



# Techniques d'imagerie et Recherche

Jean-Christophe Ferré, PH

1- Unité de Neuroradiologie, Département de Radiologie et Imagerie Médicale, CHU RENNES

2- Unité/ Projet Visages U746 INSERM/ INRIA, IRISA, RENNES 1

1



[jean-christophe.ferre@chu-rennes.fr](mailto:jean-christophe.ferre@chu-rennes.fr)

# Introduction : Techniques d'imagerie

---

- ▶ **Radiologie :**
  - ▶ Radiographie conventionnelle
  - ▶ Radiographie avec contraste (arthrographie, artériographie...)
  - ▶ Scanner
  - ▶ Echographie
  - ▶ IRM
- ▶ Radiologie interventionnelle = thérapeutique
- ▶ Médecine Nucléaire : scintigraphie
  - ▶ TEMP (ou SPECT)
  - ▶ TEP (ou PET)
- ▶ Médecine Nucléaire + Radiologie
  - ▶ PET-Scan, TEMP-Scan, PET-IRM
- ▶ Cardiologie, Gynécologie, Oncologie : cf supra

# Radiologie conventionnelle

---

- ▶ Rayons X
  - ▶ Rayonnement ionisant
- ▶ Projection sur le plan du « film » radiologique de l'ensemble du volume traversé par les rayons X
- ▶ ex : radio thoracique, ASP (abdomen sans préparation), ostéo-articulaire
- ▶ Peu utilisé dans contexte de recherche clinique
  - ▶ Sauf mammographie, « bilans » pré-thérapeutiques...



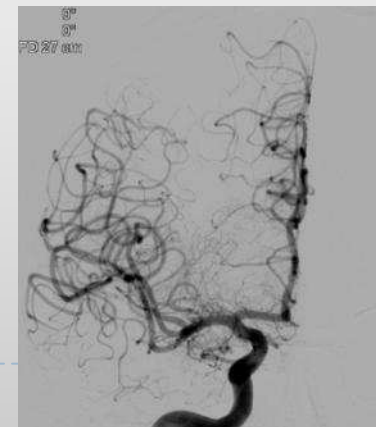
## Précautions

**Femme enceinte (Rayons X)**

# Radiologie avec contraste

---

- ▶ Rayons X + Contraste
- ▶ Contraste
  - ▶ Air
  - ▶ Produit contraste iodé
- ▶ Injection du produit de contraste dans l'organe à étudier
  - ▶ Articulation : arthrographie
  - ▶ Colon : lavement opaque
  - ▶ Système urinaire, par voie veineuse : urographie intra-veineuse
  - ▶ Artères : artériographie



# Produits de contraste iodé

---

## ▶ Utilisation

- ▶ Radiologie avec contraste (Artériographie, arthrographie...)
- ▶ Scanner (cf infra)

## ▶ Propriétés

- ▶ Produits radio-opaque (iode)
- ▶ Dans de nombreuses indications (scanner, UIV, ...) : injection par voie veineuse => élimination rénale

## ▶ Inconvénients

- ▶ Risque d'hypersensibilité allergique et non allergique
- ▶ Élimination rénale

## ▶ Pour le patient

- ▶ Pas douloureux
- ▶ Parfois sensation de chaleur, goût métallique dans la bouche

# Produits de contraste iodé

---

## **Contre-indications**

Hypersensibilité au produit choisi

Hyperthyroïdie non traitée

## **Précautions d'emploi**

Femme enceinte (principe de précaution)

