise pour évaluer les lésions sténo-occlusives intracrâniennes et pour analyser le flux artériel distal

→ *Détecter l'occlusion vasculaire et l'état des collatérales*



# Evaluer le réseau collatéral



CTA Collateral Status and Response to Recanalization in Patients with Acute Ischemic Stroke.  
Nambiar et al. AJNR 2014

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

- *Approche tout en un*
- *Technique rapide*
- *Détecter l'occlusion vasculaire et l'état des collatérales*
- *Evaluer la perméabilité des vaisseaux extracrâniens*
- *Estimer la pénombre pendant l'intervention*
- *Mesurer le volume de l'infarctus dans les lésions tandems*
- *To evaluate per-procedure complications (arterial injury)*

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie

pour optimiser le prise en charge dans le stroke



→ *Evaluer la perméabilité des vaisseaux extracrâniens*



AHA Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke. *Stroke* march 2018

*“ In patients who are potential candidates for mechanical thrombectomy, imaging of the extracranial carotid and vertebral arteries, in addition to the intracranial circulation, is reasonable to provide useful information on patient eligibility and endovascular procedural planning”*

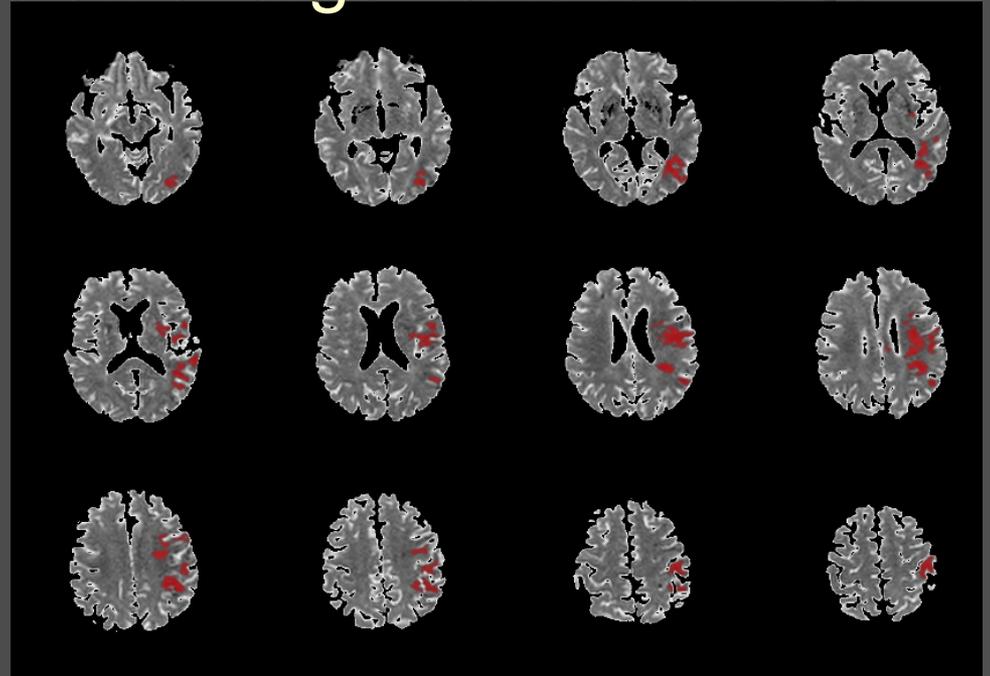
# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

- *Approche tout en un*
- *Technique rapide*
- *Détecter l'occlusion vasculaire et l'état des collatérales*
- *Evaluer la perméabilité des vaisseaux extracrâniens*
- *Estimer la pénombre pendant l'intervention*
- *Mesurer le volume de l'infarctus dans les lésions tandems*
- *To evaluate per-procedure complications (arterial injury)*

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke



TOF



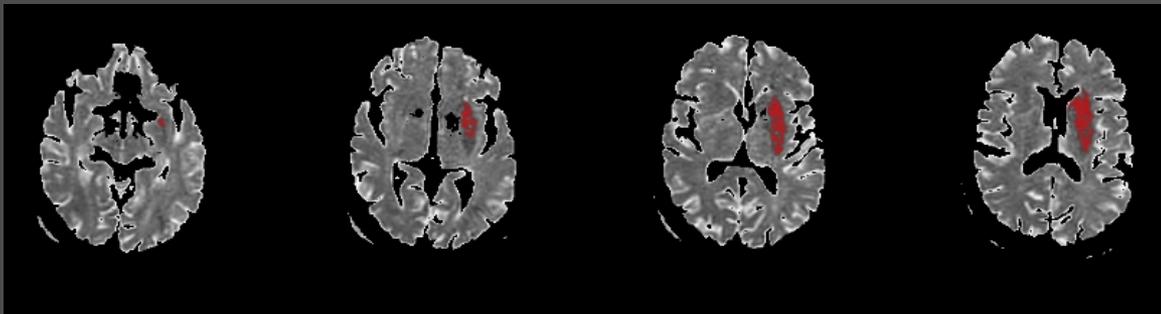
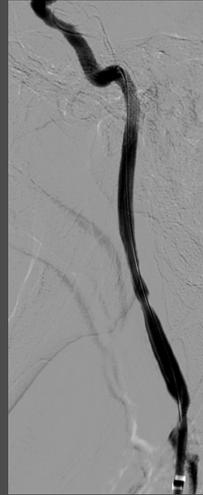
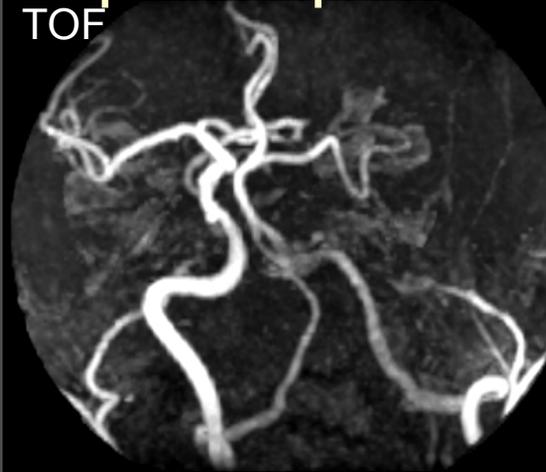
→ *Estimer la pénombre pendant l'intervention*

Prise de décision pendant la procédure chez les patients avec  
occlusion distale de l'ACM

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

- *Approche tout en un*
- *Technique rapide*
- *Détecter l'occlusion vasculaire et l'état des collatérales*
- *Evaluer la perméabilité des vaisseaux extracrâniens*
- *Estimer la pénombre pendant l'intervention*
- *Mesurer le volume de l'infarctus dans les lésions tandems*
- *To evaluate per-procedure complications (arterial injury)*

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke



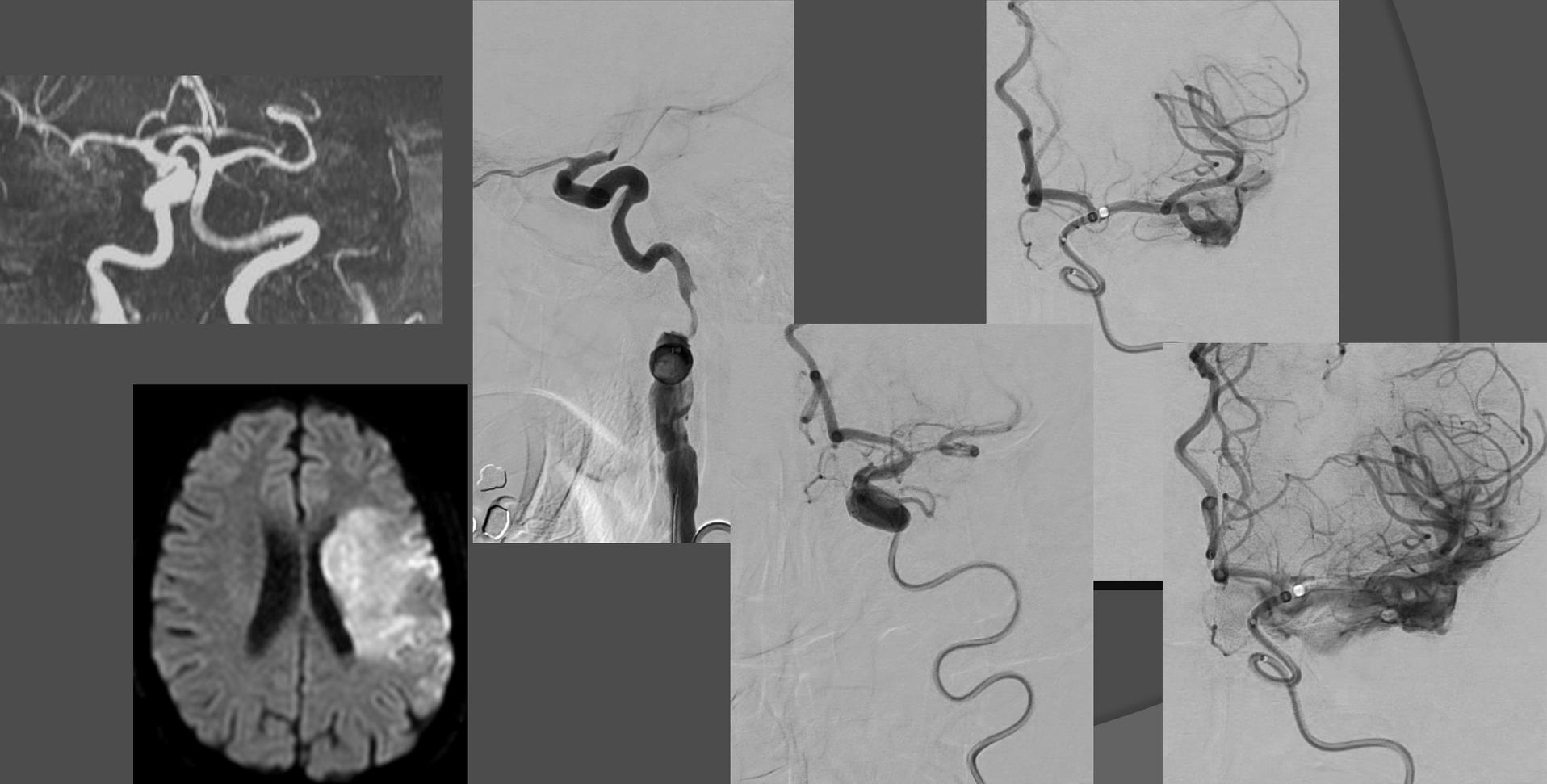
→ *Mesurer le volume de l'infarctus dans les lésions tandems*

Décision de traitement de la sténose ACI après recanalisation de l'ACM

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke

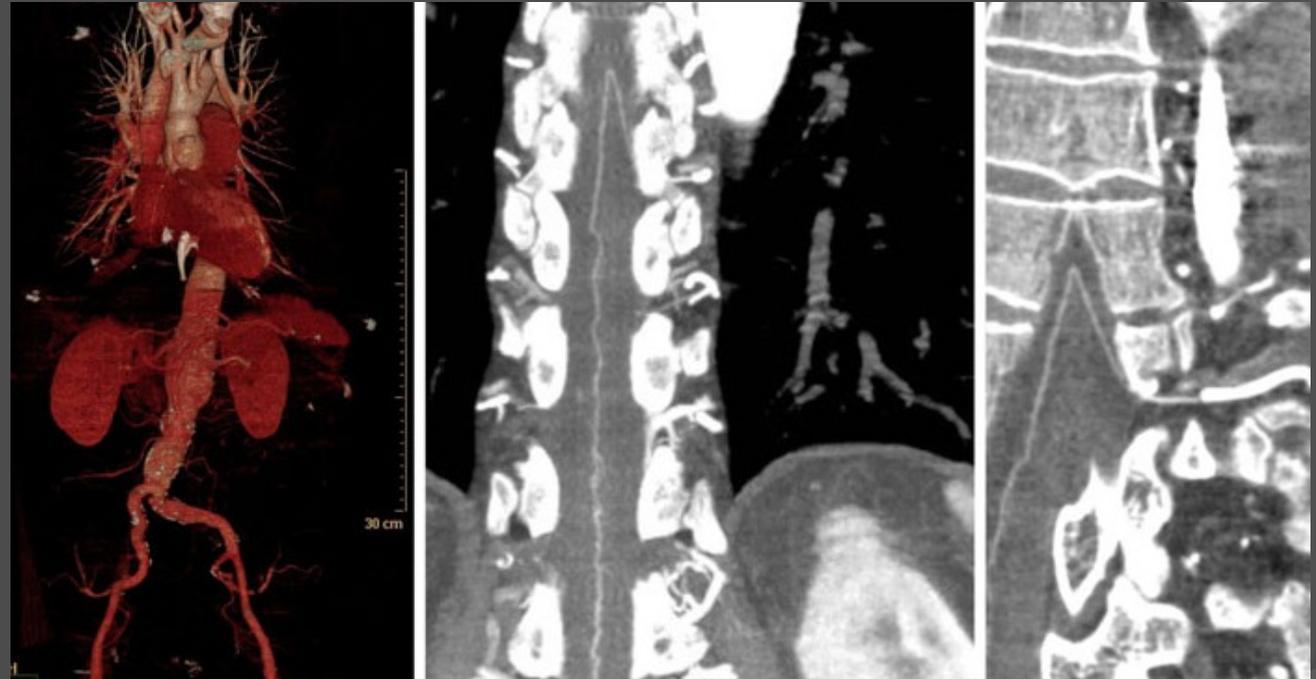
- *Approche tout en un*
- *Technique rapide*
- *Détecter l'occlusion vasculaire et l'état des collatérales*
- *Evaluer la perméabilité des vaisseaux extracrâniens*
- *Estimer la pénombre pendant l'intervention*
- *Mesurer le volume de l'infarctus dans les lésions tandems*
- *Evaluer les complications per-procédure (lésion artérielle)*

# Salle hybride combinant scanner et table d'angiographie pour optimiser la prise en charge dans le stroke



→ *Evaluer les complications per-procédure (lésion artérielle)*

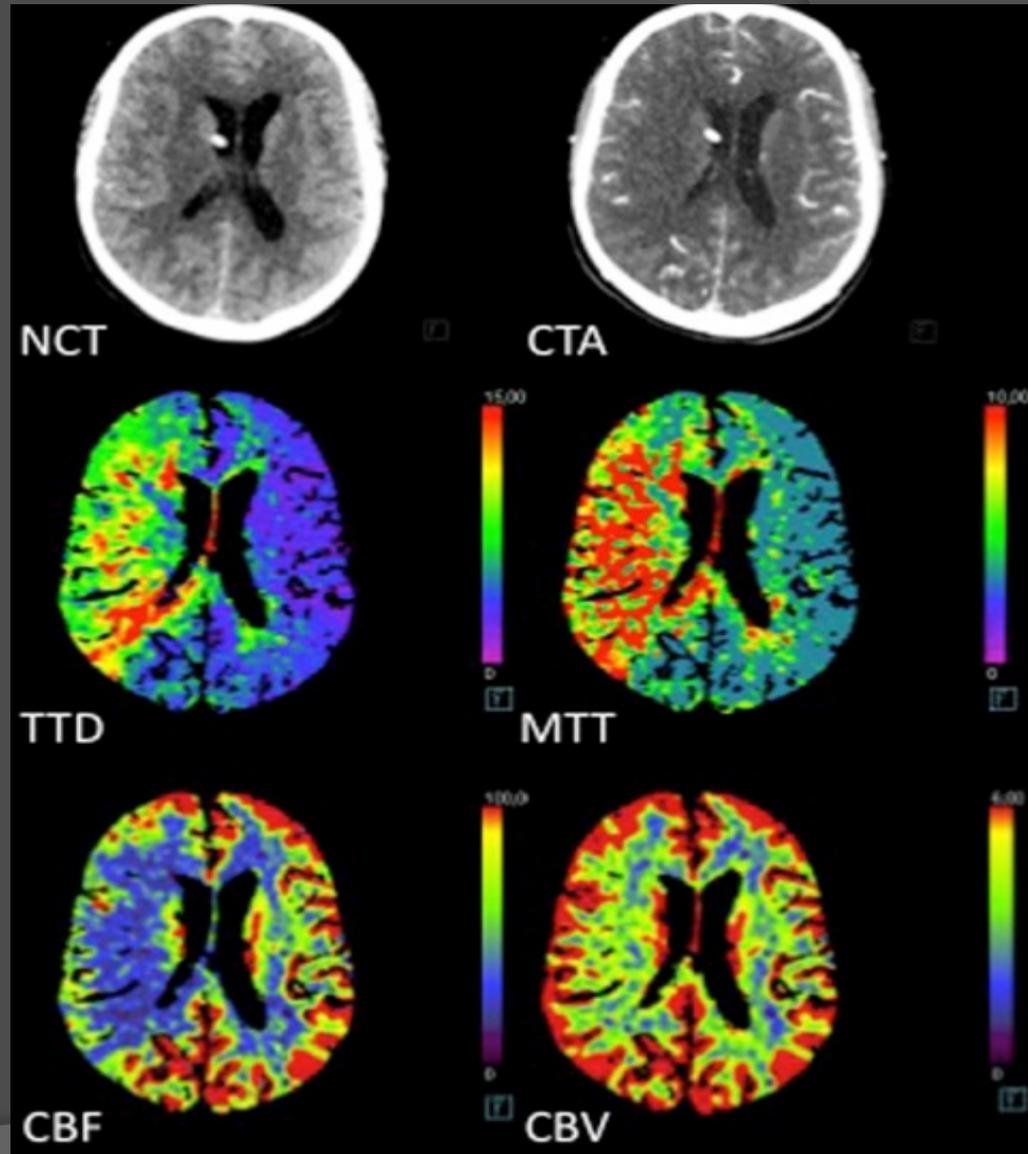
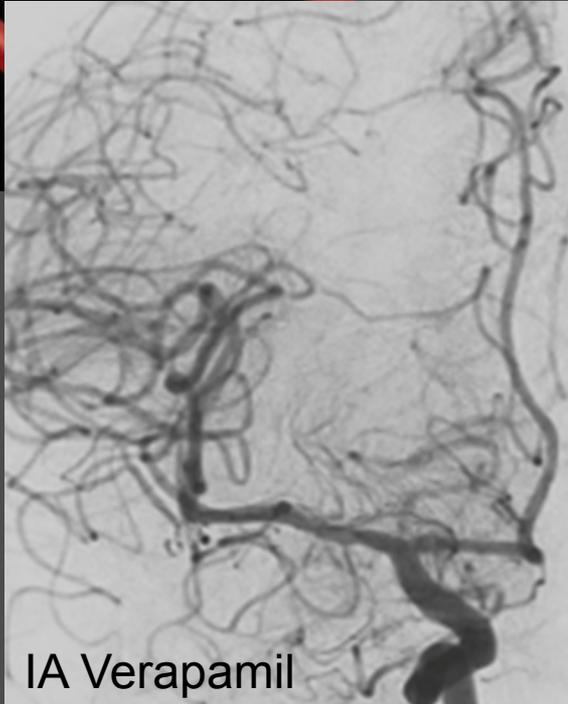
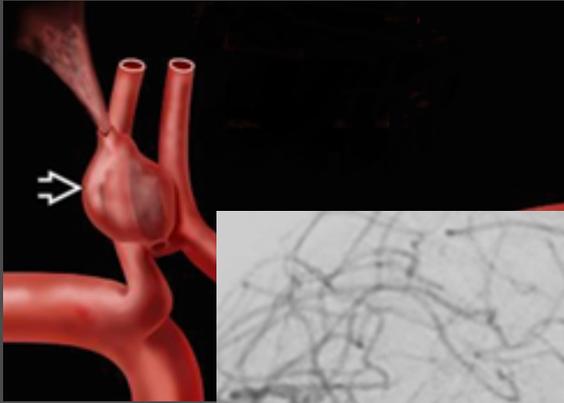
# Autres indications : angiographie médullaire



