

M. Zanca, Biophysique, Médecine Nucléaire et IRMf, CHU Montpellier

IMAGERIE FONCTIONNELLE CEREBRALE CHEZ L'HOMME

Prof. M. ZANCA

UM1, CHU Montpellier & L2C, UMR 5221 CNRS-UM2, BioNanoNMRI

Master Physiologie Intégrée

Les techniques

TEP, émission de β^+

TEMP, émission de γ

TDM, transmission de X

SRM, émission RF

IRM, émission RF

La TEP

Tomographie par émission de positons (β^+)

Emission interne de β^+

Détection externe des photons d'annihilation

Image tomographique, $R^{\circ}_{sp} \sim 5 \text{ mm}$

Images d'un métabolisme ciblé local

Isotopes émetteurs de positons les plus utilisés en TEP cérébrale

Isotope	E_{\max} (keV)	Parcours moyen dans H ₂ O (mm)	Période $T_{1/2}$ (min)	Durée de vie $\approx 6 \cdot T_{1/2}$	Impose cyclotron ...
¹⁵ O	1723	2,7	2	12 min	...sur site
¹³ N	1190	1,5	10	1 hr	...sur site
¹¹ C	981	1,1	20	2 hrs	...pas loin
¹⁸ F	635	0,6	110	11 hrs	...loin

Seul le ¹⁸F est utilisable en routine (loin du site de production). Pour le ¹¹C, la caméra doit être à (très) faible distance du cyclotron, pour le ¹³N et le ¹⁵O, la caméra doit lui être « branchée » en permanence !

Quelques traceurs utilisés en TEP

Marqueur	T (min)		Fonctions
^{18}F Seul réaliste en routine	110	F-DG F-Choline F-AV45	Cancer, cardio, neuro Cancer prostate Plaques amyloïdes
^{15}O	2	$\text{O}_2, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{CO}$	Volémie, DSC
^{11}C	20	Méth, Opiacés, BZD, ligD2 & S2	Cancers Récepteurs
^{13}N	10	NH_3	Perf myocardq.
^{82}Rb	$1\frac{1}{4}$	-	Métabol. K^+

La TEMP

Tomographie par émission
monophotonique (γ)
(SPECT ou scintigraphie)

Emission interne de γ

Détection externe (scintillation) des photons

Image tomographique, $R_{sp}^{\circ} \sim 10 \text{ mm}$

Images d'une fonction ciblée locale

Isotopes les plus Utilisés en TEMP Cérébrale

Émetteurs de photons γ

Isotope	Energie (keV)	Période T (heures)
^{99m}Tc	140	6
^{123}I	159 - 285	13
^{201}Tl	71	73

Gamma caméra TEMP dédiée cerveau CHU Gui de Chauliac

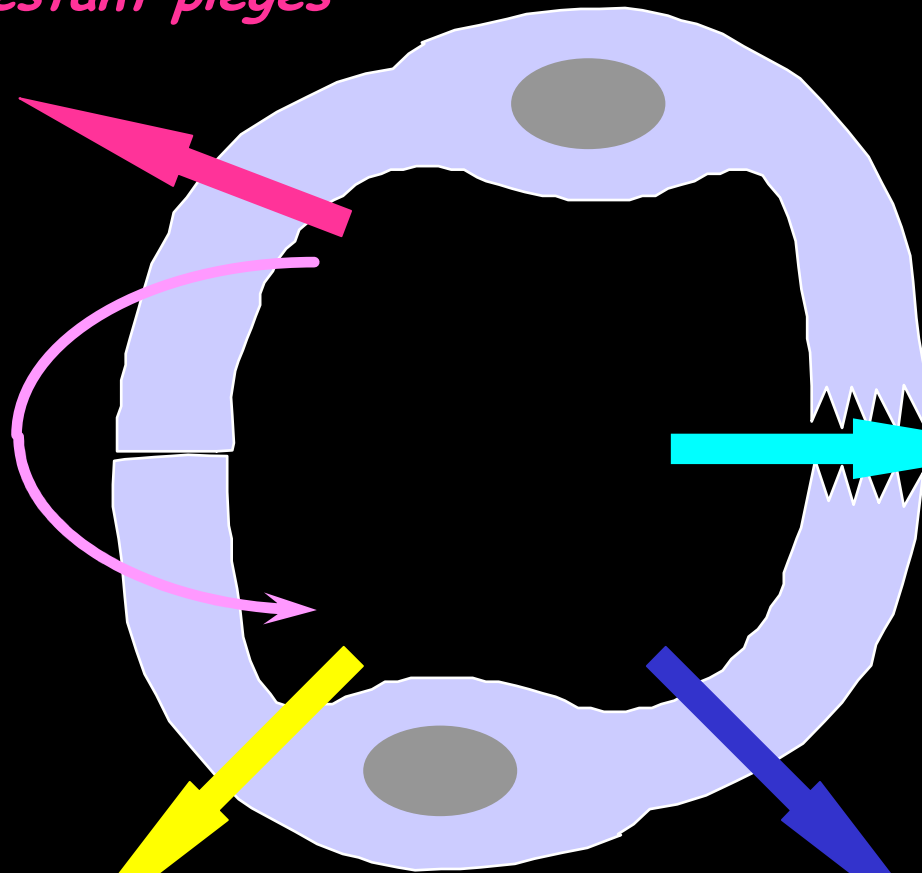


BHE et traceurs cérébraux en TEMP

Débit Sanguin Cérébral
Traceurs restant piégés

IMP
HMPAO
ECD

Traceurs
diffusibles
Xénon



Lésions de la BHE

Lésion de la BHE seule
DTPA

Lésion de la BHE seule
+ métabolisme
Thallium
MIBI

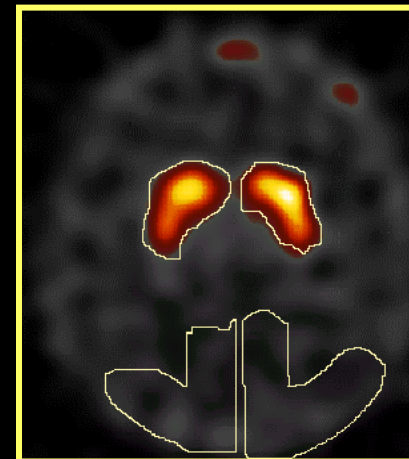
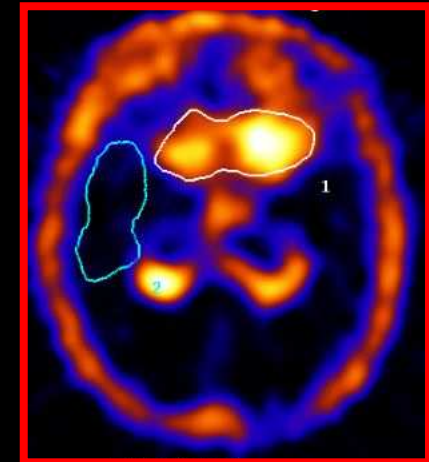
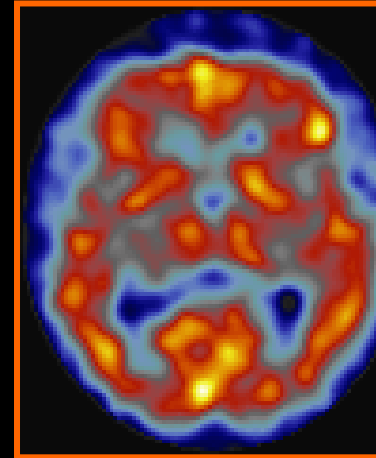
Métabolisme Cérébral
FDG

Récepteurs

Dopaminergiques : Iodolisuride, β -CIT, FP-CIT, TRODAT
Benzodiazépines : Iomazenil

Images TEMP de Traceurs Cérébraux

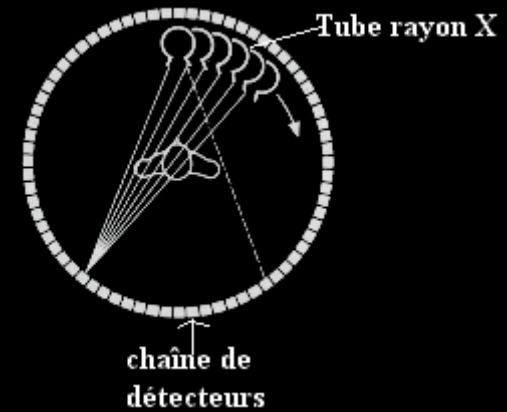
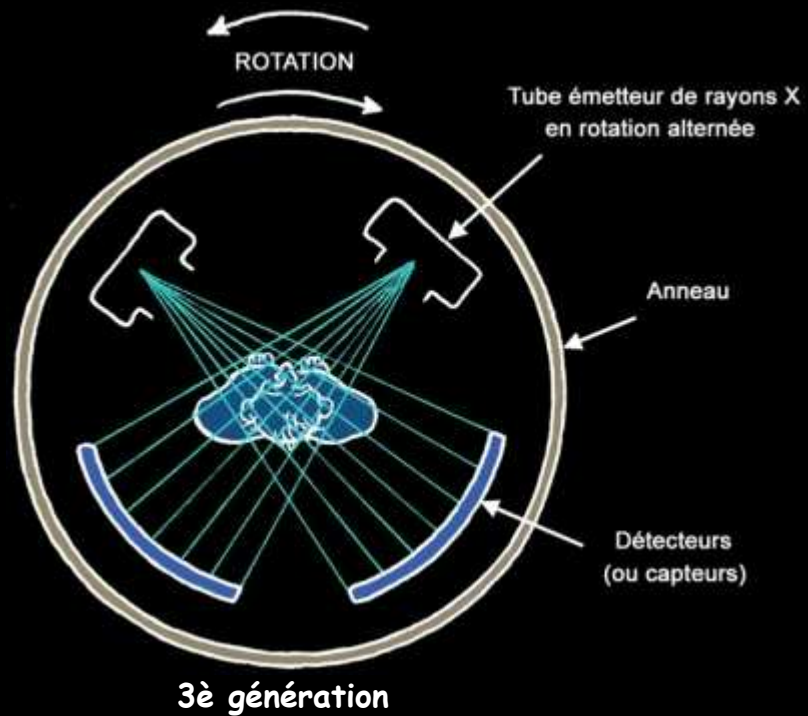
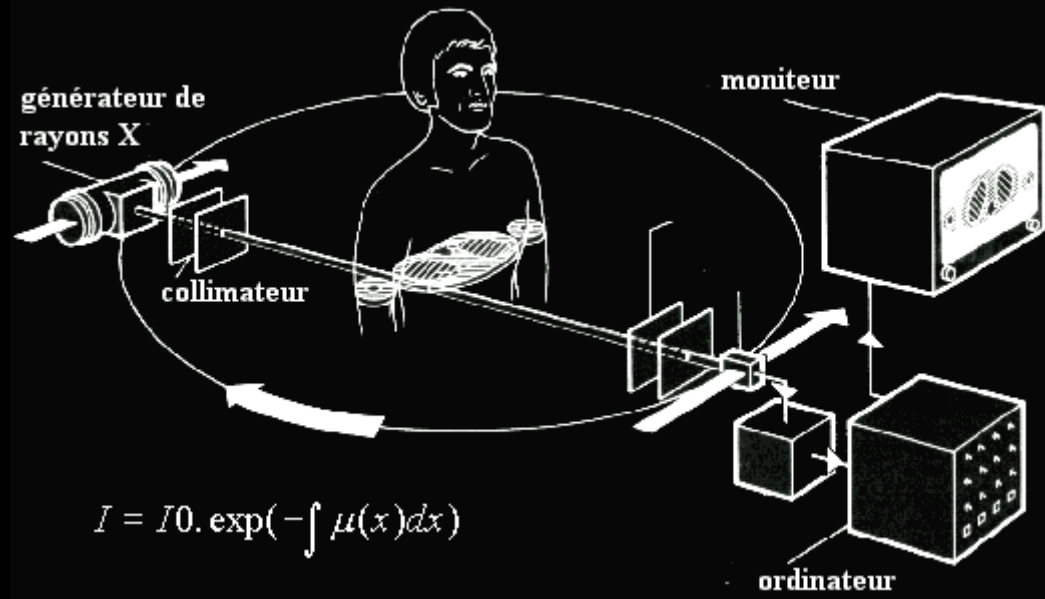
- **Débit tissulaire :**
 - HMPAO - ^{99m}Tc
 - ECD - ^{99m}Tc
- **Tumeurs cérébrales**
 - MIBI - ^{99m}Tc
 - ^{201}Tl
- **Neurotransmission**
 - β & FP-CIT ^{123}I , PE2I ^{131}I
 - IBZM ^{131}I



La TDM

Tomodensitométrie
ou « Scanner X »

Émission externe et transmission de photons X
Détection externe des photons transmis
Image tomographique, $R^{\circ}_{sp} \sim 1 \text{ mm}$
Images de densités électroniques



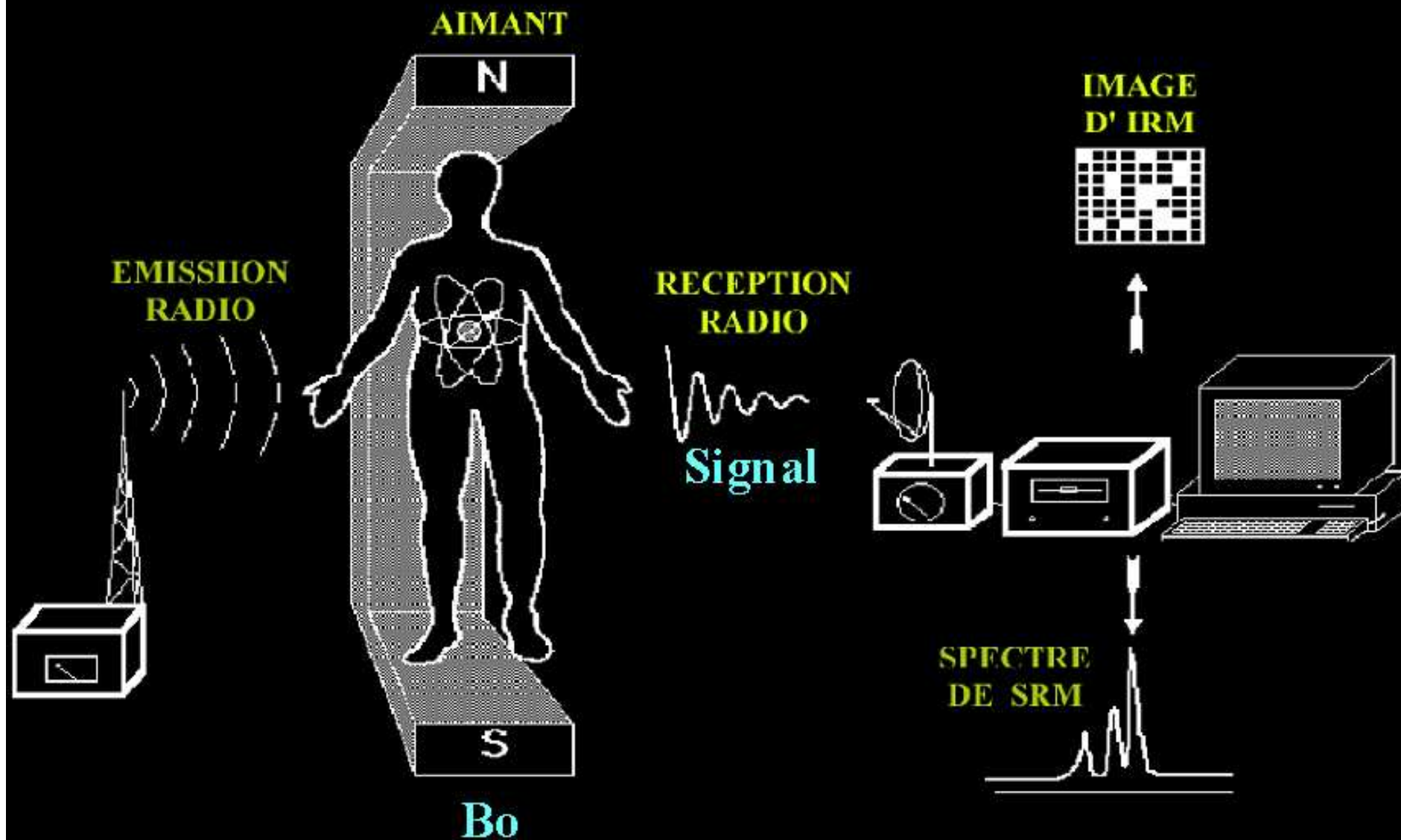
4è génération
 Le tube à rayons X tourne seul dans une seule couronne comprenant 800 à 1000 détecteurs fixes

SRM & IRM

Spectrométrie et Imagerie par
Résonance Magnétique Nucléaire

Émission interne de photons de RF
Détection externe des photons transmis
Image tomographique, $R_{sp}^{\circ} \sim 1 \text{ mm}$
Images de densités nucléaires modulées

SRM & IRM



Les grandes fonctions

Anatomie

Métabolisme

Diffusion

Débit sanguin et perfusion

Neurotransmission

Imagerie moléculaire

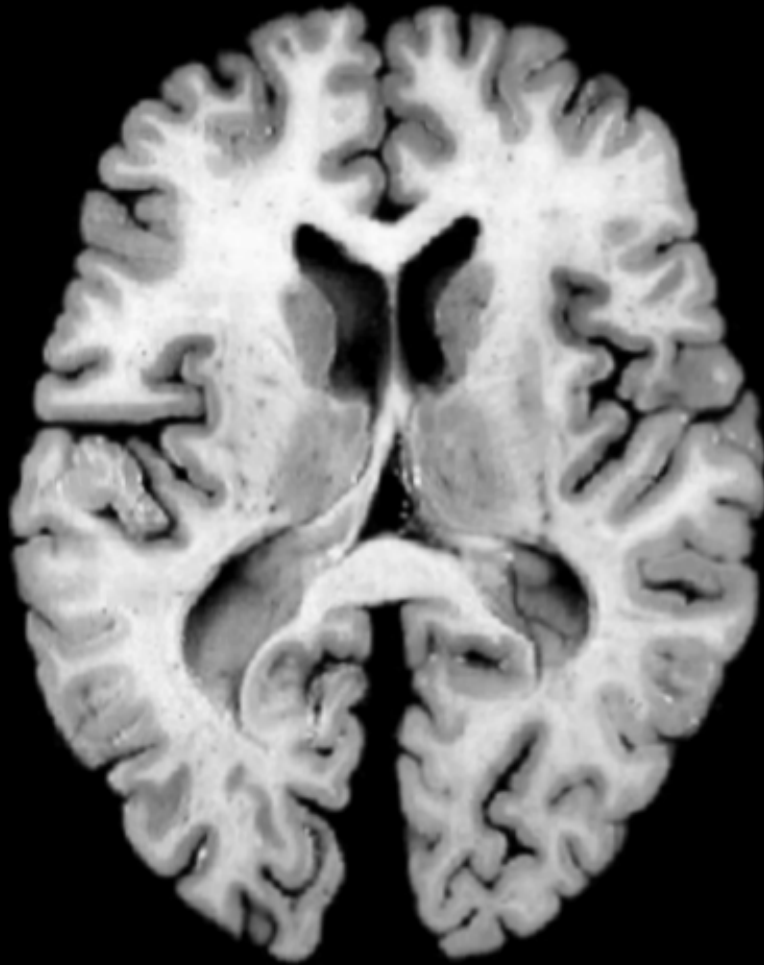
Etudes anatomiques

Anatomie cérébrale en TDM

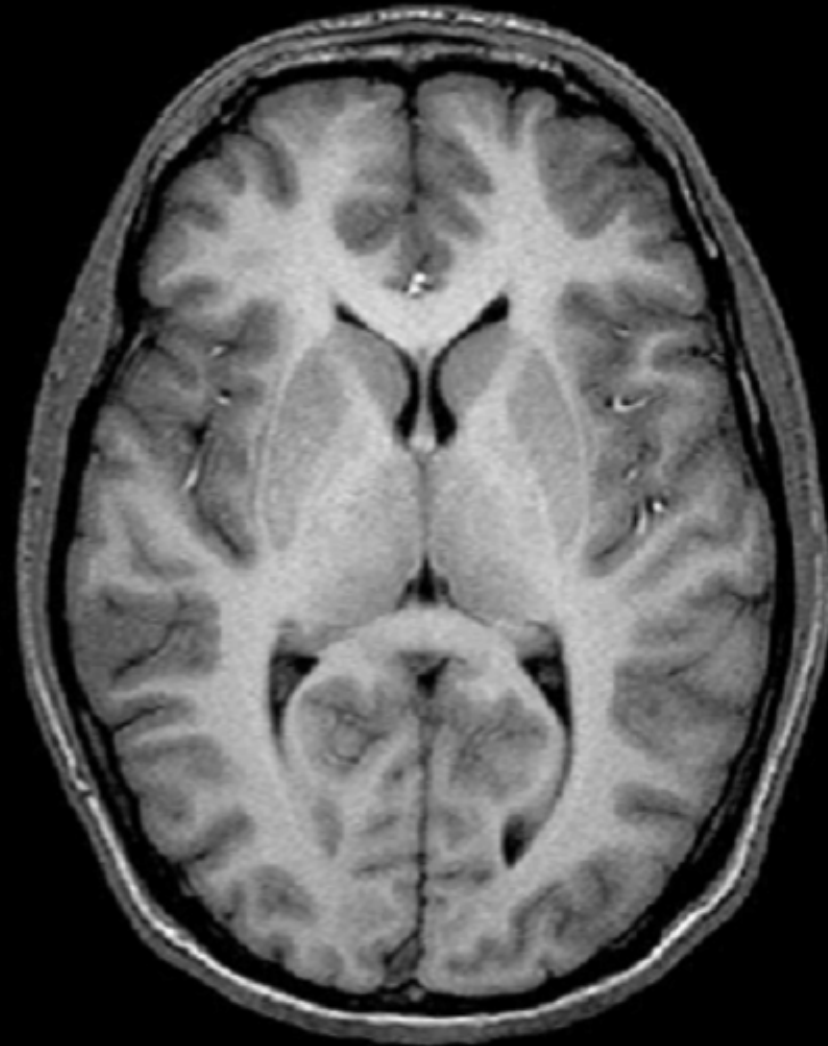


*Courtesy, Dr Alan Pitt, Neuroradiologie, Hôpital St. Joseph et Medical Center/Barrow Neurological Center, Phoenix, Arizona, États-Unis,
http://www.gehealthcare.com/eufr/ct/products/products_technologies/products/lightspeed-vct-xt/7204_be_VCT_XT_04-clinical-case.html*

Anatomie cérébrale en IRM T1



Post Mortem



In Vivo

Anatomie cérébrale en IRM T2

Les neuroactivations sont mises en évidence à partir de séquences EPI pondérées T2*



SE



EPI

Etude de la vascularisation cérébrale en IRM avec produits de contraste

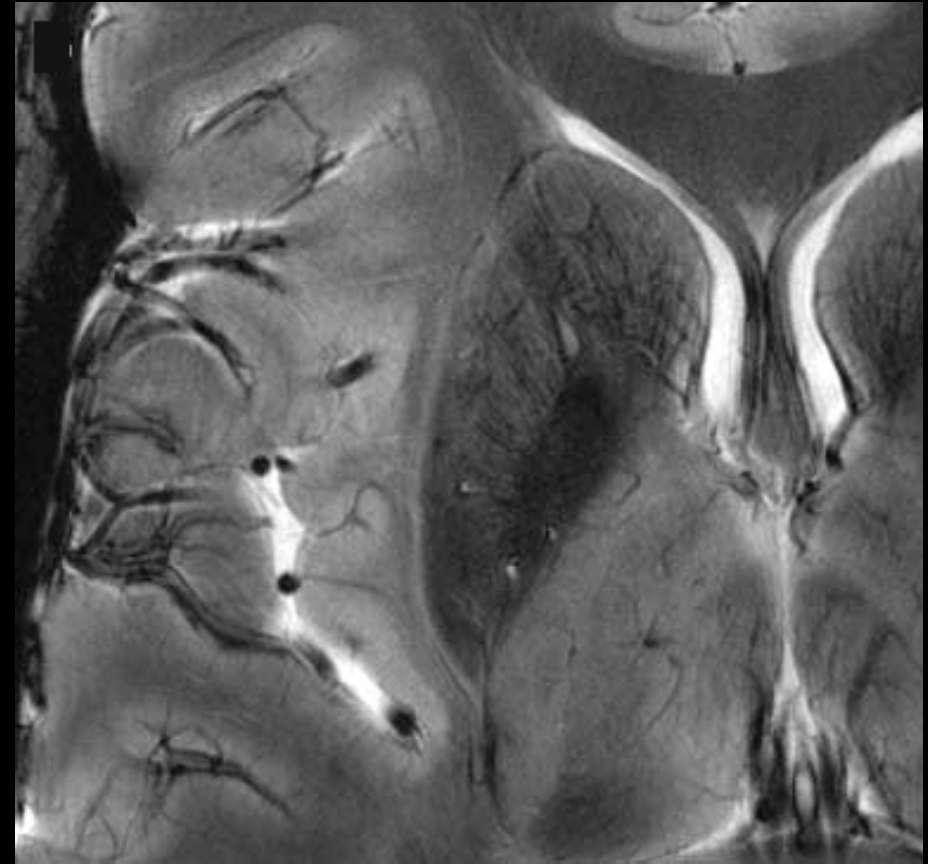
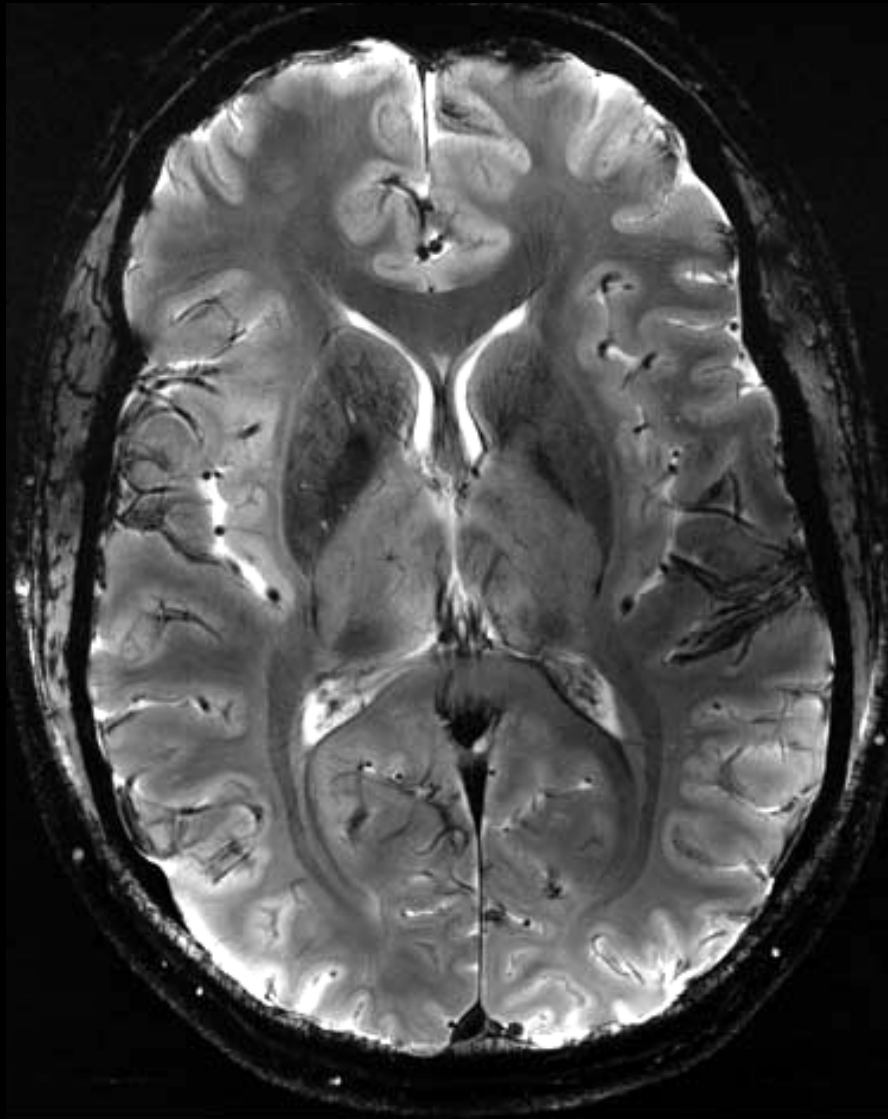
ARM "3D" des vaisseaux du cou

EDTA-Gd et M.I.P.



IRM (très) haute résolution à 7 T

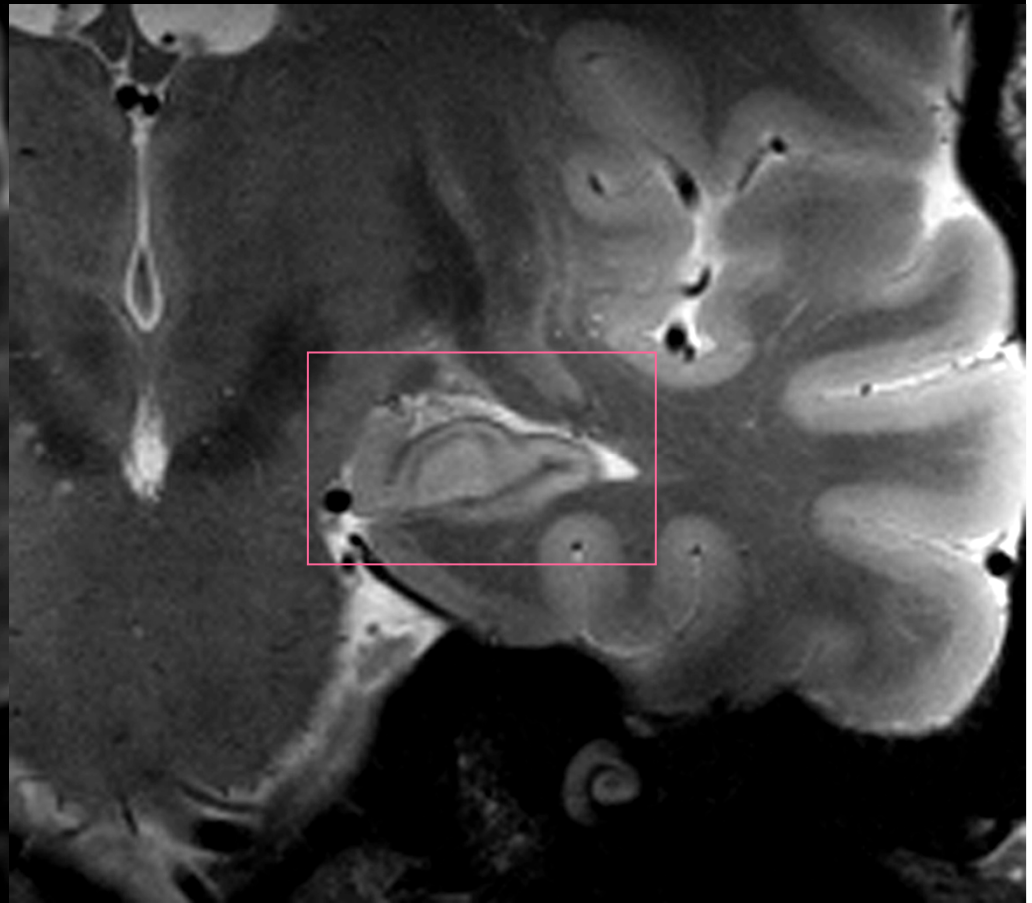
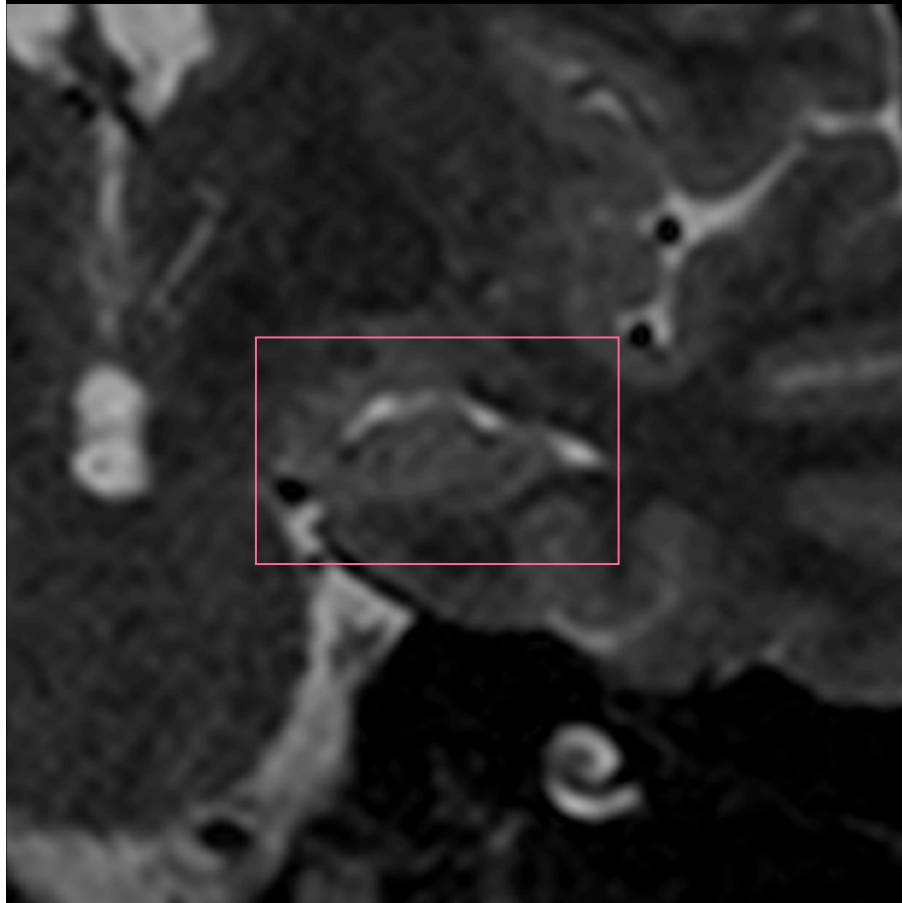
T2*MRI of the brain



Intérêt de la haute résolution anatomique en IRM : mieux voir l'hippocampe en T2

1.5 T

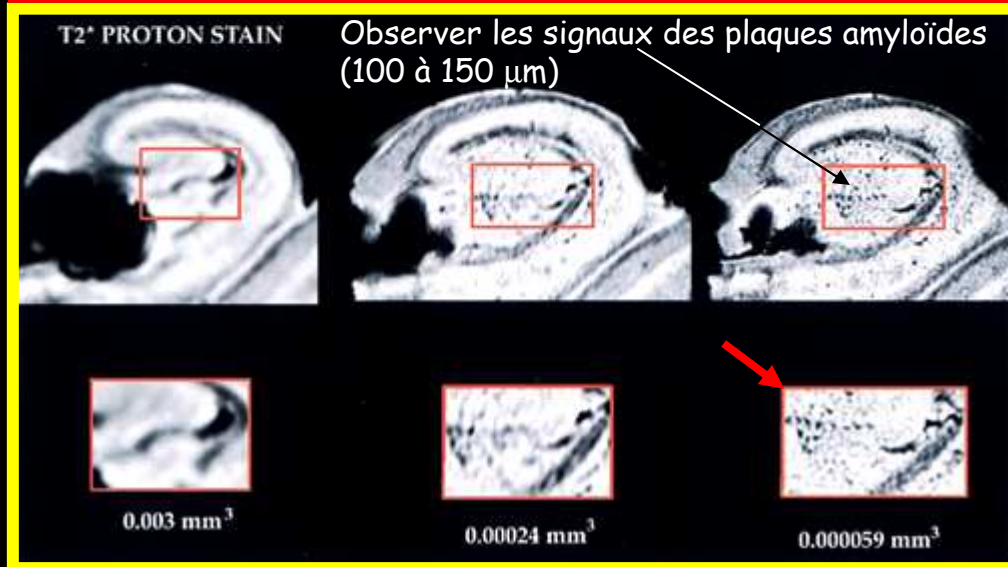
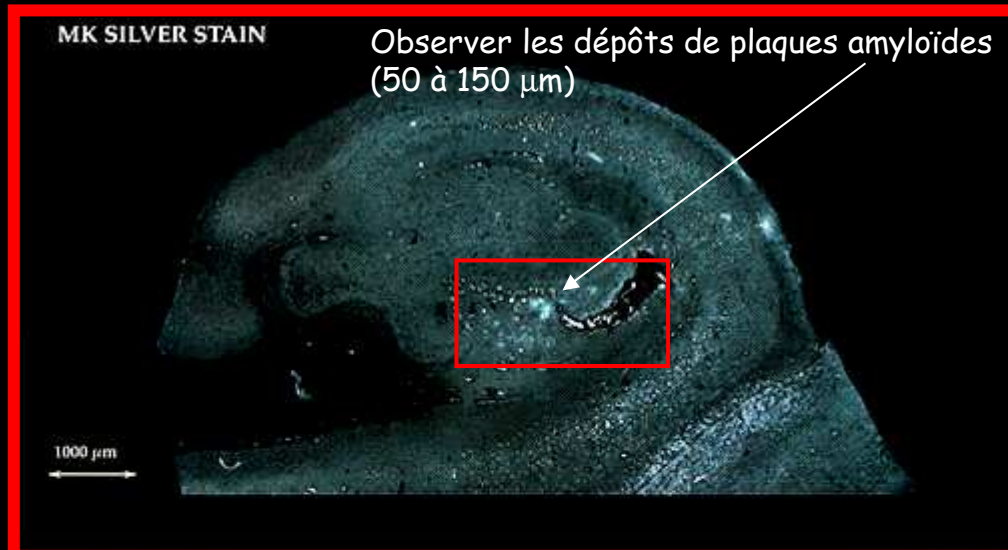
7T



MAGNETOM 7 T High Resolution

Courtesy of Erwin Hahn Institute, Essen, Germany

Très haute R°_{sp} et contrastes en IRM



Observation de plaques β amyloïdes sur des modèles animaux d'Alzheimer (souris transgéniques mAPP)

Aspect histologique (coloration argentique)

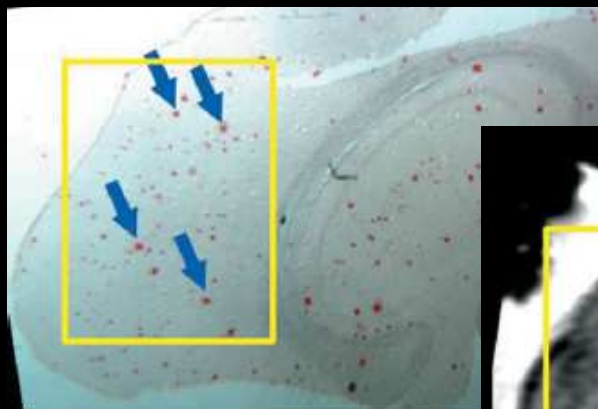
Détection IRM directe par effet de susceptibilité (pertes de signal T2*) des plaques.