Allaitement

Insuffisance rénale

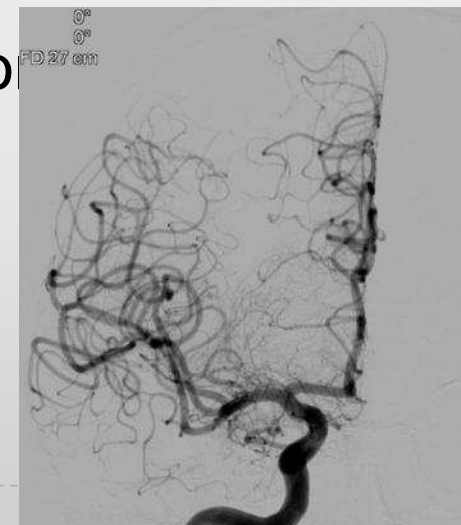
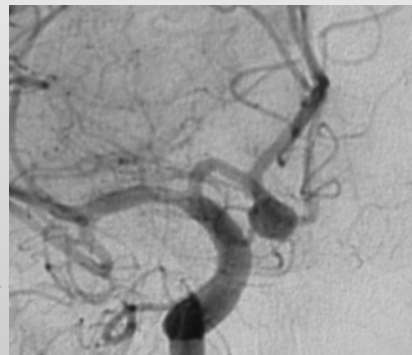
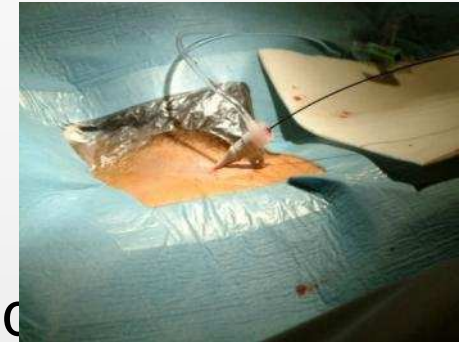
Réaction d'hypersensibilité

Diabète (metformine arrêtée pdt 48h )