IA-CTA

*Comparison of intra-aortic CTA to conventional angiography in the presurgical visualization of the Adamkiewicz artery : first results in patients with thoracoabdominal aortic aneurysms. Clarençon F et al. Neuroradiology 2013;55:1379-1387*

# Autres indications : vasospasme cérébral



Evaluer le risque d'ischémie retardée au cours du vasospasme après hémorragie sous-arachnoïdienne

# Nouvelles tendances en imagerie neuro-vasculaire

→ Equipements : IRM



Raccourcir le temps d'examen

# 2017 : développement de nouvelles méthodes d'acquisition rapide des images

Raccourcir le temps  
d'examen

```
graph TD; A[Raccourcir le temps d'examen] --> B[Acquisitions synthétiques]; A --> C[Acquisitions comprimées]; A --> D[Acquisitions multicoupes]; A --> E[Intelligence artificielle];
```

Acquisitions  
synthétiques

Intelligence  
artificielle

Acquisitions  
comprimées

Acquisitions  
multicoupes

# 2017 : développement de nouvelles méthodes d'acquisition rapide des images

Raccourcir le temps d'examen

Acquisitions synthétiques

Intelligence artificielle

Acquisitions comprimées

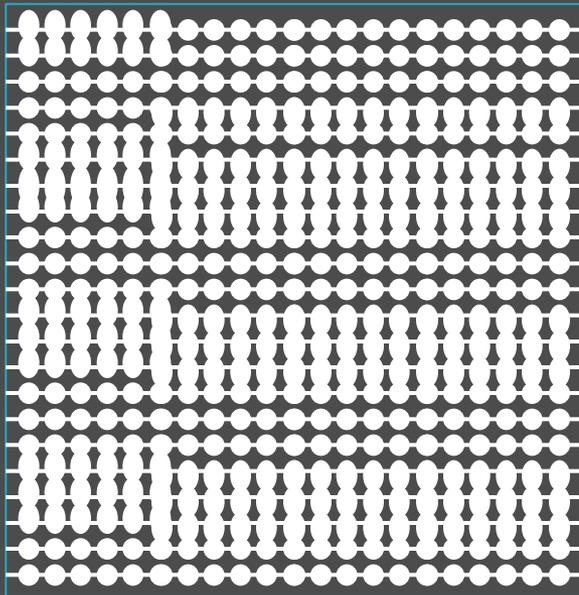
Acquisitions multicoupes

# Acquisitions comprimées

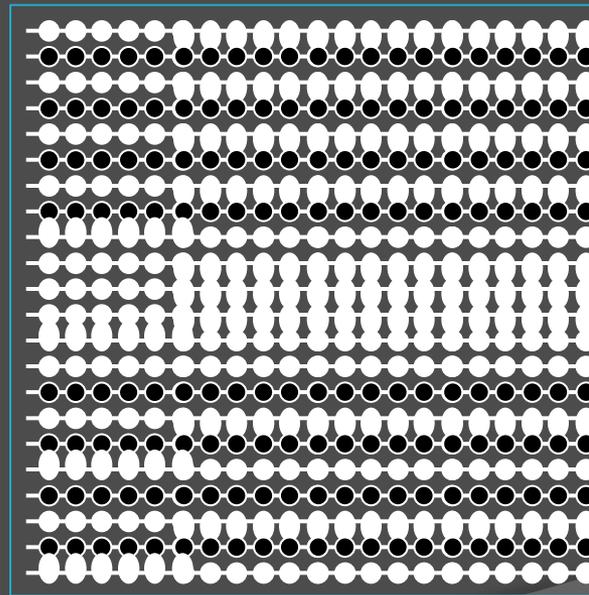
(HyperSense, Compressed Sensing,...)

- *Sous-échantillonnage périphérique en imagerie parallèle (IP)*
- *Sous-échantillonnage aléatoire en acquisition comprimée (AC)*

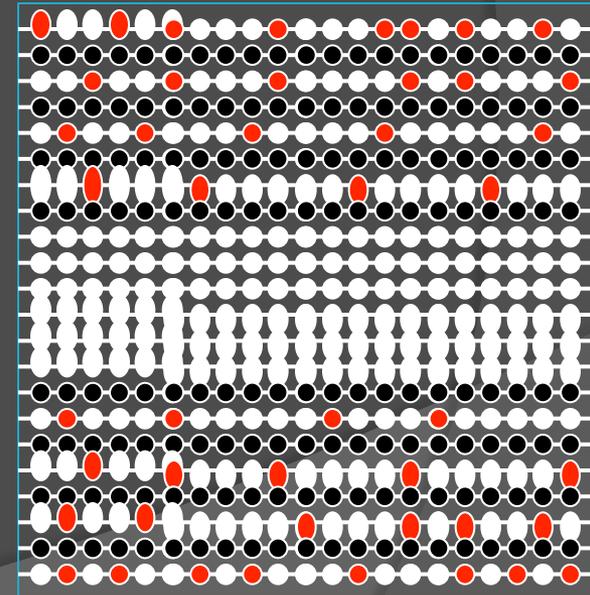
Acquisition complète



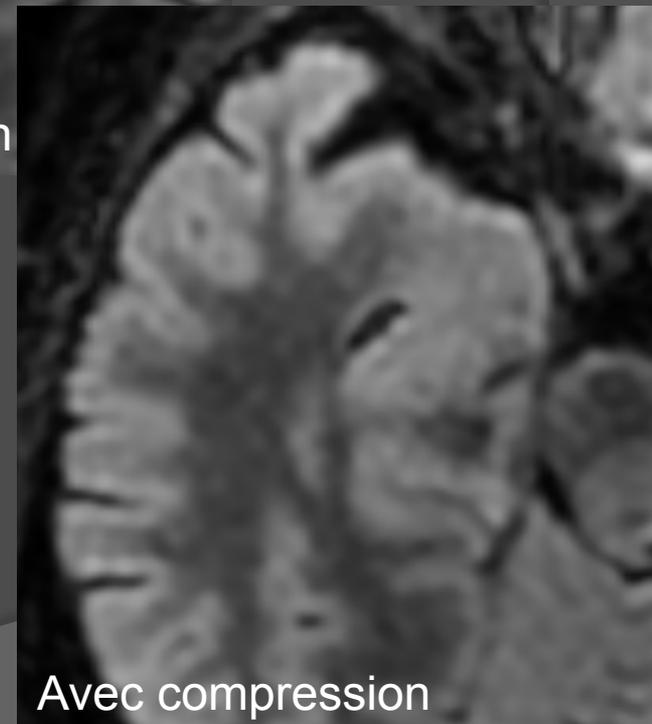
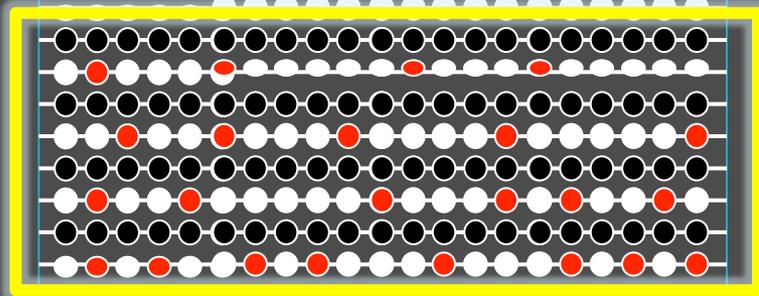
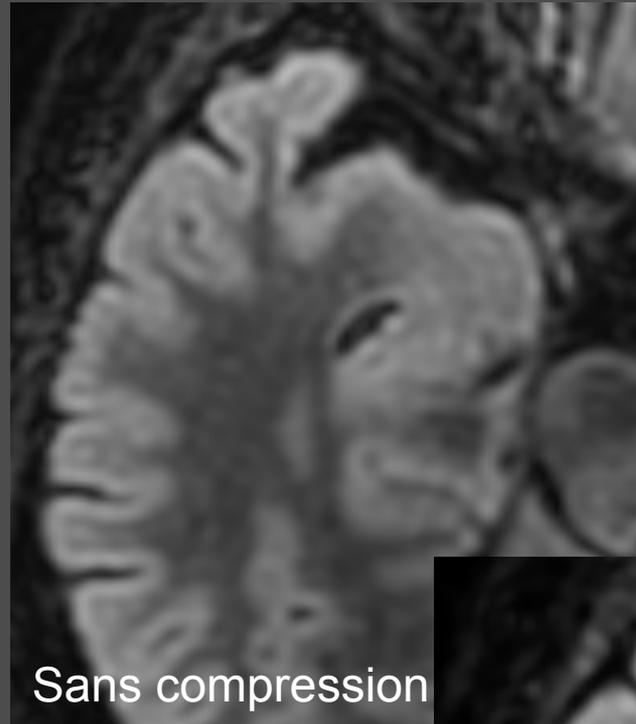
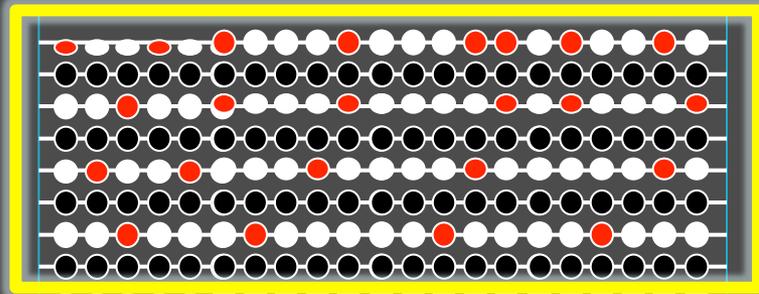
Acquisition partielle (IP)



Acquisition partielle (IP/AC)



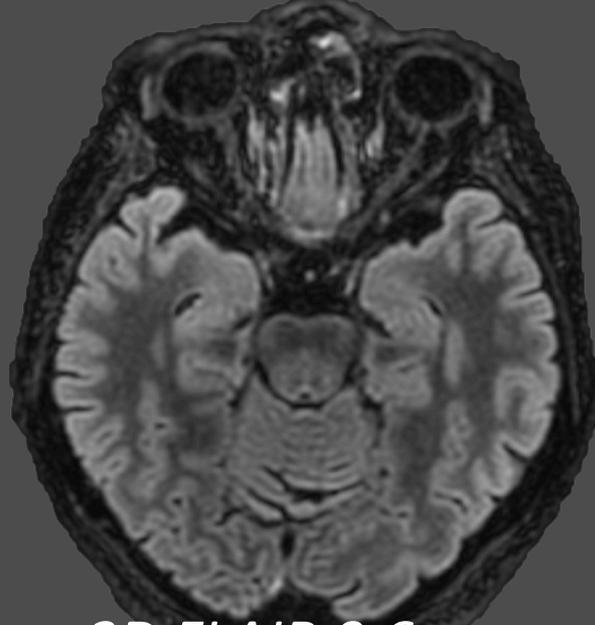
Lecture partielle du plan de Fourier



Moins d'échos acquis dans les hautes fréquences spatiales de l'espace k  
= Flou de l'image ?

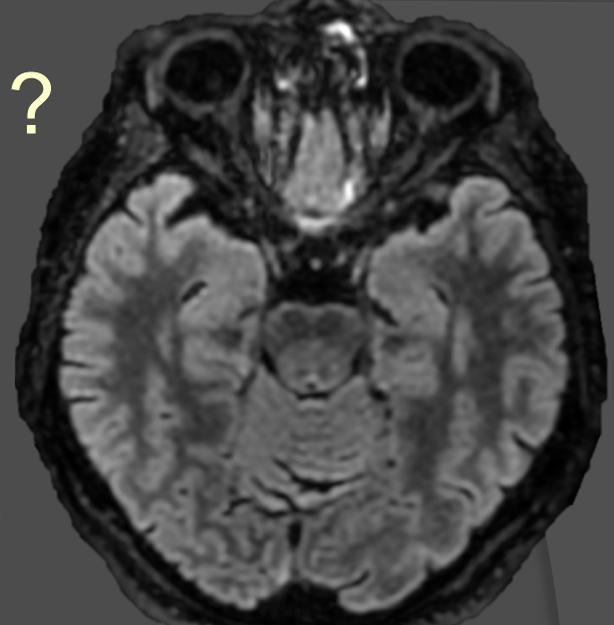
# Qualité d' image ?

Rapport S/B  
Suppression LCS  
Jonction Gris/Blanc



3D FLAIR 0.6mm

**TA : 5.15 min**



3D FLAIR 0.6mm

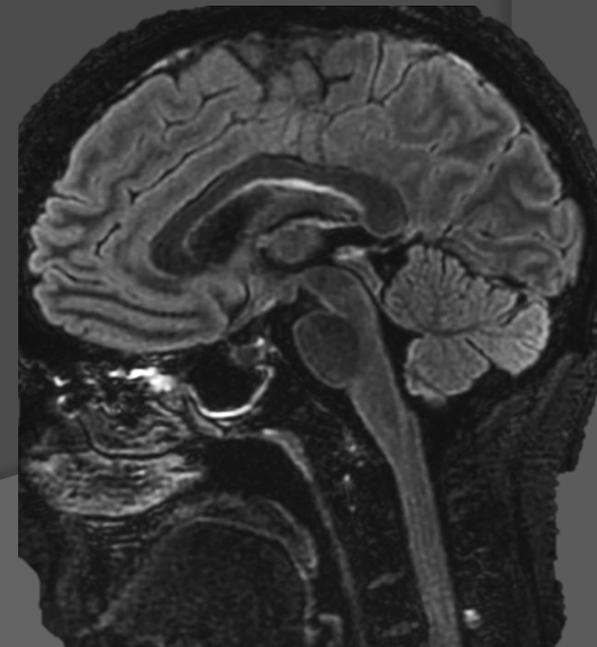
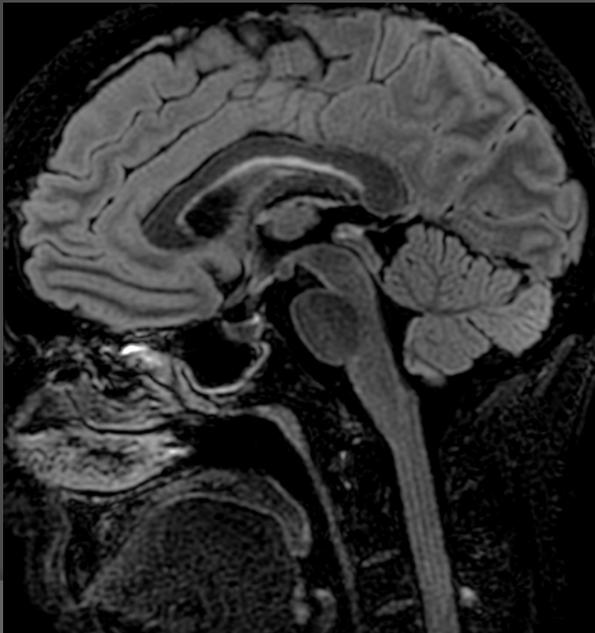
**TA : 3.50 min**