Les plaques (points noirs) ne sont discernées qu'en très haute R°_{sp} (imagerie microscopique T2*)

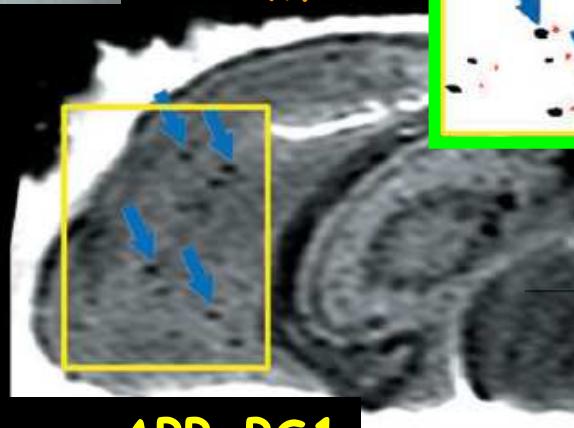
Contraste spontané en T2* en IRM

Détection de plaques amyloïdes (Alzheimer)

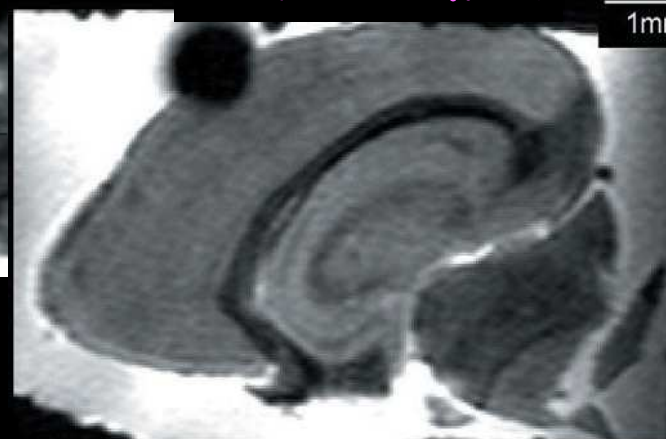
Histologie au rouge Congo



IRM-T2*



Souris témoin



Souris mutantes mAPP-PS1

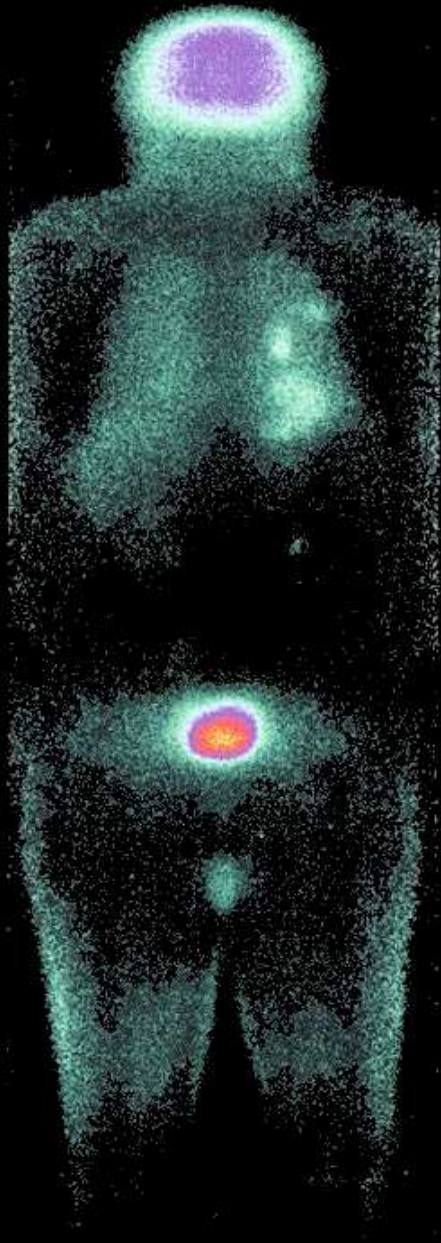
mAPP : mutant human amyloid precursor protein
PS1 : mutant presenilin-1 transgenes

Dans l'encart **vert**, les gros spots noirs de l'IRM correspondent aux plaques amyloïdes de l'histologie (points rouges), légèrement décalées pour clarté

J Zhang, et al., Detection of Amyloid Plaques in Mouse Models of Alzheimer's Disease by Magnetic Resonance Imaging, Magnetic Resonance in Medicine, 2004; 51: 452-457

Etude métaboliques

Biodistribution du ^{18}F -FDG en TEP

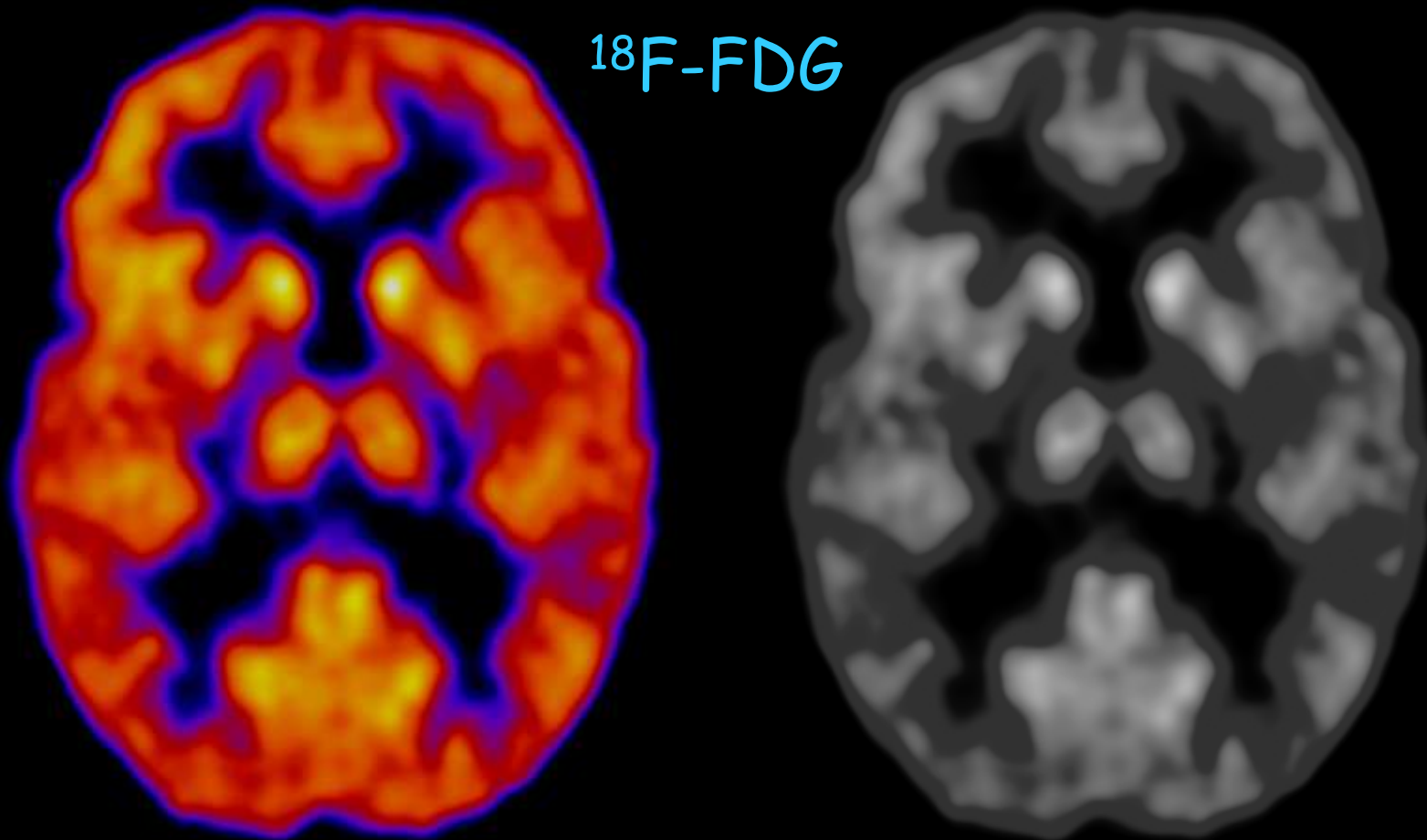


Le FDG s'accumule principalement dans les cellules avides de glucose (cerveau, muscles dont le cœur, inflammations et tumeurs) et s'élimine par voie urinaire

Après 1 heure, le niveau de radioactivité (fixation du FDG) rend correctement compte du niveau de métabolisme local

Métabolisme cérébral normal en TEP

Le FDG donne le profil métabolique, couplé au profil perfusionnel : gris > blanc



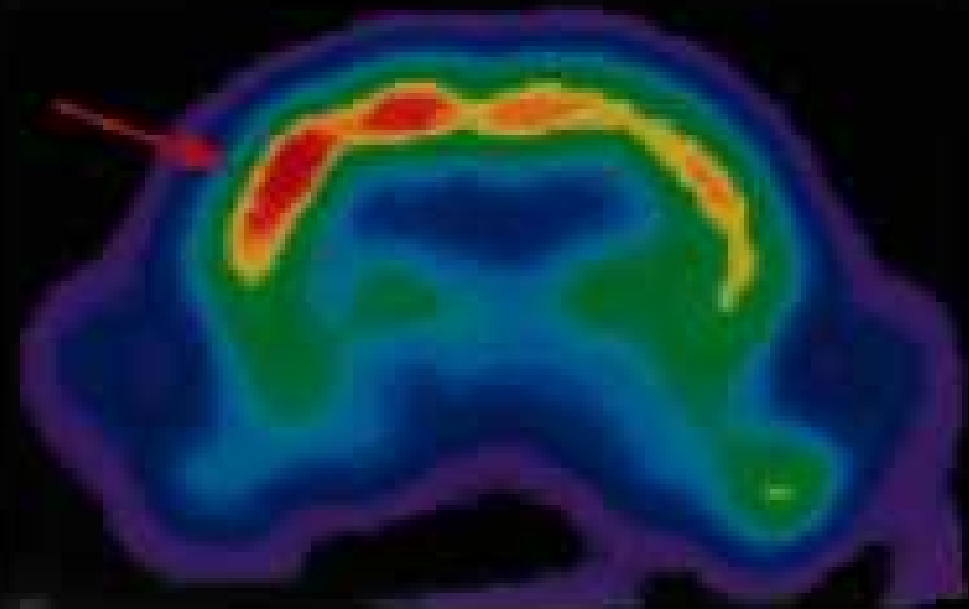
Neuro-activation cérébrale en micro TEP

^{18}F -FDG

Right Whisker
Stimulation



Stimulated
Response



Effet d'une stimulation tactile (moustaches)

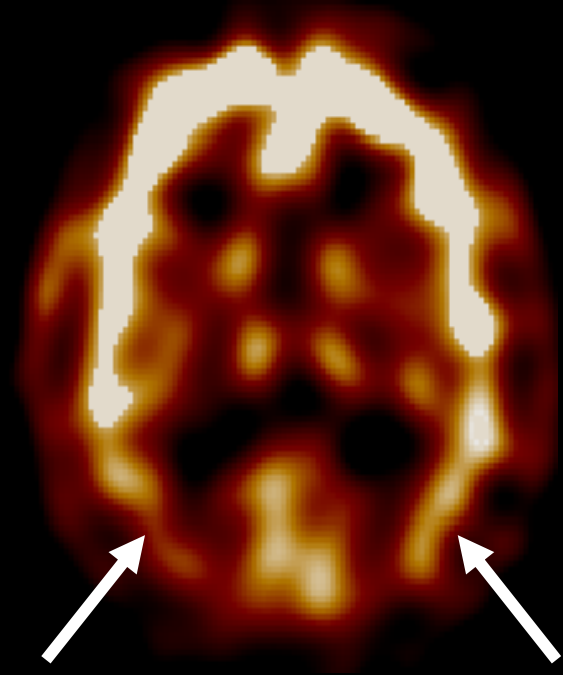
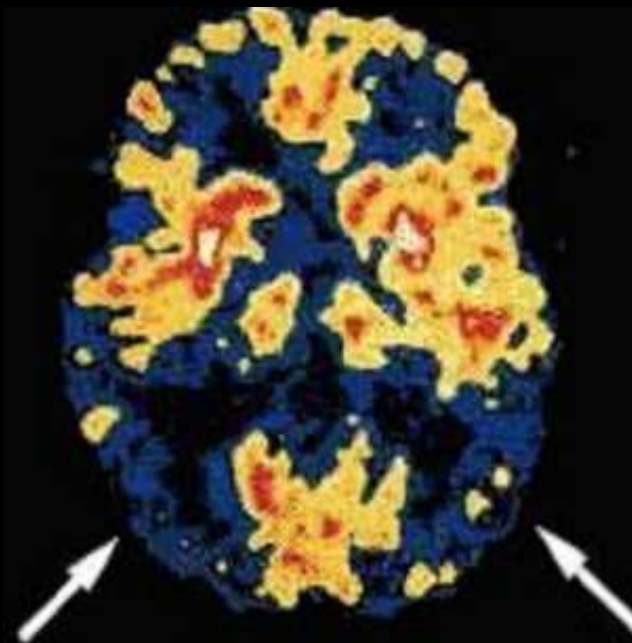
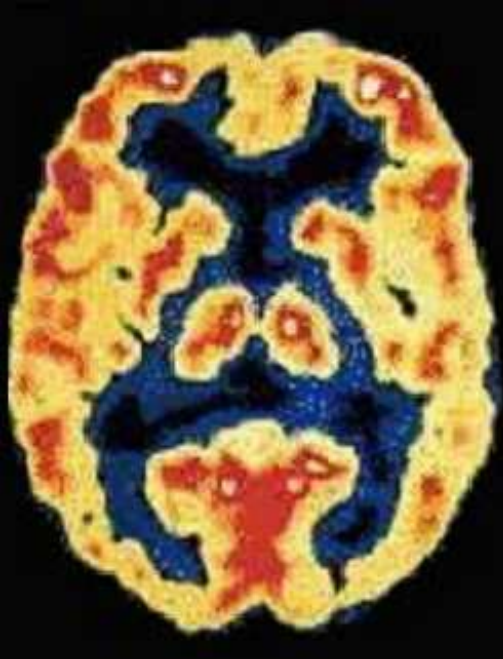
Métabolisme cérébral et Alzheimer

^{18}F -FDG

TEP sain,

TEP Alzheimer,

TEMP Alzheimer

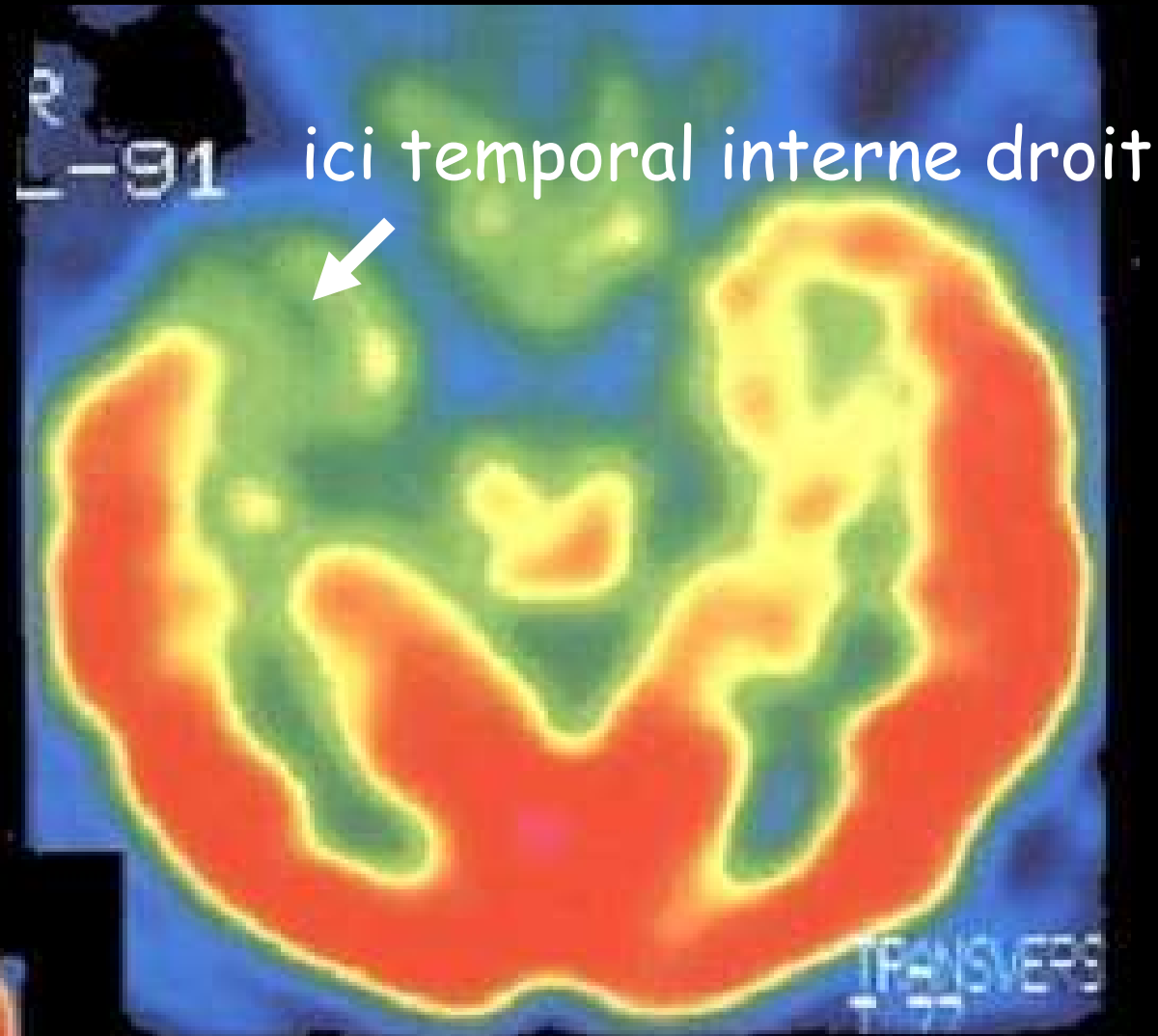


L'hypométabolisme de l'épilepsie en IC

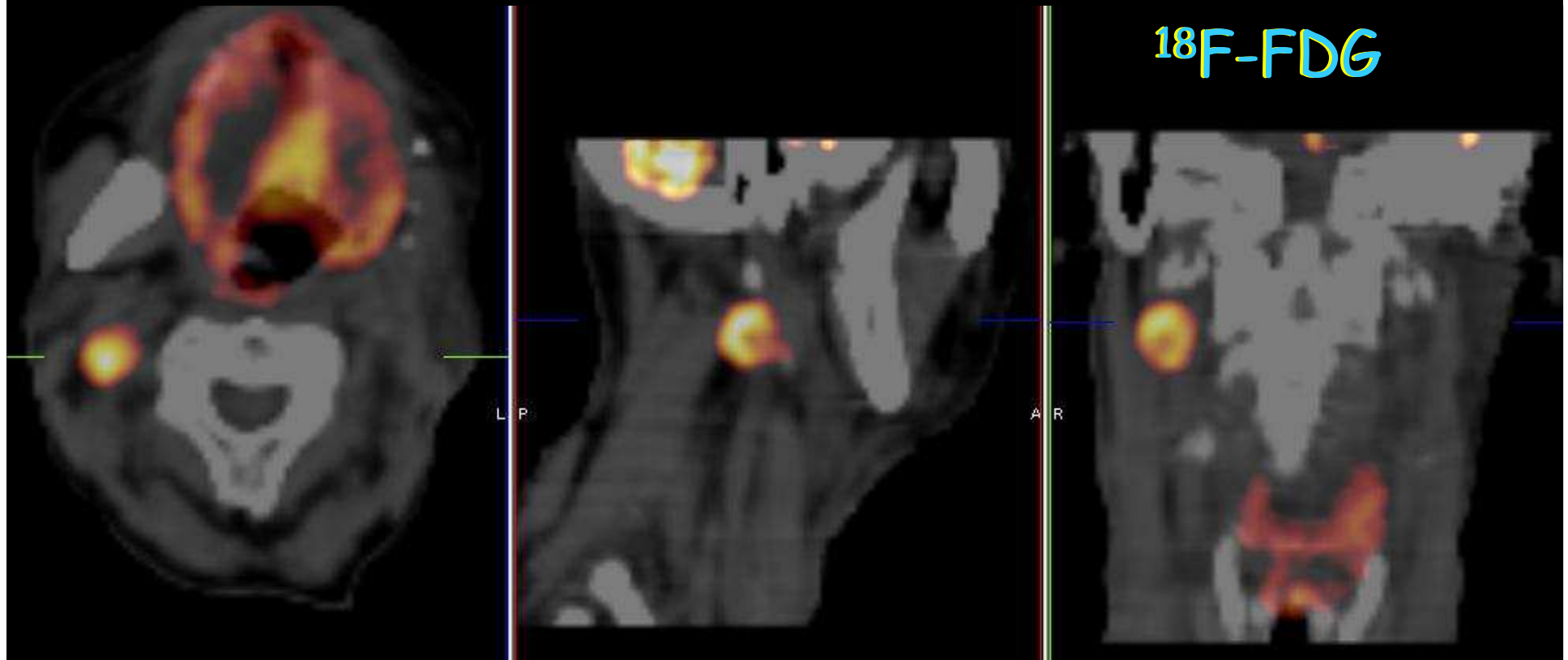
Permet de localiser un foyer épileptique