Jeûne

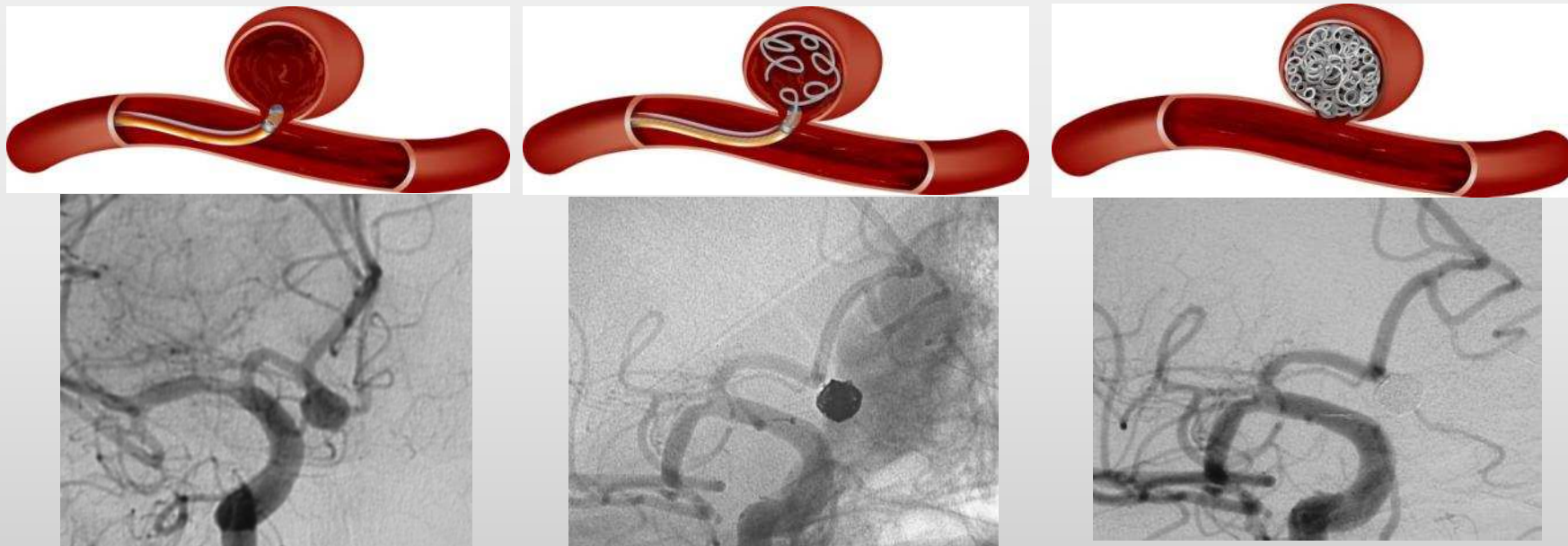
# Artériographie cérébrale

- ▶ Consultation d'anesthésie préalable
- ▶ Salle dédiée => vers le « bloc » d'imagerie
- ▶ Anesthésie locale du point de ponction
- ▶ Ponction artérielle fémorale
- ▶ Cathétérisme artériel sous contrôle radiologique
- ▶ Série d'images pendant injection automatique du pdc dans l'artère
- ▶ Compression manuelle du point de ponction
- ▶ 1h d'examen- 48h d'hospitalisation



# Neuroradiologie Interventionnelle

- ▶ Exemple : Embolisation d'anévrisme cérébral
- ▶ Contraintes réglementaires
- ▶ « Bloc » d'imagerie
- ▶ Anesthésie Générale
- ▶ Début comme artériographie diagnostique



# Scanner

---

Scanner

Scanner à rayons X

Scanographie

Tomoscanner

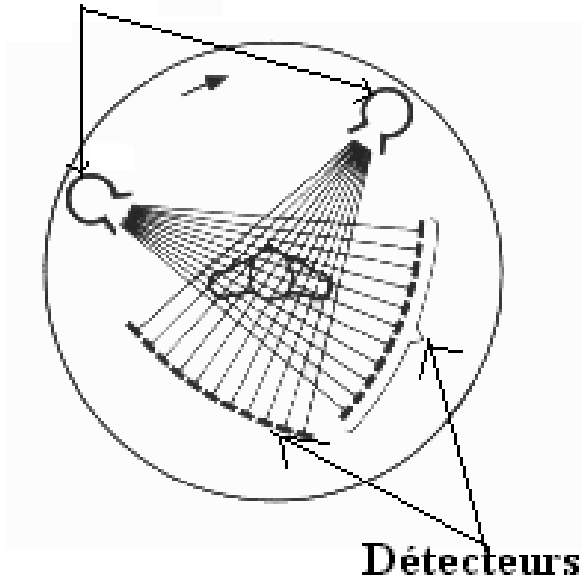
Tomodensitométrie (TDM)

Computed Tomography (CT) scanner (terme anglo-saxon)

- ▶ C'est la même chose !
- ▶ Principe : **tomodensitométrie** :
  - ▶ **Mesure** de la **densité radiologique** des volumes élémentaires d'une **coupe**
  - ▶ Étude de l'atténuation d'un faisceau de Rayons X au cours de la traversée du volume à examiner
  - ▶ Imagerie en coupe

# Scanner

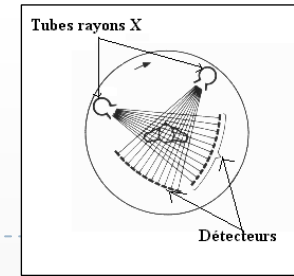
**Tubes rayons X**



- ▶ Rotation d'un couple tube - détecteurs autour du patient
- ▶ Rétroprojection : calcul informatique
- ▶ Image : représentation de la densité du voxel



# Scanner

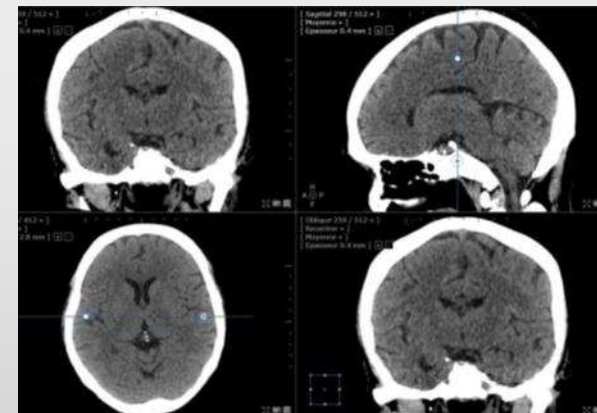


- ▶ Scanner multibarette = multidétecteur = multicoupe

- ▶ Scanner « mono » détecteur
  - ▶ 1tour = 1coupe



- ▶ Scanner multibarette
  - ▶ 1 tour = plusieurs coupes
  - ▶ Avantages
    - ▶ Acquisitions plus rapide
    - ▶ Plus d'images plus fines
    - ▶ Meilleures reconstructions 3D