**-27%**

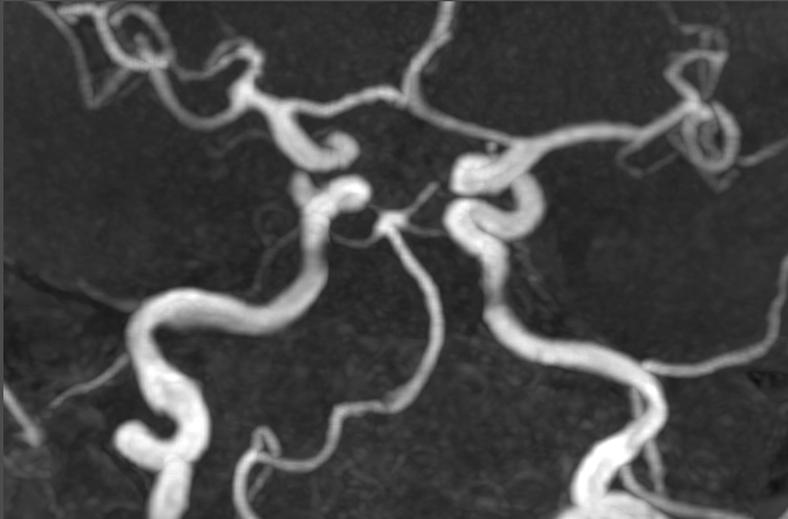
SANS

AVEC

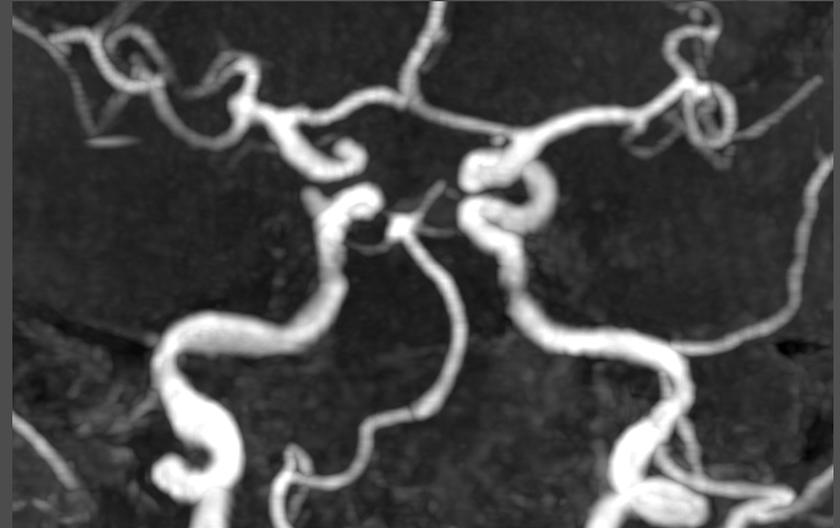


# ARM temps de vol (TOF)

Image basée essentiellement sur le contraste  
(peu de données spatiales)



*ARM TOF*  
*1 mm, 156 slices*  
**TA : 3.56 min**



*ARM TOF*  
*1 mm, 156 slices*  
**TA : 2.50 min**



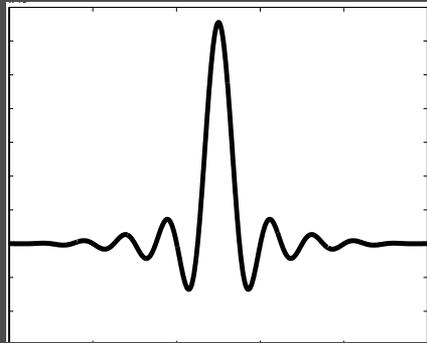
**-28%**

# Acquisitions multi-coupes

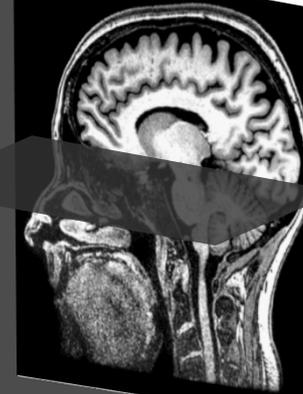
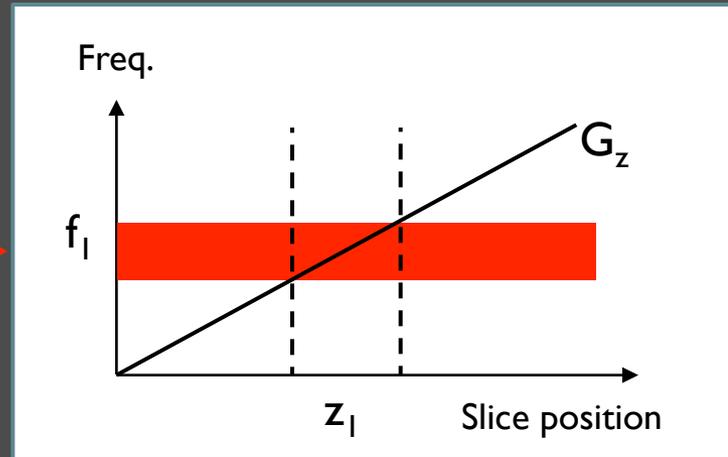
(HyperBand, SMS,..)

1 excitation = plusieurs coupes

Excitation



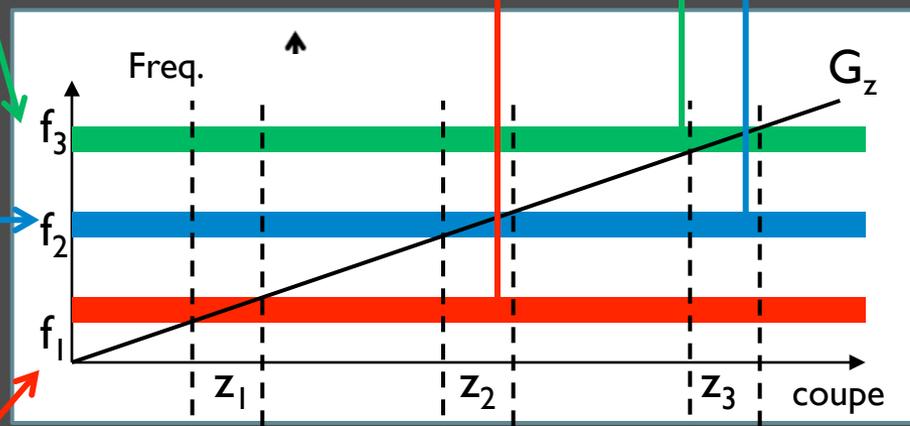
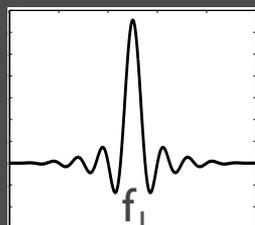
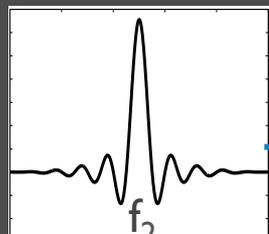
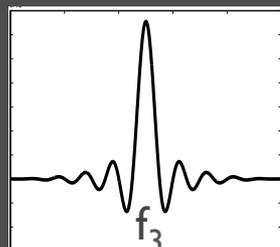
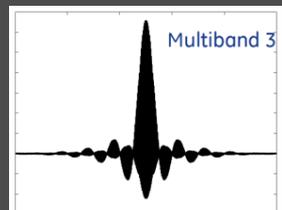
Frequence =  $f_1$



Acquisition conventionnelle  
1 excitation, 1 fréquence, 1 coupe

# Acquisitions multi-coupes

Excitation  
Multi-coupes  
(Nb = 3)

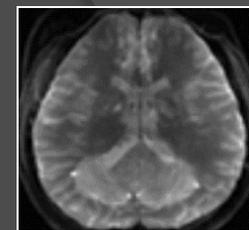
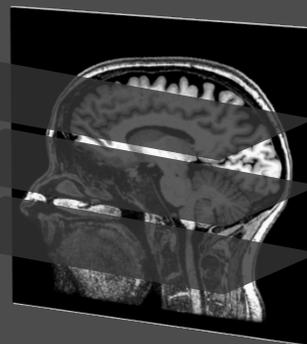


Acquisitions multi-coupes

1 excitation =

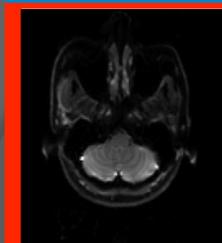
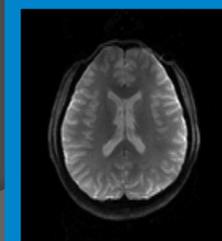
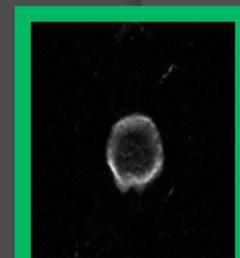
Plusieurs fréquences

Plusieurs coupes

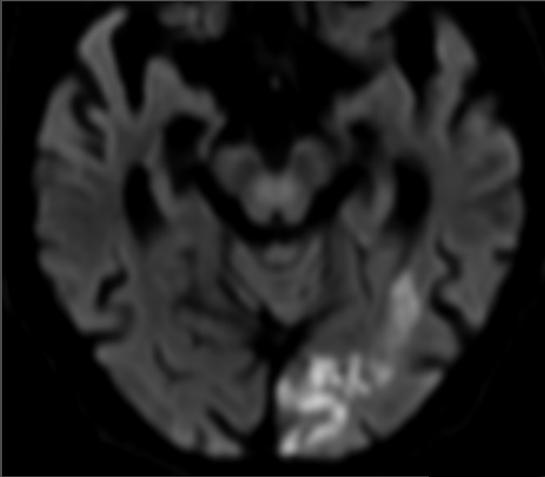


Replément

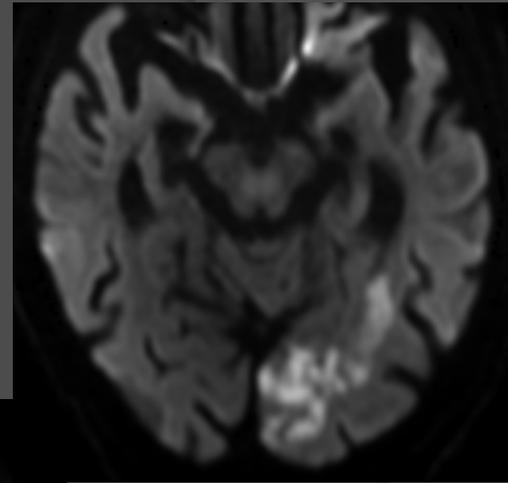
Reconstruction



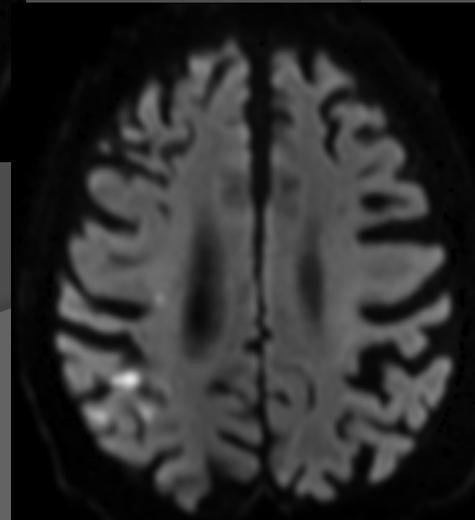
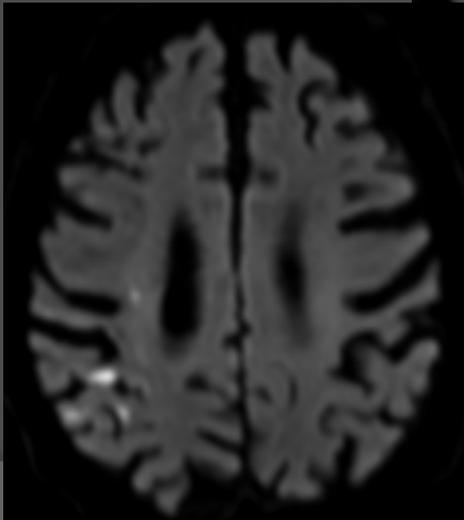
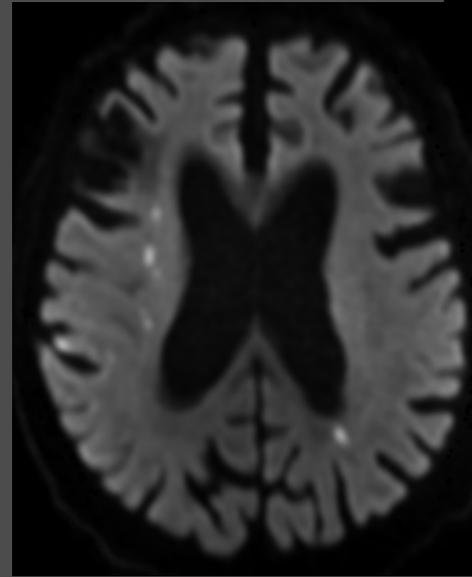
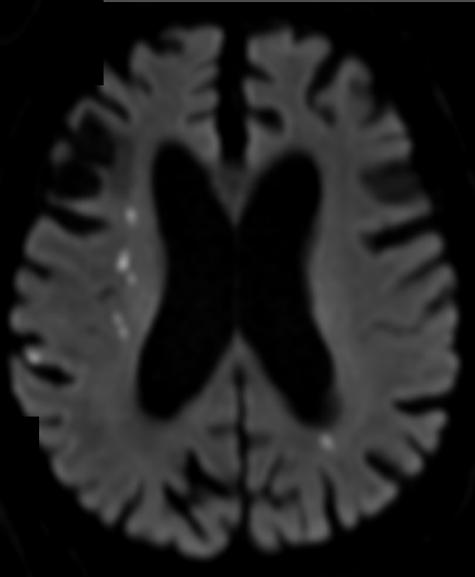
# Performance diagnostique ?