^{18}F -FDG

TEP

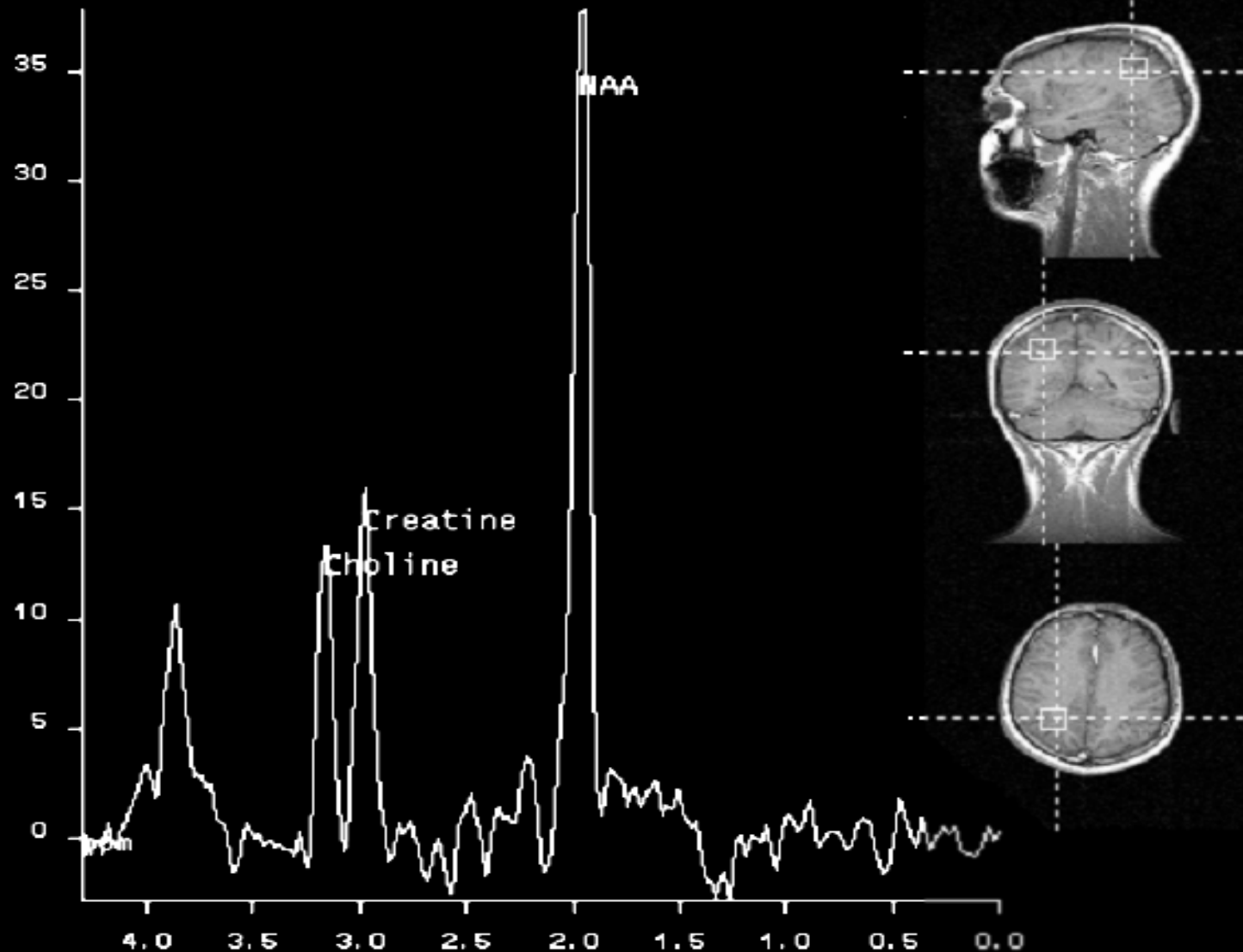


Métabolisme et carcinome ORL primitif

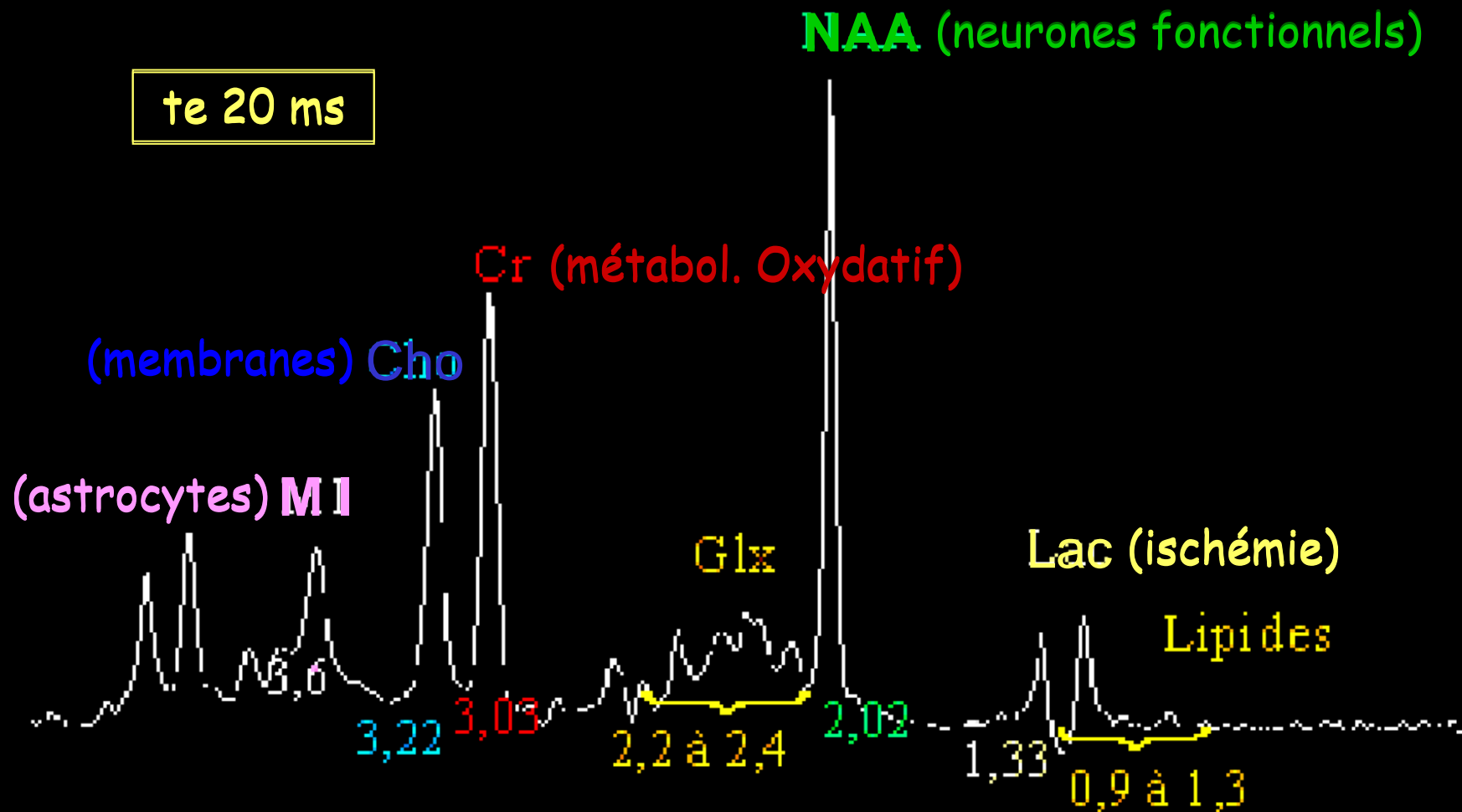


Visualisation Multimodale TEP -TDM

Métabolisme cérébral normal en SRM ^1H

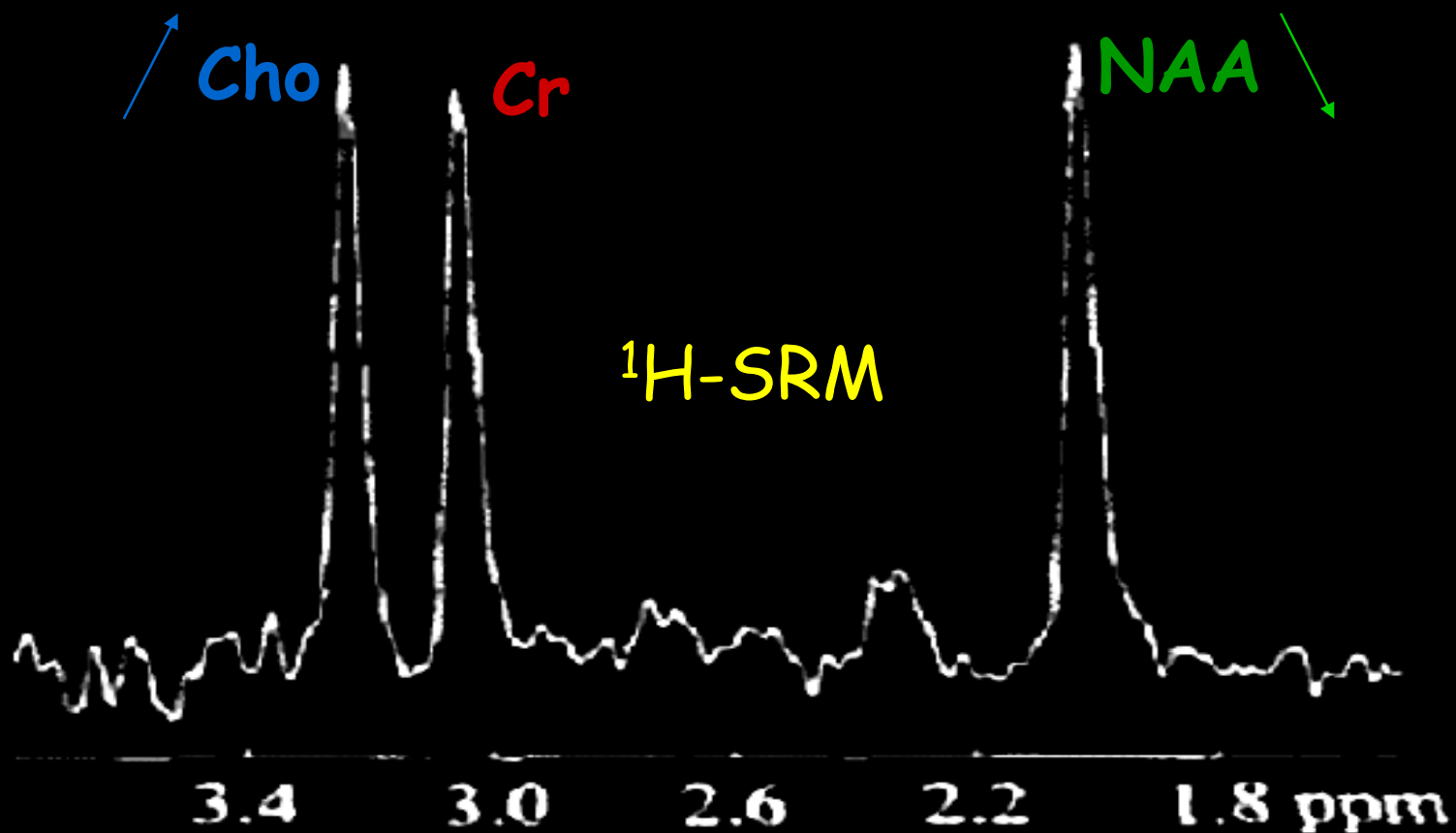


Métabolites cérébraux observables *in vivo* en ^1H -SRM



Anomalies métaboliques : Schizophrénie

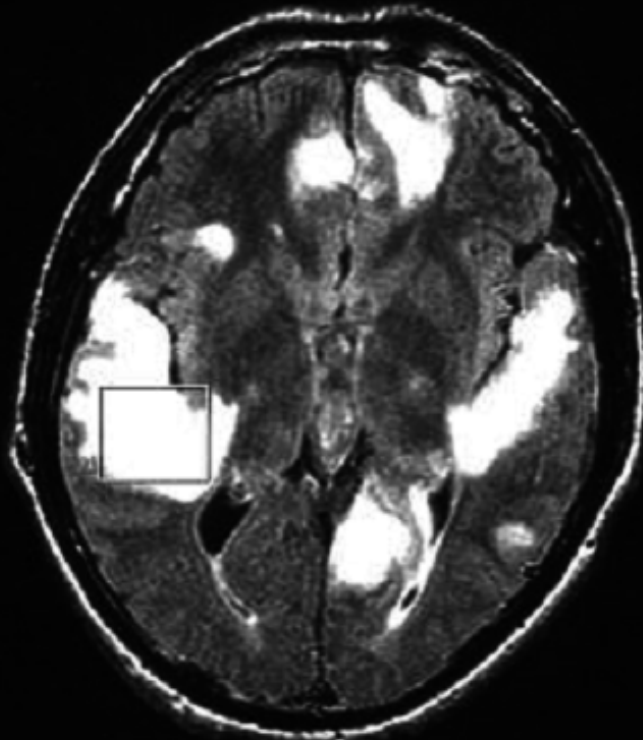
Pertes neuronales \pm importantes



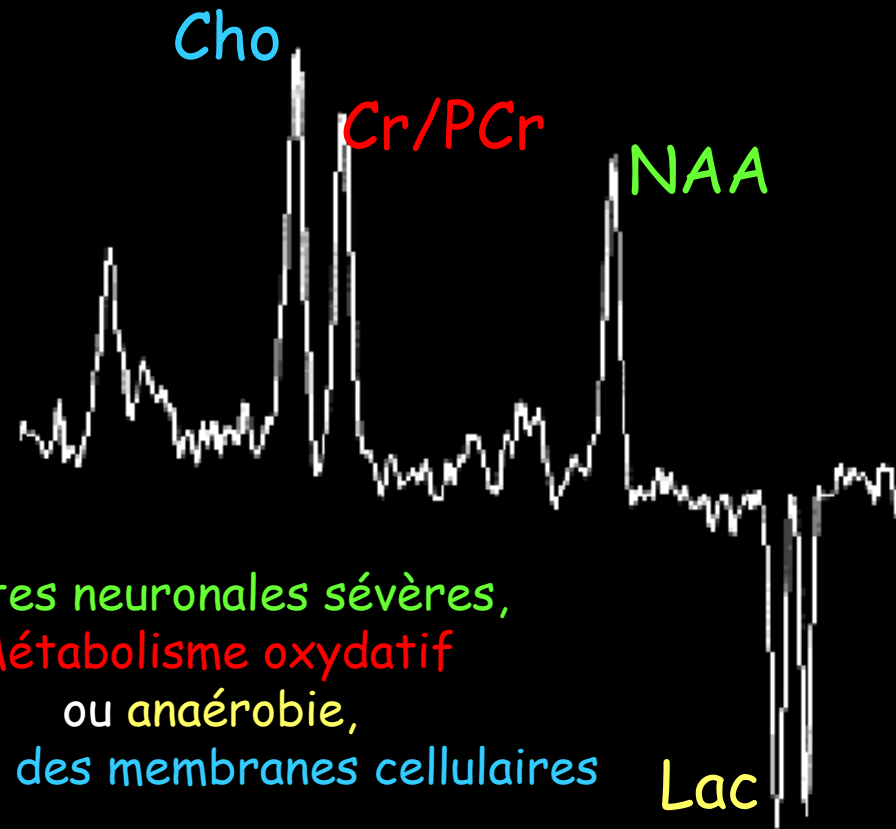
Anomalies métaboliques de la souffrance ischémique en ^1H -SRM

Encéphalopathie Mitochondriale

^1H -SRM avec édition des lactates (te 270 ms)

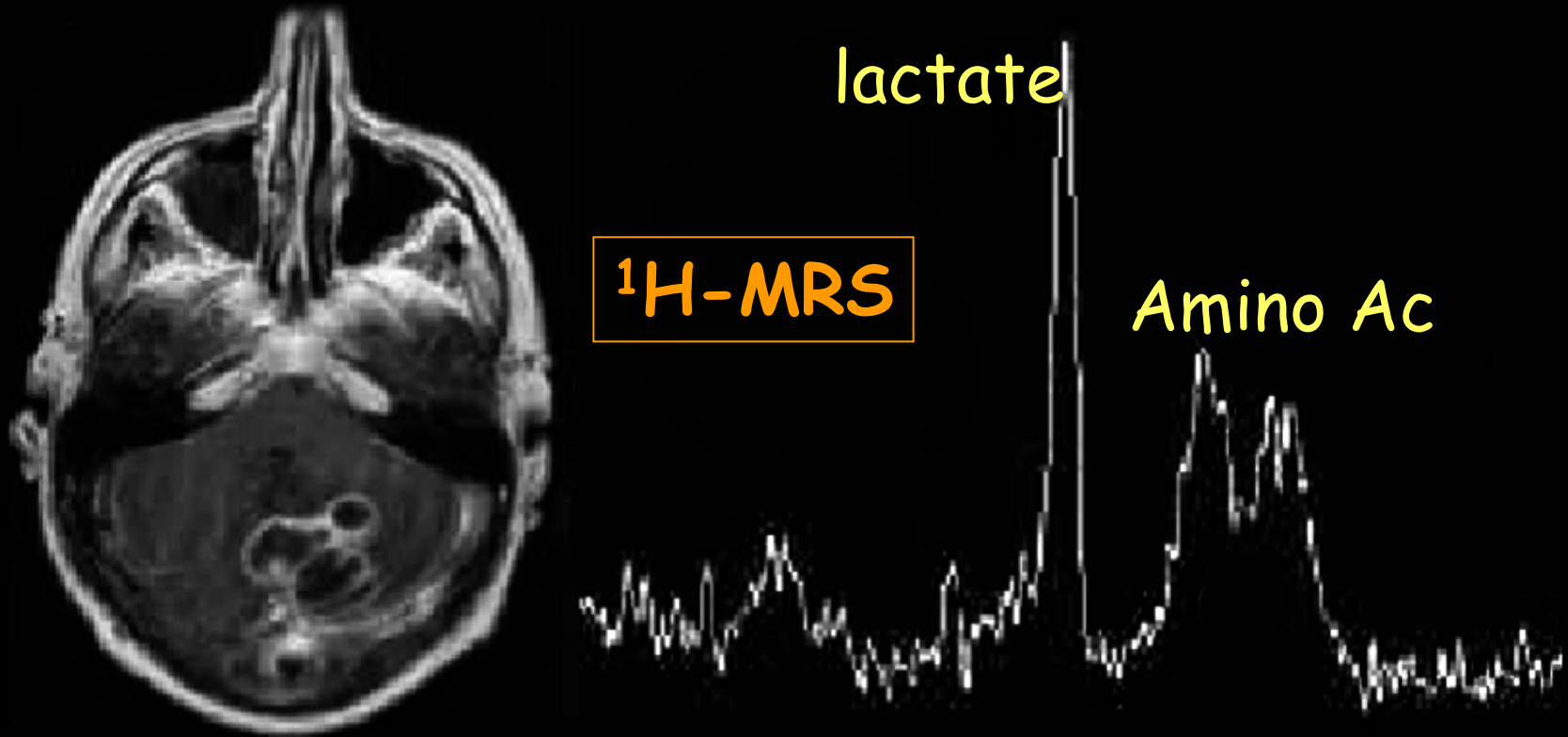


IRM- T_2



Pertes neuronales sévères,
Métabolisme oxydatif
ou anaérobie,
Respect des membranes cellulaires

^1H -SRM : Abscess or Tumor ?



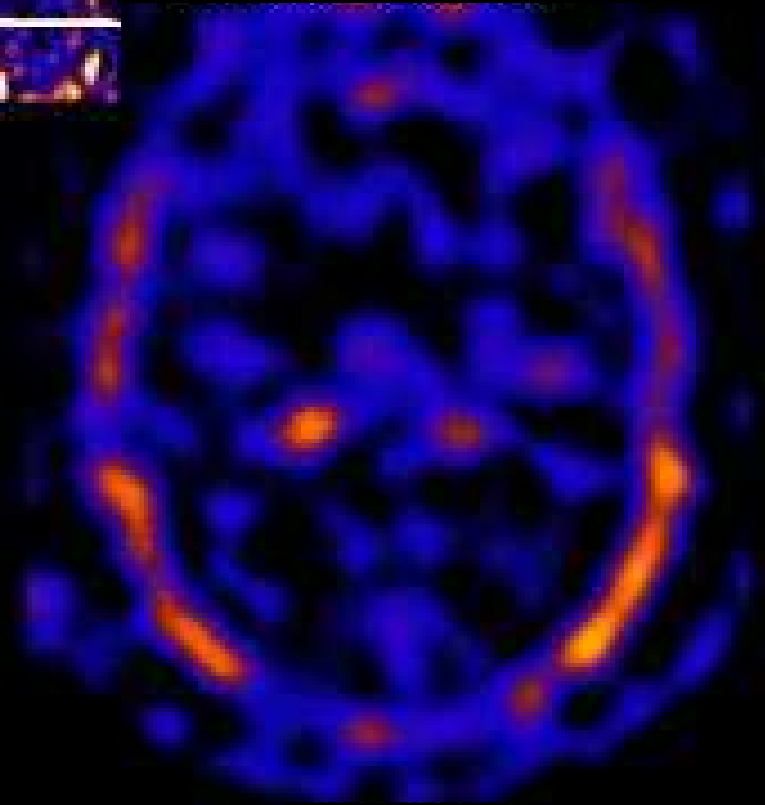
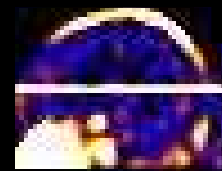
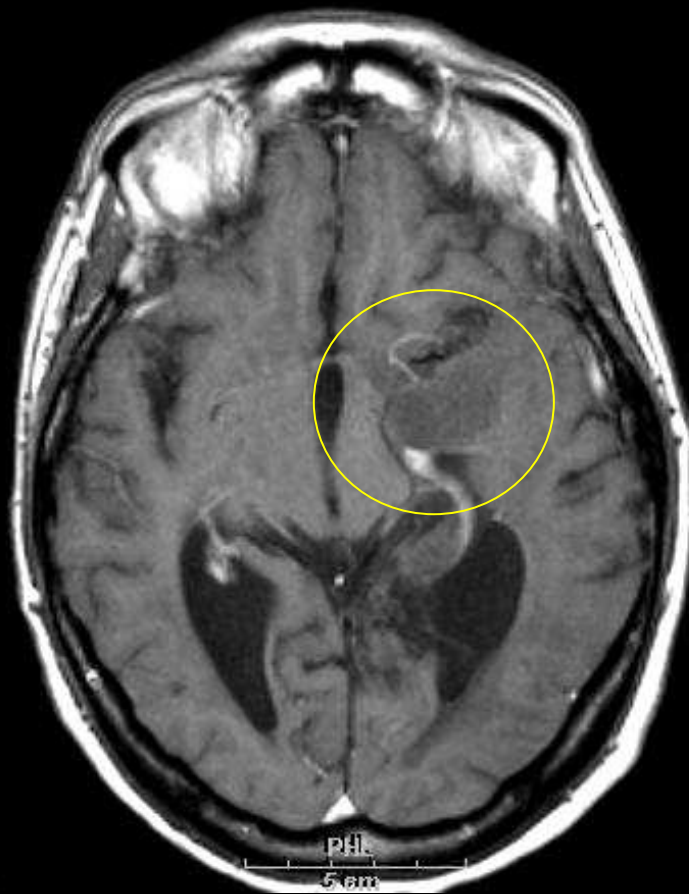
T1-Gd Image : cerebellum polycyclic lesion with peripheral contrast enhancement ... necrotic tumor or abscess ?

^1H MRS lève l'ambiguïté : lactate et amino acides donnent le Δ^{ic} : abcès

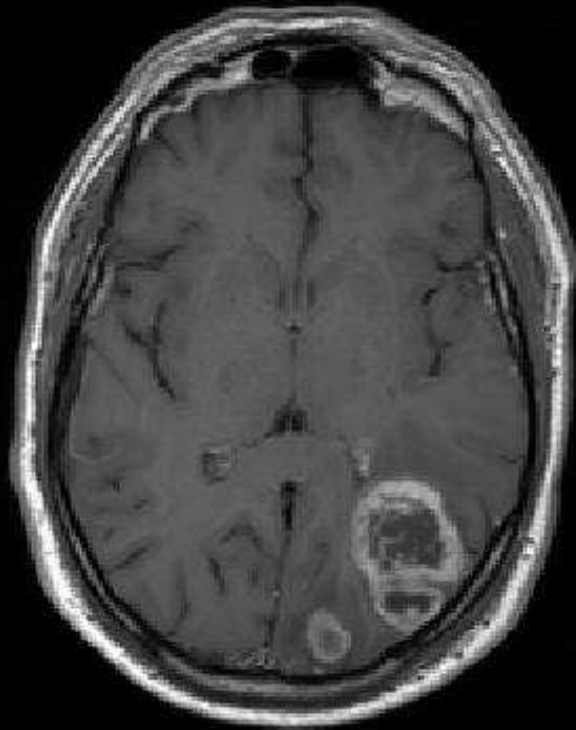
Caractérisation des tumeurs

Grading histologique des tumeurs en TEMP au ^{201}Tl

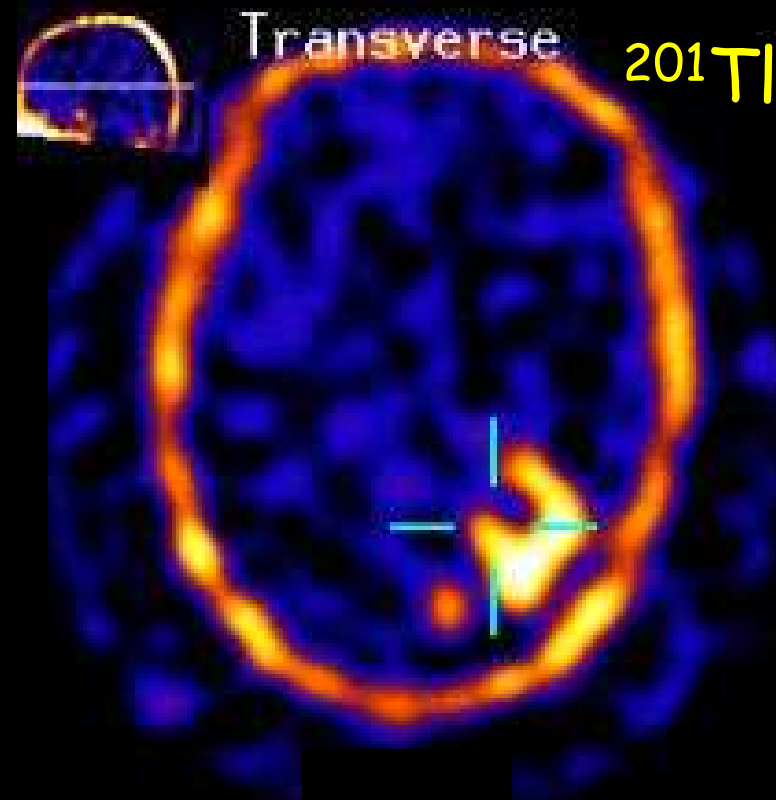
Pas ou (très) peu de fixation, tumeur gliale de (très) bas grade



Oligodendrogliome B de Haut Grade en TEMP au ^{201}Tl

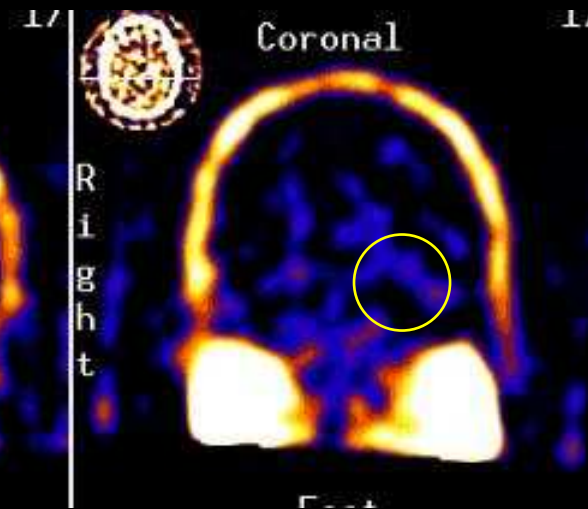
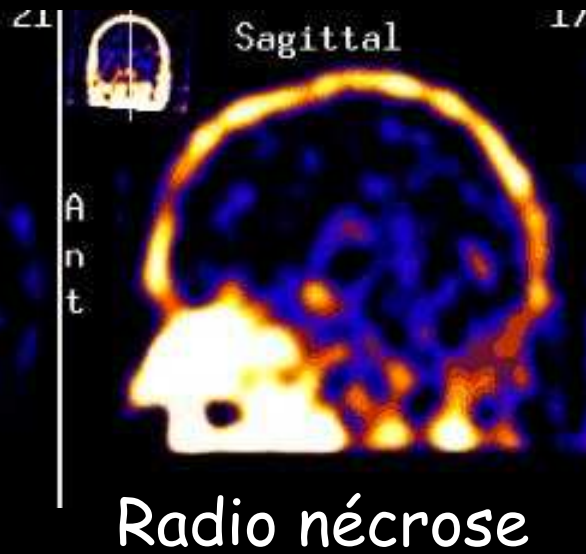
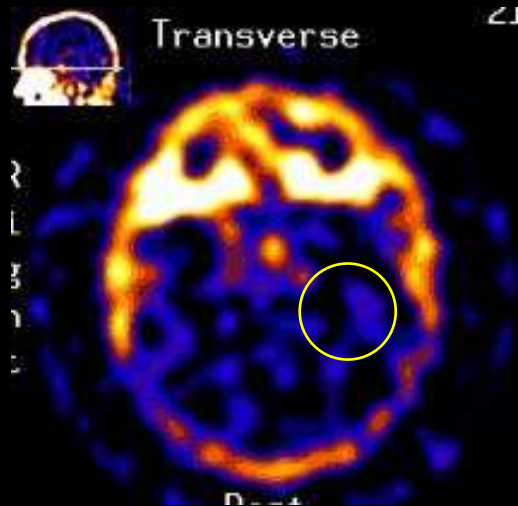
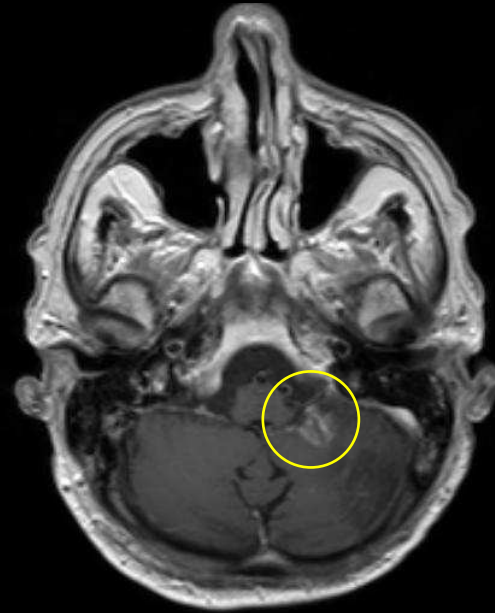


IRM T1 avec produit
de contraste



Respiration
cellulaire (^{201}Tl)

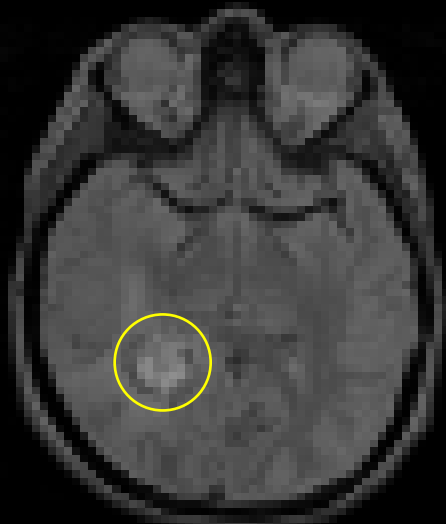
^{201}Tl -TEMP : récurrence ou radio nécrose ?



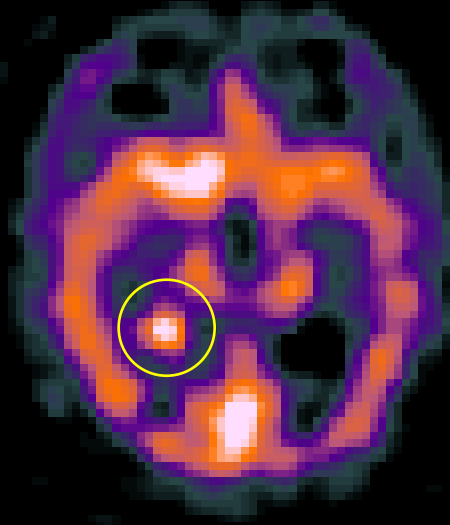
Radio nécrose

Mélanome de haut grade en ^{201}Tl -TEMP

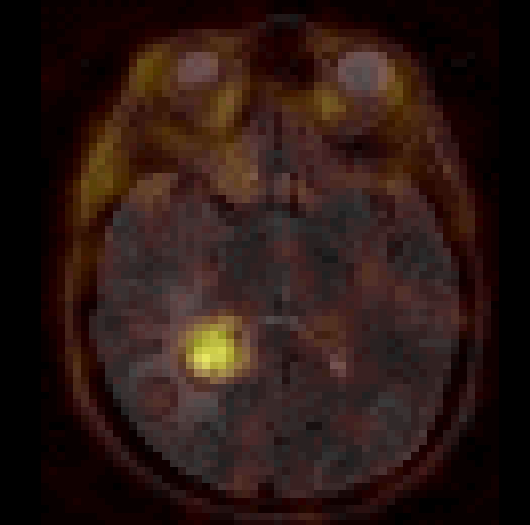
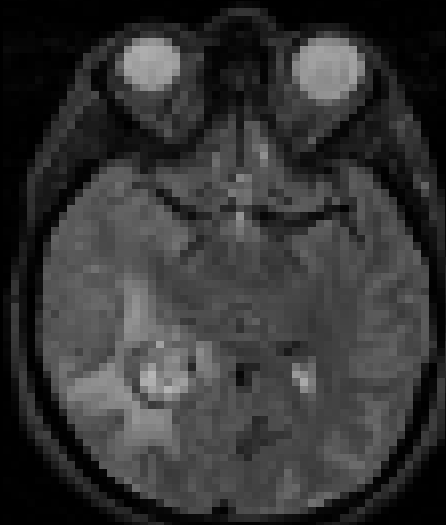
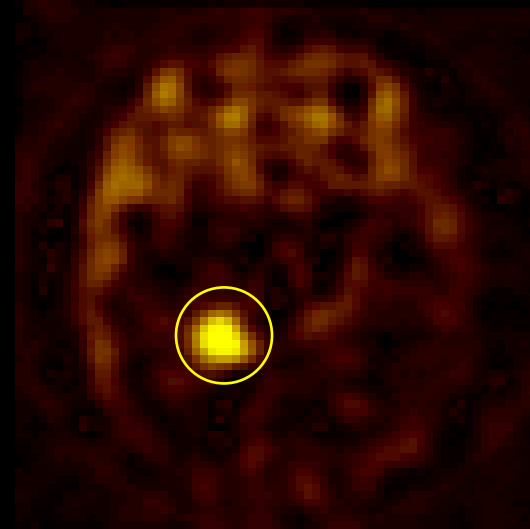
IRM



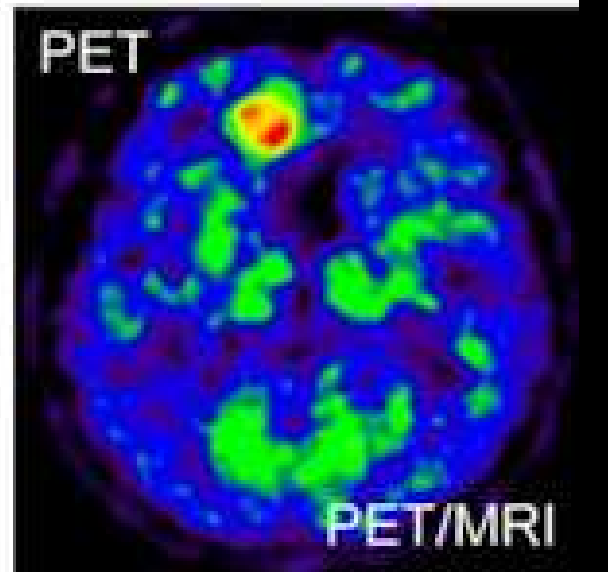
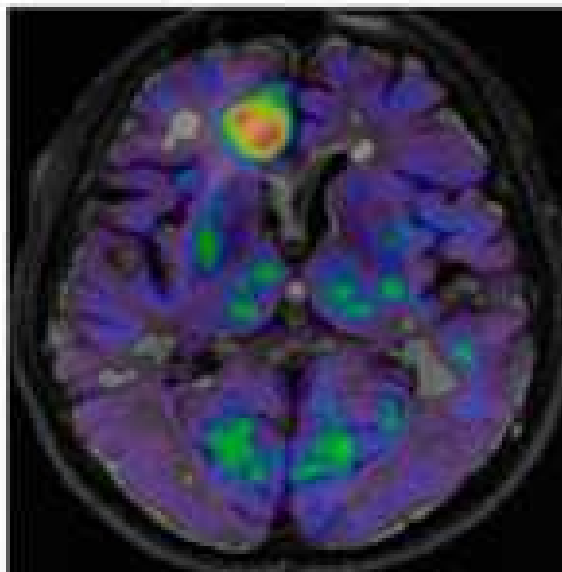
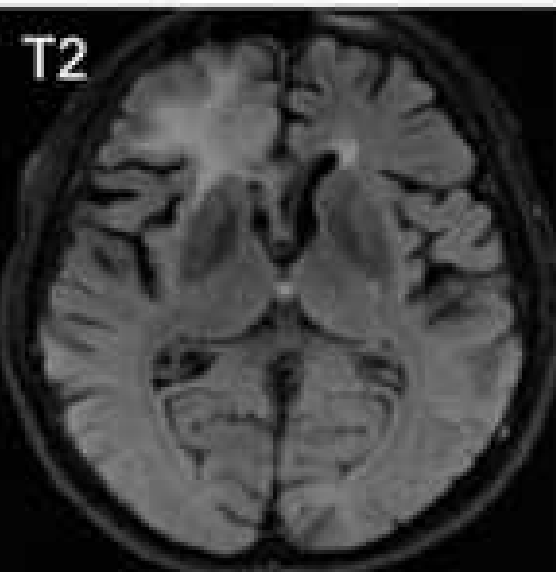
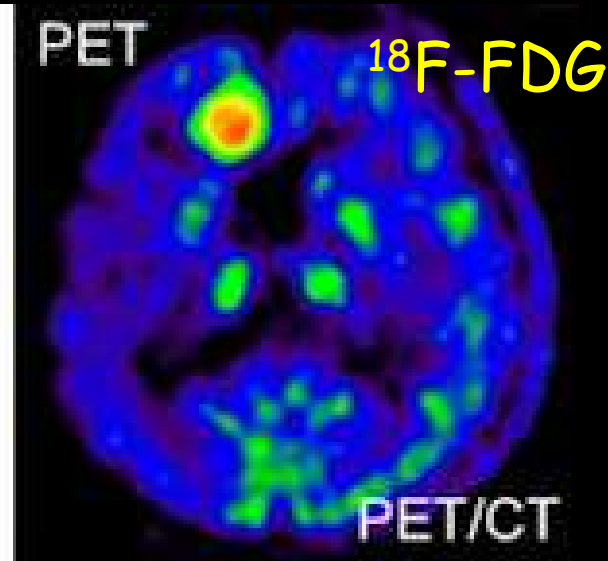
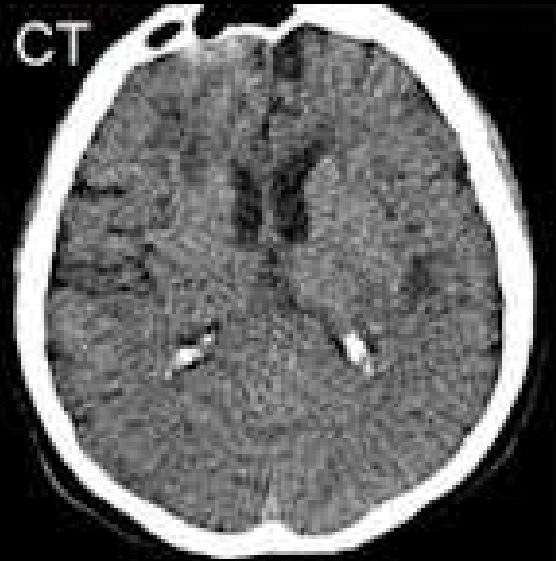
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO



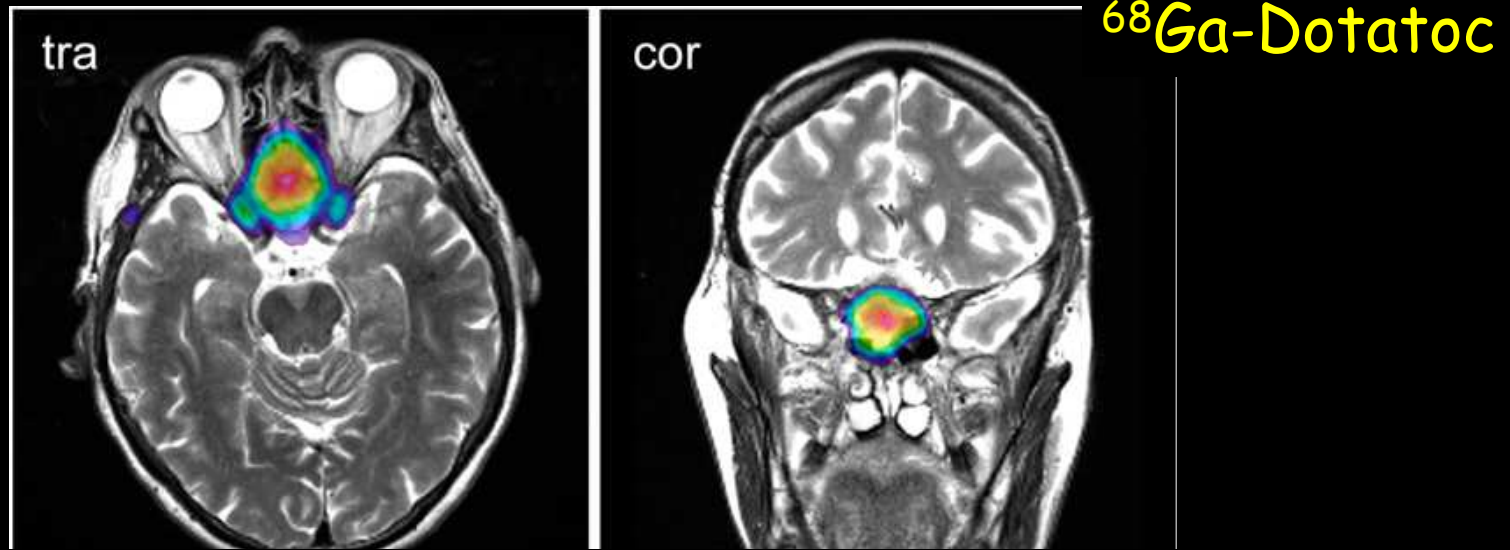
^{201}Tl



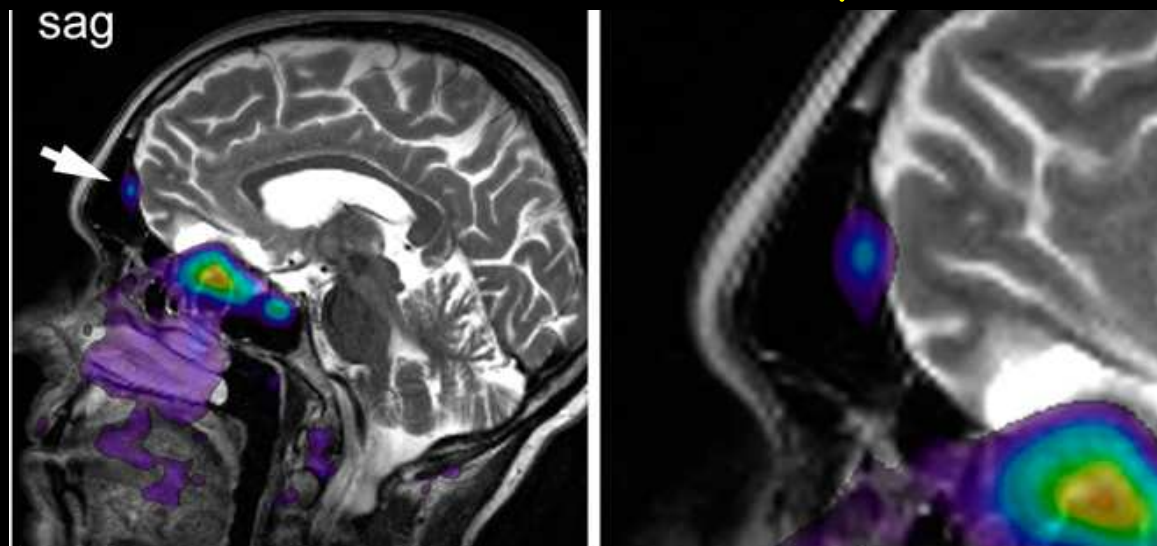
Glioblastome multiforme frontal droit



Méningiome olfactif en TEP

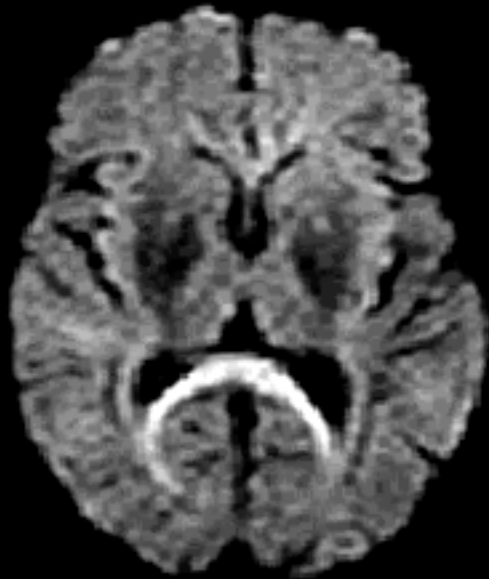


satellite lesion detected only on PET

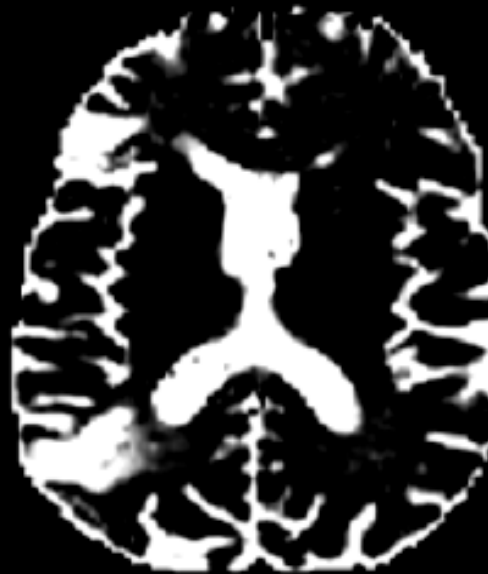


Etude de la diffusion
de l'eau tissulaire en
IRM

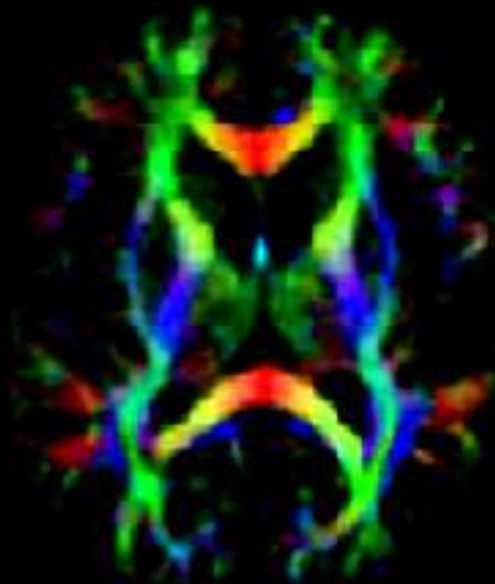
Images fonctionnelles de diffusion en IRM



DWI : Diffusion D/G
dans corps calleux



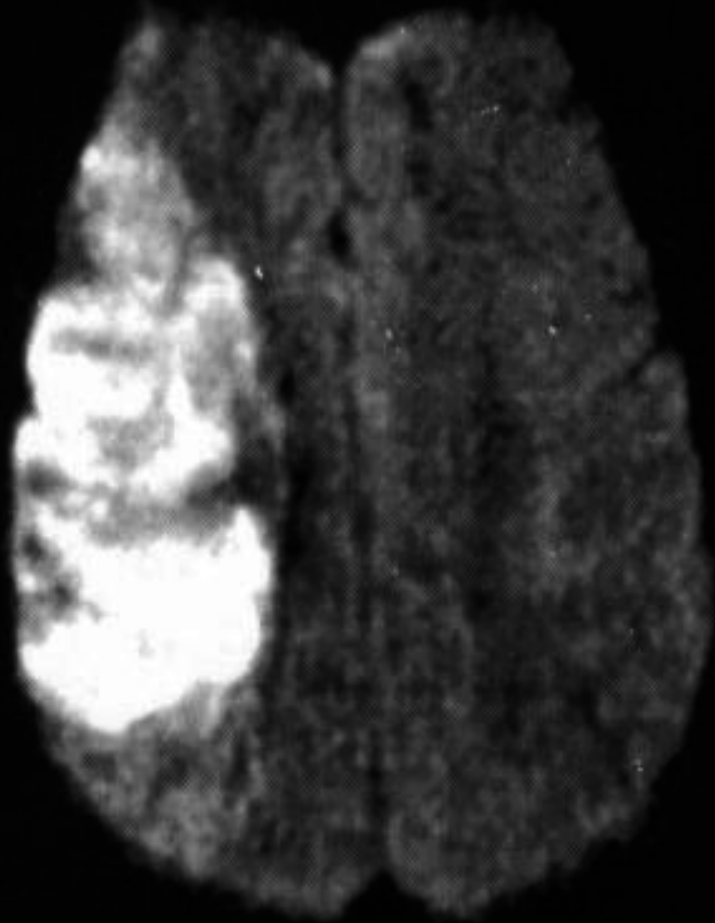
ADC :
mobilité de l'eau



Tenseur de Diffusion :
sens de conduction
des fibres blanches

Infarctus Sylvien (ACM) Droit en DWI

L'eau ne diffuse plus au niveau de la pathologie

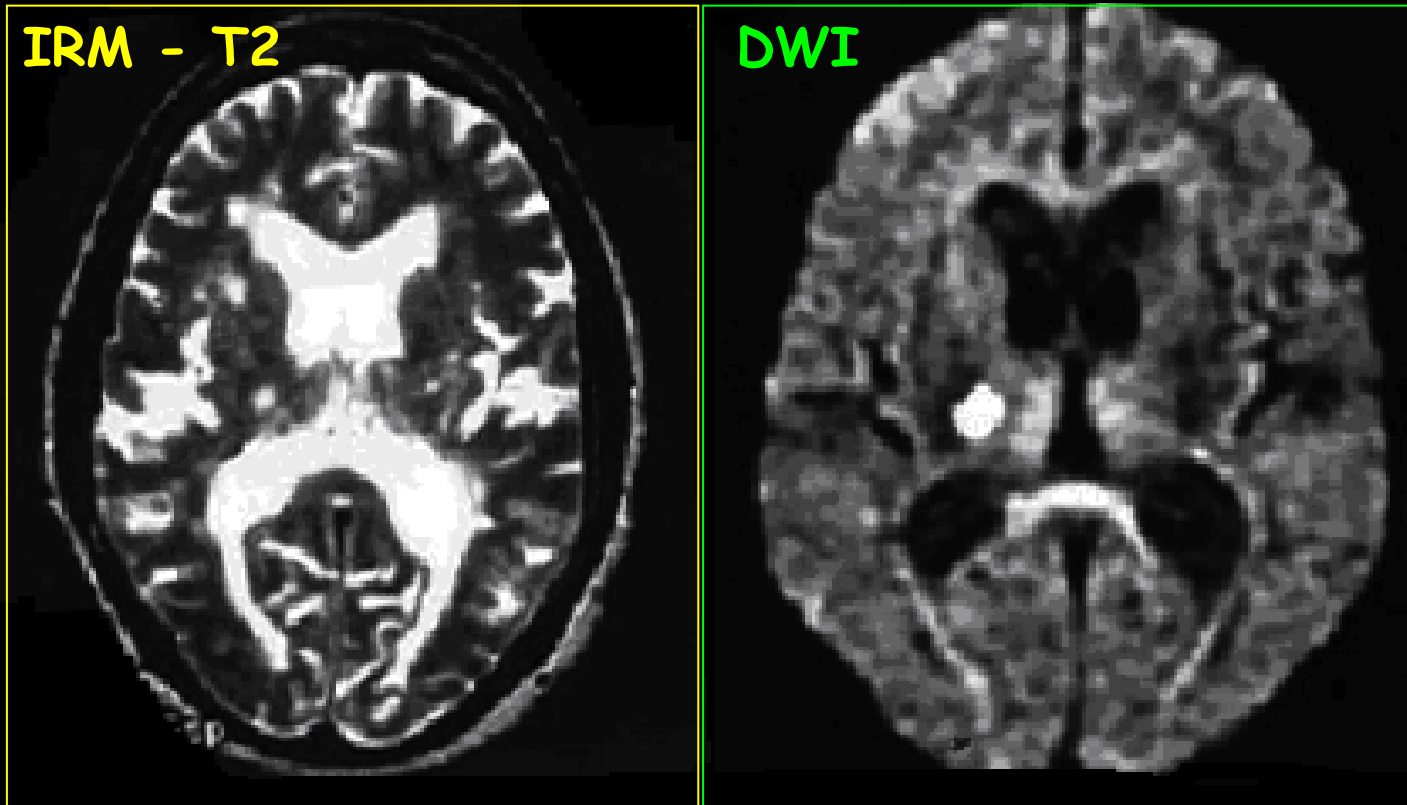


IRM de diffusion
Précoce (DWI)



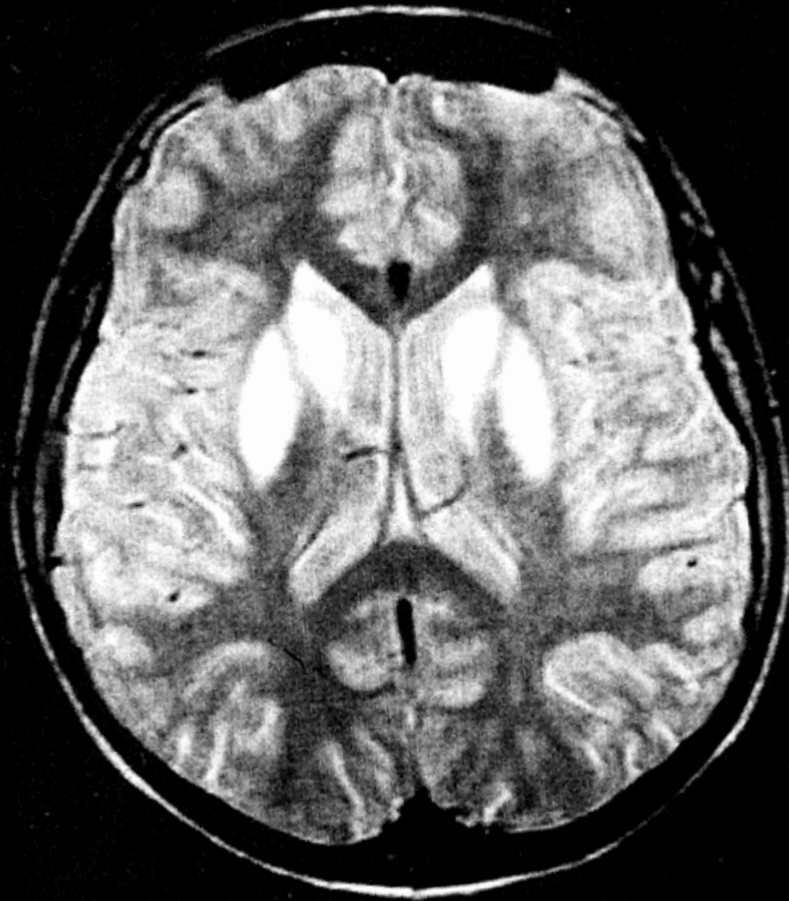
Territoire de
l'artère sylvienne D

Apports des DWI % T2WI, AVC aigu

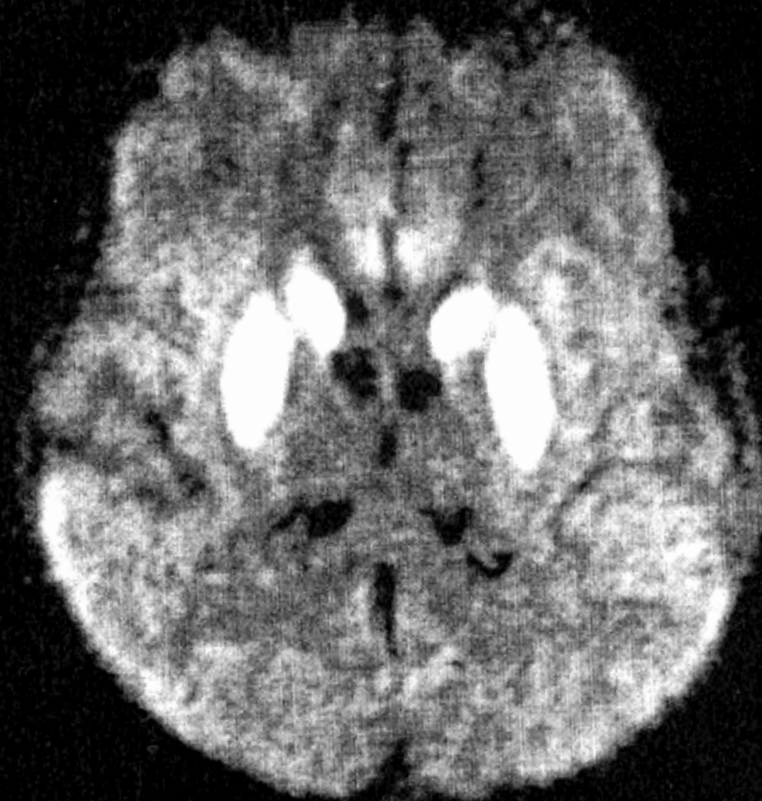


On T2 image, numerous hyper intense spots.
On DWI (cephalo-caudate gradient), only one intense spot on right internal capsula, corresponding to the newest stroke

Ex.: DWI MRI in Wilson Disease



PDw
Bilateral high signal in striata.



DWI (b = 1000 s/mm²)
Highly restricted diffusion
Accumulated copper ?

Calcul de l'ADC à partir des DWIs

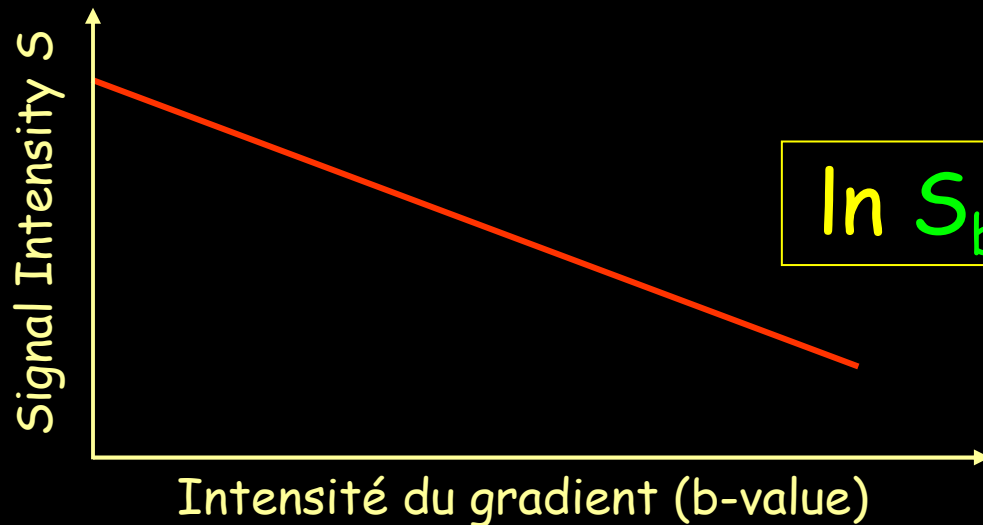
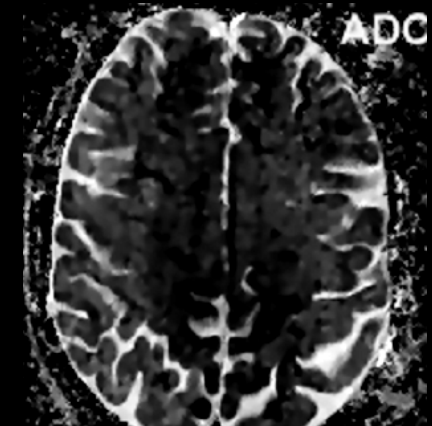
$b = 0 \text{ s/mm}^2$

$b = 1000 \text{ s/mm}^2$

ADC



signal
difference from
 e^{-bD}



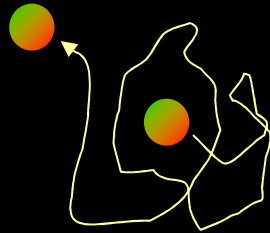
$$\ln S_b = -ADC \cdot b + \ln S_0$$

On utilise des gradients
d'intensité (b) croissante

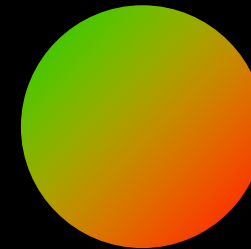
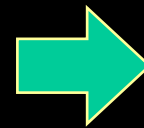
Tenseur et Anisotropie de Diffusion

La Diffusion est différente dans des directions différentes

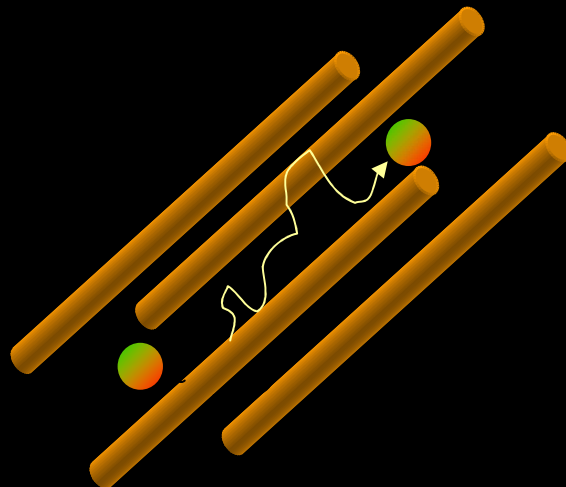
Free diffusion



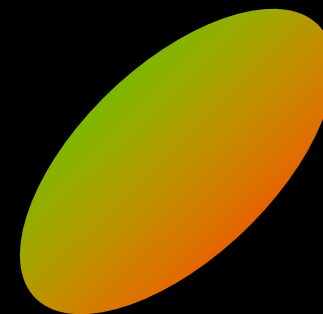
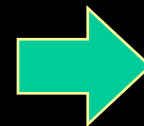
Isotropic diffusion



Restricted diffusion

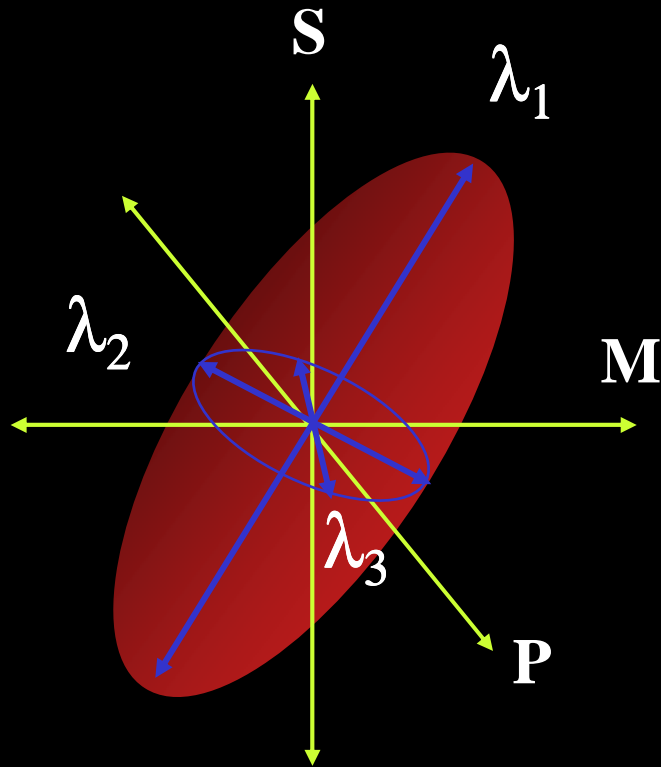


Anisotropic diffusion



Les valeurs propres du tenseur 3D...

- Calculation of Anisotropy in 3D requires diffusion measurements in 6 different directions
- Also called TENSOR Imaging



λ_1 , λ_2 and λ_3 ,
the 3 eigenvalues of the tensor,
characterize the shape and
orientation of the ellipsoid

... permettent de déduire, voxel à voxel,
des paramètres d'anisotropie

Mean diffusivity:

$$\lambda_m = \frac{1}{3}(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)$$

Fractional anisotropy:

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

Qqs images paramétriques du tenseur de diffusion

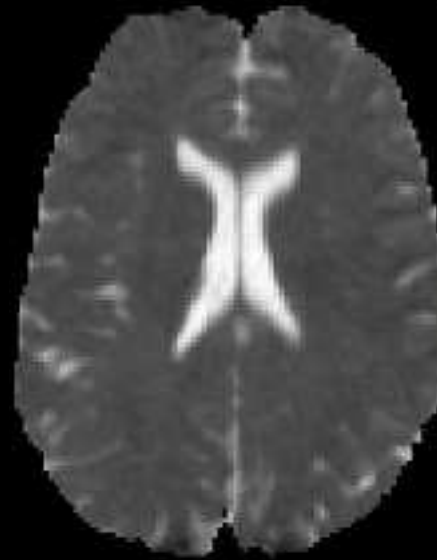
λ_m et D_i mesurent l'ADC
FA et D_a l'anisotropie



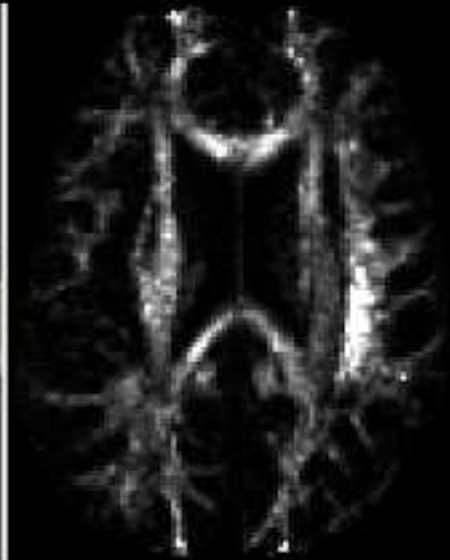
λ_m



FA



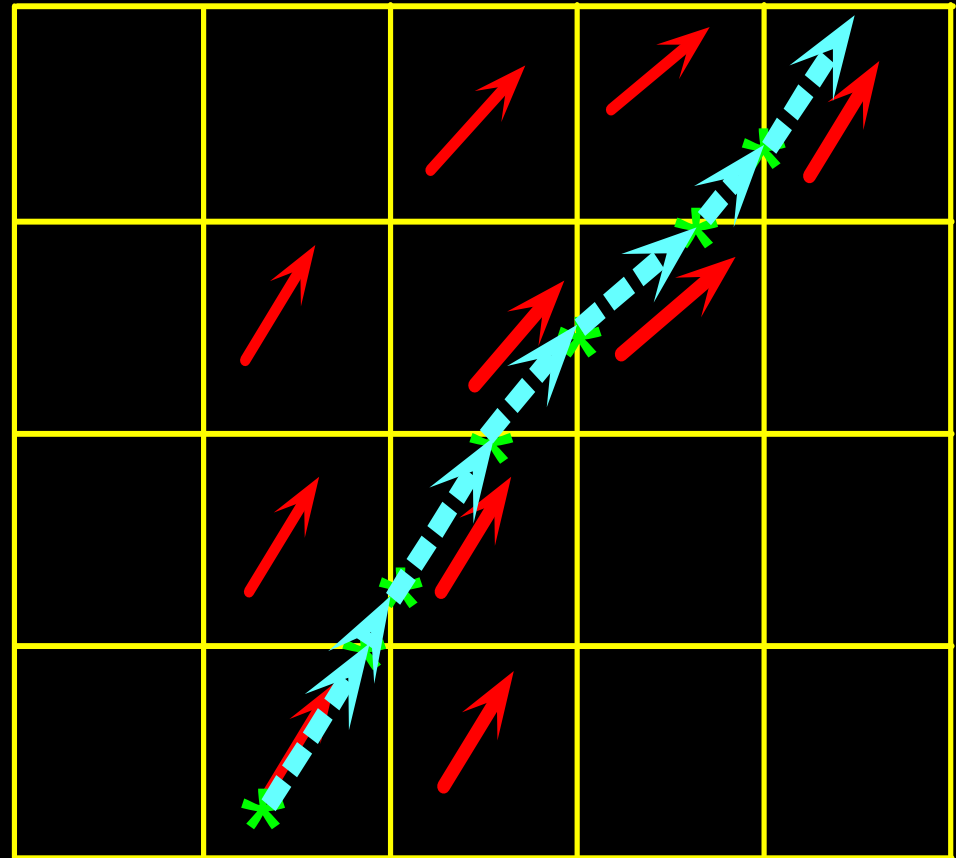
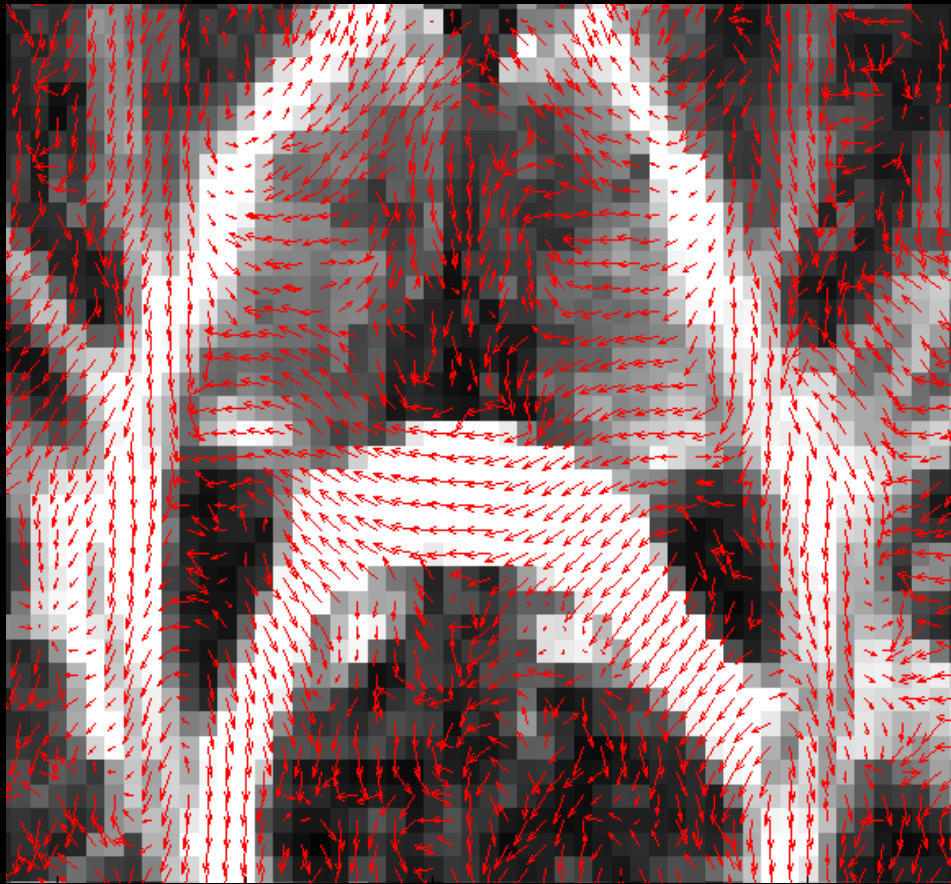
D_i



D_a

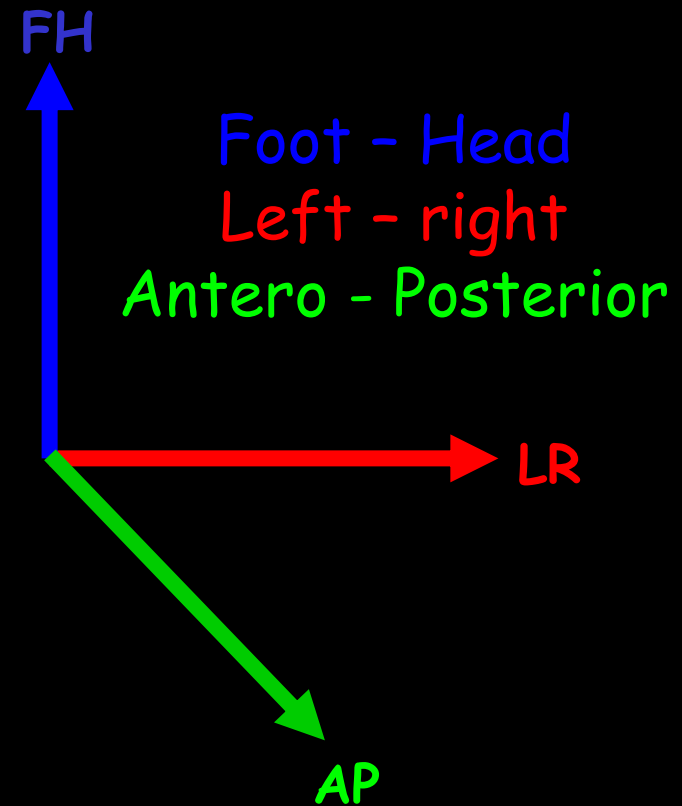
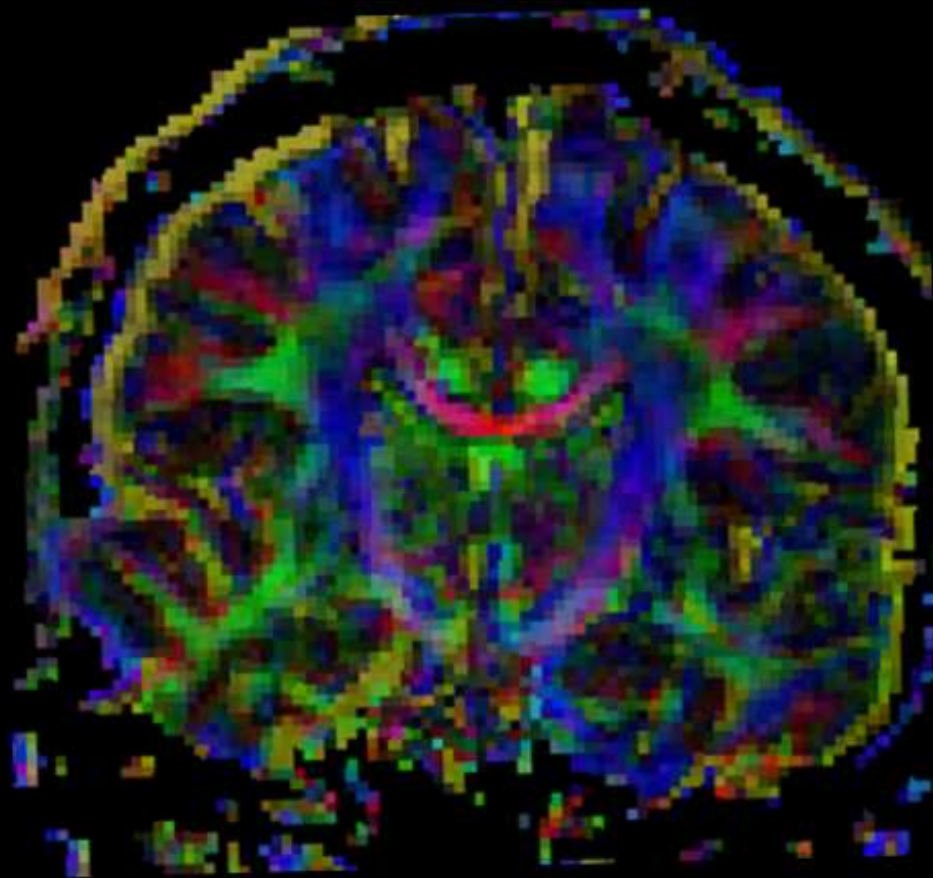
"Fiber Tracking" sur FA (ou la plus grande valeur propre du tenseur 3D)

A probabilistic algorithm allows to extract white matter fibers main directions (associative bundles)