# Scanner

---



## Déroulement d'un examen

- ▶ Préparation du patient (explications, pose éventuelle d'une voie veineuse)
- ▶ Installation du patient (décubitus dorsal + souvent)
- ▶ Coopération du patient : immobilité, parfois apnée de qq sec
- ▶ Réalisation des « coupes »
- ▶ Parfois
  - ▶ Injection de produit de contraste iodé par voie veineuse
  - ▶ Lavement à l'air (coloscanner)
- ▶ Durée moyenne 10-15 min

# Scanner



**Contre-indications**  
**Non**

**Précautions**  
Femme enceinte (rayons X)  
Si injection de produit de contraste iodé  
Jeûne  
Pace-maker-stimulateur ?

**Précautions d'emploi**  
**Produits de contraste iodé**  
Femme enceinte  
Allaitement  
Insuffisance rénale  
Réaction d'hypersensibilité  
Diabète (Metformine arrêtée pdt 48h)

**Nouveau FDA : Précautions**  
Dispositifs électroniques externes ou implantés

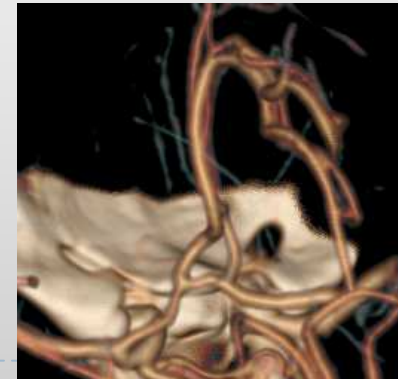
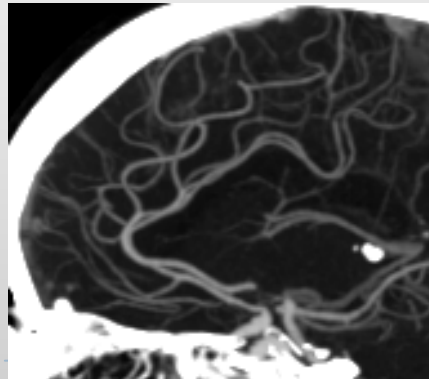
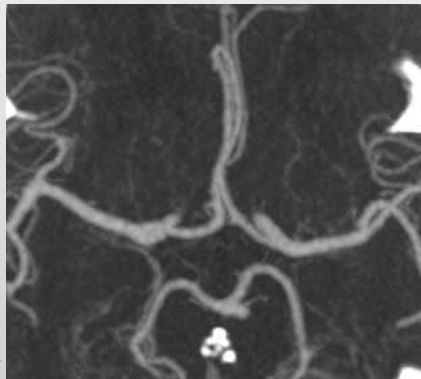
- Ne pas irradier le dispositif en le laissant hors du champ
- Ou éviter une irradiation continue de plusieurs secondes

# Scanner



Pourquoi injecter un produit de contraste ?

- ▶ Visualiser les vaisseaux : **Angio-scanner**
  - ▶ Injection IV du pdc en bolus, à l'aide d'une seringue électrique
  - ▶ Détection de l'arrivée du produit de contraste (acquisition continue d'une coupe)
  - ▶ Acquisition « volumique » rapide lors du passage du pdc dans les vaisseaux à étudier
  - ▶ Reconstruction des images
  - ▶ Ex : angioscanner artériel du cercle artériel du cerveau