*Diff b1500*  
*16 directions*  
**2.05 min**

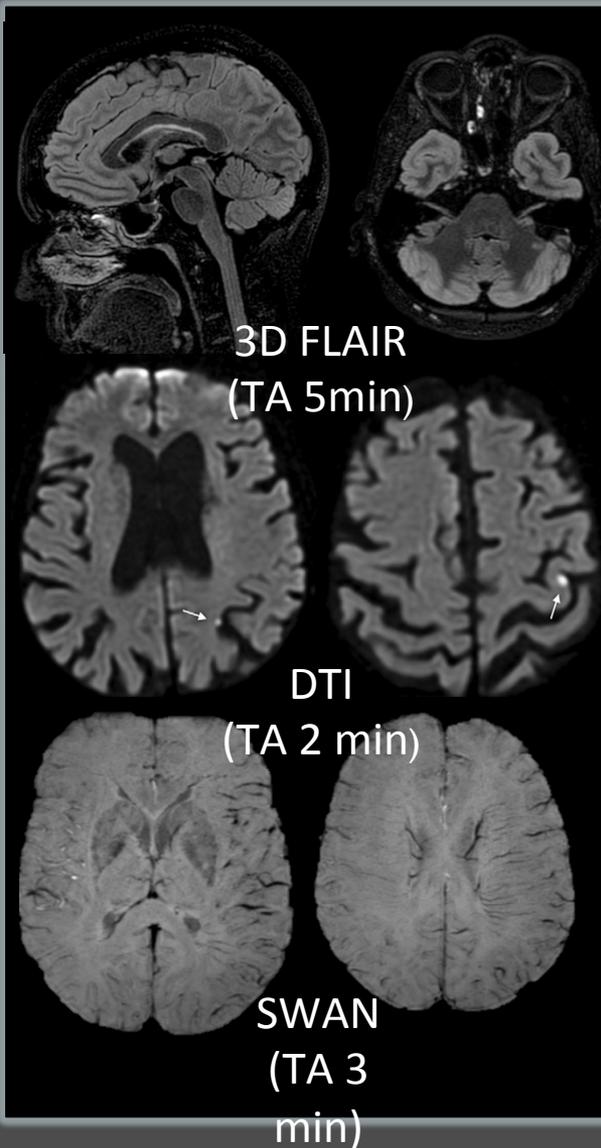


*Diff b1500*  
*Multi-coupes X 2*  
*25 directions*  
**1.40 min**

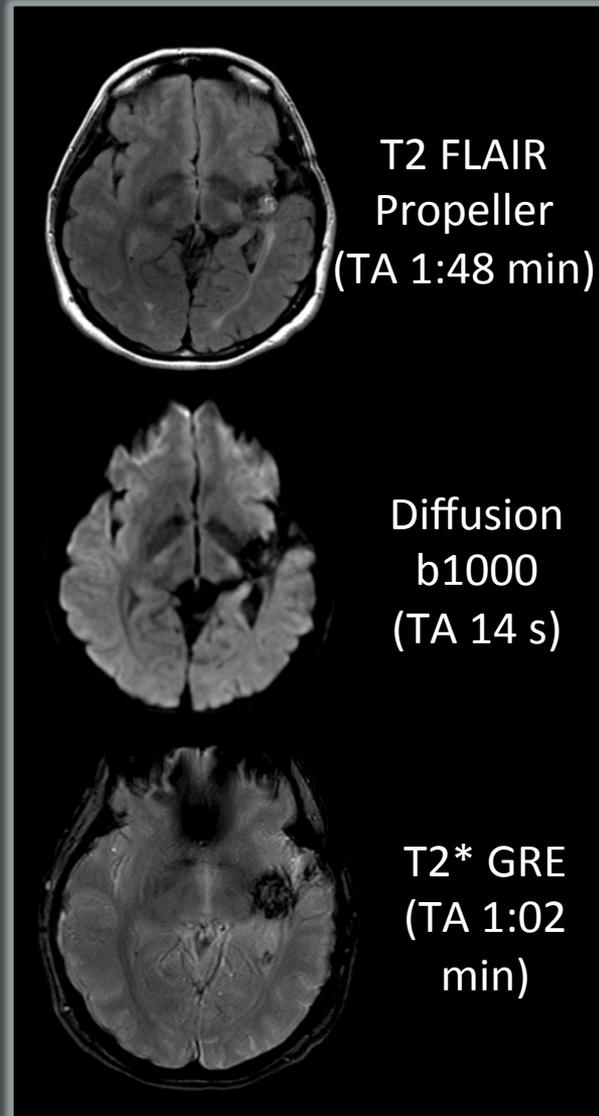


Visibilité identique  
des lésions ischémiques

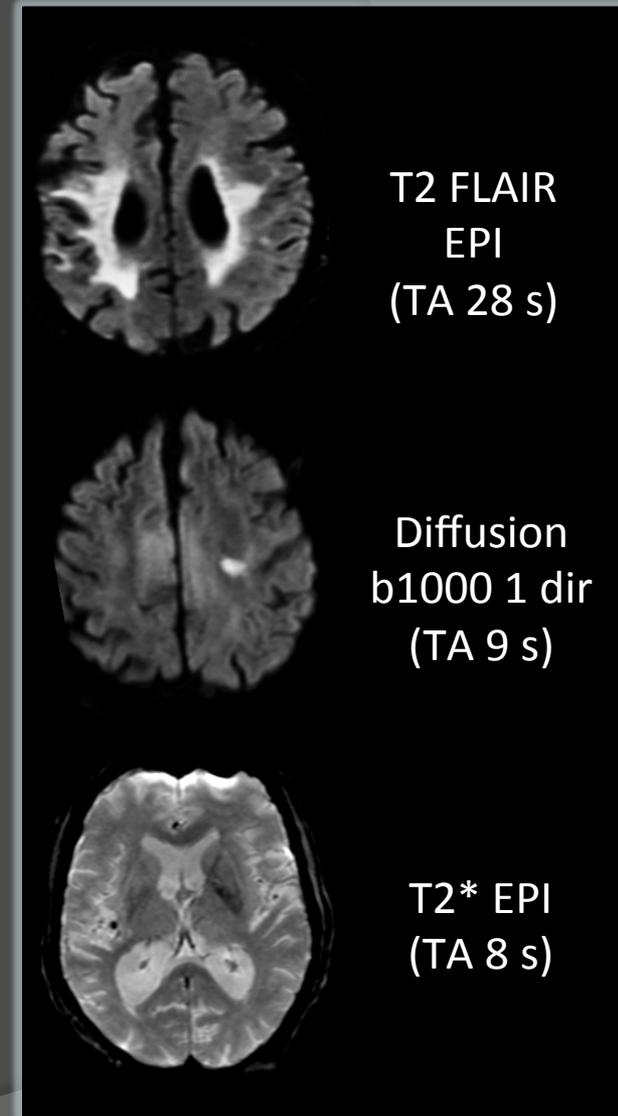
10 min



3:40 min



45 sec



Protocoles automatisés dits "push button" (ViosWorks, GoBrain)

# Nouvelles tendances en imagerie neuro-vasculaire

→ IRM 3T : séquences NV



3D T1 TSE (Cube, Brainview, Space)

Arterial Spin labeling (ASL)

Susceptibilité (SWAN, SWI, SWIp)

# Nouvelles tendances en imagerie neuro-vasculaire

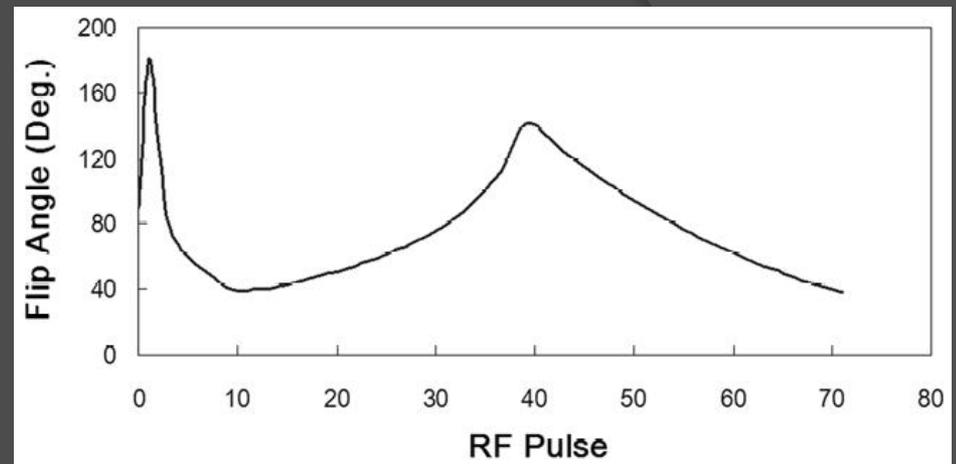
→ IRM 3T : séquences NV



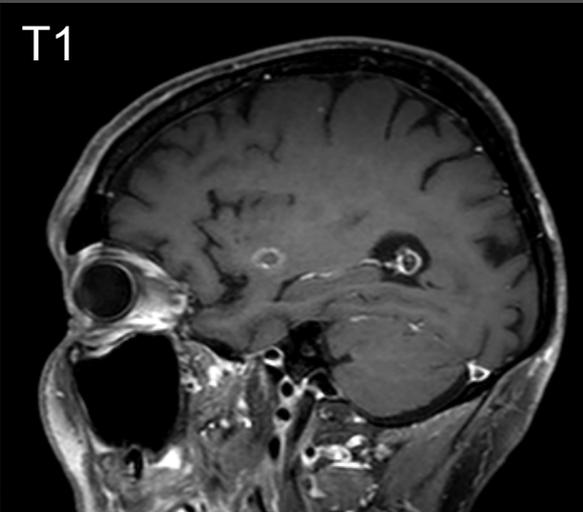
3D T1 TSE (Cube, Brainview, Space)

# 3D TSE

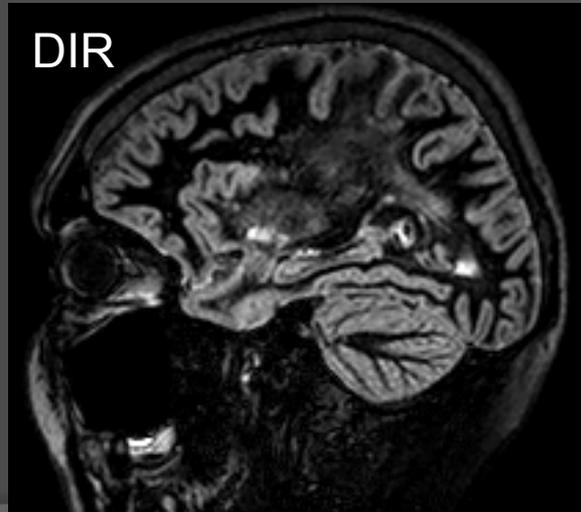
- 3D haute résolution
- Long train d'échos
- Angles de refocalisation variables
- Sensibilité au flux réduite
- Effet "sang noir"



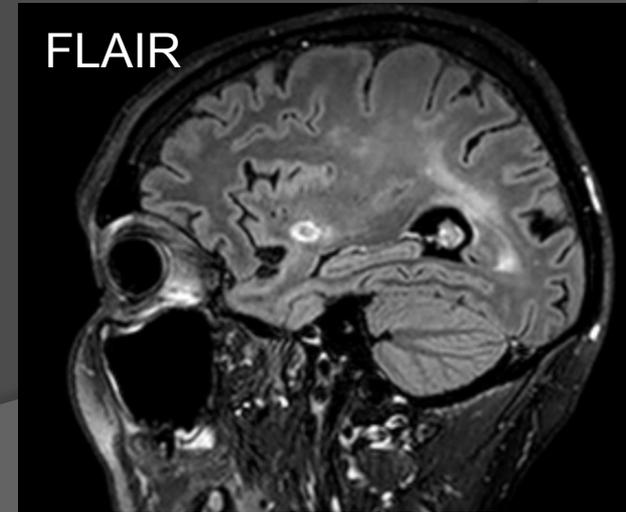
T1



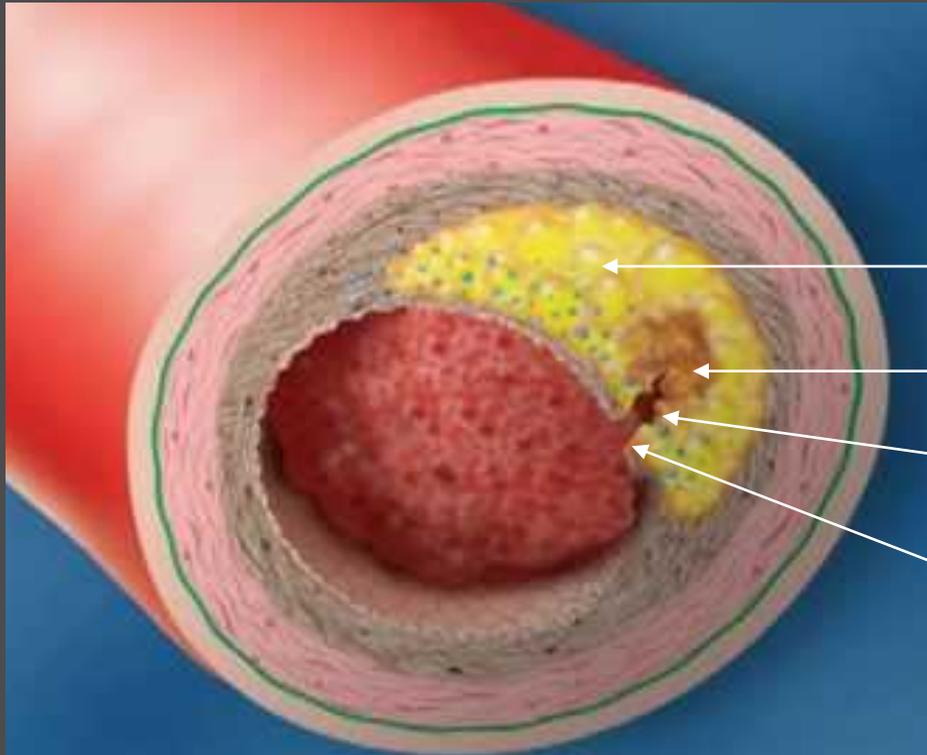
DIR



FLAIR



# 3D T1 TSE Gd et lésions athéroscléreuses



## Concept de plaque vulnérable

Volumineux coeur lipidique

Hémorragie intraplaque

Ulcération

Rupture chape fibreuse

Risque augmenté d'évènement ischémique

# Plaque vulnérable



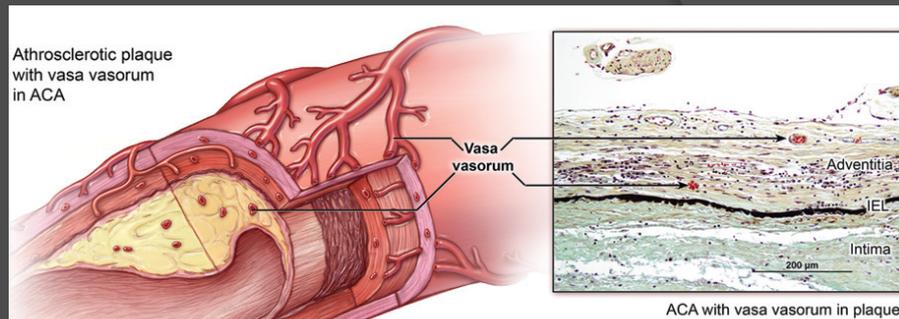
↘ débit, ↘ O<sub>2</sub>

Inflammation

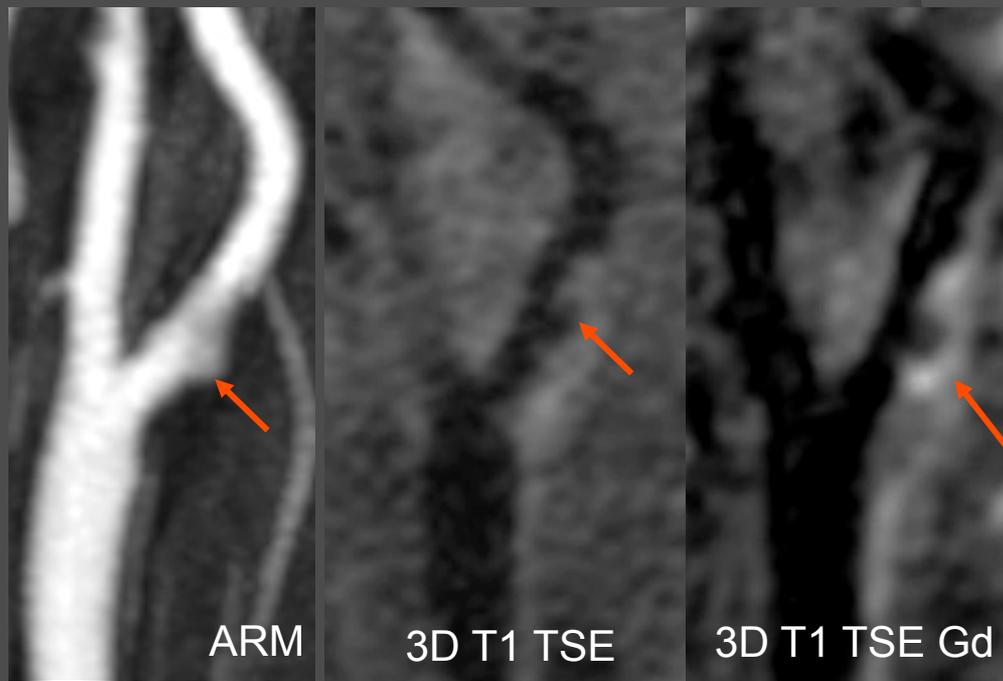
Facteurs angiogéniques

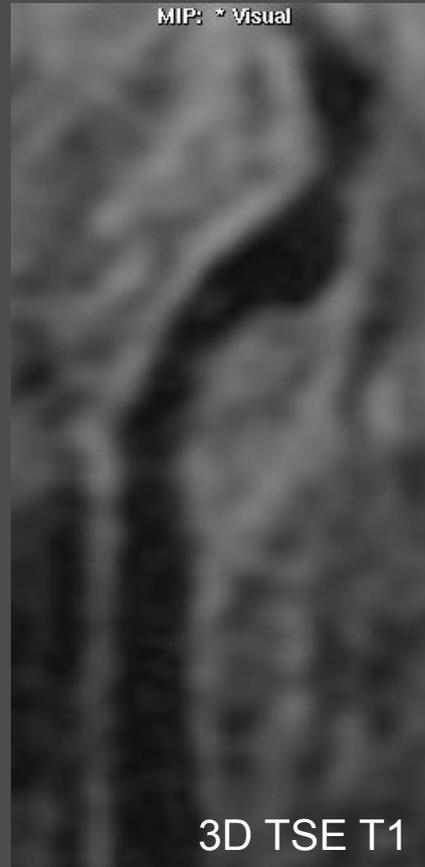
Néovascularisation

↗ Perm End Vasc

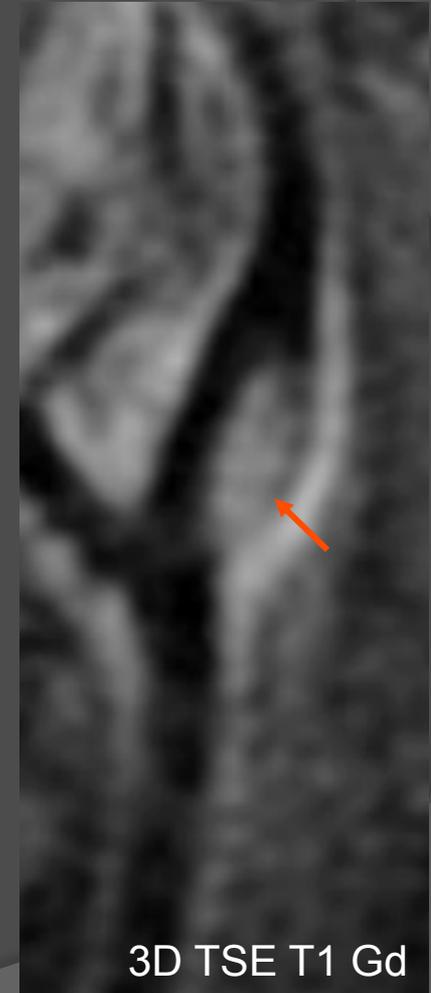


Rehaussement 3D T1 TSE Gd





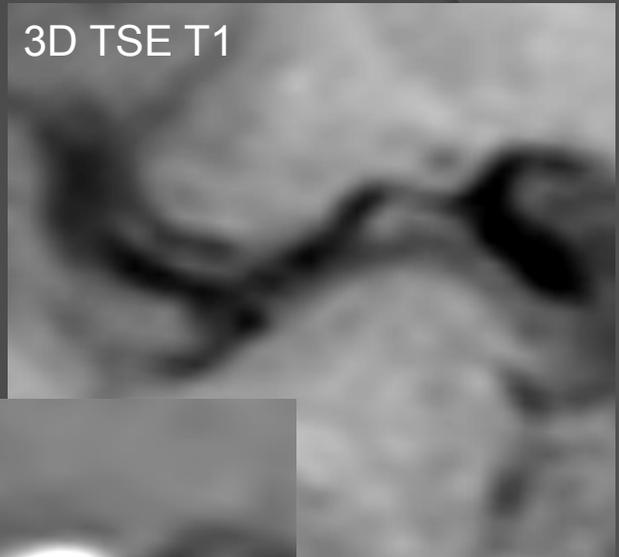
3D TSE T1 : pièges



Diagnostic différentiel : « Sludge » du bulbe carotidien

# 3D T1 TSE Gd et athérome intracrânien

Sténose sévère symptomatique  
Phase aiguë homolatérale à l'AVC  
Décroissance avec le temps