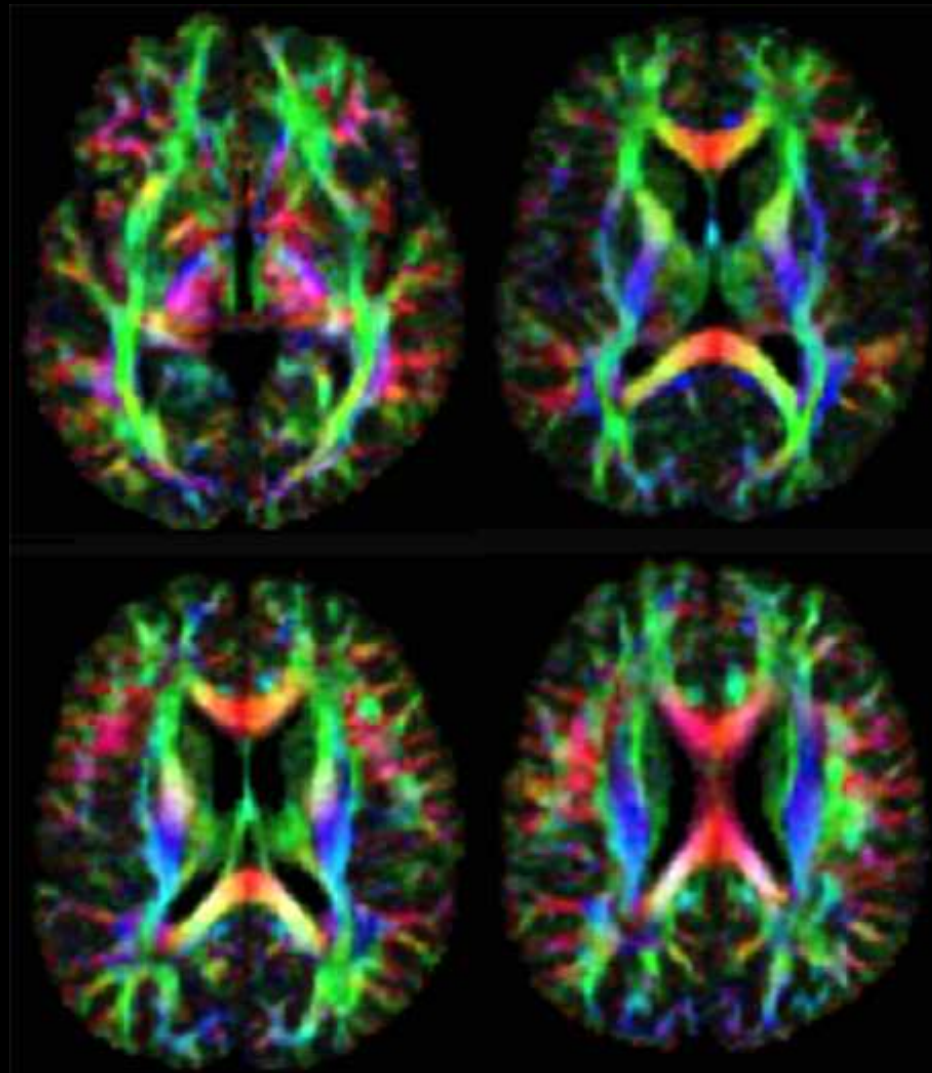
Codage couleur des cartes de FA

Fractional Anisotropy (FA) value indicates anisotropy
Color indicates the preferred diffusion direction



Visualisation du niveau de fonctionnalité des fibres blanches

Color coding
reveals
fibers main
direction



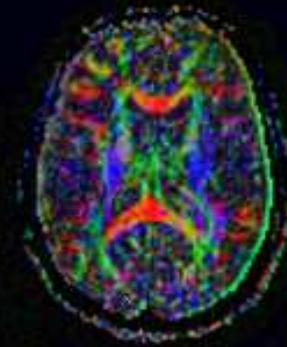
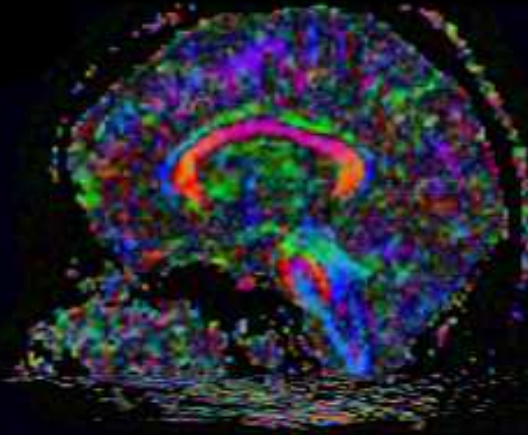
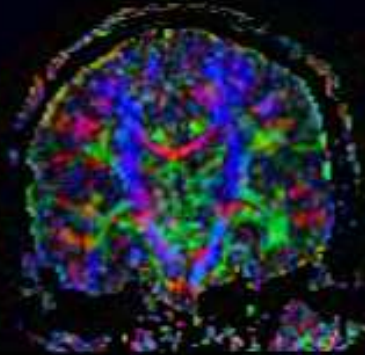
Application : le connectome, connectique neuronale sur l'ensemble du cerveau



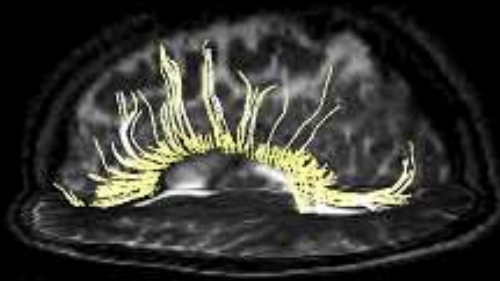
<http://newvaluestreams.com/wordpress/wp-content/uploads/2008/08/neural-wires.jpg>

<http://newvaluestreams.com/wordpress/?p=119>

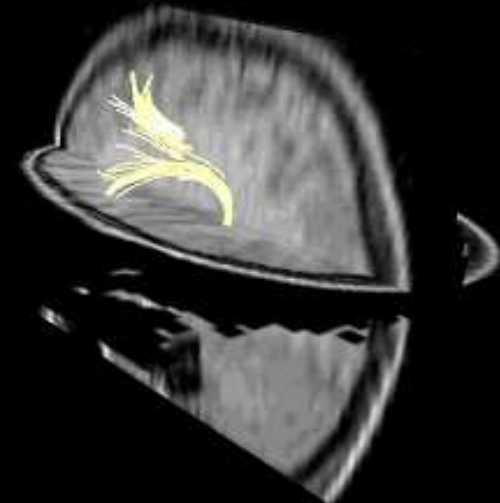
Extraction de certains faisceaux



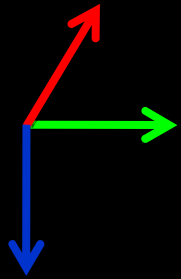
Faisceau pyramidal



Faisceau arqué



Suivi évolutif d'un traumatisme rachidien



Gauche-Droite
Antéro-Postérieur
Haut-Bas

Nette modification du facteur
d'anisotropie pour les fibres
situées en dessous de la lésion

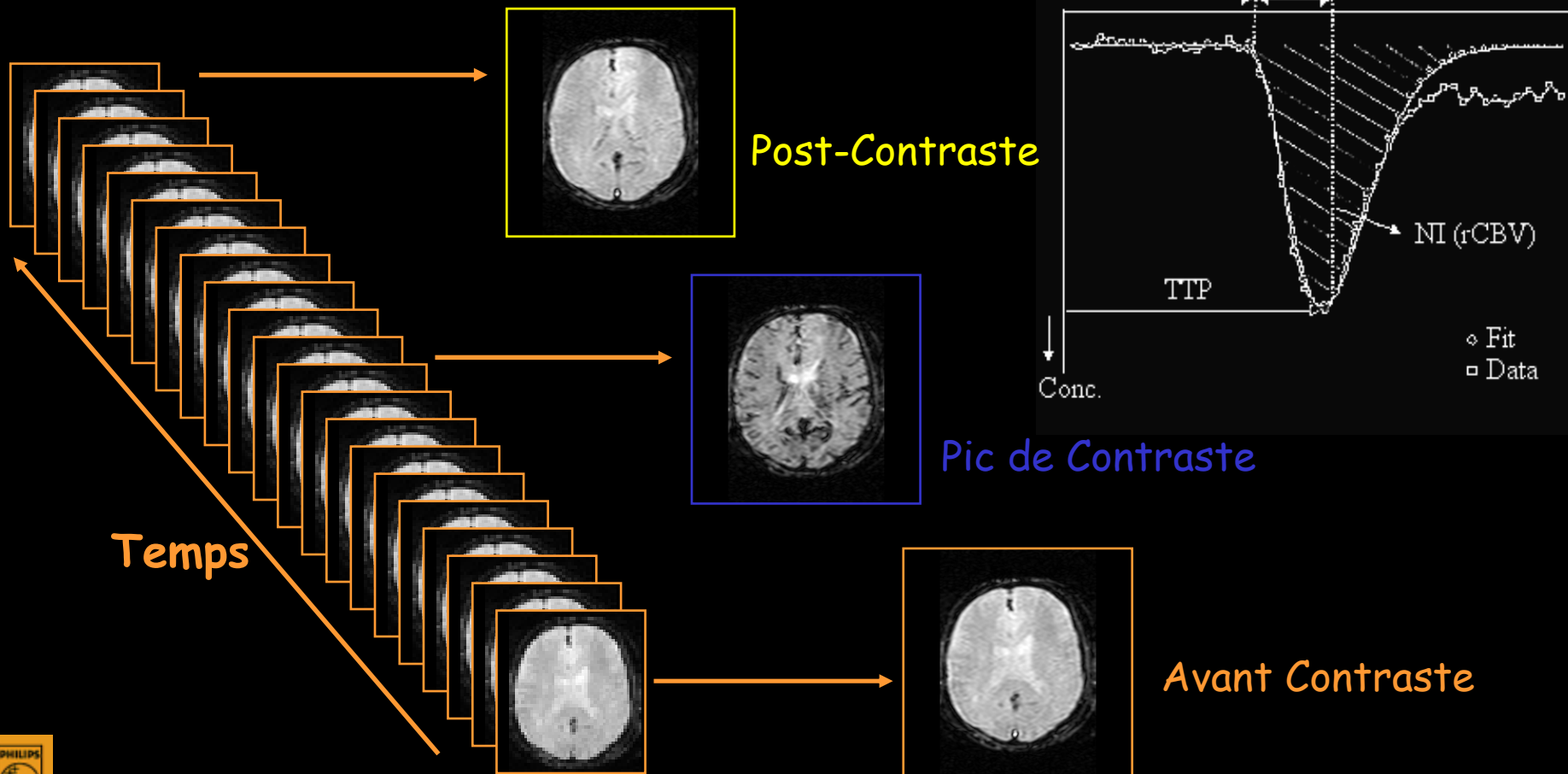
1ce: 8



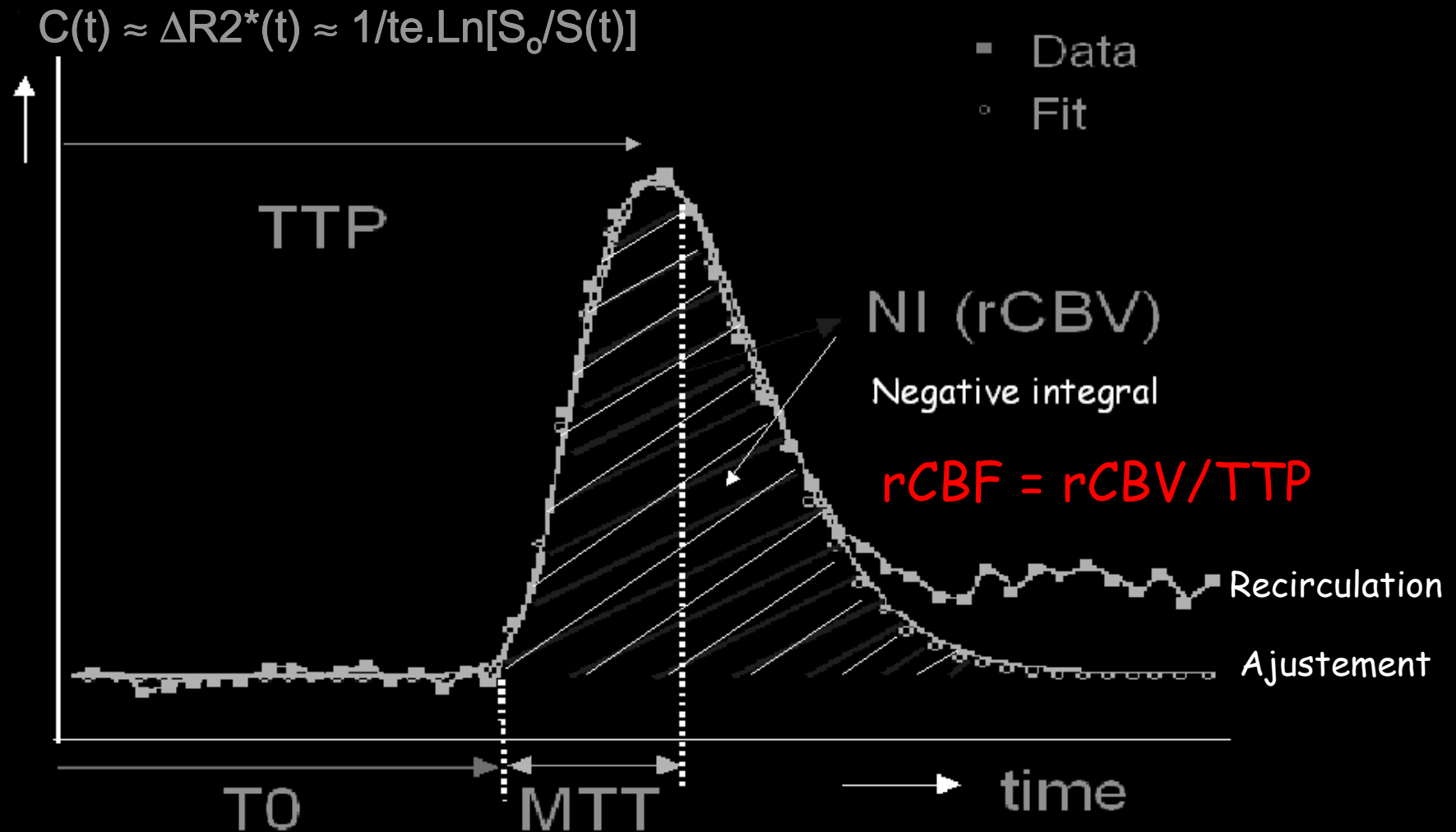
Estimation du DSC ou
débit sanguin cérébral
(perfusion cérébrale)

DSC par transit d'un bolus de PdeC en IRM (Gd-EDTA) et TDM (Xe)

Ex. en IRM : acquisition dynamique d'images T_2^* (EPI) (≈ 1.5 s/im) suite à IV bolus d'un produit de contraste (Gd-EDTA)



Paramètres extraits des courbes

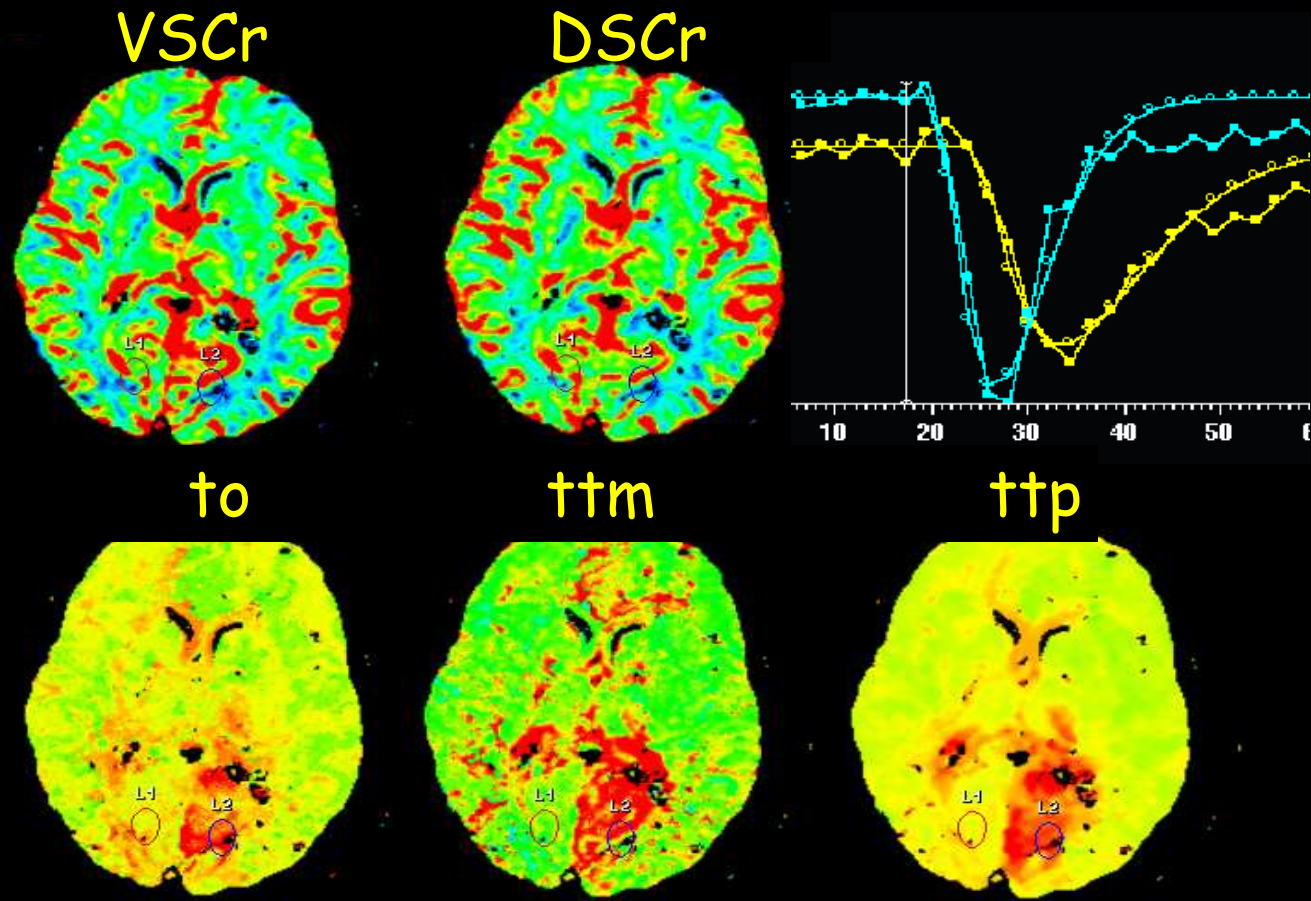


Ajuster $C_T(t)$ tissulaire par courbe gamma afin d'éliminer la recirculation

$$C_T(t) = A.(t-t_0)^\alpha.e^{-\beta(t-t_0)} + B$$

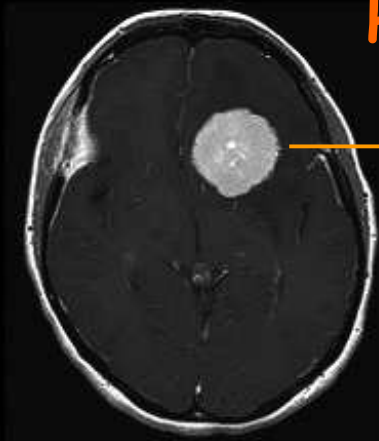
Images paramétriques issues de la mesure du DSC en IRM avec PdeC Gd

PERFUSION
 T_2 PONDÉRÉE
en IRM AVEC
CINÉTIQUE
DE Gd



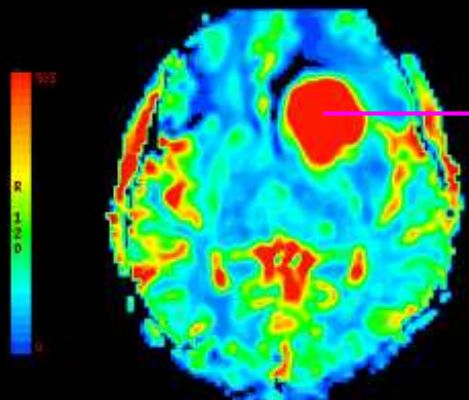
Cas d'un méningiome, VSCr augmenté et stase capillaire

Hyper vascularisation et stase capillaire



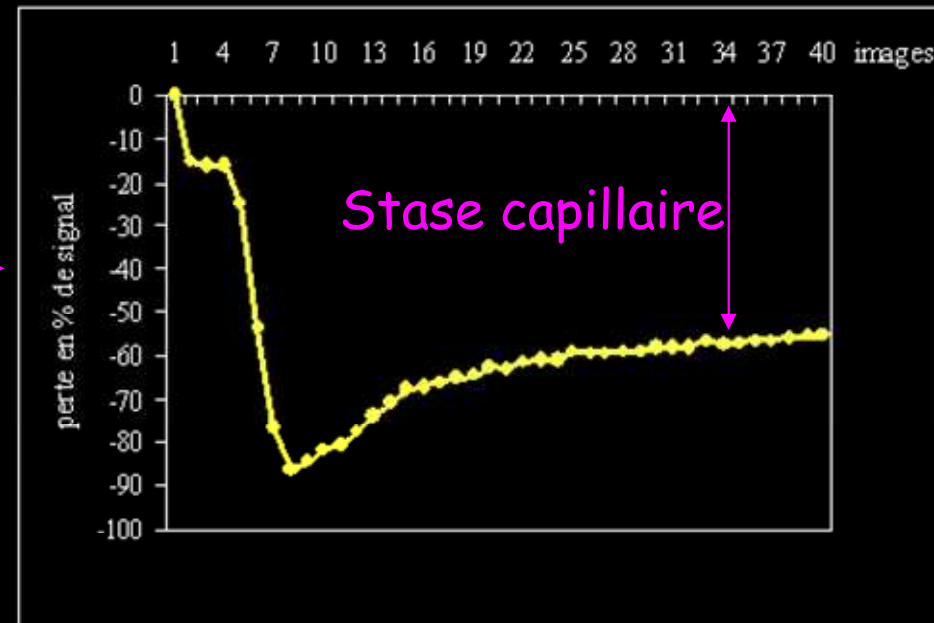
T1 post Gd

Prise de contraste homogène



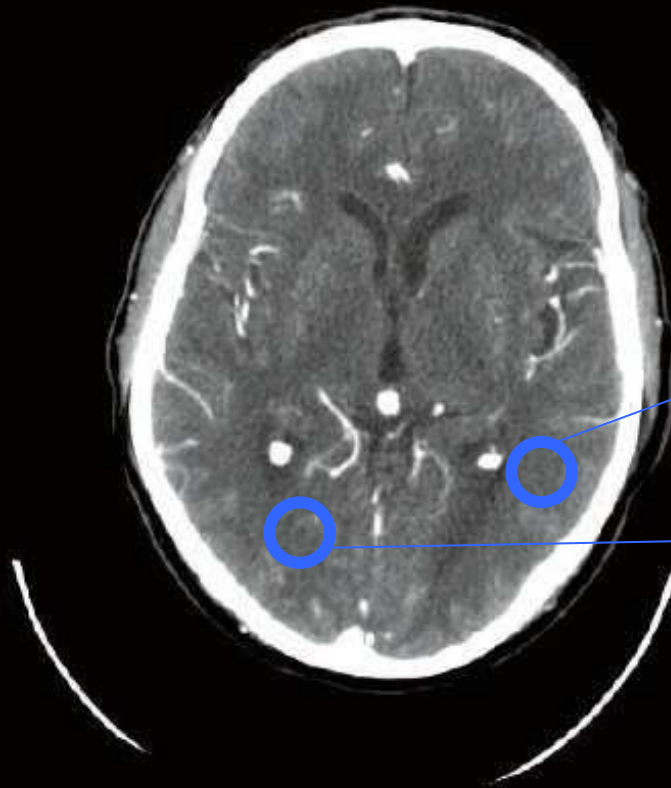
rCBV

Signal versus temps (1min 20s)

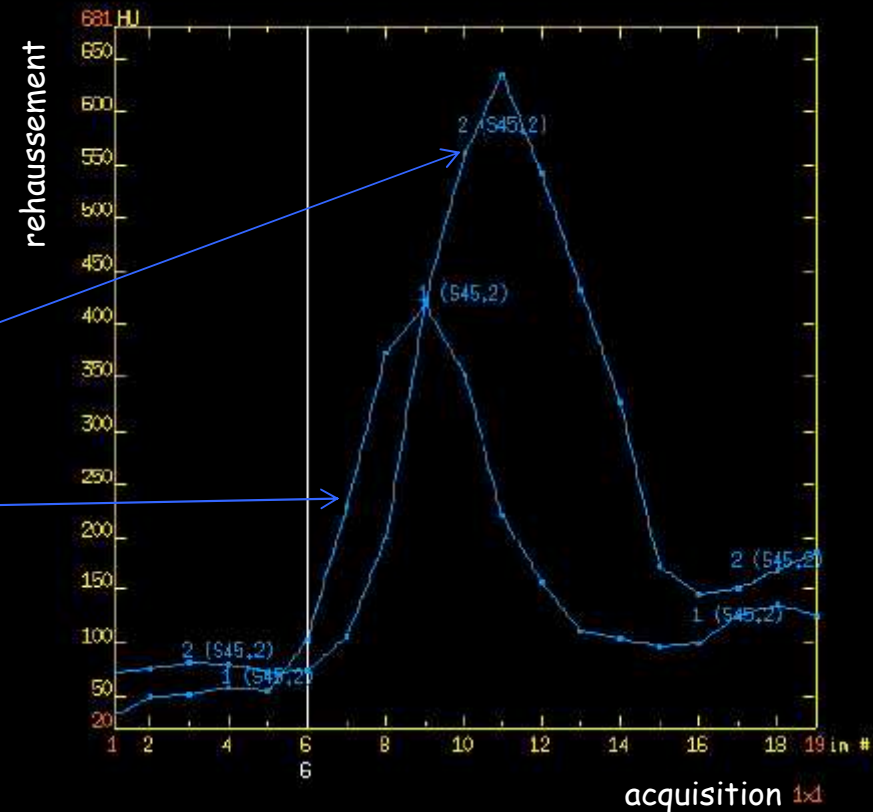


Analyse du DSC en TDM avec IV de Xe

Xe respiré et acquisition dynamique, ici 19 passages en 50,2 sec



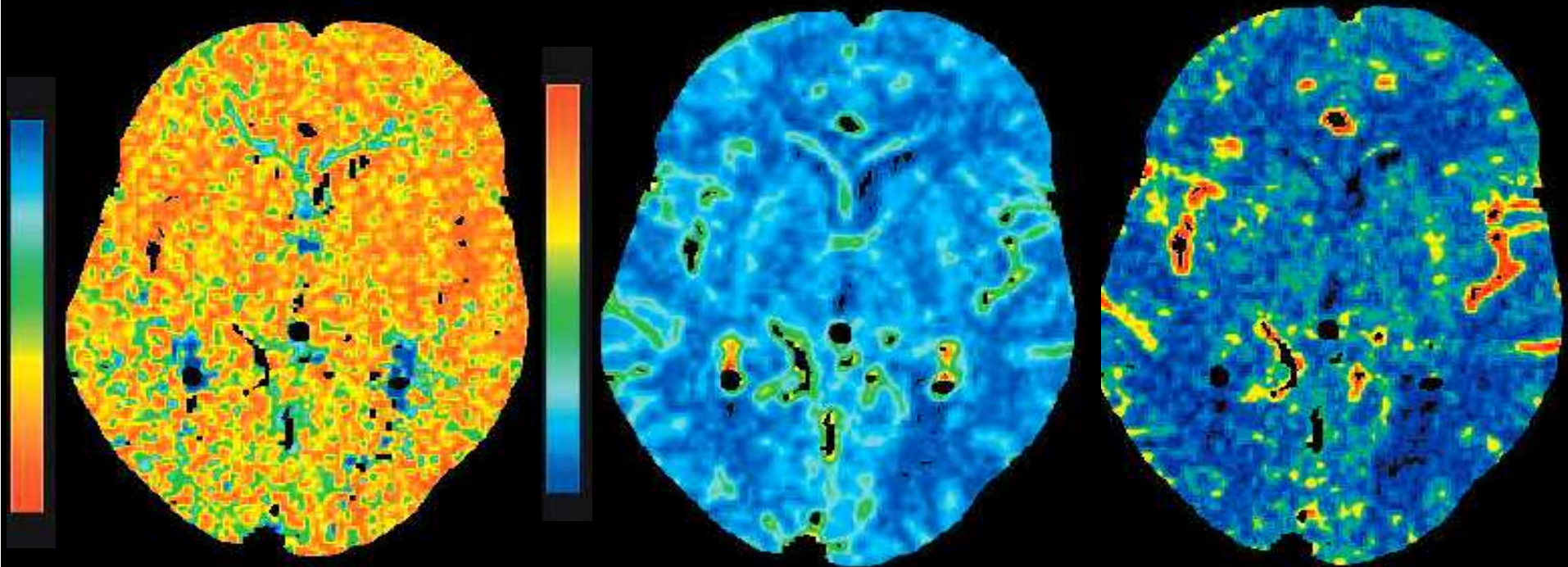
Une des vues de la série



Images TDM de paramètres perfusionnels

Calculs effectués voxel à voxel

$$DSC = VSC / TTM$$



temps de transit moyen (TTM)

volume sanguin (VSC)

perfusion (DSC)

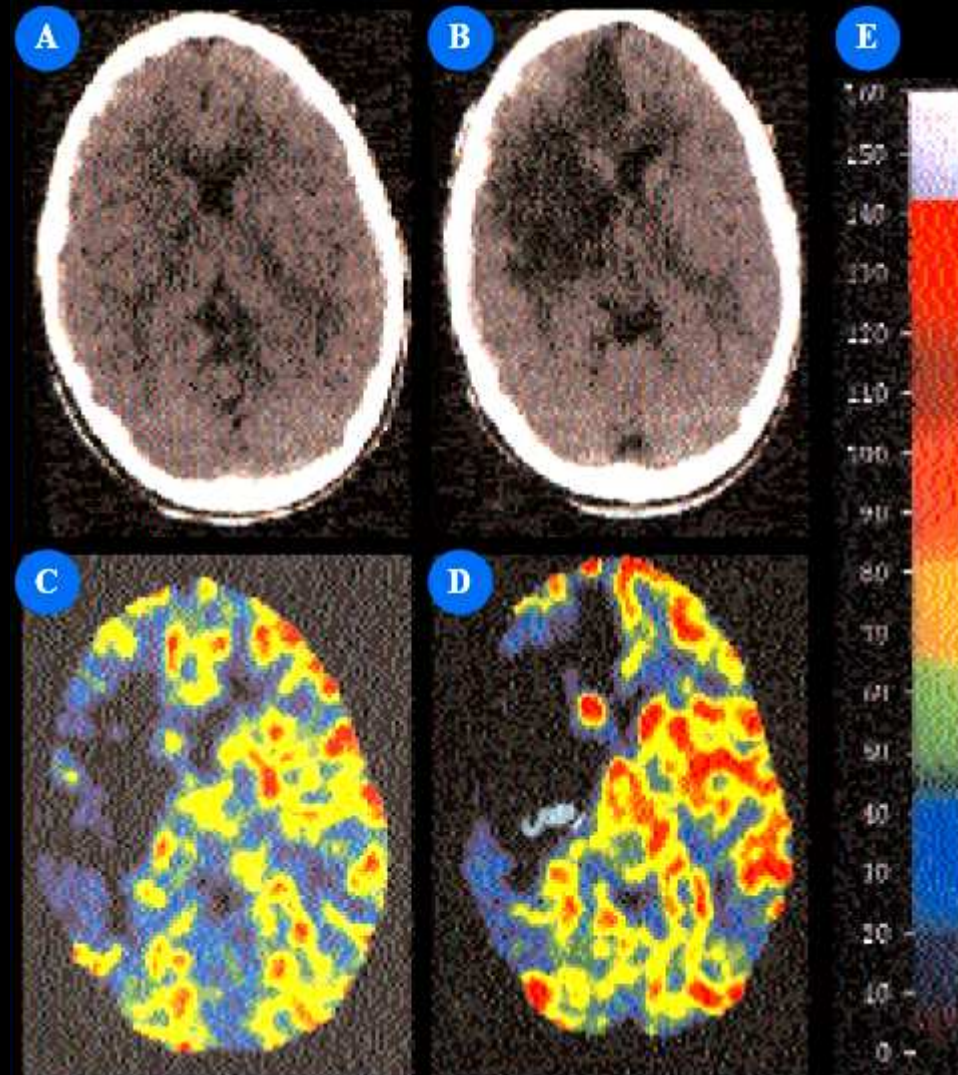
Hémiplégie G brutale : DSC en TDM-Xe

(A) image TDM conventionnelle **une heure après l'accident**

(B) zone d'ischémie visualisée **24 heures après**

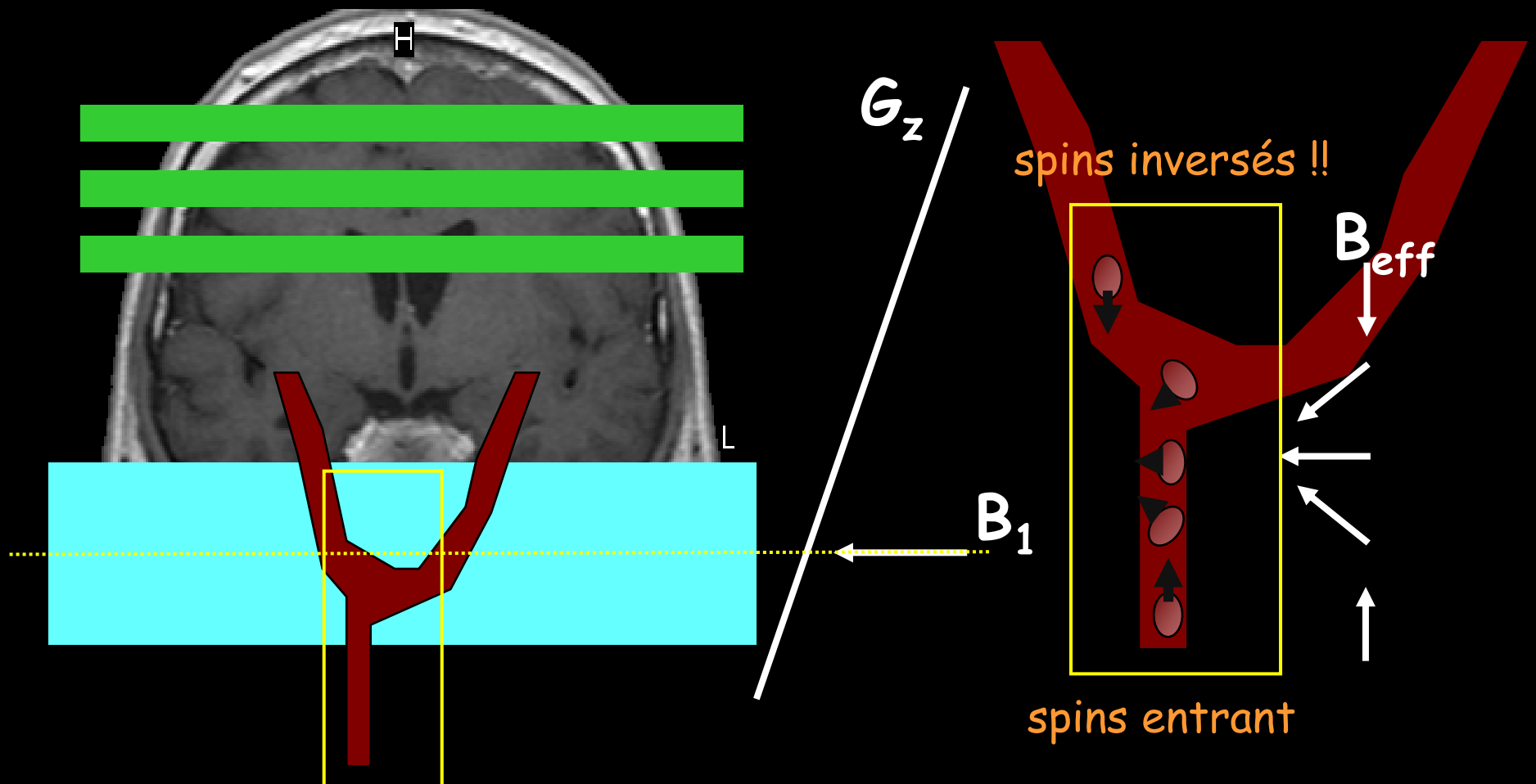
(C) hypoperfusion au XeCT **une heure après l'accident**