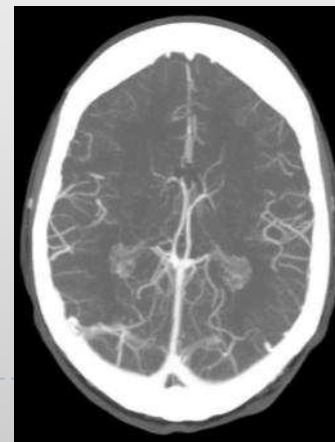
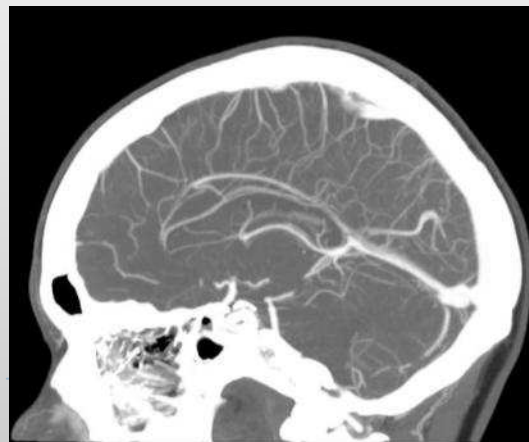


# Scanner



Pourquoi injecter un produit de contraste ?

- ▶ Visualiser les vaisseaux : **Angio-scanner**
  - ▶ Injection IV du pdc en bolus, à l'aide d'une seringue électrique
  - ▶ Détection de l'arrivée du produit de contraste (acquisition continue d'une coupe)
  - ▶ Acquisition « volumique » rapide lors du passage du pdc dans les vaisseaux à étudier
  - ▶ Reconstruction des images
  - ▶ Ex : Phlébo-scanner cérébral (phase veineuse)



# Scanner



Pourquoi injecter un produit de contraste ?

- ▶ Visualiser les vaisseaux : **Angio-scanner**
  - ▶ Ex angiostanner de l'aorte et des artères des membres inférieurs



# Scanner

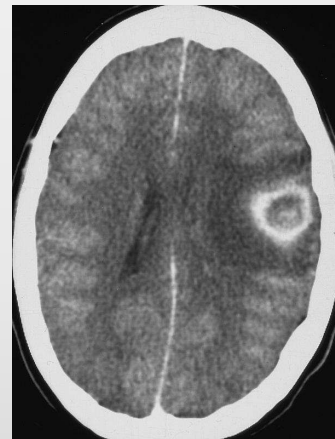


Pourquoi injecter un produit de contraste ?

- ▶ Caractériser une lésion
  - ▶ injection IV puis temps d'« imprégnation »
  - ▶ Ex : au niveau cérébral



Sans injection



Après injection

Abcès cérébral

# Scanner



Pourquoi injecter un produit de contraste ?

- ▶ Caractériser une lésion
  - ▶ Injection IV puis acquisition multiphasique : plusieurs acquisitions à des temps différents
  - ▶ Ex : au niveau abdominal