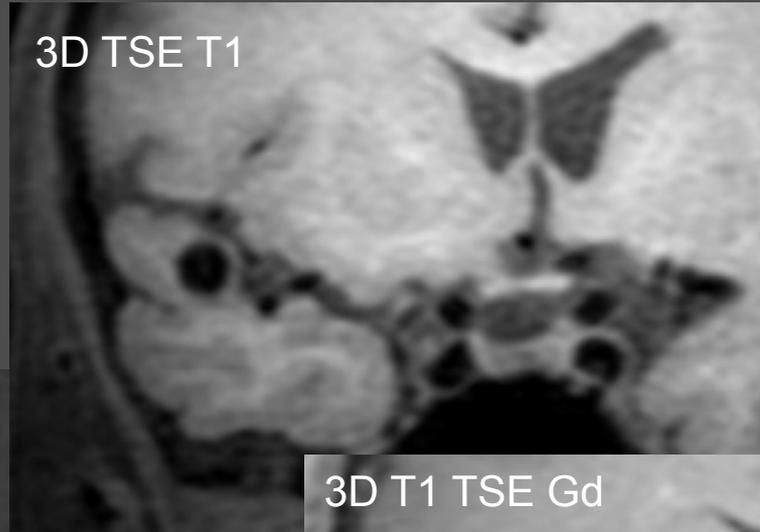
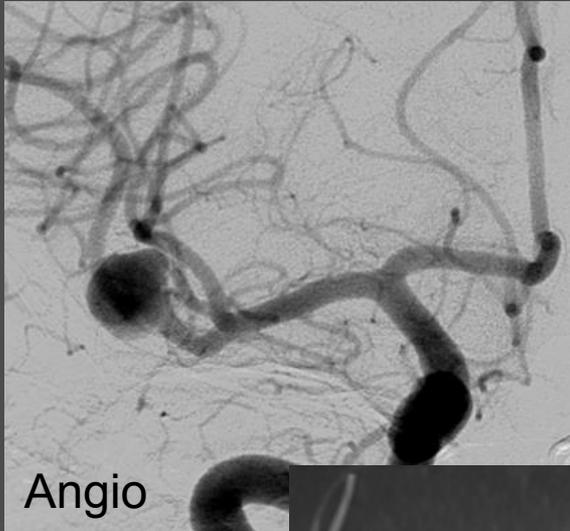


Plaque  
évolutive

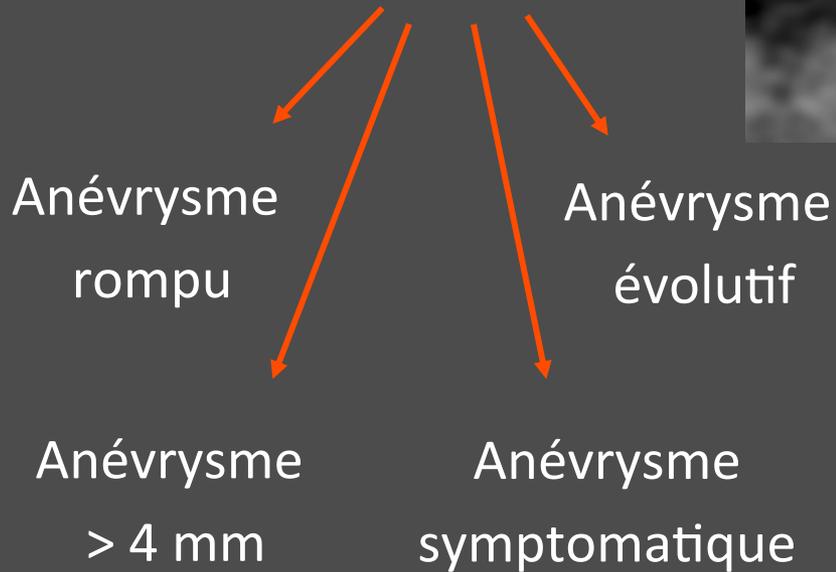
Skarpathiotakis et al. Intracranial Atherosclerotic Plaque Enhancement in patients with Ischemic. AJNR Am J Neuroradiol 2013;34:299-304.

C.-W. Ryu et al. Gadolinium Enhancement of Atherosclerotic Plaque in the Middle Cerebral Artery: Relation to Symptoms and Degree of Stenosis. AJNR Am J Neuroradiol 2014;35:2306 –10

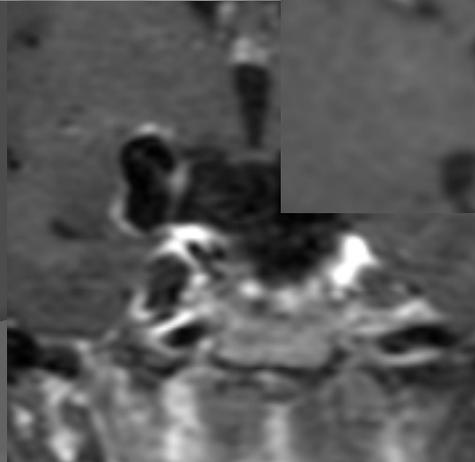
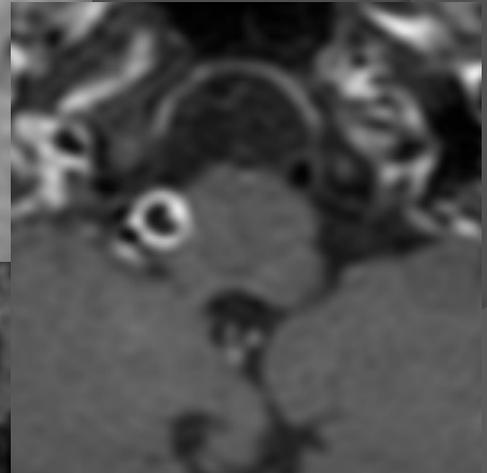
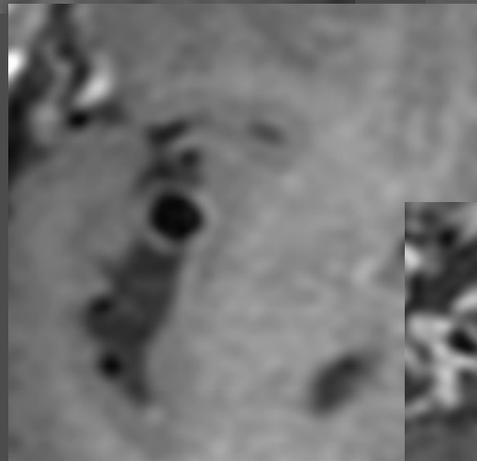
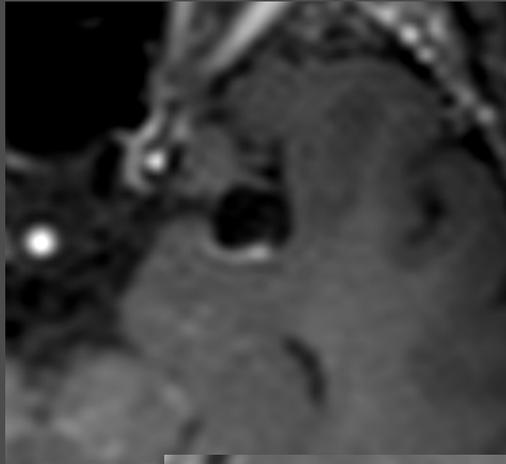
# 3D T1 TSE Gd et anévrisme intracrânien



# Rehaussement 3D T1 TSE Gd

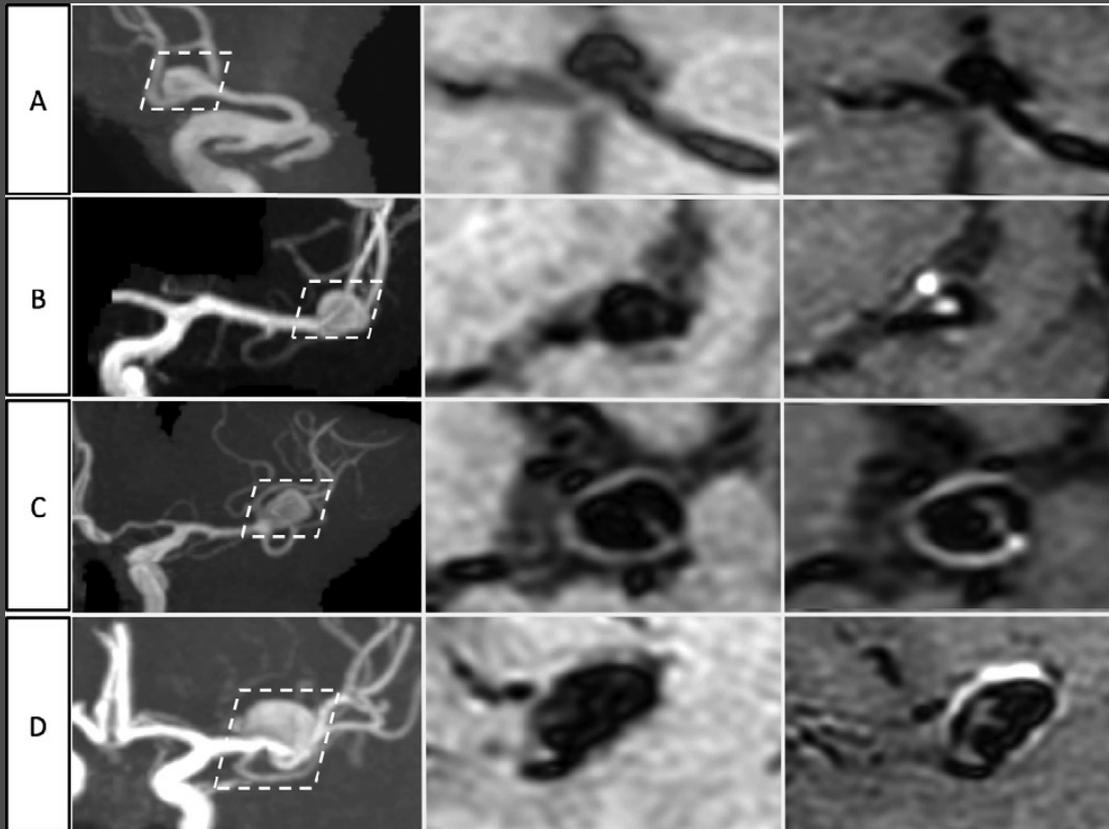


Prévalence élevée (80% des anévrysmes instables) **mais faible spécificité** (30% anévrysmes stables)



# Circumferential Thick Enhancement at Vessel Wall MRI Has High Specificity for Intracranial Aneurysm Instability

Myriam Edjlali, MD, PhD • Alexis Guédon, MD • Wagth Ben Hassen, MD • Grégoire Boulouis, MD • Joseph Benzakoun, MD • Christine Rodriguez-Régent, MD • Denis Trystam, MD • François Nataf, MD • Jean-François Meder, PhD • Patrick Tierski, MD • Catherine Oppenheim, PhD • Olivier Naggara, PhD



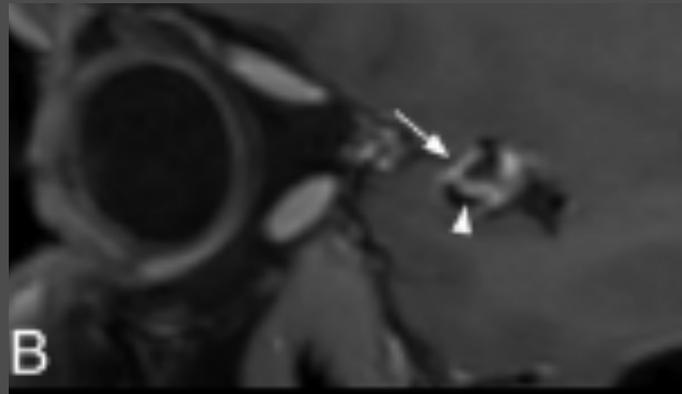
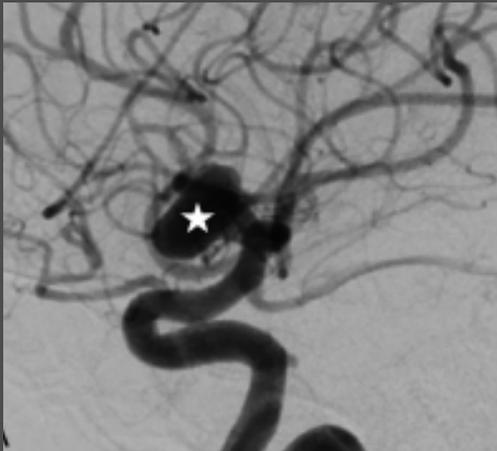
Rehaussement grade 3  
(circonférentiel > 1 mm)



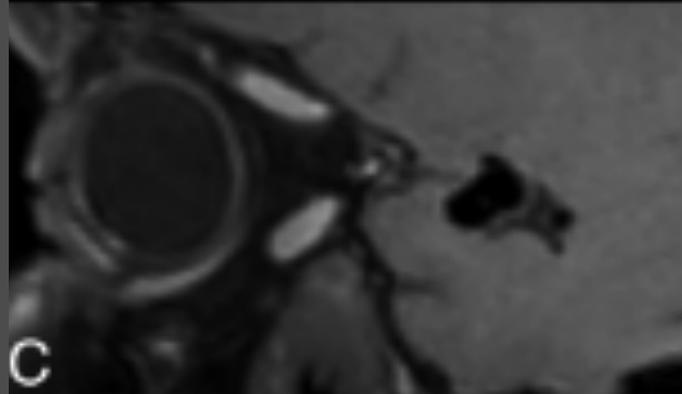
Marqueur spécifique  
d'anévrysme instable  
(Sp = 84%, NPV = 90%)

# Blood Flow Mimicking Aneurysmal Wall Enhancement: A Diagnostic Pitfall of Vessel Wall MRI Using the Postcontrast 3D Turbo Spin-Echo MR Imaging Sequence

E. Kalsoum, A. Chabernaud Negrier, T. Tuilier, A. Benaïssa, R. Blanc, S. Gallas, J.-P. Lefaucheur, A. Gaston, R. Lopes, P. Brugères, and J. Hodel



← 3D T1 TSE Gd conventionnel



← 3D T1 TSE Gd avec gradients de déphasage (MSDE)

# Nouvelles tendances en imagerie neuro-vasculaire

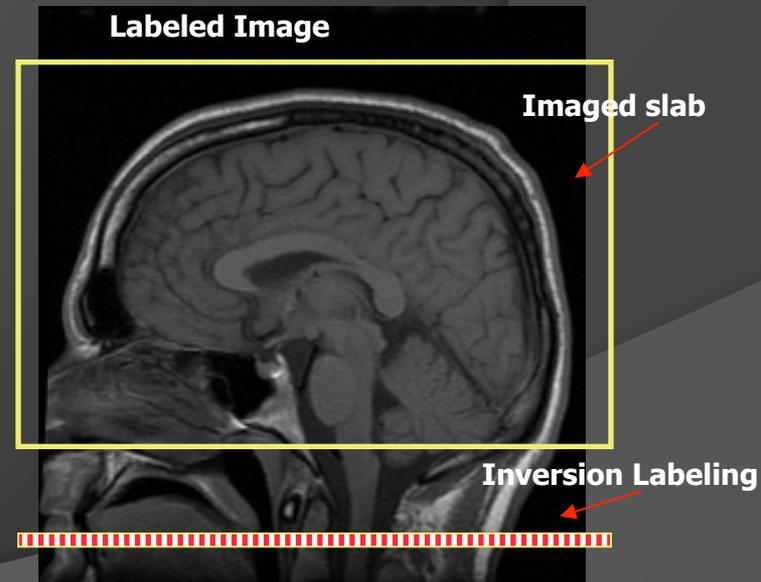
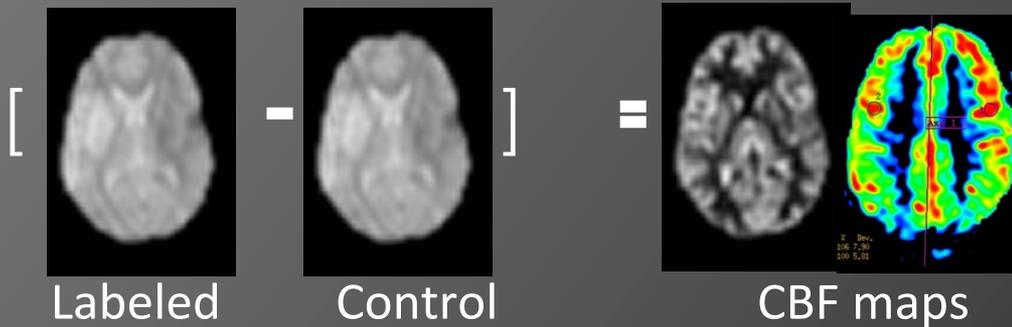
→ IRM 3T : séquences NV



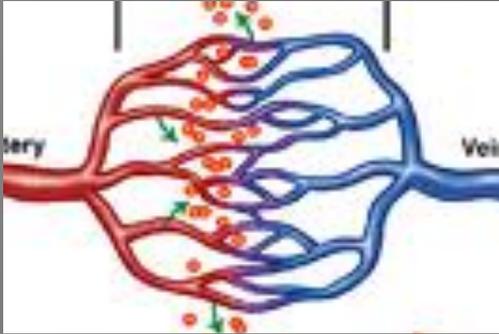
Arterial Spin labeling (ASL)