(D) hypoperfusion confirmée **24 heures après**

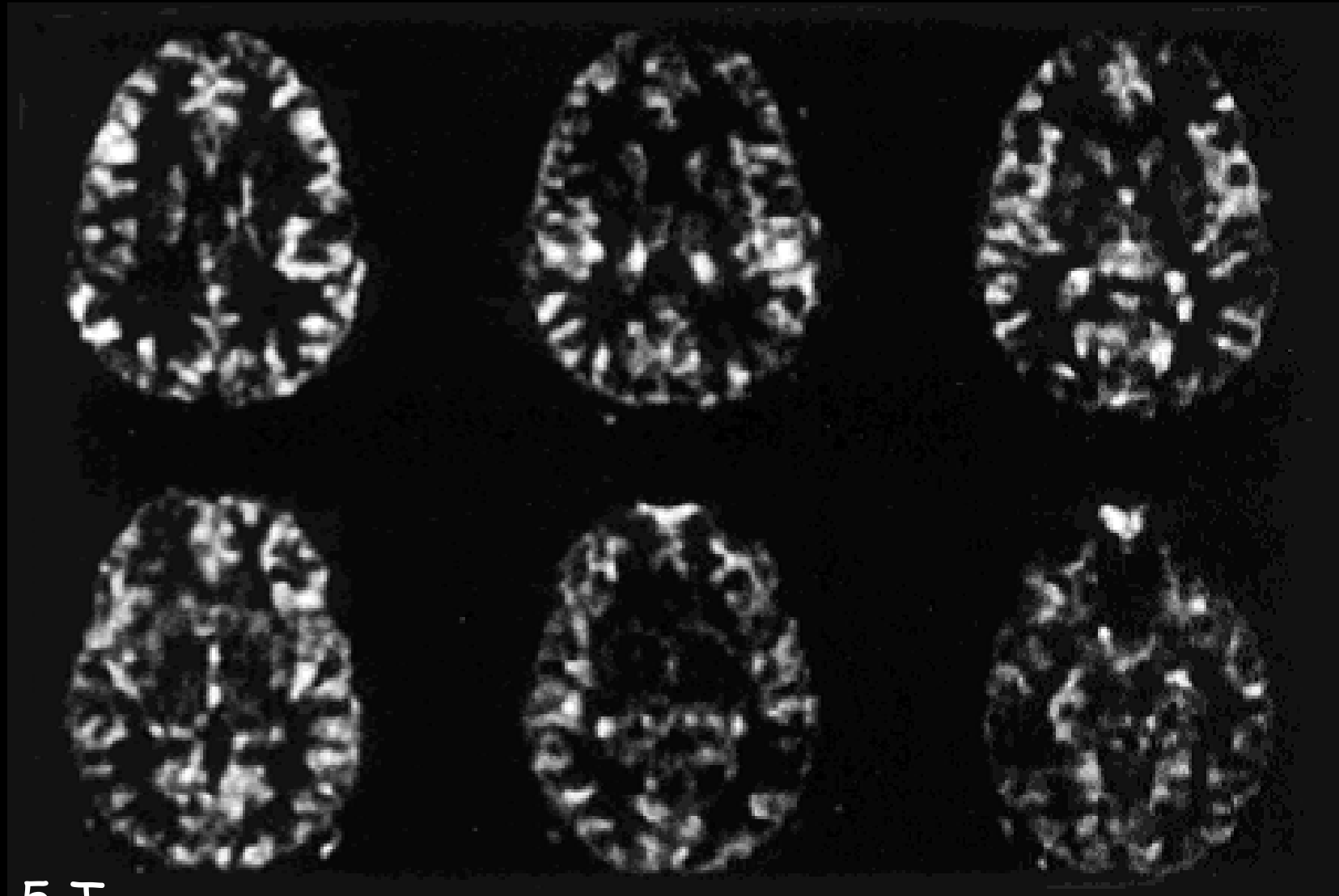


Perfusion Cérébrale en IRM-ASL par Marquage Amont des Spins de l'eau

L'eau des vaisseaux (spins mobiles), marquée au niveau de la bifurcation carotidienne par inversion adiabatique, est distribuée au cerveau au rythme du DSC
Les coupes acquises après marquage sont (fortement) pondérées en DSC : (C)ASL



Perfusion IRM par Spin Labelling (ASL)



1,5 T

Image d'ASL à 7 T

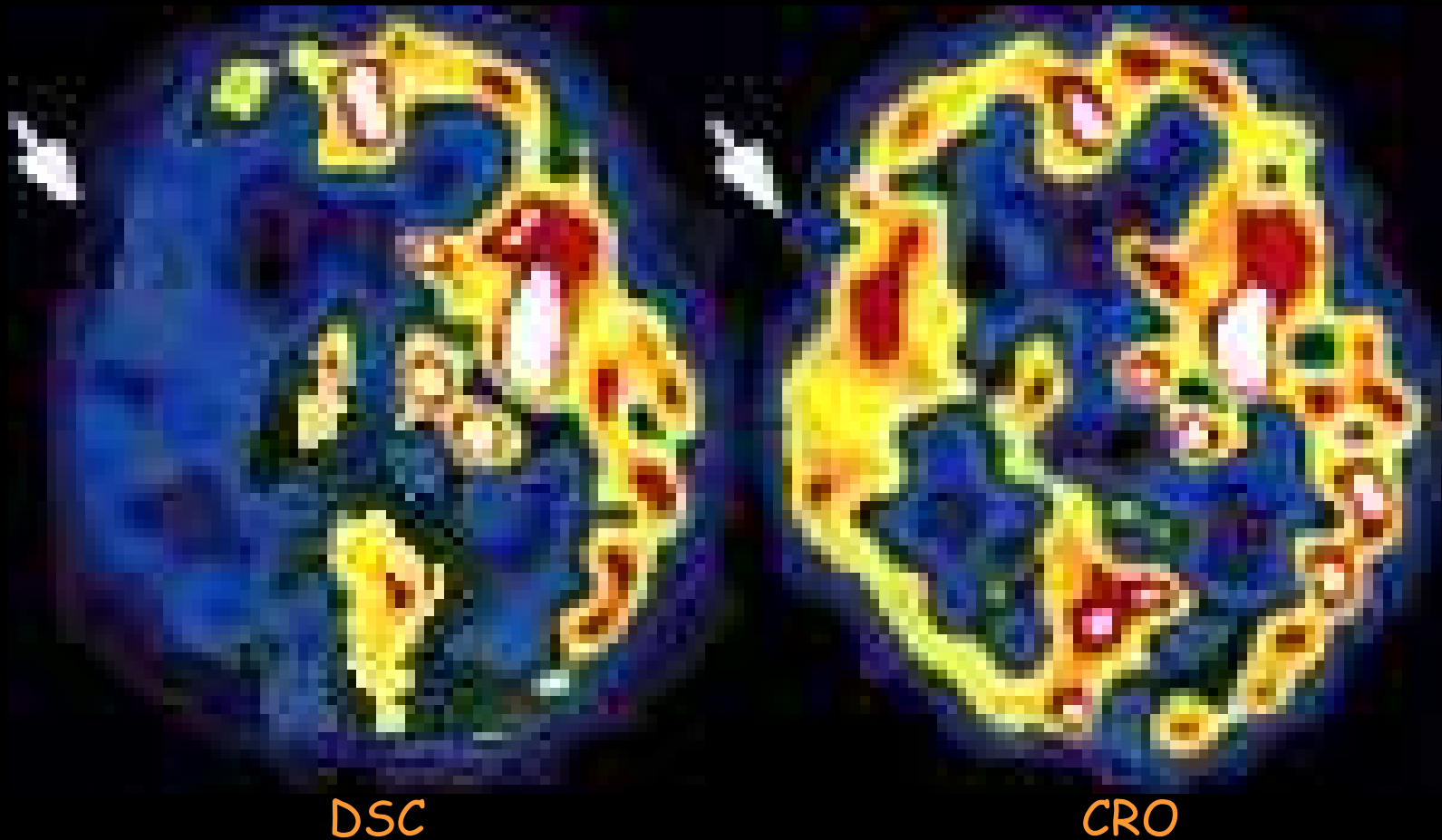


perfW

DSC et TEO en $H_2^{15}O$ et $^{15}O_2$ TEP

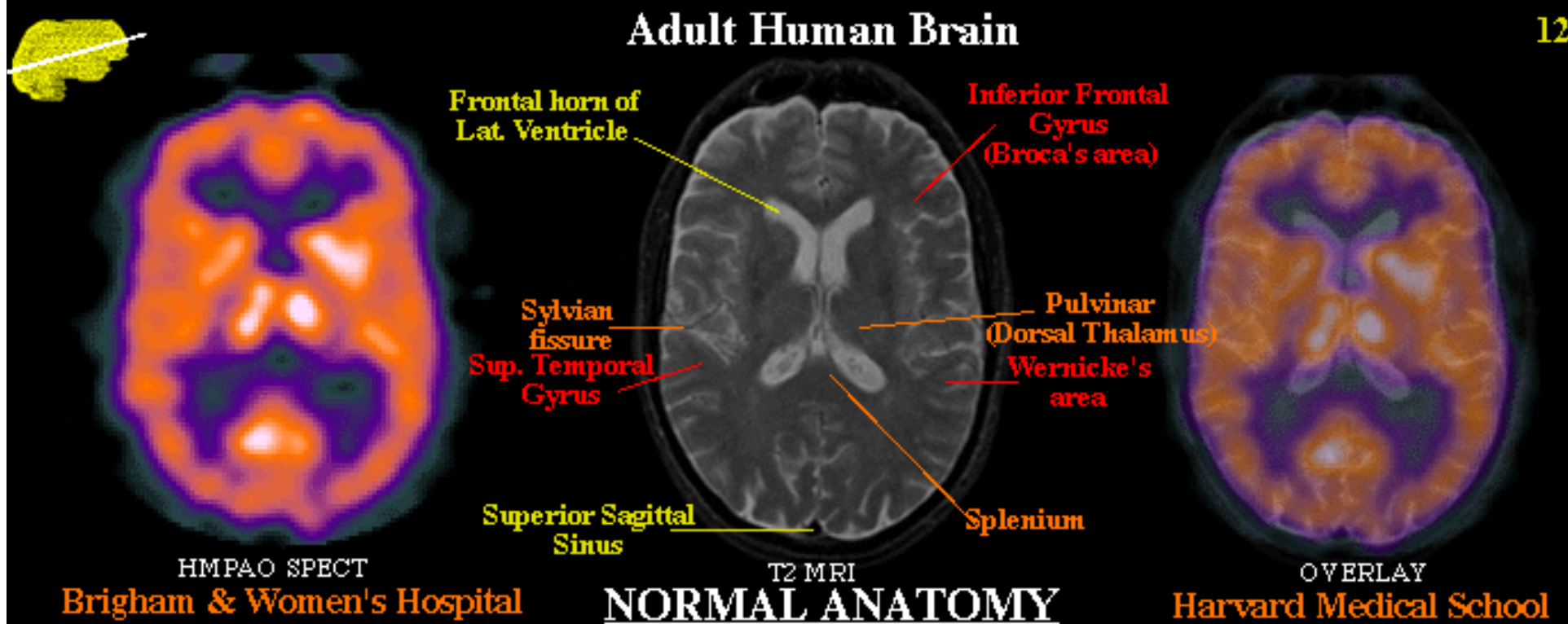
Pénombre ischémique

Définie par un DSC diminué, un TEO augmenté et une $CMRO_2$ normale ou discrètement abaissée

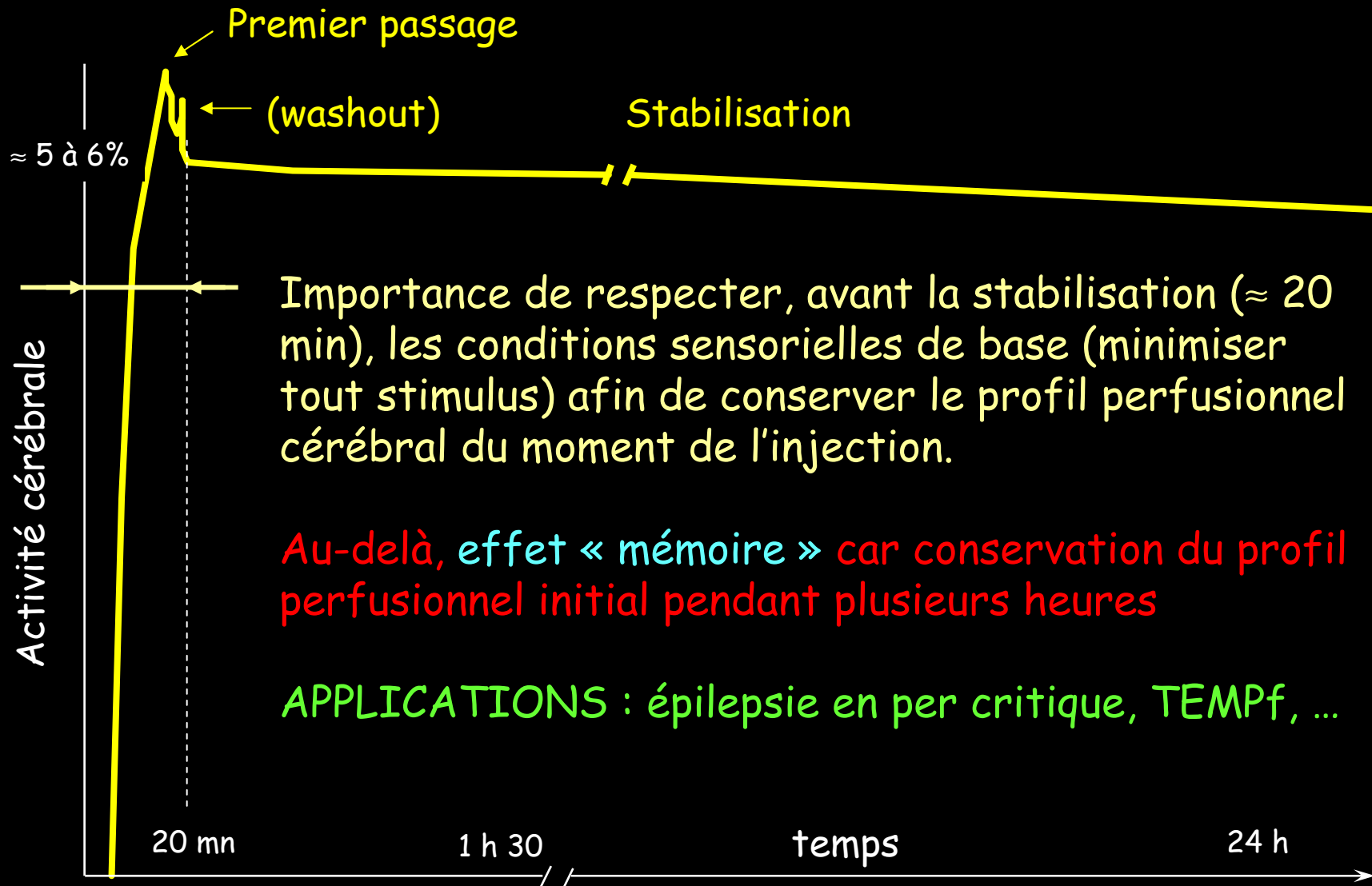


Perfusion en TEMP ^{99m}Tc -HMPAO & ECD

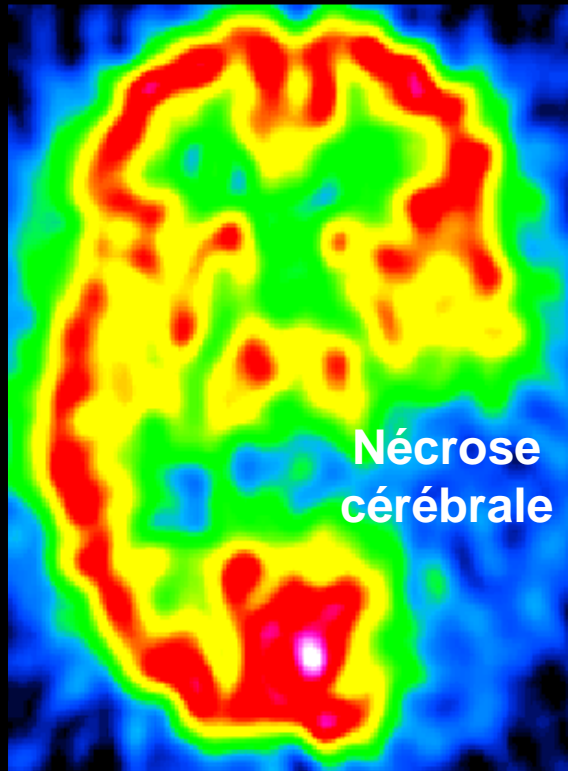
Perfusion cérébrale normale



Rétention cérébrale de l'HMPAO en TEMP



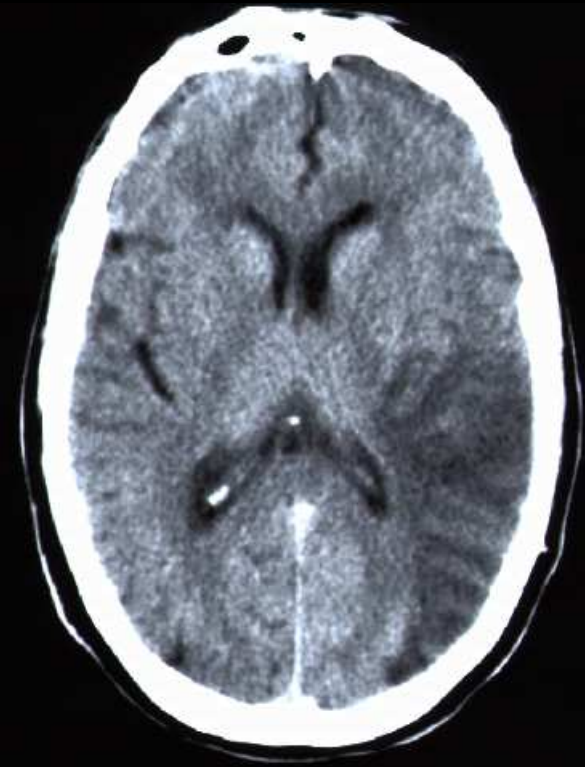
Perte DSC par infarctus Sylvien gauche Branche post artère cérébrale moyenne



Early SPECT
(day 0)



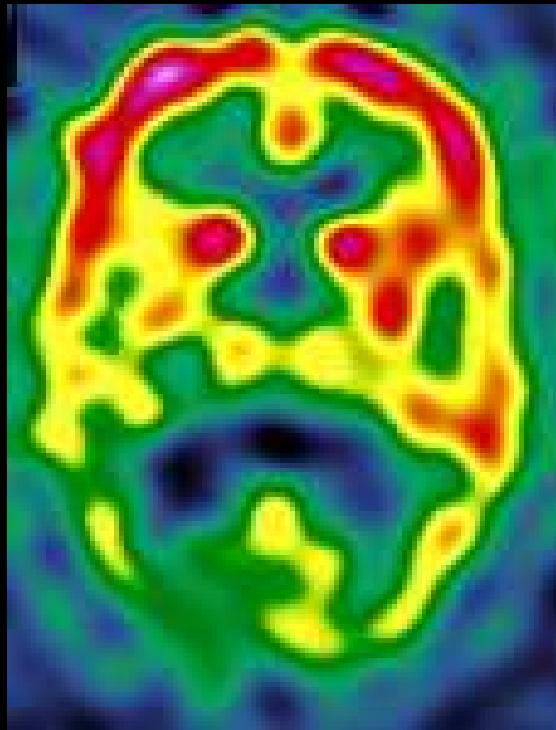
Early CT
(day 0)



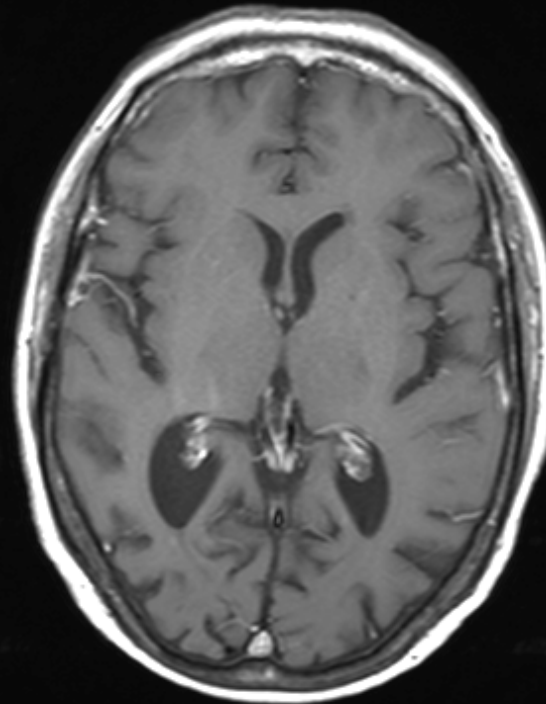
Late CT
(day 90)

Hypo DSC du syndrome de Benson...

Agnosie visuelle (syndrome de Balint) et troubles majeurs du langage (expression et compréhension)



TEMP ^{99m}Tc -ECD



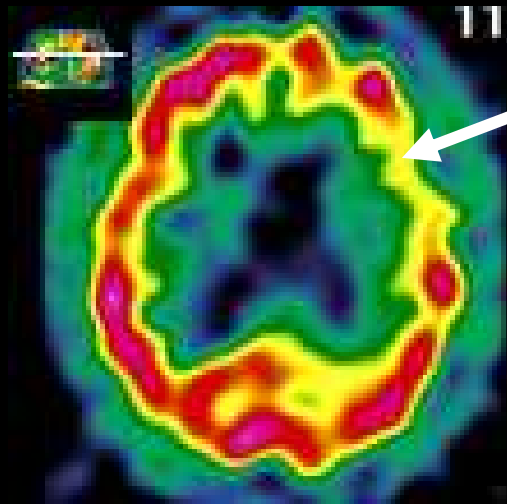
IRM T1-Gd

IRM cérébrale :
atrophie occipito-temporale et pariétale.

TEMP cérébrale :
hypofixation majeure occipito-pariétale et occipito-temporale prédominant à droite

...ou de la démence Sémantique (APP)

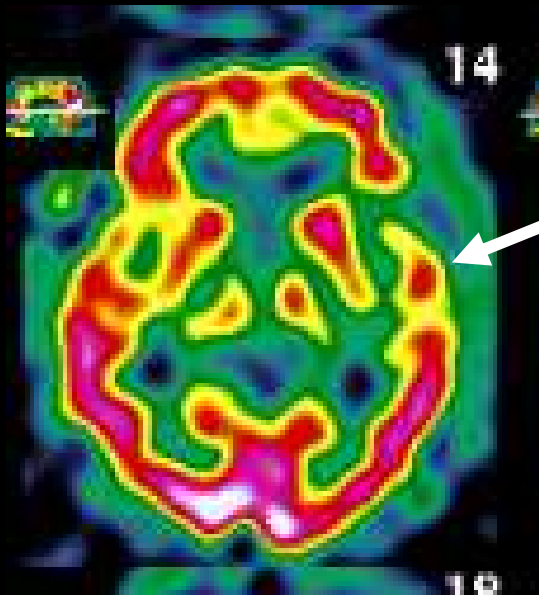
Aphasie s'intégrant dans une démence fronto-temporale



Hypoperfusion base de F1 G,
atteinte du Broca probable

Troubles cognitifs
d'aggravation progressive ;

Troubles du langage
(écholalies, palilalies,
troubles de la dénomination),



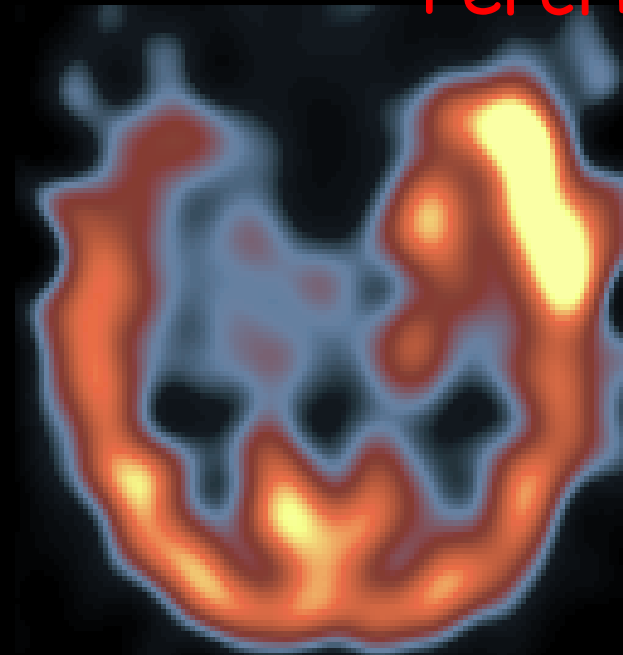
Hypoperfusion T1
Ant du même côté,
oriente l'Aphasie
Primaire Progressive
vers une Démence
Fronto Temporale

Hyper DSC percritique des foyers épileptiques

Epilepsie temporale interne gauche

Intercritique

Percritiques



Spontanée

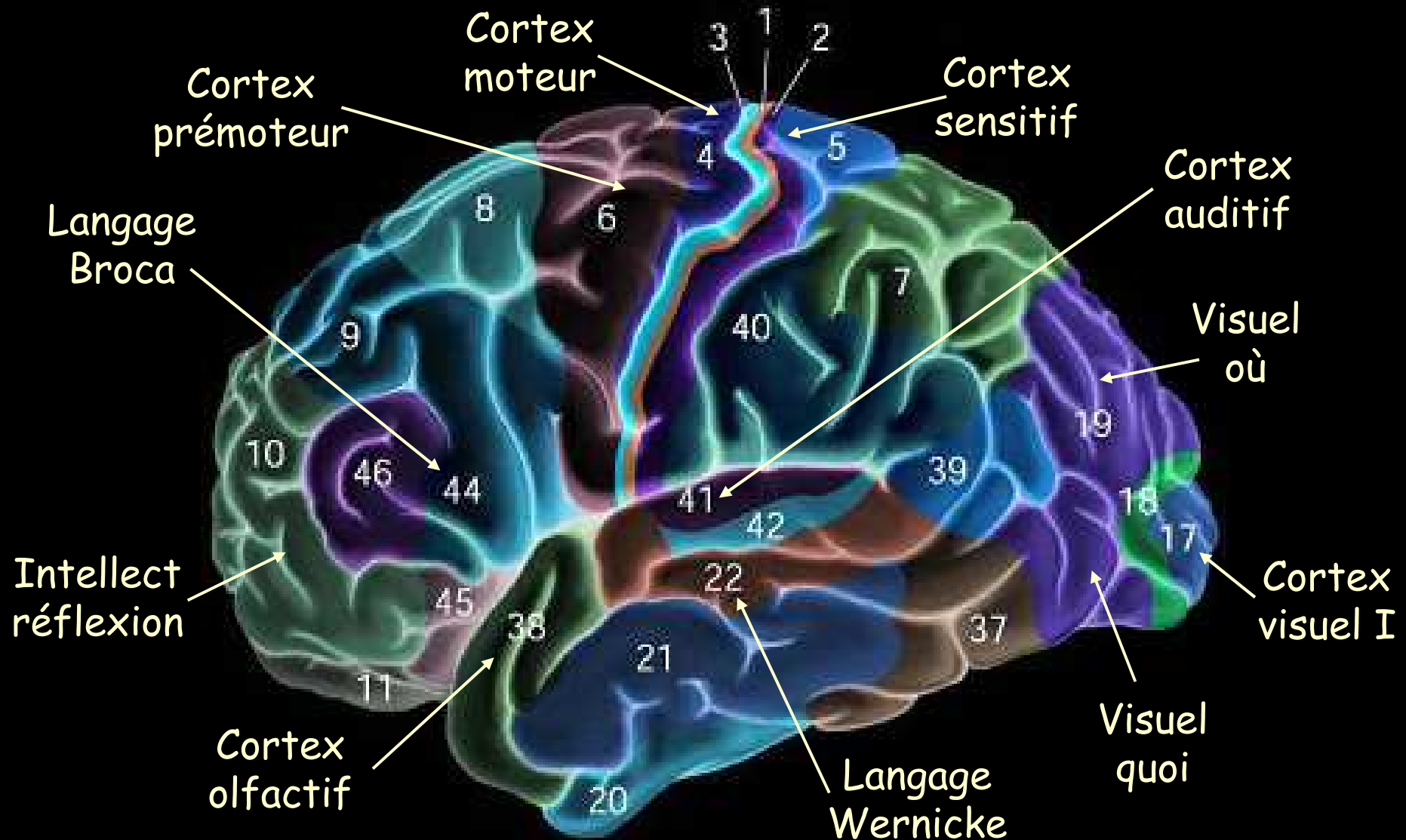
Stimulée

Hyperfixation polaire étendue : situe le foyer

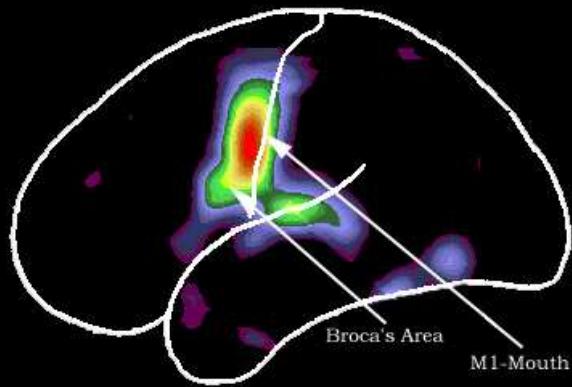
Etude de l'activation
neuronale en IRMf
(Oxygène et perfusion
par effet BOLD)

On joue sur la spécialisation du cortex

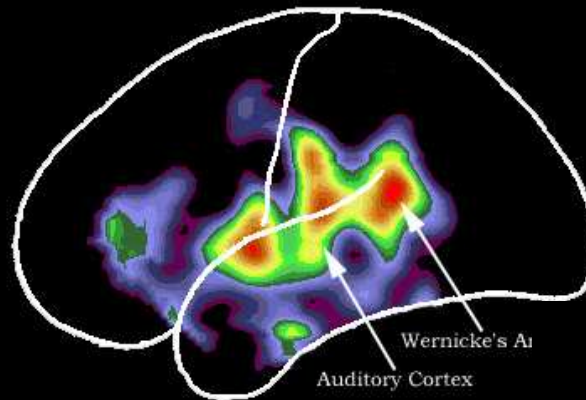
Aires de Brodman et quelques fonctions associées



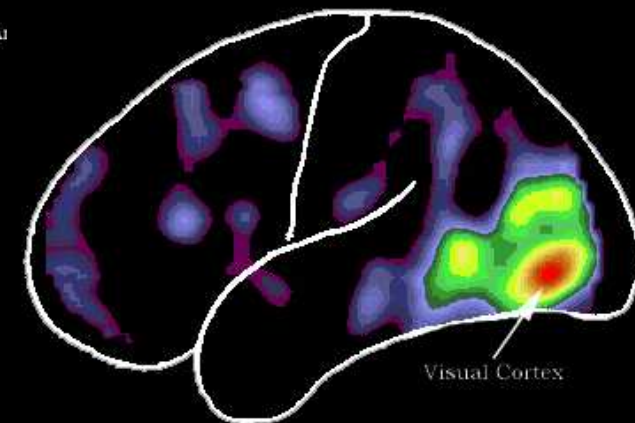
Functional Areas of Language by $H_2^{15}O$ TEP Perfusion