**T=0**

**T=20s**

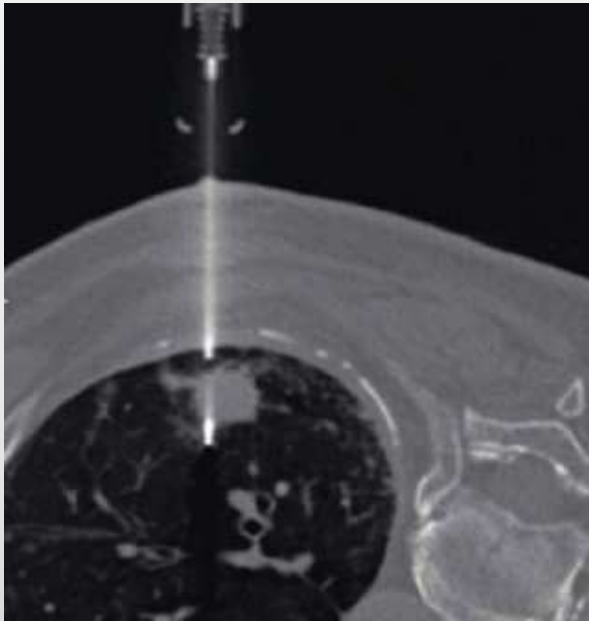
**T=70 sec**

# Scanner

## Scanner interventionnel



- ▶ Ex : biopsies pulmonaire et abdominale



# Échographie

---

Échographie

Echotomographie

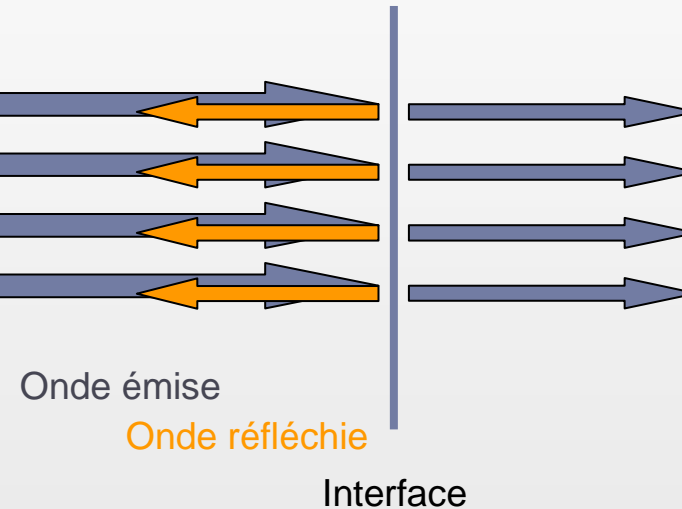
Ultrasonographie

Ultrasonic imaging, ultrasonography, US (terme anglo-saxon)

- ▶ **C'est la même chose !**
  
- ▶ **Principe : ultrasonographie**
  - ▶ Exploration de l'organisme à l'aide d'ondes ultrasonores (sonar, cétacés...)
  - ▶ Imagerie en coupe

# Échographie

## ▶ Principe de l'échographie



1. Émission des ultrasons
2. Reflexion des ultrasons (à l'interface de 2 milieux d'impédance acoustiques différentes)
3. Réception
4. Calcul de l'image

# Échographie

- ▶ Sonde adaptée à l'organe à étudier :
  - ▶ Le plus proche possible de l'organe à étudier
  - ▶ transcutanée
  - ▶ Endocavitaire (gynécologie, prostate, cardiaque transoesophagienne...)
- ▶ Contraintes des ultrasons :
  - ▶ Ne passent pas dans l'air (utilisation de gel)
  - ▶ Passent très mal au travers de l'os
- ▶ Pas de rayonnement ionisant
- ▶ Inocuité des ultrasons +++



# Échographie

---



**Contre-indications**

**Non**

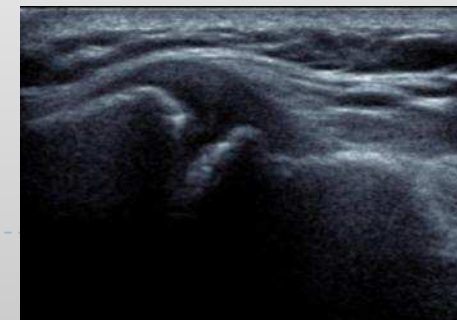
**Précautions**

**Non**

# Échographie

## Déroulement d'un examen

- ▶ Préparation du patient
  - ▶ À jeûn si exploration abdominale
  - ▶ Vessie pleine si exploration urologique
- ▶ Installation du patient (décubitus dorsal + souvent)
  - ▶ Coopération du patient : immobilité, parfois apnée
- ▶ Parfois
  - ▶ Injection de produit de contraste par voie veineuse
  - ▶ Associé à d'autre technique US : doppler / élastographie
- ▶ Durée moyenne 10-45 min