# Perfusion sans injection (ASL)

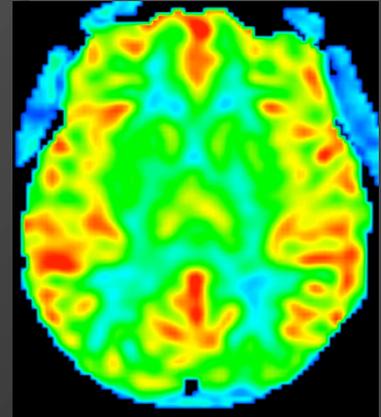
- 2 séries d'images sont acquises:
  - Sans marquage des spins (images contrôles)
  - Avec marquage (protons marqués) après un délai (PLD)
- Mesure des variations d'intensité du signal entre les 2 séries



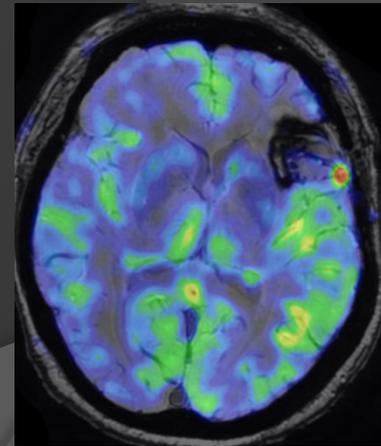
# ASL et shunt artério-veineux



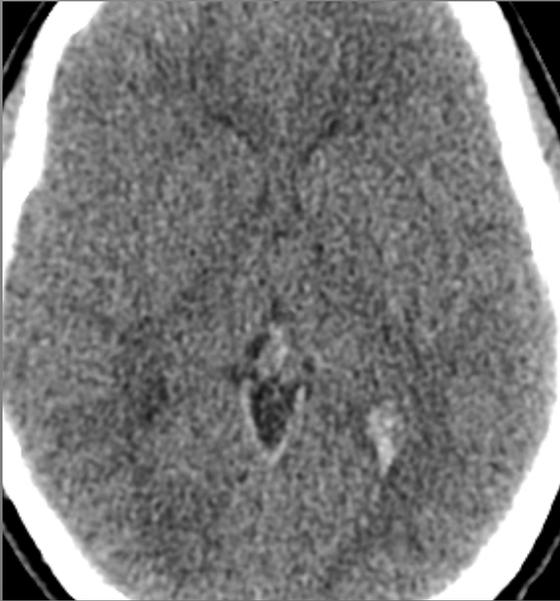
En condition normale, la majorité des protons marqués est extraite au niveau capillaire, donnant lieu à un signal proportionnel au CBF.



En cas de **shunt artério-veineux**, il n'y a pas d'extraction des protons marqués au niveau capillaire, à l'origine d'un **hypersignal veineux**

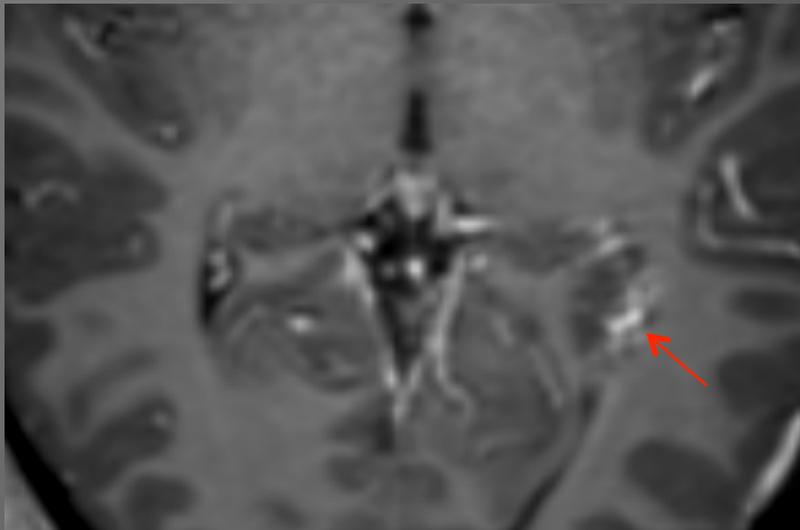


Scanner

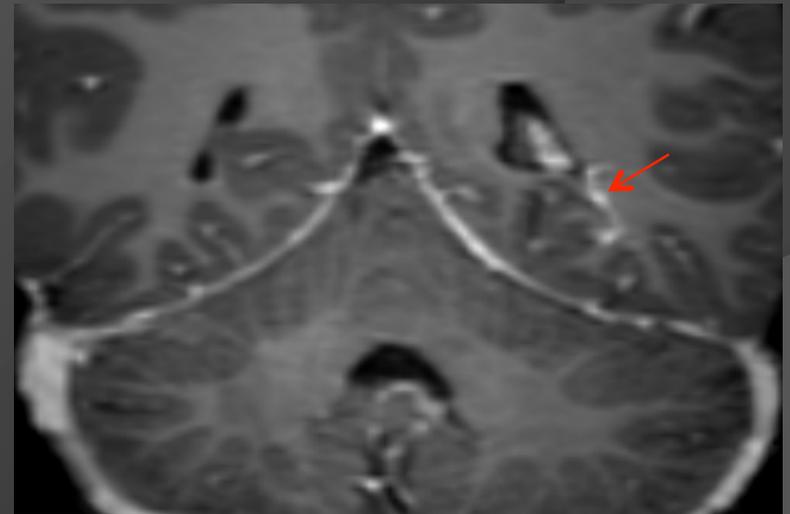


Femme, 25 ans.  
Juin 2016 : céphalée ictale  
TDM - : Hémorragie IV  
DSA : MAV temporelle gauche  
au contact de la corne  
occipitale

Angiographie

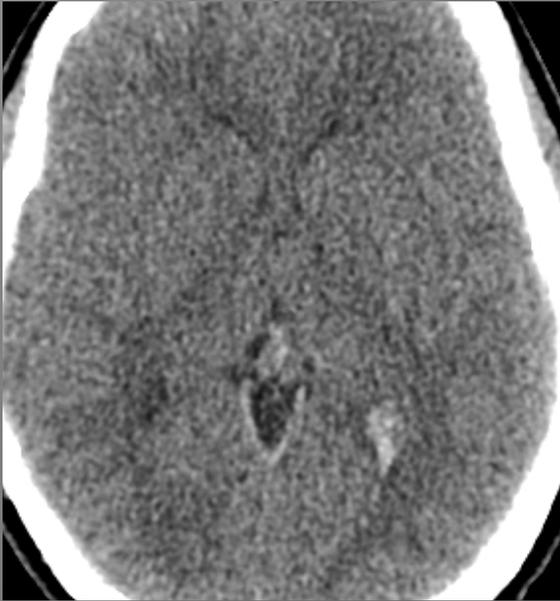


IRM 3D T1 Gd



IRM 3D T1 Gd

Scanner



Femme, 25 ans.  
Juin 2016 : céphalée ictale  
TDM - : Hémorragie IV  
DSA : MAV temporelle gauche  
au contact de la corne  
occipitale

Angiographie



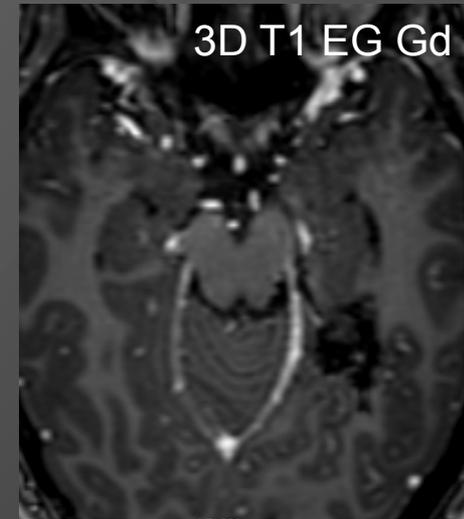
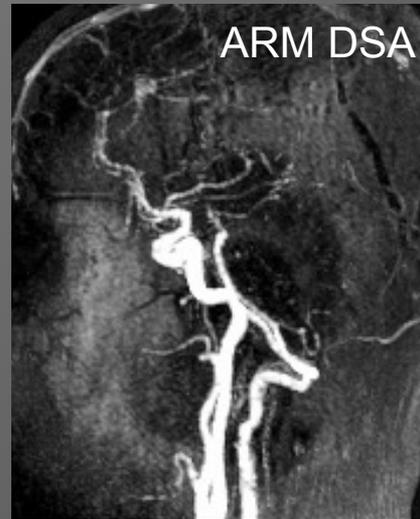
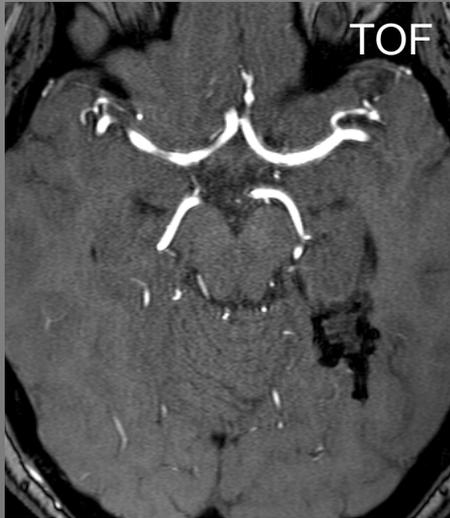
Embolisation : 3 séances  
Contrôle angio juin 2017 :  
reliquat nidal minime à flux  
très ralenti



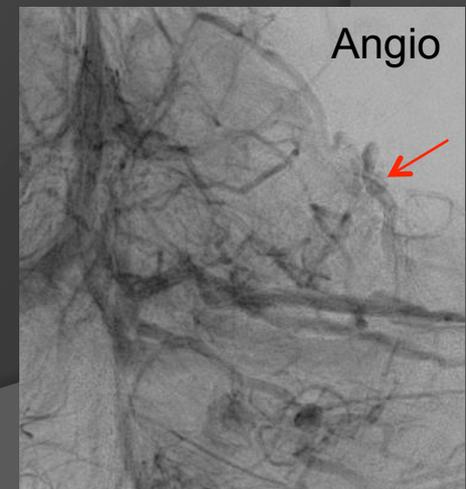
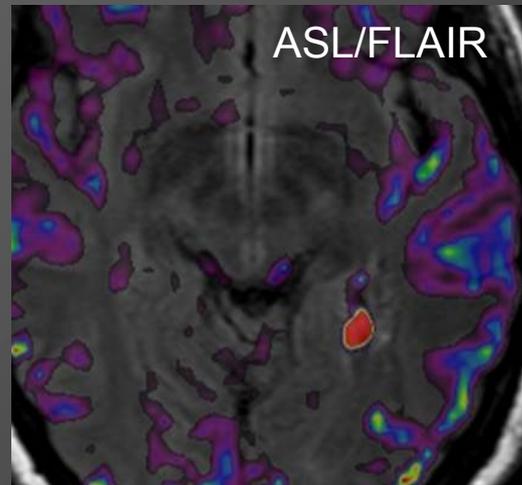
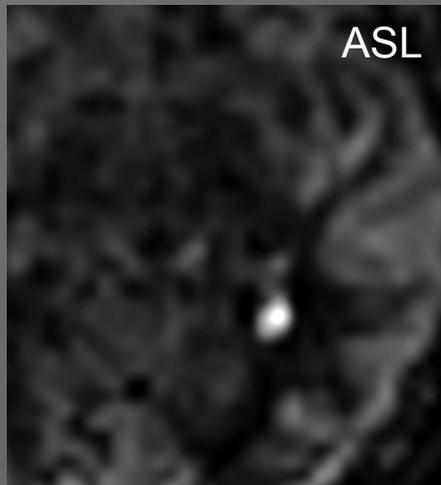
DSA temps précoce

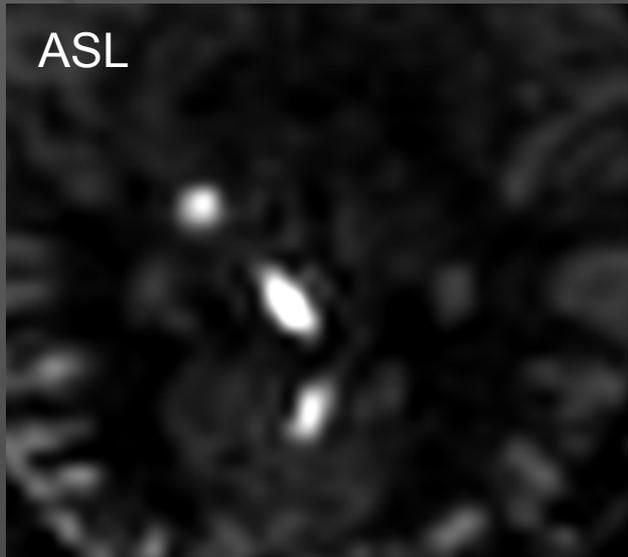
Angio temps tardif

Contrôle IRM juin 2017 même jour que l'angiographie

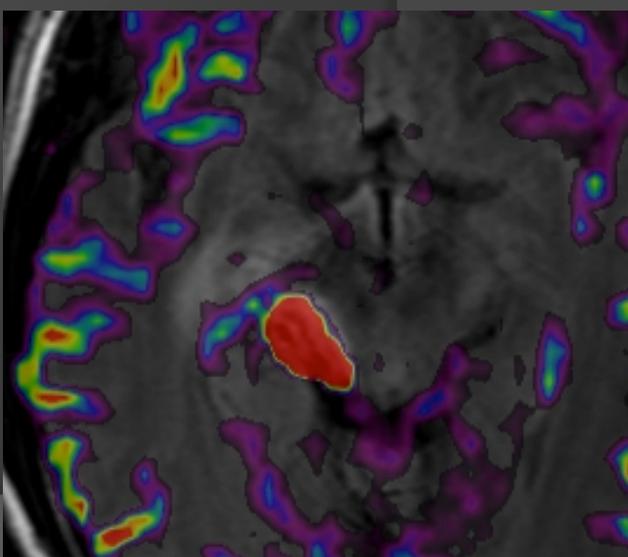
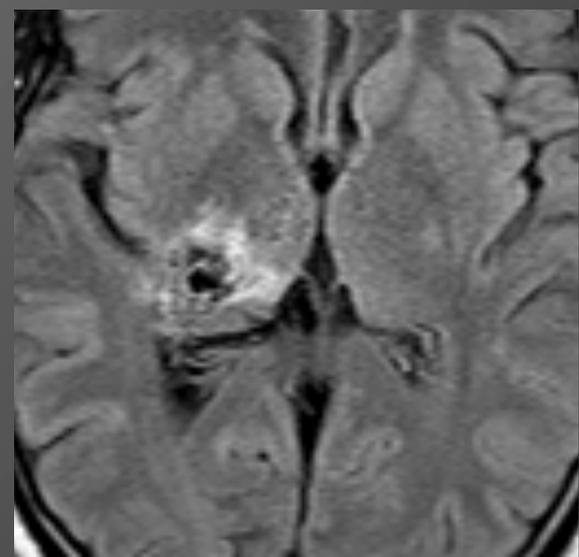
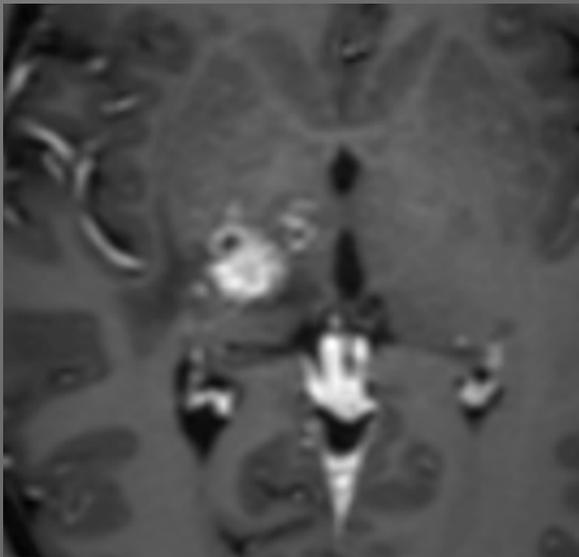