Speaking Words
Pronunciation

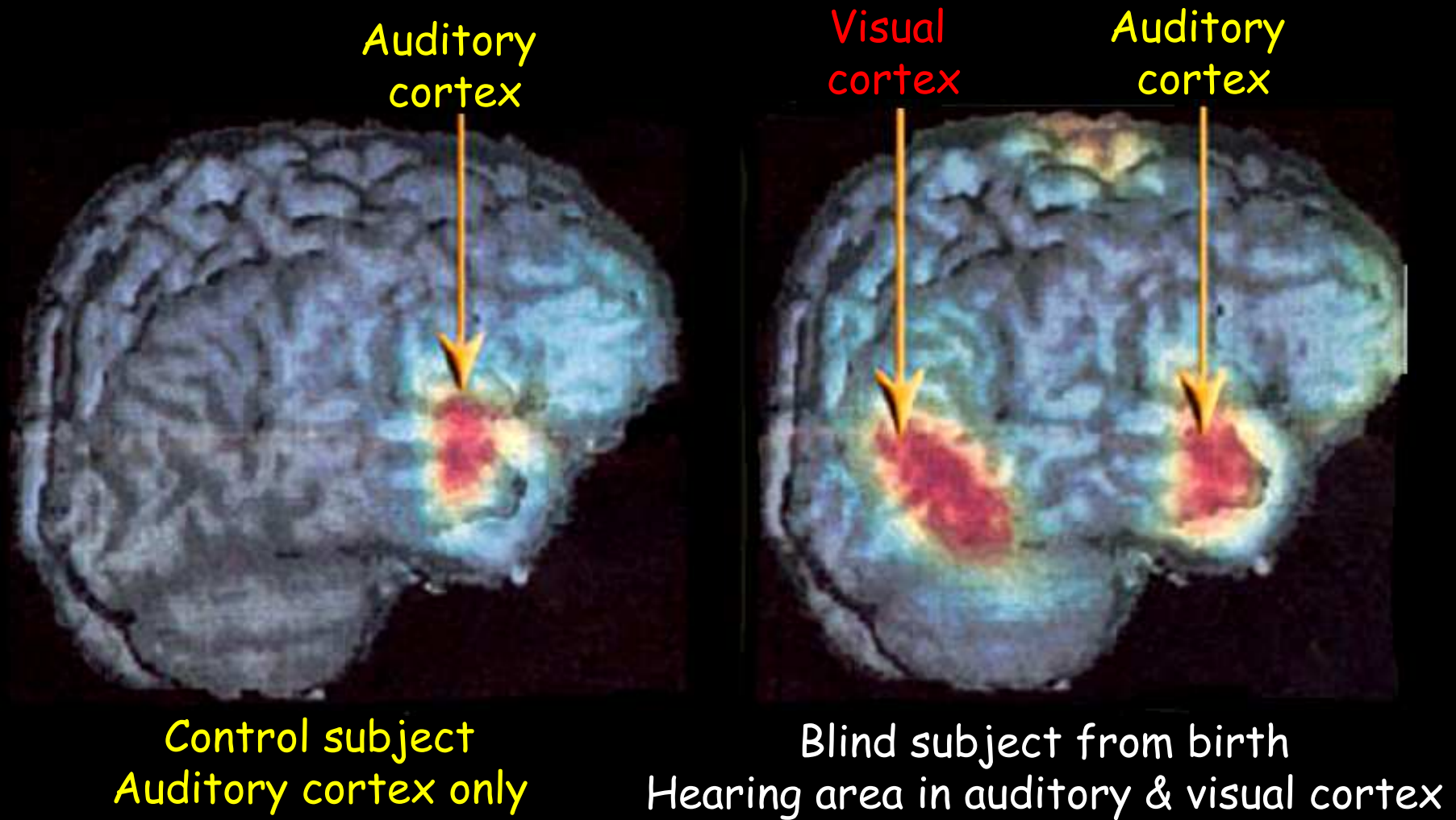


Hearing Words
Comprehension

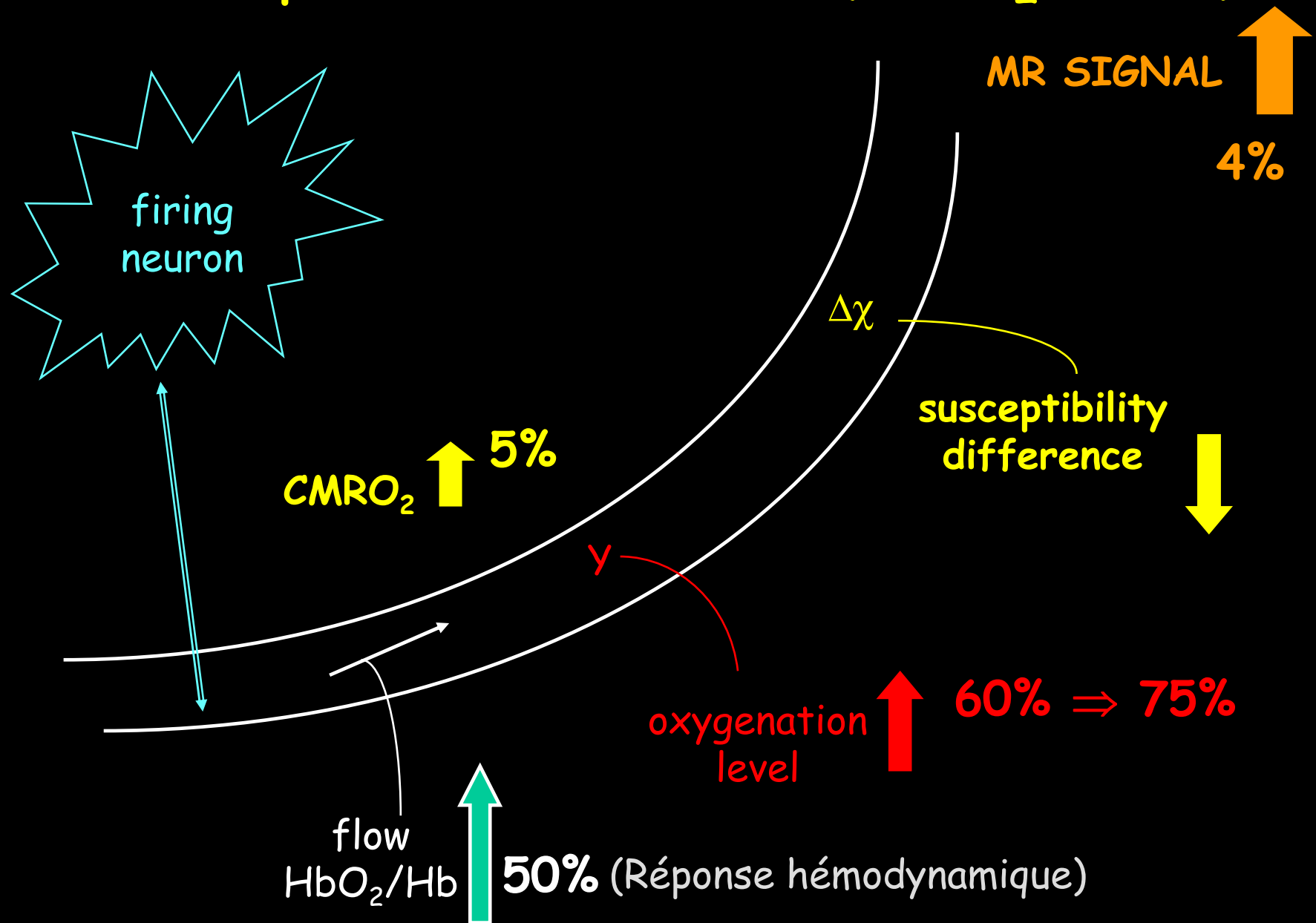


Seeing Words
Vision

Audition in a Subject Blind From Birth



IRMf par Effet BOLD (HbO₂ / Hb)

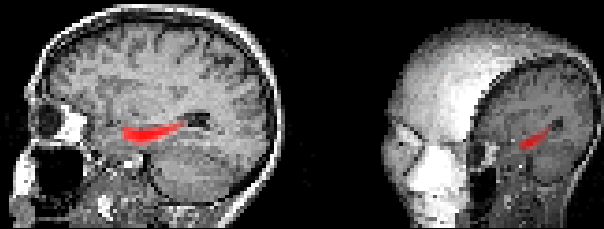


Ce que permet d'explorer l'IRMf (BOLD)

Peur



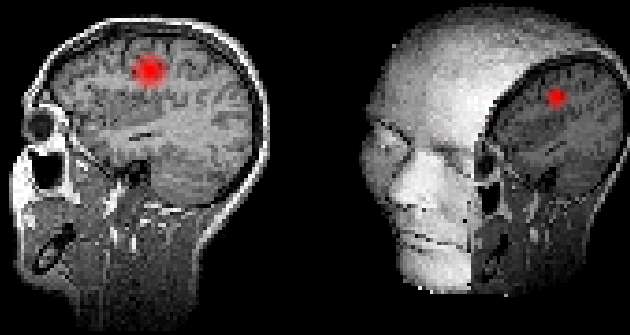
Mémoire



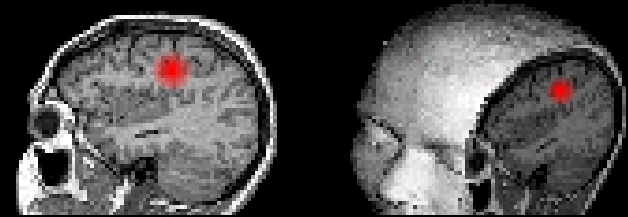
Audition



Motricité



Sensibilité



Olfaction



Langage

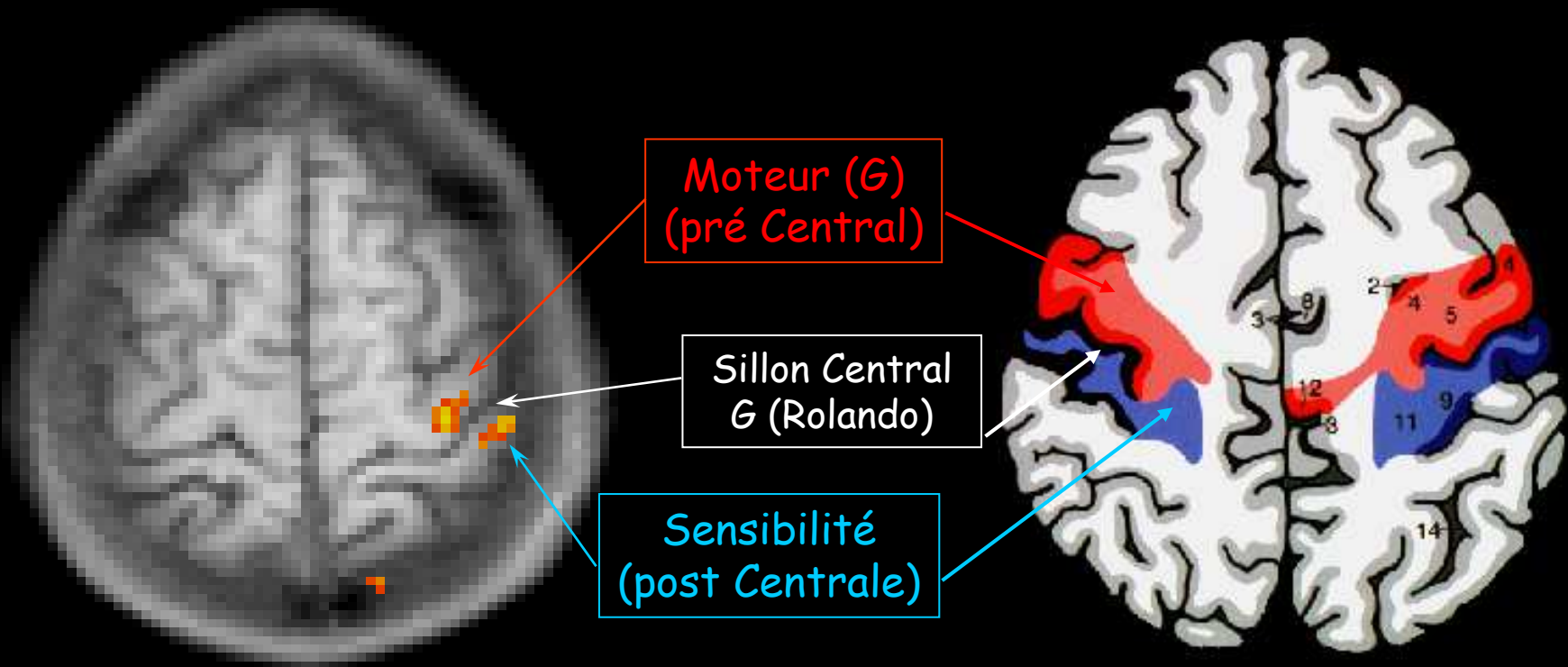


Vision



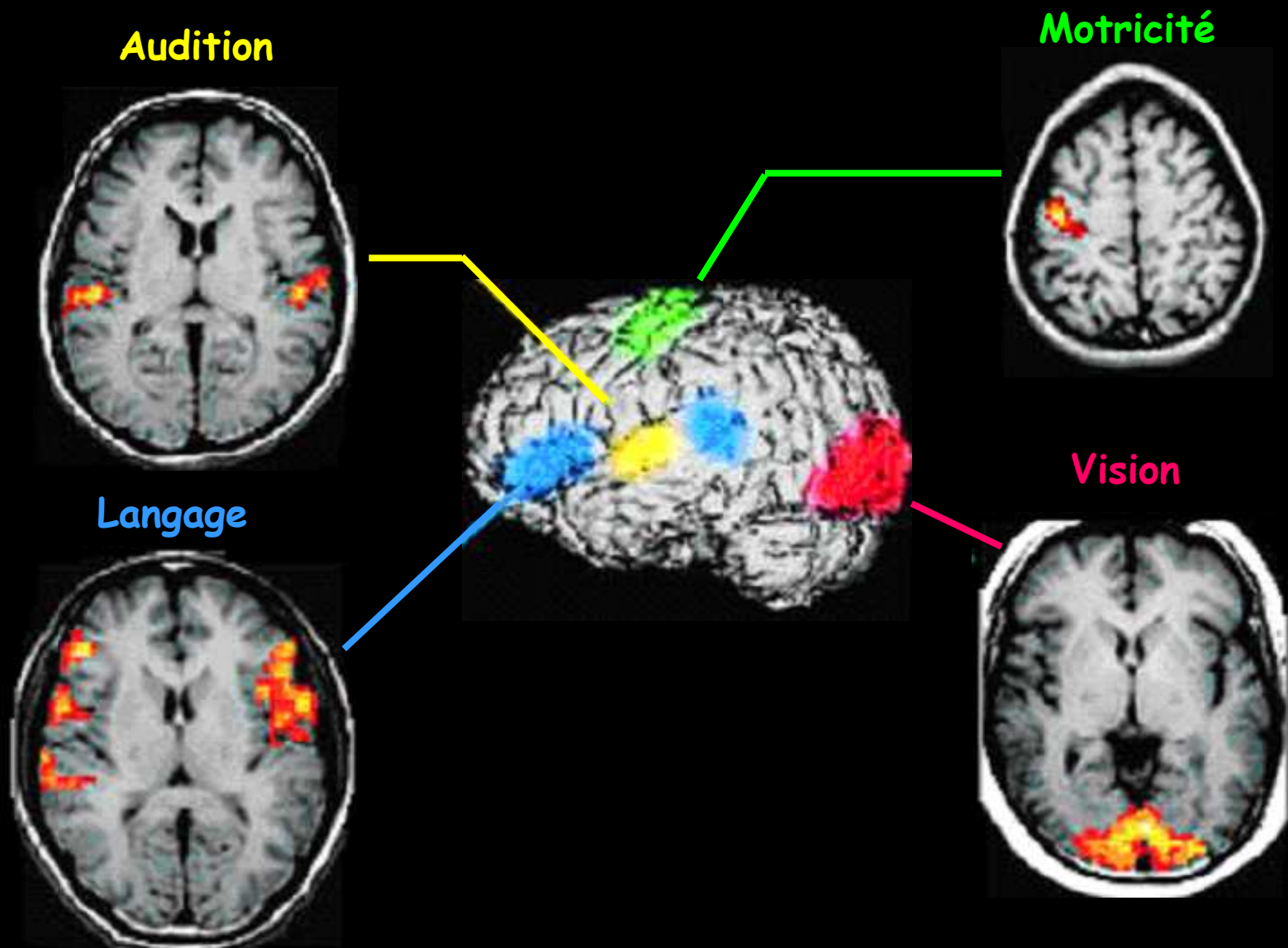
Ex.: étude de la motricité volontaire

Sujet droitier, opposition pulpe pouce D / base V^{ème} méta



Utilisé en neurochirurgie pour repérer le sillon central

Aide au Planning Chirurgical



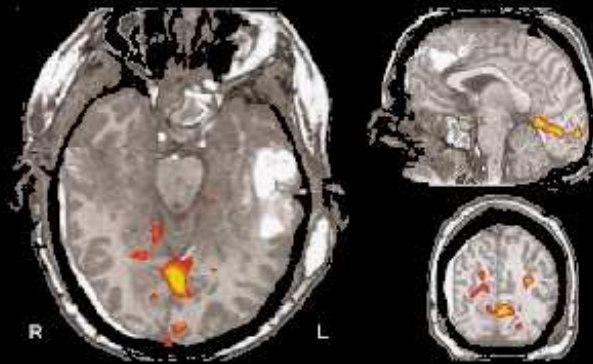
... même en cas de coma

L'IRMf permet d'évaluer l'intégrité de certaines fonctions cérébrales



Bilateral palm
tactile stimulus

Aires sensibles
Post centrales



1 hz blinking light
visual stimulus

Aires visuelles
I & II^{aires}

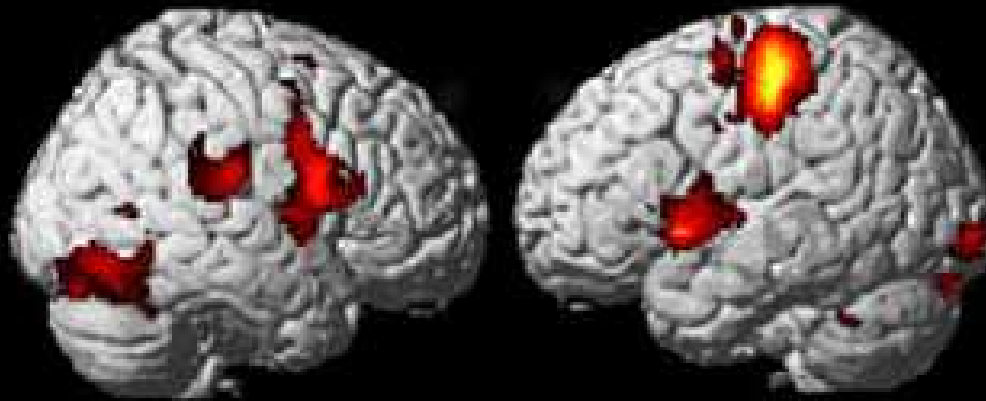
Aires auditives
+ langage G



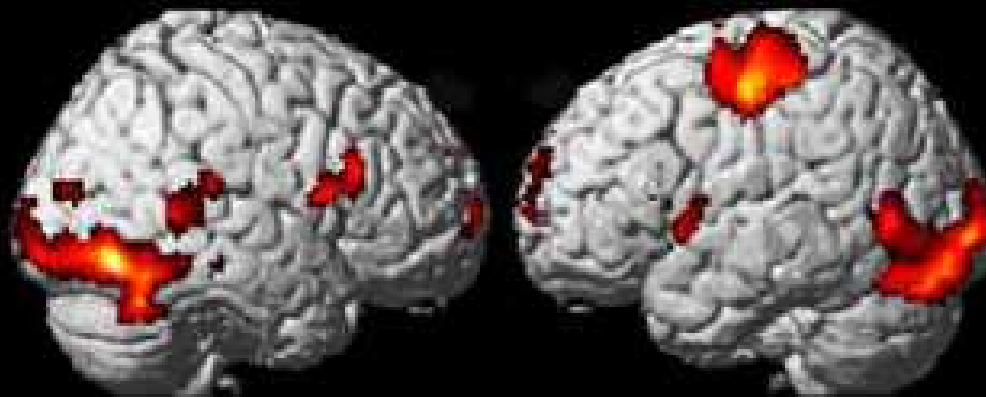
Narrated text
auditive stimulus

Faire soi-même ou regarder l'autre faire ?

Mouvements de la main droite



Exécution



Observation

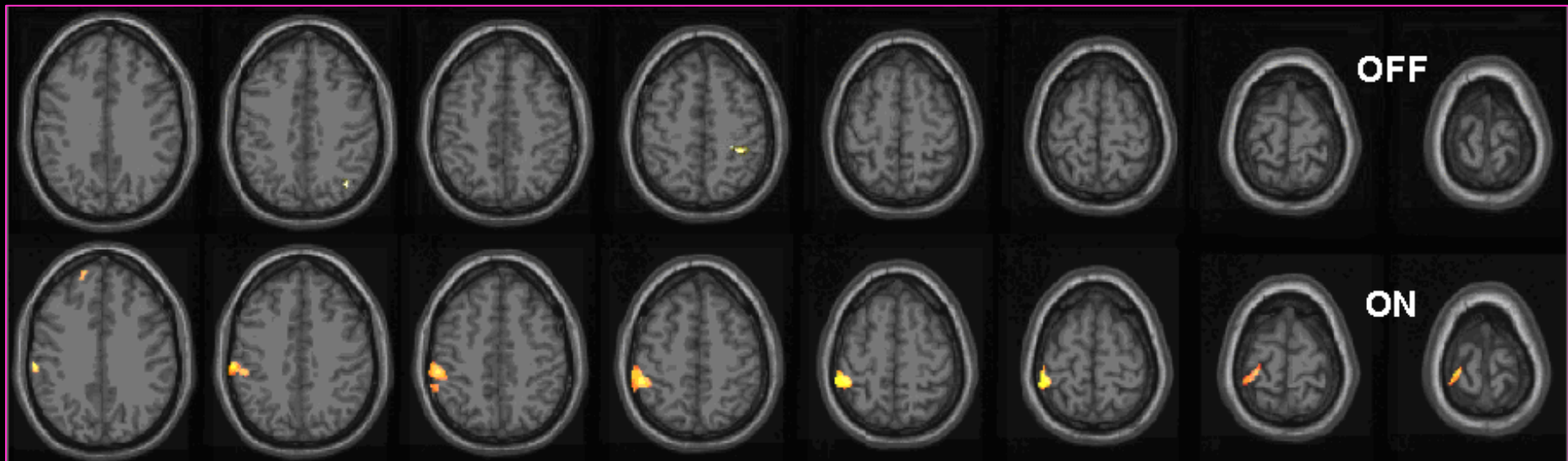
M. Burgmer et al., Abnormal brain activation during movement observation in patients with conversion paralysis, neuroImage 2005

Dystonie de l'enfant

Implantation chirurgicale d'électrodes de stimulat^o
pallidale

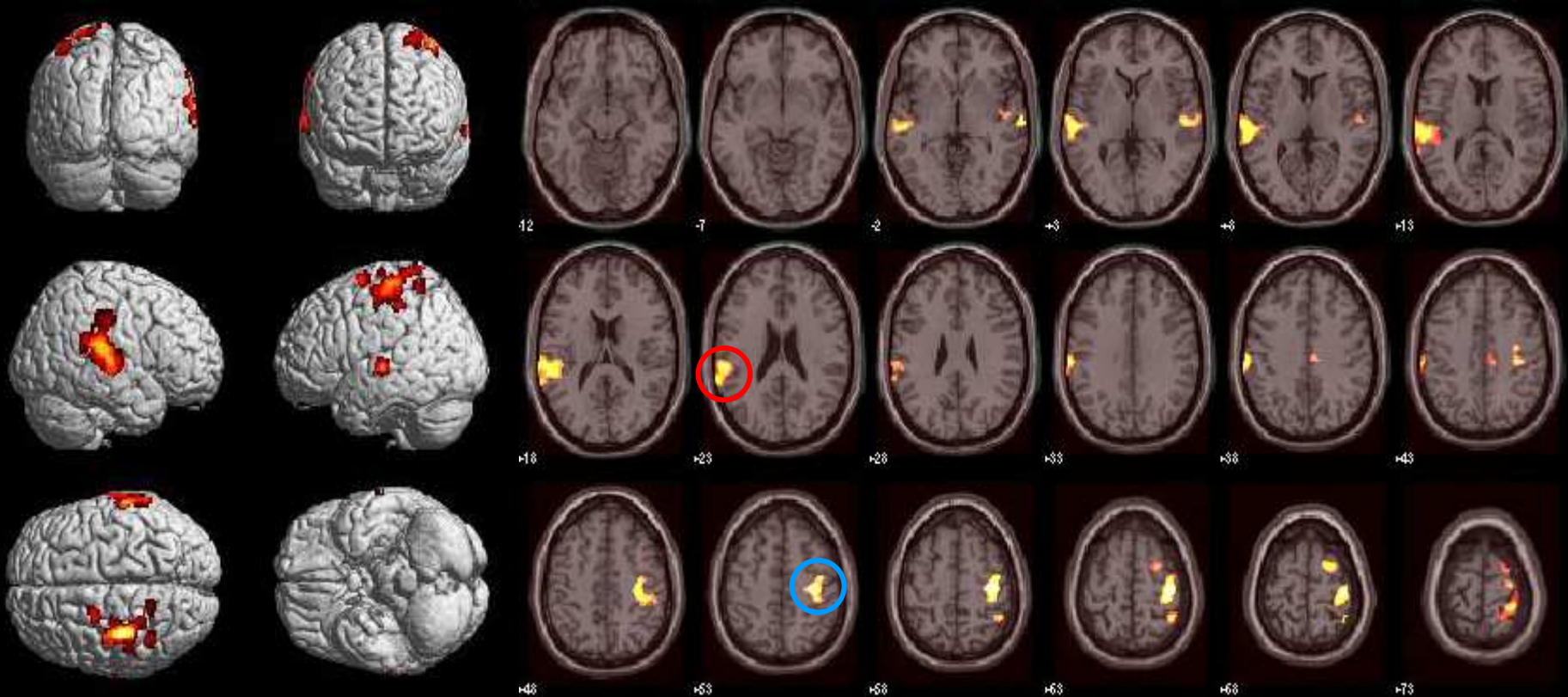
⇒ récupération d'une fonctions motrice quasi normale

Etude post chirurgicale de la motricité du pouce gauche



Schizophrénie précoce avec hallucinations auditives

Bras droit levé, entend des voix à droite...



L. TOU., IRMf du 30.09.2009
Aura - Rest, 0.5 % FDR

Gyrus de Heschl droit
Aire motrice I^{aire} bras droit

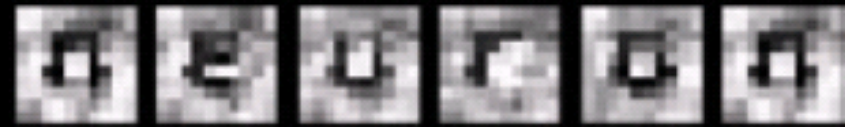
Comment "espionner" certaines pensées visuelles !

Pour des images "simples", les profils somatotopiques visuels activés suffisent à générer une excellente approximation de l'image regardée ou imaginée

Presented images

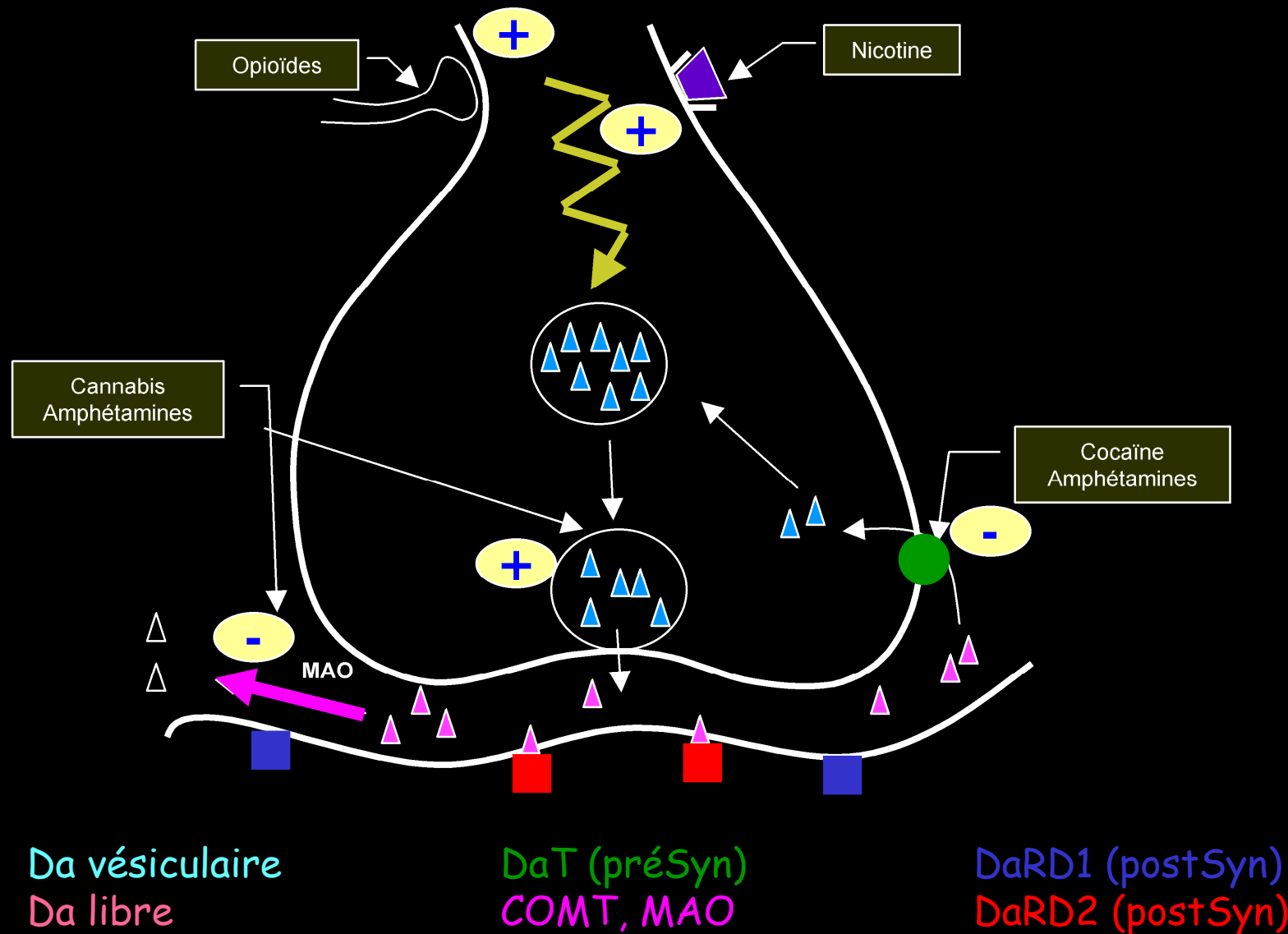


Mean reconstructed images



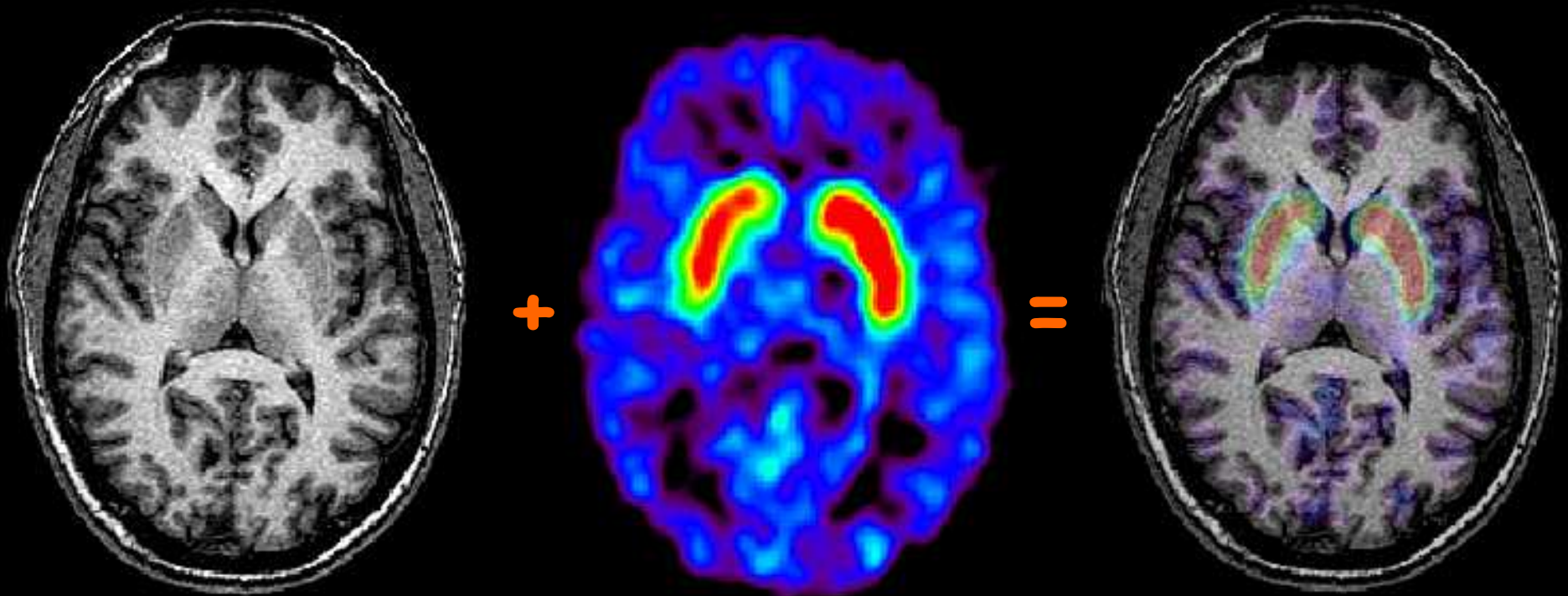
Etude fonctionnelle de la neurotransmission

Ex. de la Synapse dopaminergique (Da)



Neurotransmission Dopaminergique en TEP avec du ^{11}C Raclopride

^{11}C -Raclopride, marqueur TEP de la fonctionnalité de la voie dopaminergique post-synaptique (RD2)