ASL : hypersignal veine de drainage intra-ventriculaire

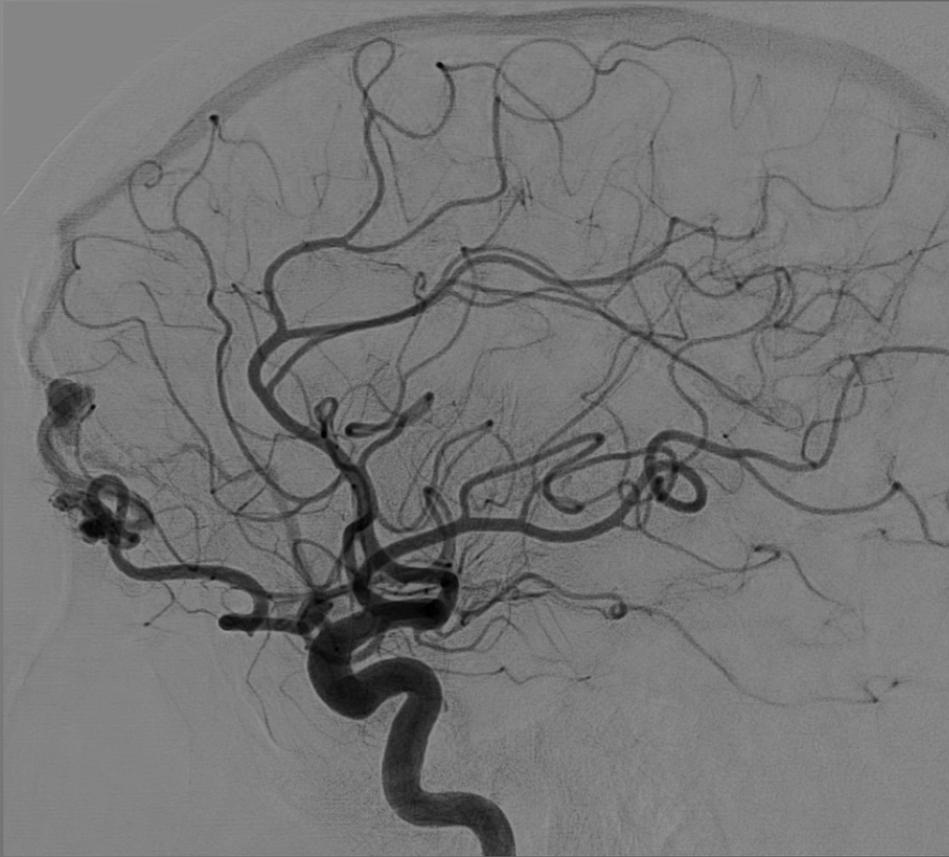




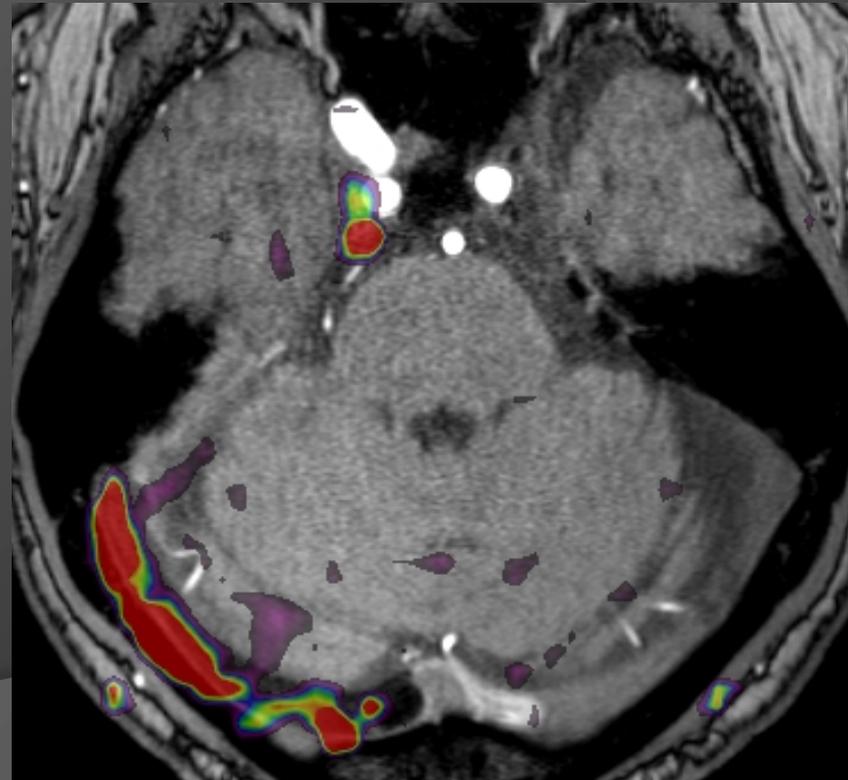
MAV thalamique droite traitée par radiochirurgie Gammaknife

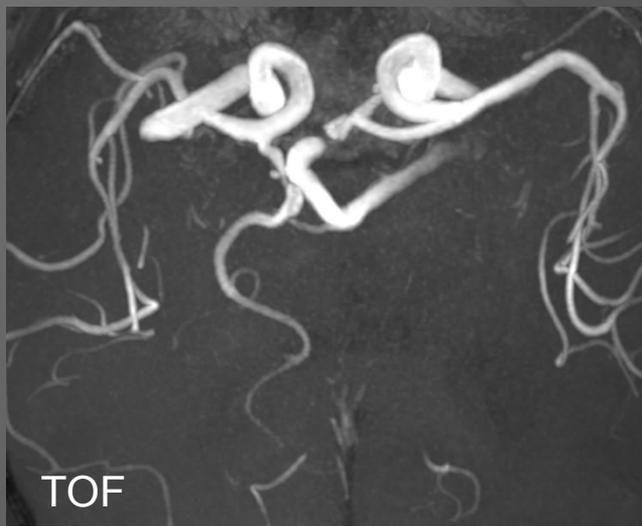
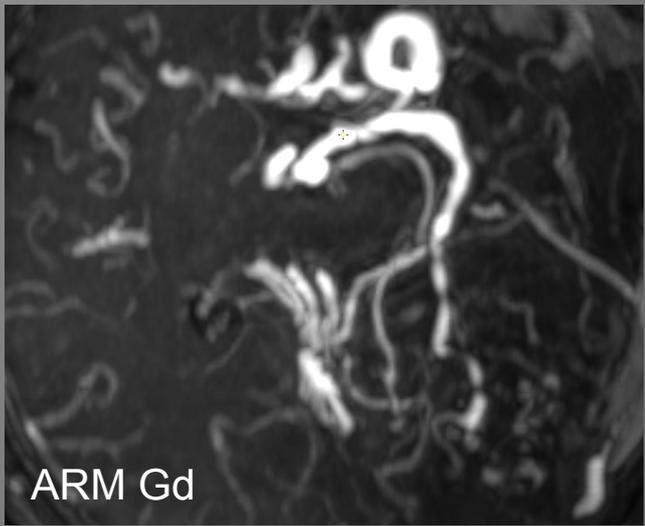


ASL : pièges

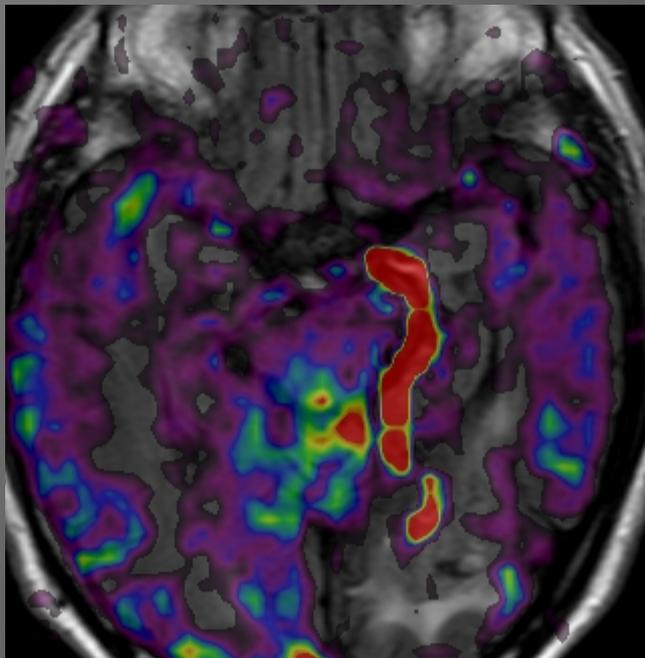


Protons marqués à distance du shunt (fistule à haut débit)

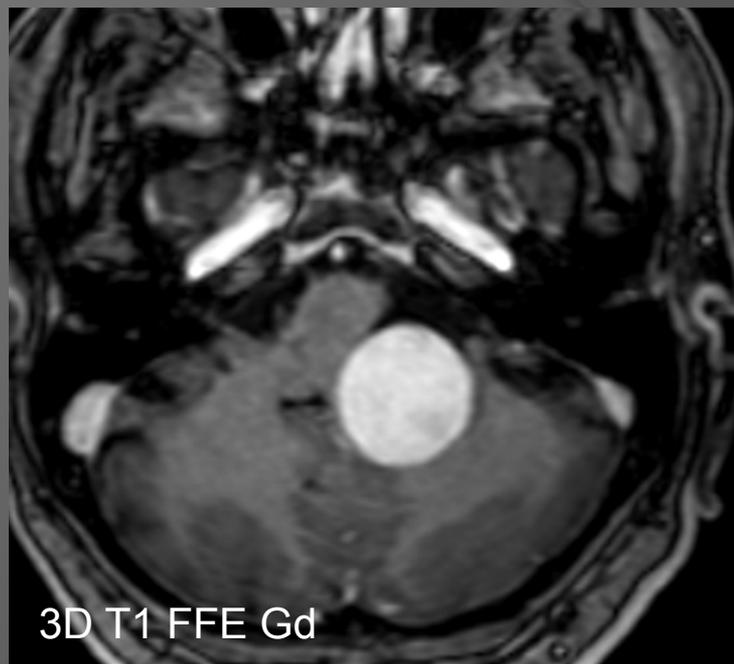
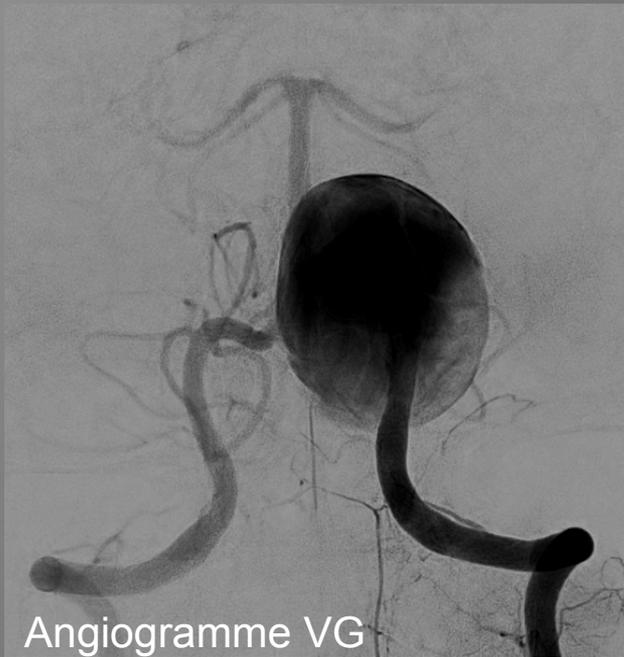




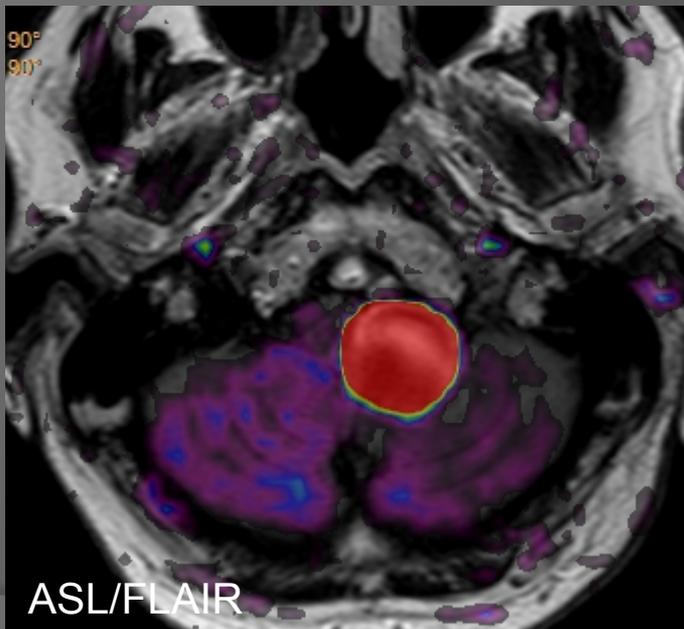
ASL : pièges



Protons marqués dans une artère occluse ou à bas débit (artéfact de transit artériel)

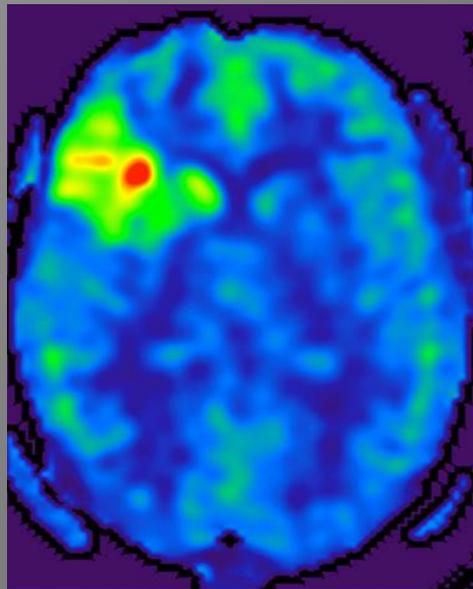


ASL : pièges

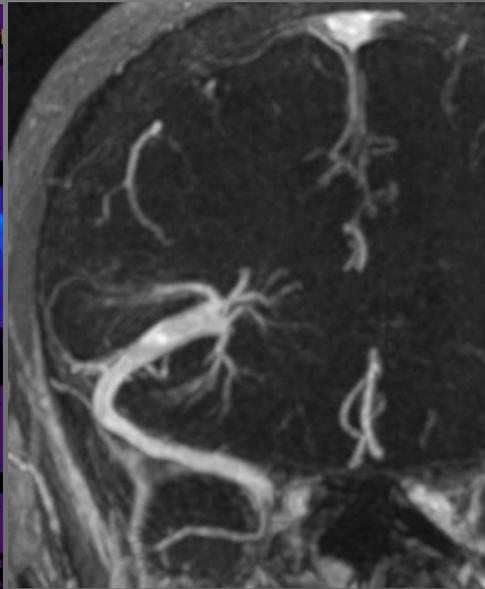


Protons marqués stagnants  
dans un anévrysme  
(pooling artefact)

ASL 3D

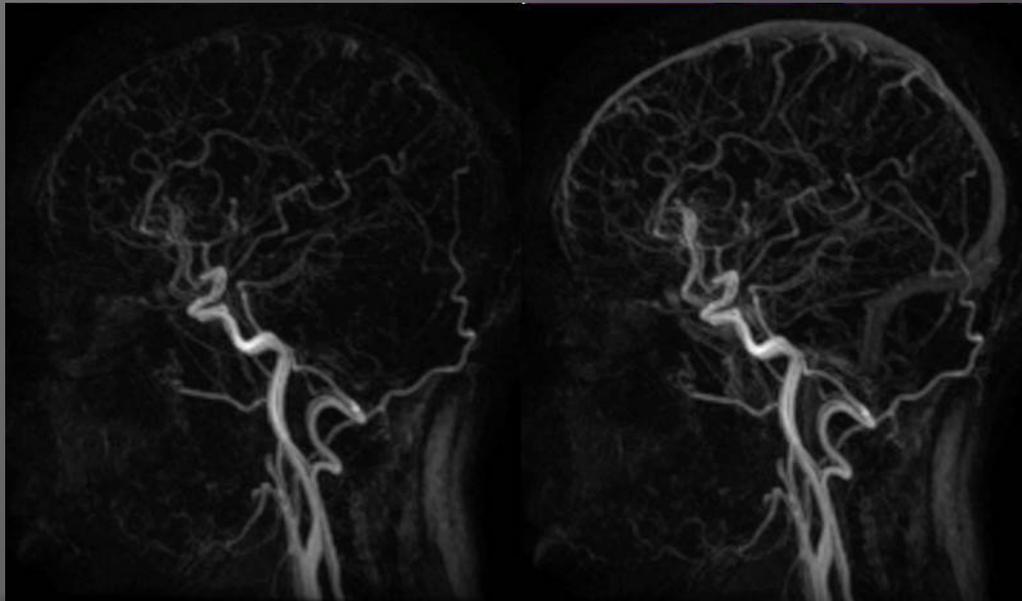


3D T1 FFE Gd

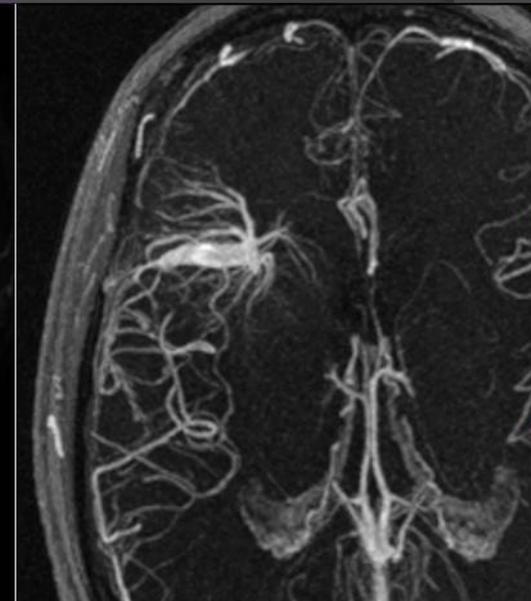


ASL : pièges

Protons marqués dans le collecteur veineux d'une AVD (anomalie transitionnelle)



ARM Gd dynamique (ARM-DSA)