Fixation spécifique au niveau des synapses striatales

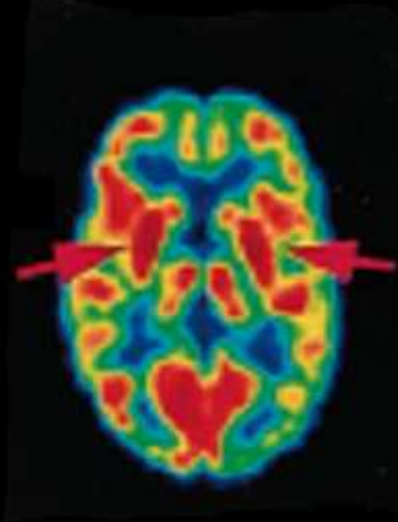
^{11}C -Raclopride

Caractériser la Maladie de Parkinson en TEP

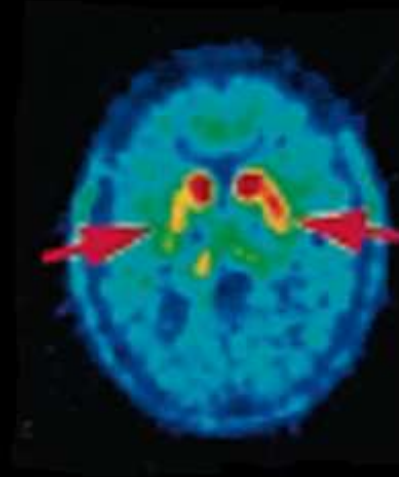
Hémi Parkinson cliniquement gauche



IRM
 ^1H

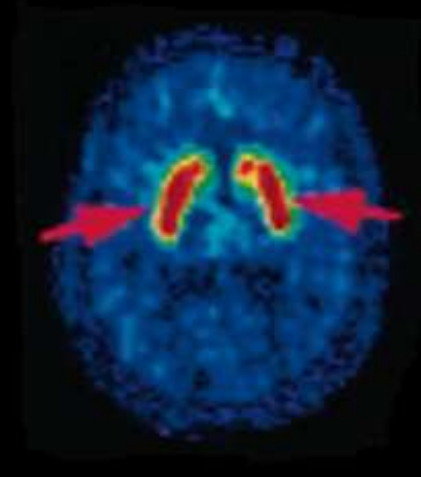


Métabolisme
 ^{18}F FDG



^{18}F -DOPA, voie
Pré-synaptique

Perte
fonction
DaT
Putamen D

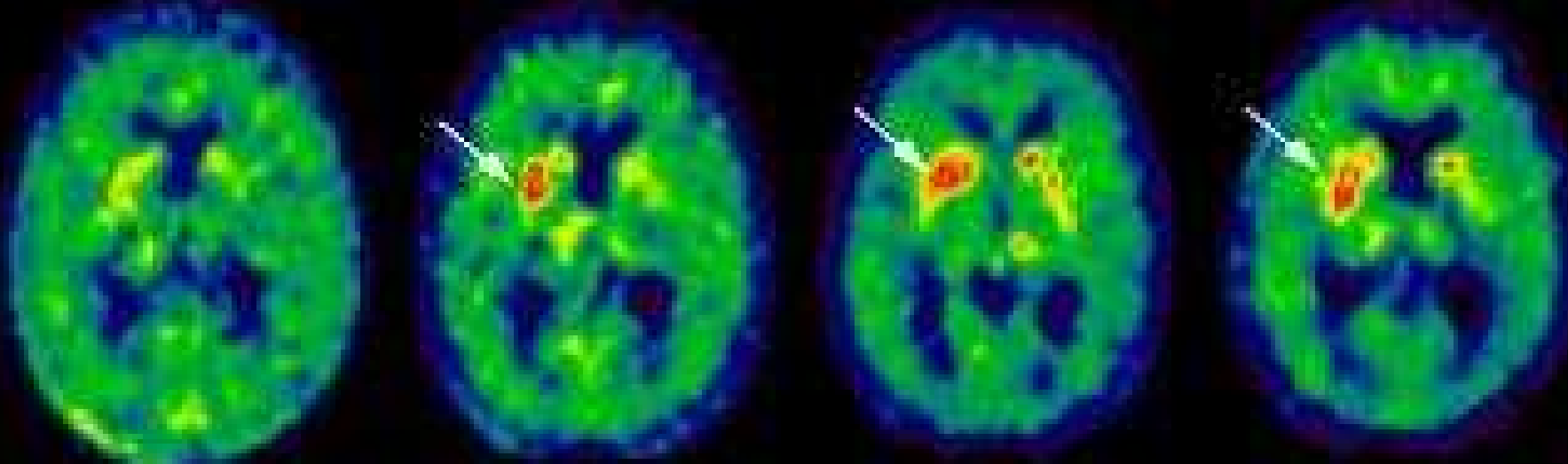


^{18}F -Ethyl
Spipérone, voie
Post-synaptique

Pas
d'atteinte
RD2

Efficacité d'une thérapie cellulaire *in vivo*

Analyse fonctionnelle *in vivo* en ^{18}F -Dopa-TEP de la voie dopaminergique suite à une greffe neuronale pour Parkinson



Avant

3 mois

6 mois

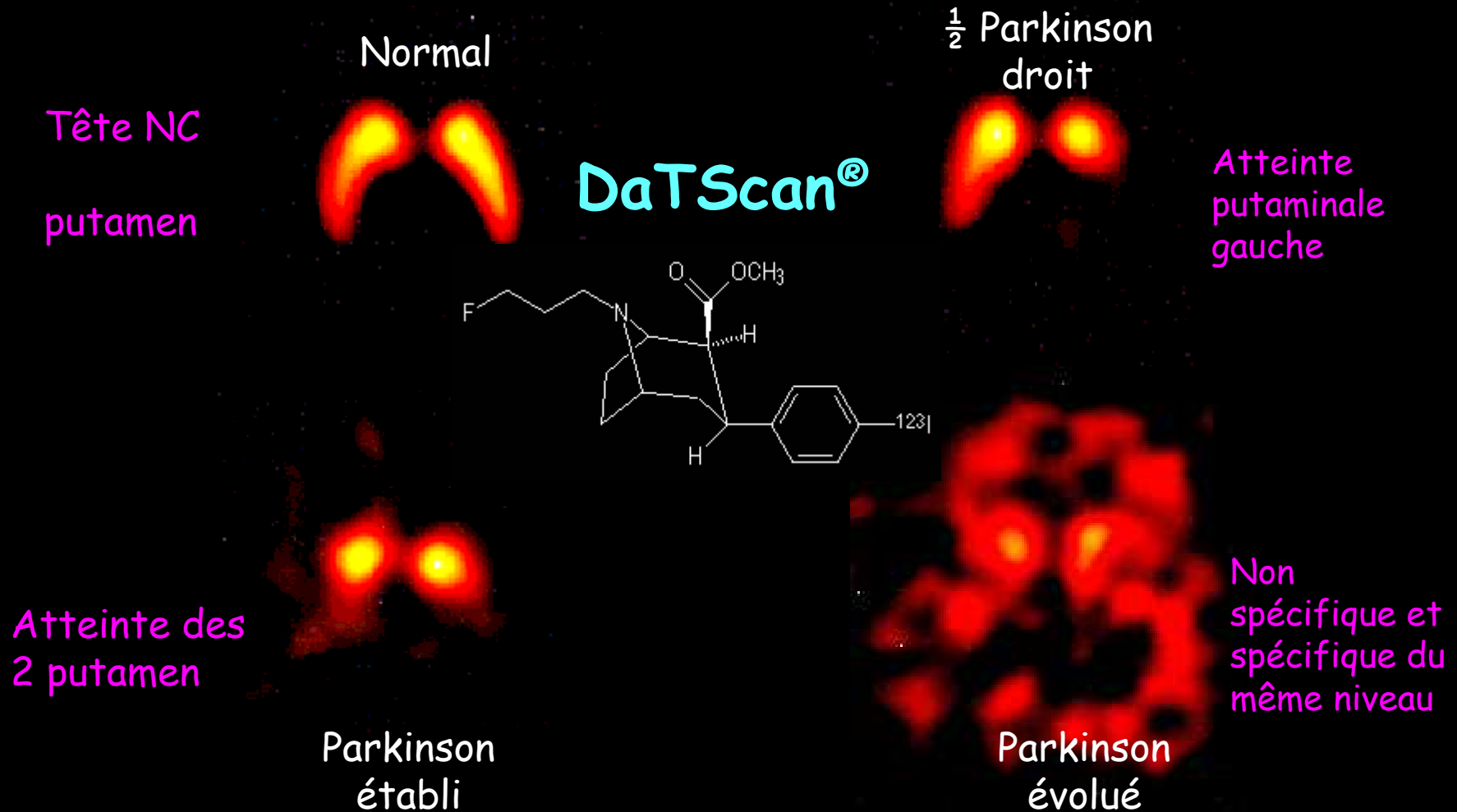
12 mois

Après la greffe

La ^{18}F -Fluorodopa ne se contente pas seulement de montrer la viabilité de la greffe, elle confirme la fonctionnalité de la voie dopaminergique ainsi rétablie

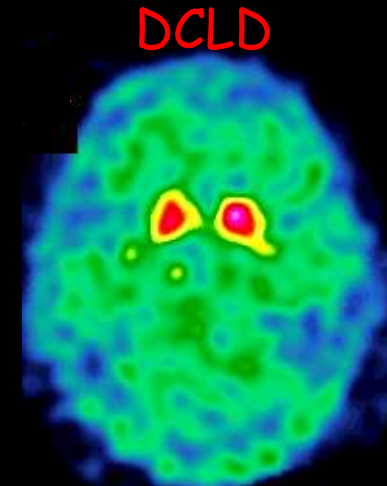
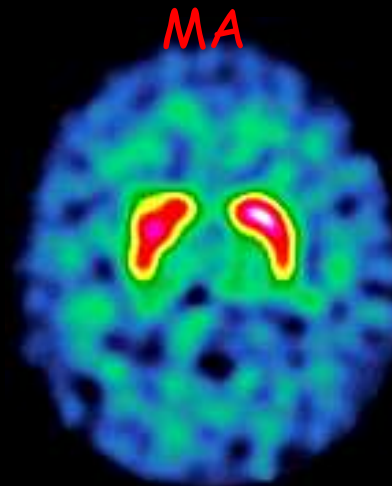
Analyse visuelle des relais dopamergiques en routine clinique : TEMP au ^{123}I -FP-CIT

Fixation striatale du traceur (^{123}I -FP-CIT)

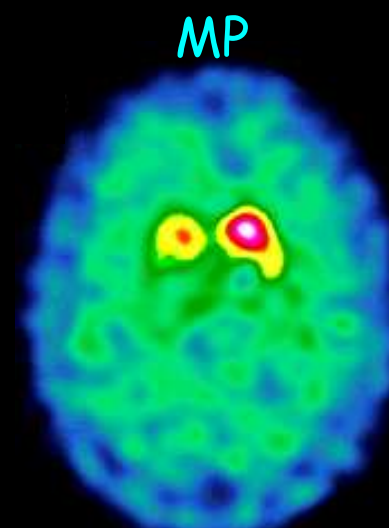
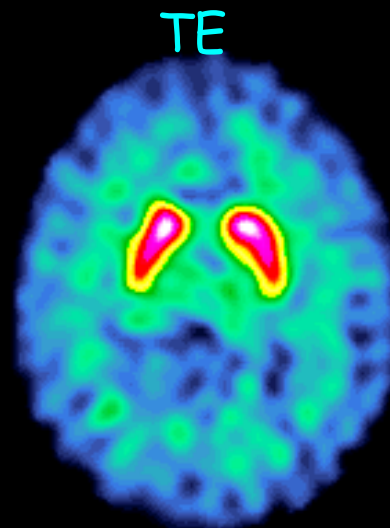


Aide aux Diagnostics Différentiels

*Maladie d'Alzheimer
ou démence à corps
de Lewy diffus ?*



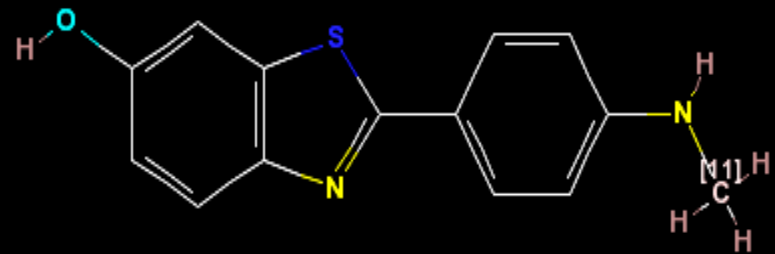
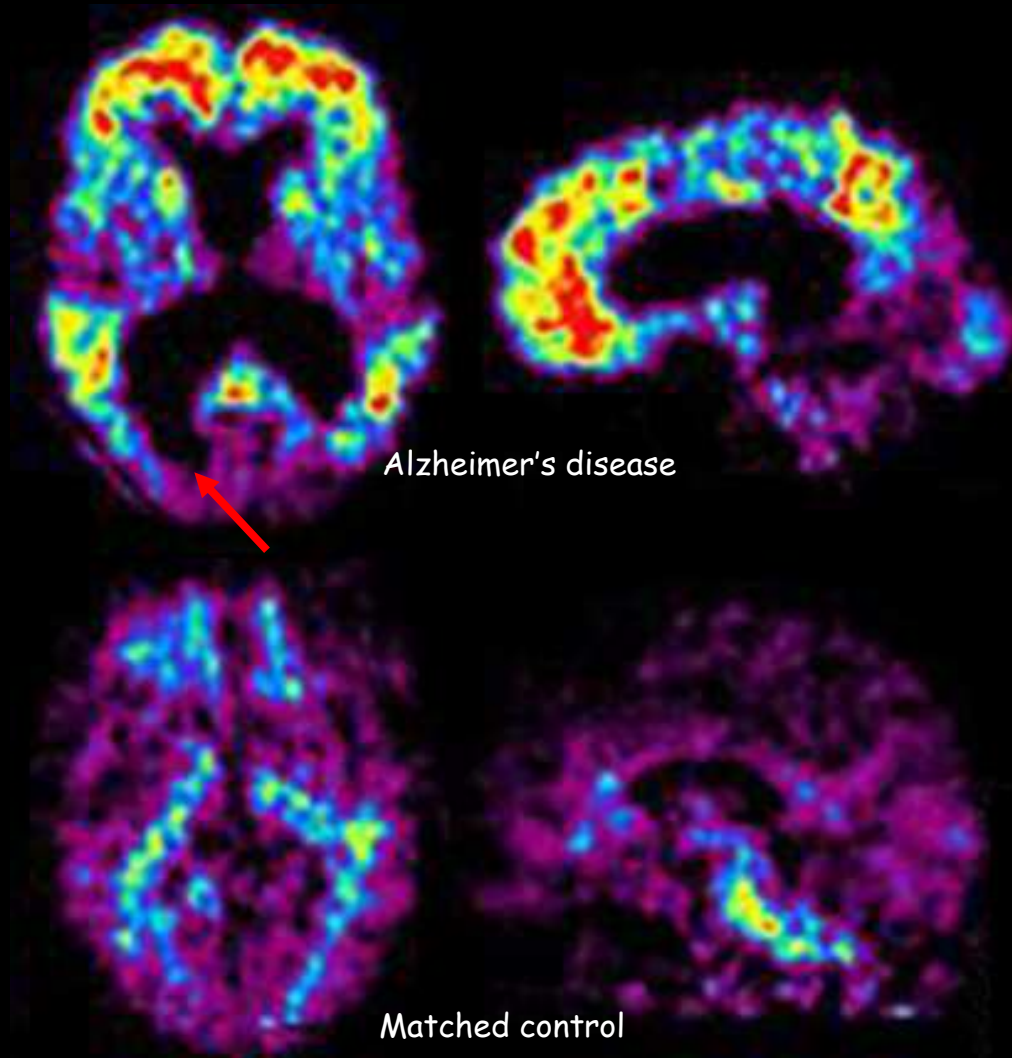
*Tremblement
essentiel ou maladie
de Parkinson ?*



TEMP au ^{123}I -PE2I, marqueur du DaT pré-synaptique

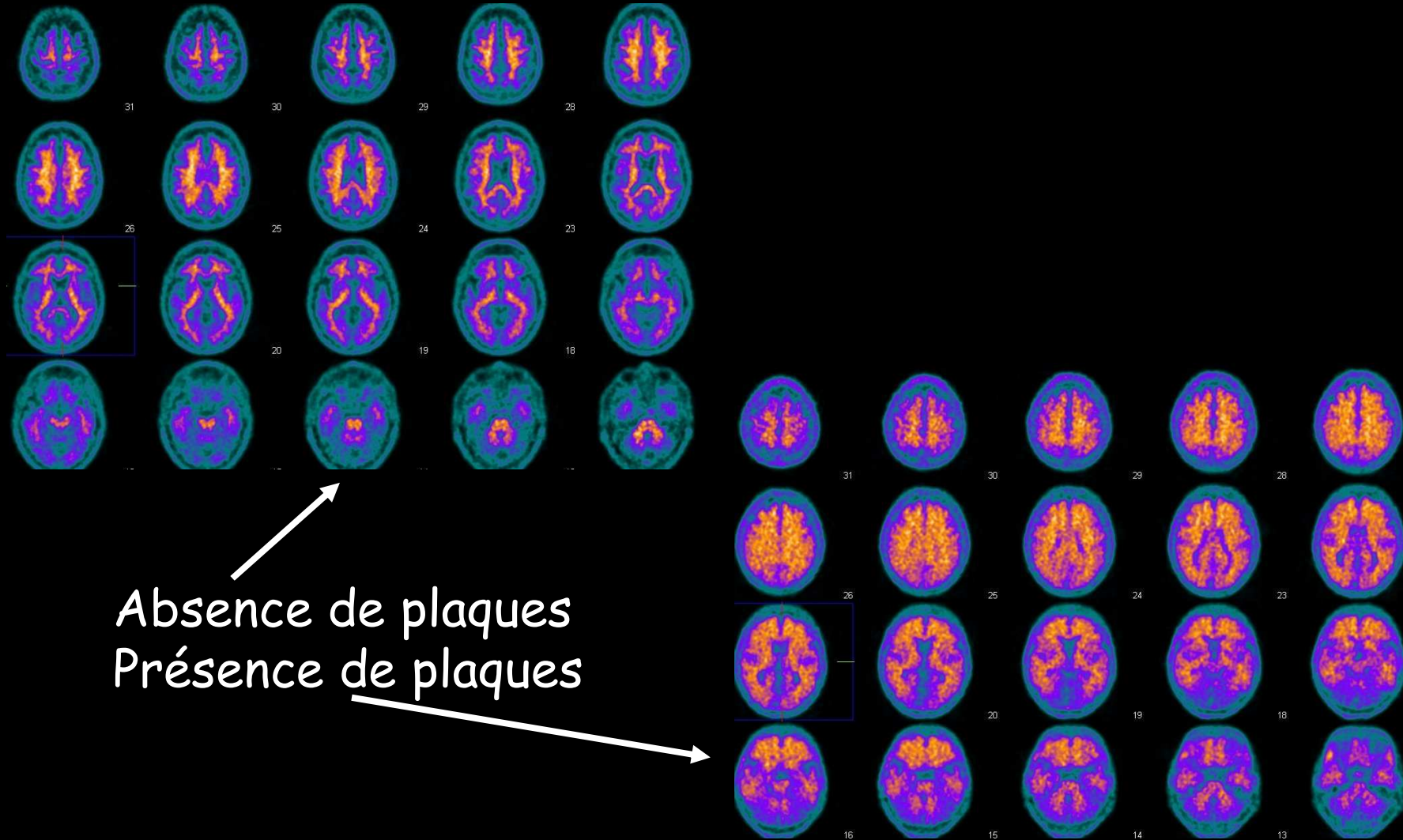
Imagerie moléculaire

Visualizing Alzheimer Disease β -amyloids deposits with ^{11}C -PIB PET



Pittsburgh compound B

Visualizing Alzheimer Disease β -amyloids deposits with ^{18}F -AV45 PET

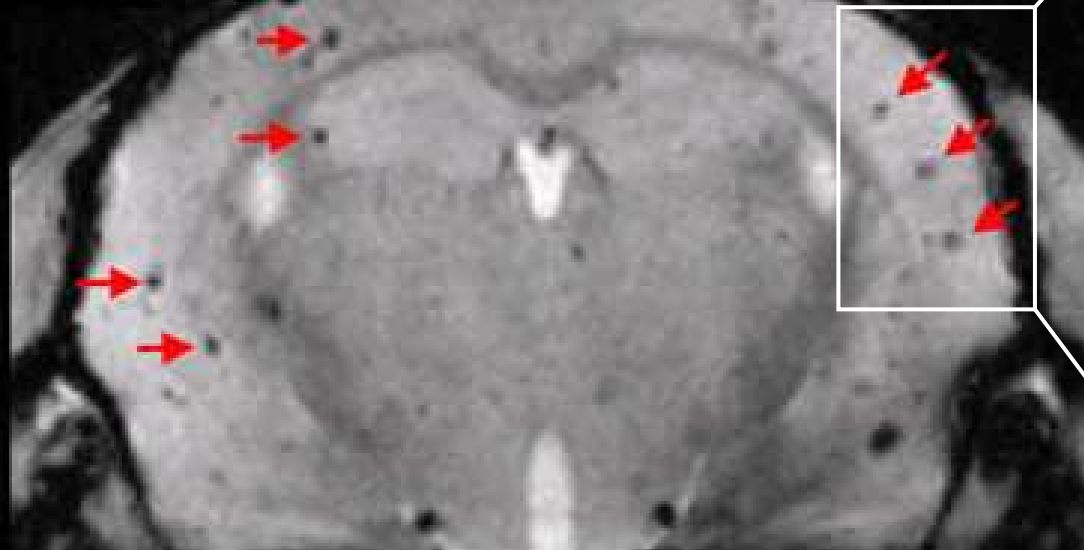


Absence de plaques
Présence de plaques

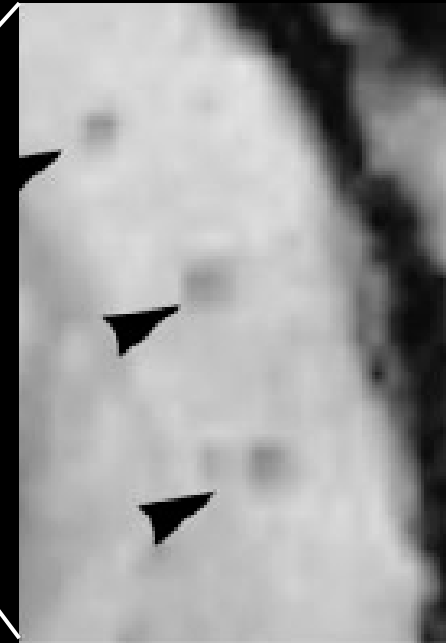
SPIO-peptides et plaques β -amyloïdes en IRM préclinique (petit animal)

... détection active in vivo sur cerveaux de souris transgéniques modèles d'Alzheimer

Plaques en IRM T2* in vivo
78x78x250 mm, 59 min d'acquisition



6-month-old APP/PS1-transgenic mouse brain



les flèches marquent le net accord avec les plaques observées par coloration histologique



The End

Merci de votre attention...

Les techniques irradiantes

TEP
TEMP
TDM

DOSIMETRIE (en Dose Equivalente)

TEP : 5-10 mSv + TDM

- Comparaisons :

- Dose naturelle : 2,4 mSv / an
- TDM : 5 - 20 mSv, en nette ↓

- Contre-indication relative :
grossesse

Quelques valeurs d'irradiation

2,4 mSv / an = exposition naturelle, essentiellement solaire

5,0 mSv / an = limite d'exposition acceptable pour le public

50 mSv / an = limite acceptable pour un travailleur exposé

Jusqu'à 200 mSv / an = domaine du radiodiagnostic

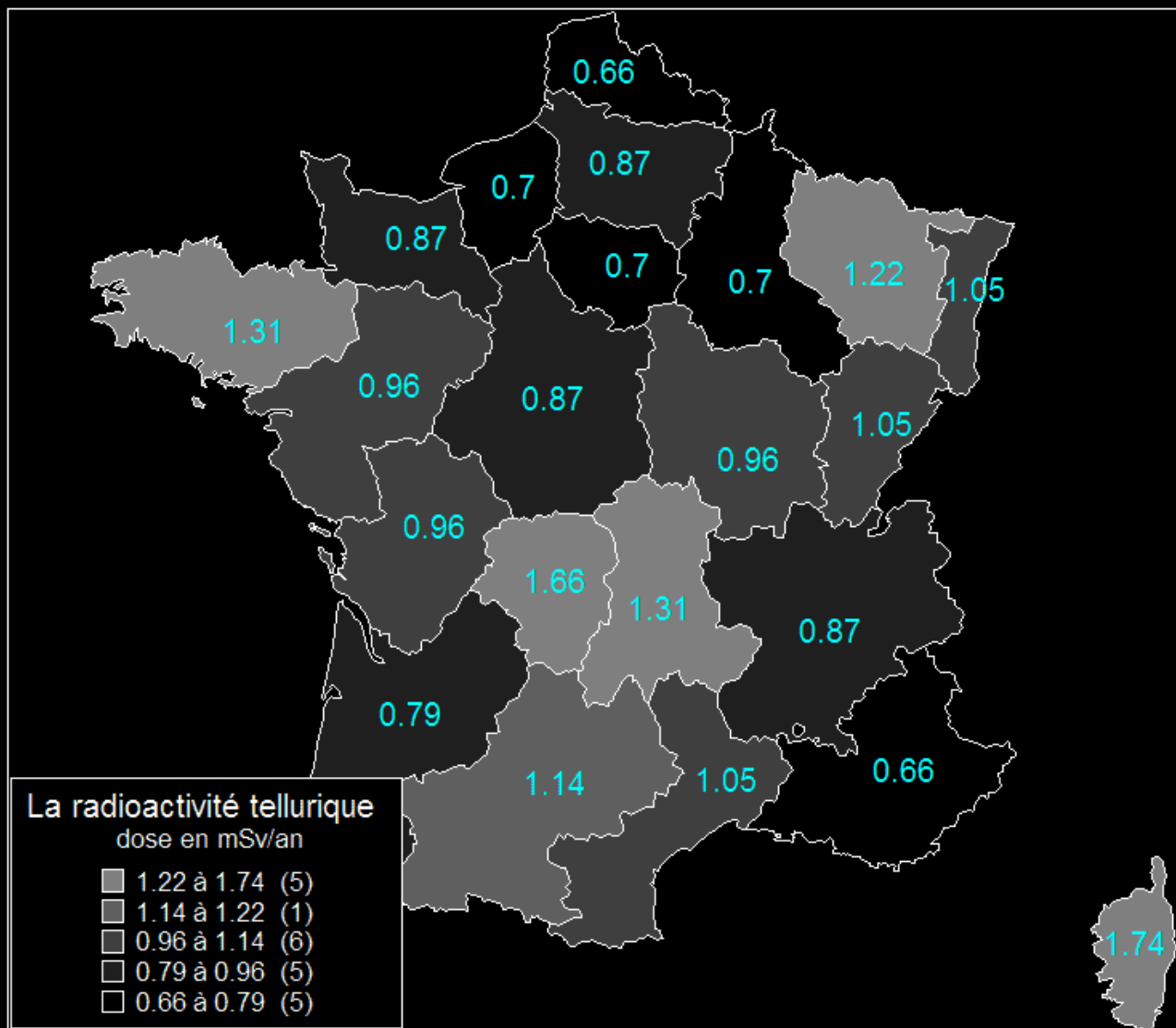
NB : Jusqu'à 100 mSv / an = aucun effet sur le fœtus*!

8000 mSv / an = domaine de la radiothérapie localisée

(*) Jusqu'à 100 mSv / an, la probabilité, pour une femme enceinte irradiée, de porter un enfant sain est de 97 %, davantage si l'exposition intervient entre la 16^{ème} et la 25^{ème} semaine

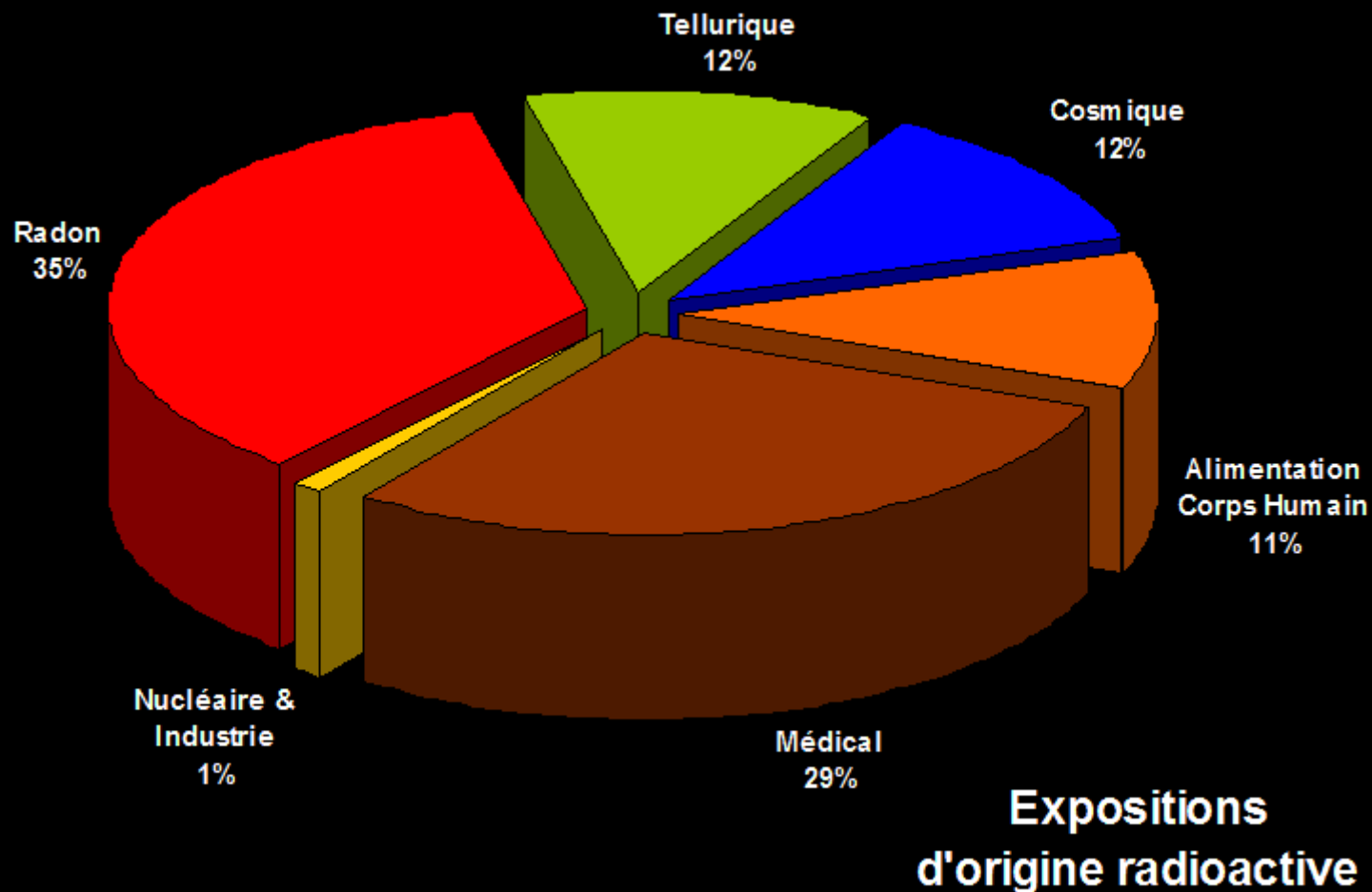
Rayonnement tellurique

0,41 mSv/an ($\approx 17\%$ de la dose de rayonnement naturel)

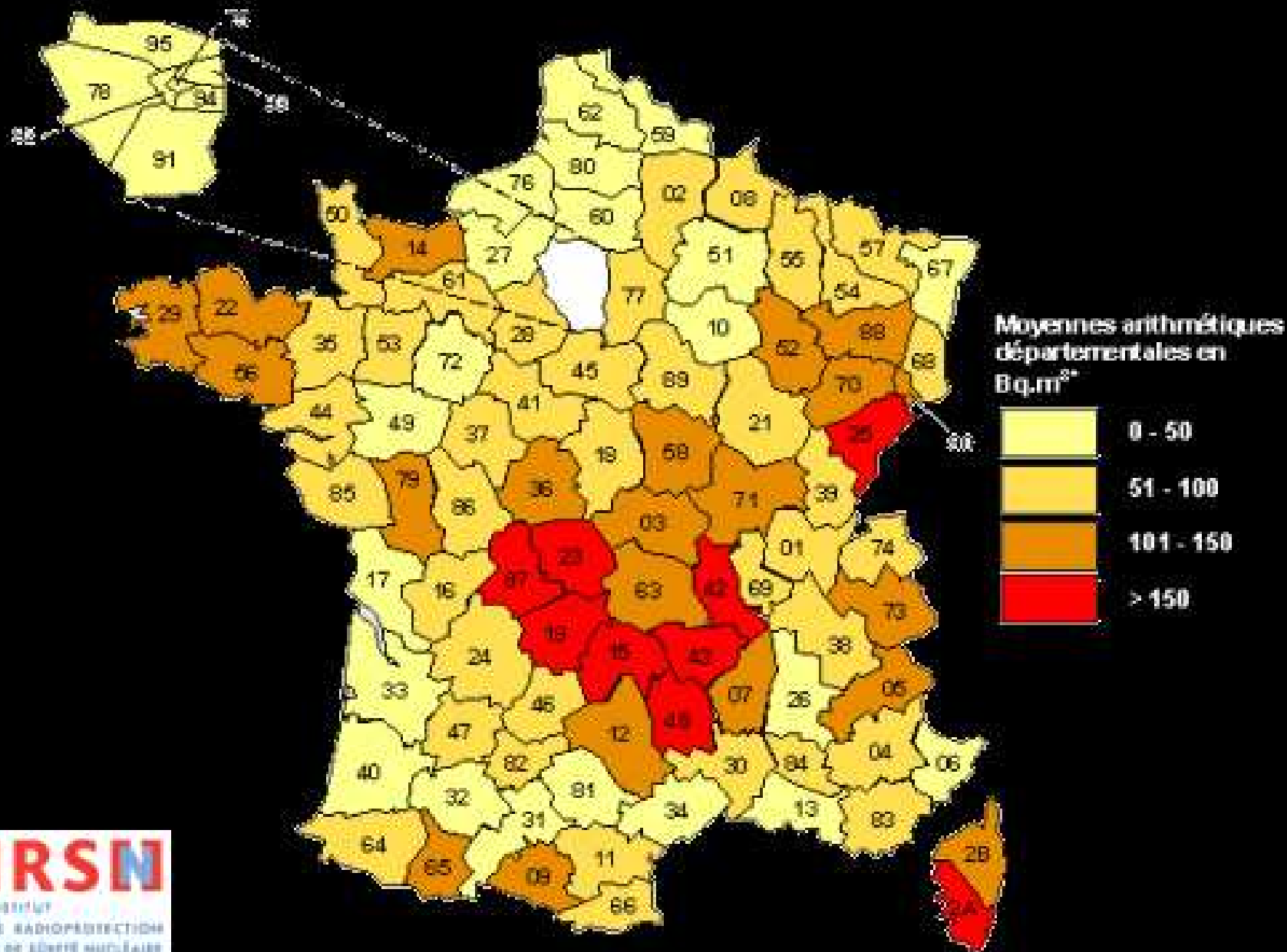


Sources d'irradiation annuelle

Essentiellement rayonnements naturel et médical



Bien noter que le Potassium 40 et le Carbone 14, naturellement présents dans le corps humain, participent à l'exposition naturelle (17 % de la dose naturelle, soit 0.41mSv).



CARTE DES ACTIVITÉS VOLUMIQUES DU RADON DANS LES HABITATIONS (BILAN DE 1982 A 2000)