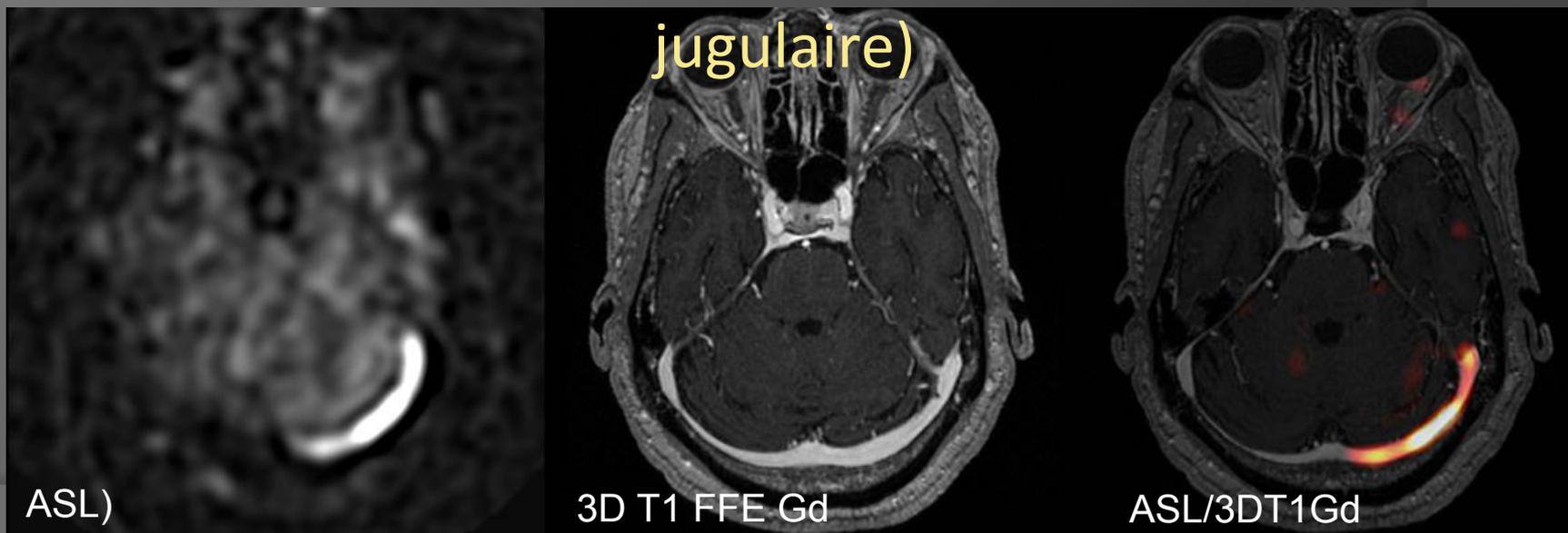
3D T1 FFE Gd

ARM Gd dynamique (ARM-DSA)

ASL : pièges



Protons marqués dans un sinus transverse (reflux jugulaire)



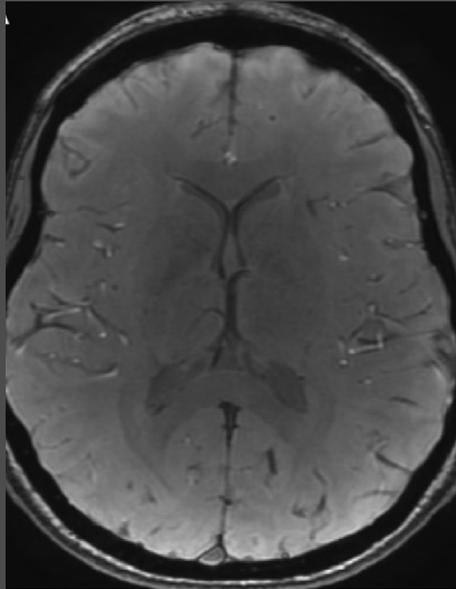
# Nouvelles tendances en imagerie neuro-vasculaire

→ IRM 3T : séquences NV

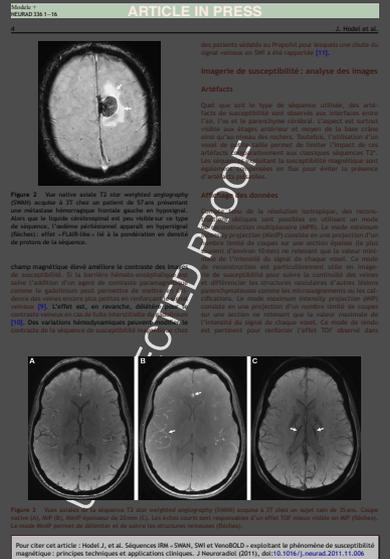


Susceptibilité (SWAN, SWI, SWIp)

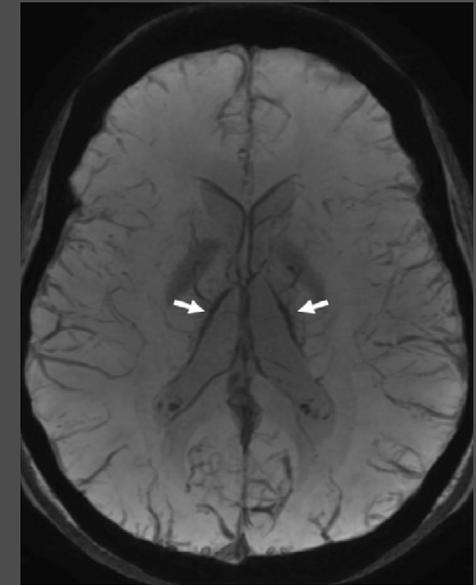
# Imagerie de susceptibilité



Native



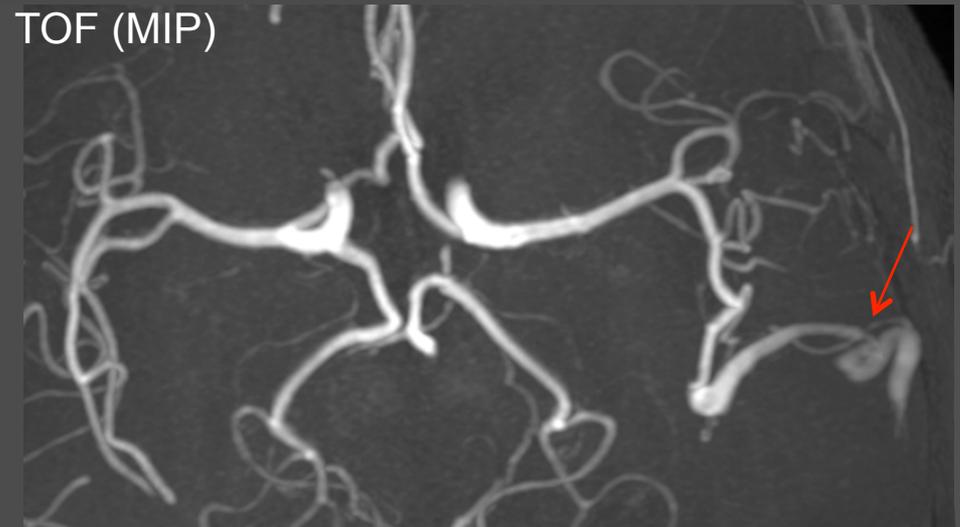
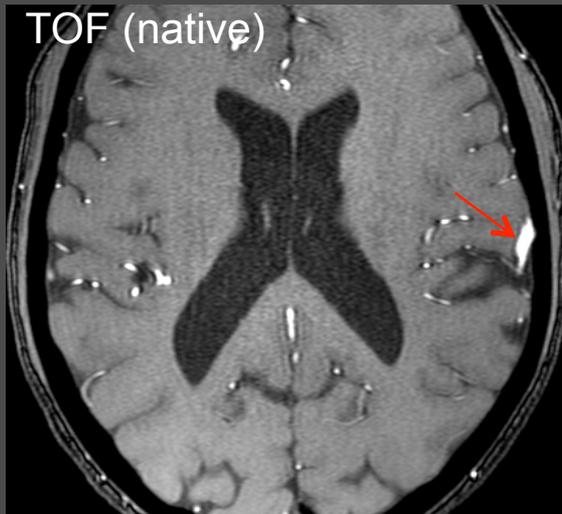
MIP (artères)



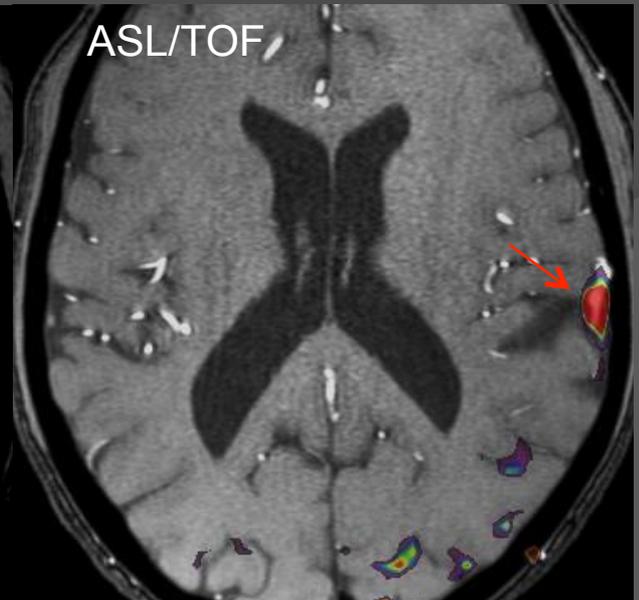
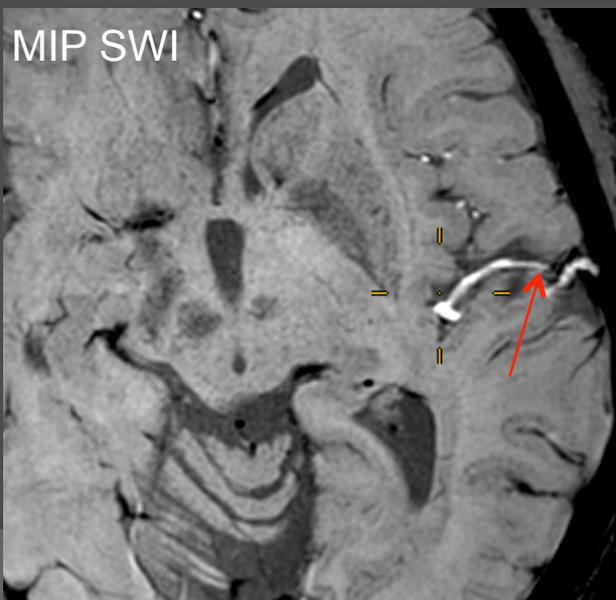
MinIP (veines)

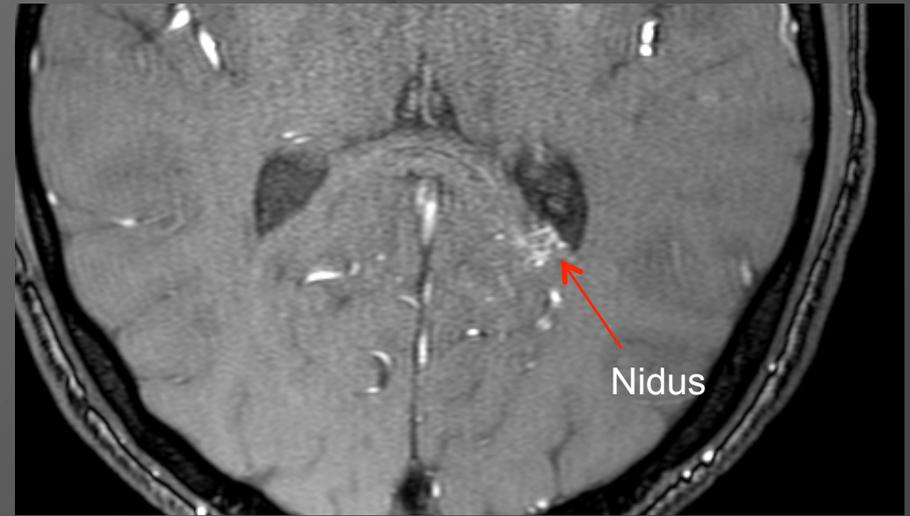
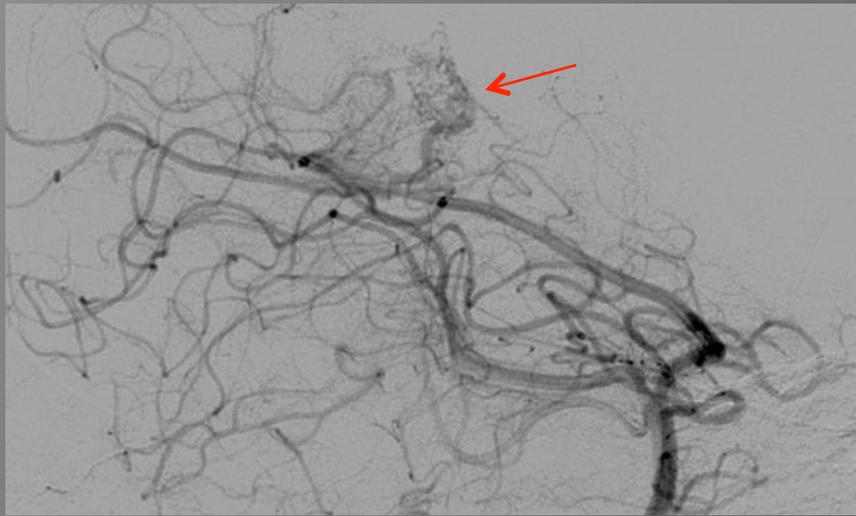
- 3D Echo de Gradient Multi-échos
- Echos courts : effet TOF (artères)
- Echos longs : effet BOLD (veines)
- Effets majorés à 3T

# SWI et MIP : shunt artério-veineux

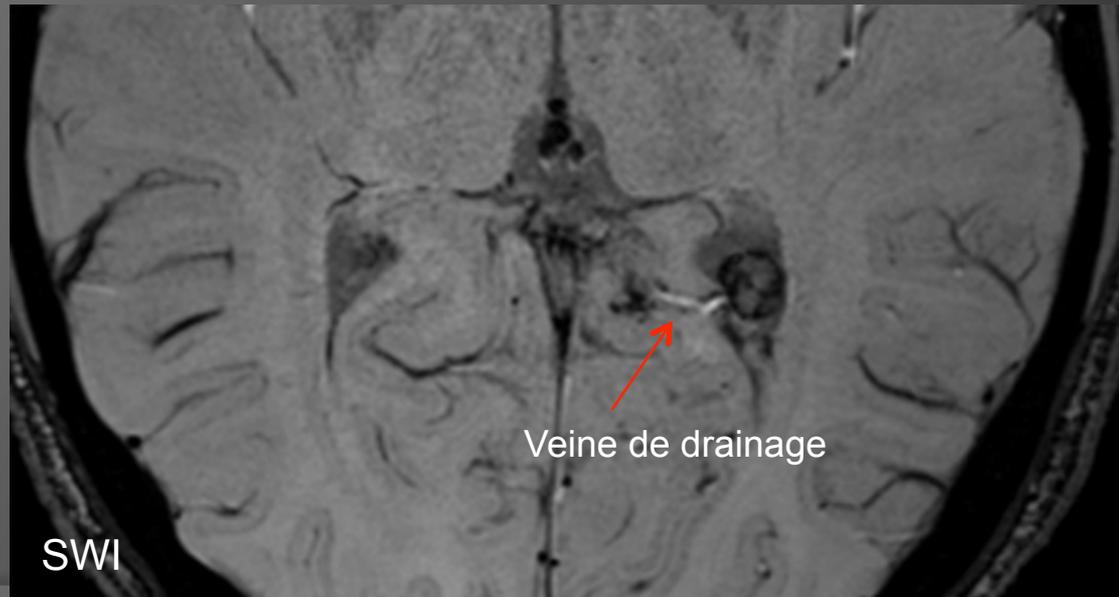


## Fistule artério-veineuse intra-cérébrale

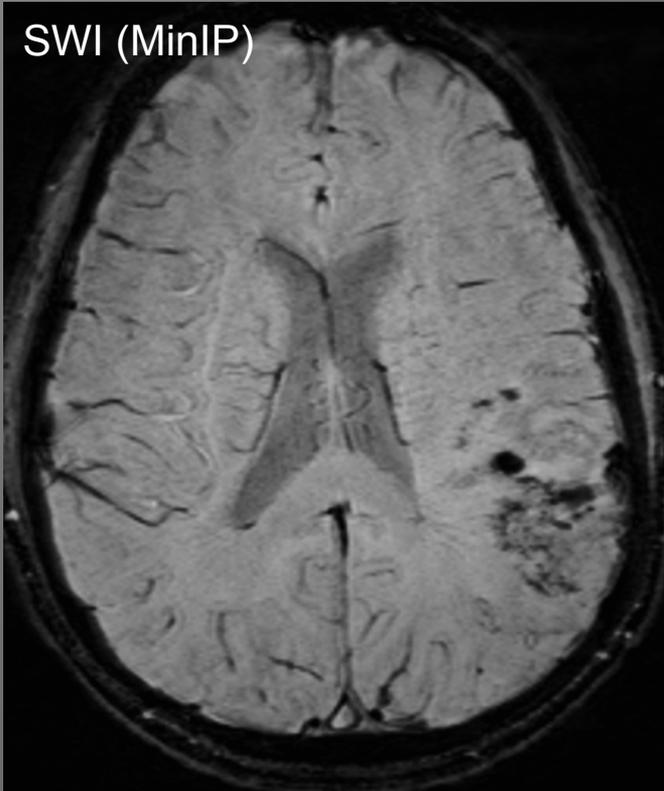




## Malformation artério-veineuse choroïdienne traitée par Radiochirurgie Gammaknife



# SWI et MinIP : thrombose veineuse corticale



Thrombose (blooming artefact)  
Congestion veineuse  
Microhémorragies

# Nouvelles tendances en imagerie NV

## Take home messages

### Equipements

- Scanner : accélérer la prise en charge des patients par l'imagerie hybride
- IRM : diminuer le temps d'examen par les techniques de lecture rapide de l'image

### Nouvelles séquences en IRM 3T (3D T1 TSE, ASL, SWI)

- S'intéresser à la paroi autant qu'à la lumière en pathologie anévrysmale et athéromateuse
- Favoriser les techniques d'imagerie sans injection pour le suivi des MAVs et des fistules