# Échographie



## Produit de contraste en échographie

- ▶ « microbulles » par voie veineuse
- ▶ Amélioration échogénicité du sang

### Contre-indications

Pathologie cardiaque grave  
Femme enceinte

### Précautions

Pathologie cardiaque ou respiratoire



Échographie hépatique



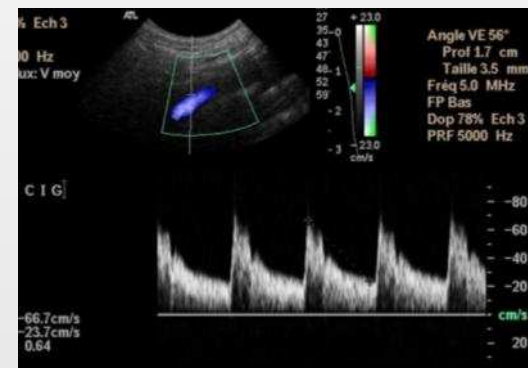
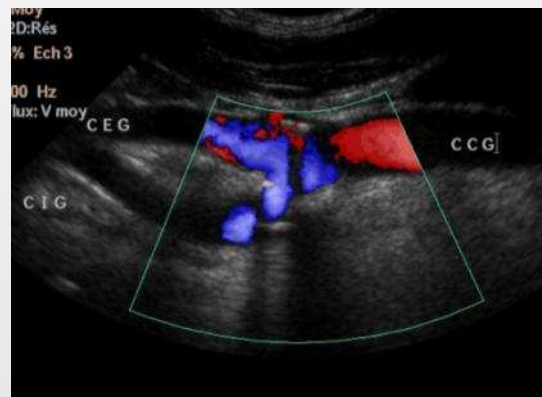
Échographie avec contraste

# Échographie



- ▶ Doppler/Echo-doppler

- ▶ Détection et mesure des flux : doppler couleur, doppler énergie
- ▶ Etudes vasculaires
- ▶ Parfois injection de produit de contraste par voie veineuse



- ▶ Elastographie ultrasonore

- ▶ Pas en routine clinique
- ▶ Par compression ou par « ondes de cisaillement »

# IRM

---

Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)

Imagerie par RMN (résonance magnétique nucléaire)

Magnetic Resonance Imaging, MRI (terme anglo-saxon)

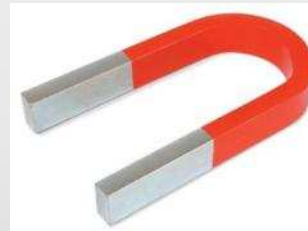
- ▶ **C'est la même chose !**
  - ▶ Une IRM
  - ▶ Terme anglo-saxon : MR scan (!) = un examen IRM
- ▶ **Principe : Résonance magnétique nucléaire (RMN)**
  - ▶ Basée sur la richesse du corps en eau ( $H_2O$ ) : hydrogène (proton)
  - ▶ Pas d'irradiation +++

# IRM

---

## ▶ Principe

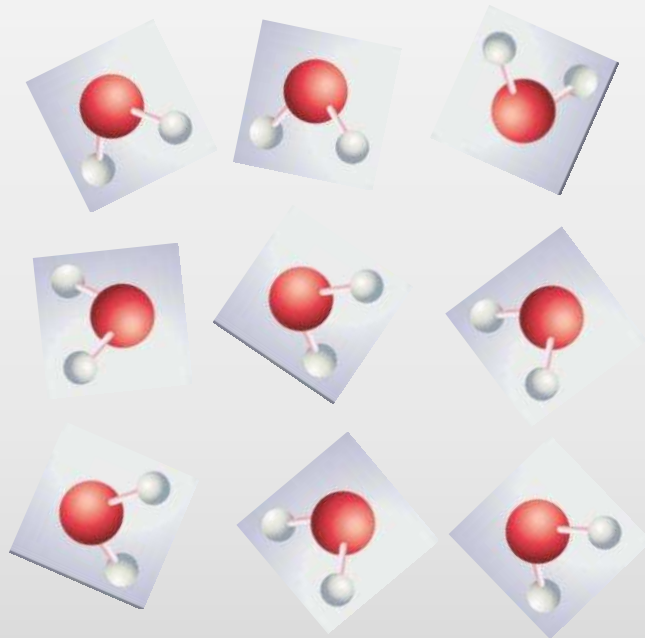
- ▶ Stimulation des **protons (eau)**
- ▶ Par un apport d'énergie
- ▶ Restitution de l'énergie sous forme d'un signal multiparamétrique+++



# IRM

- ▶ Principe

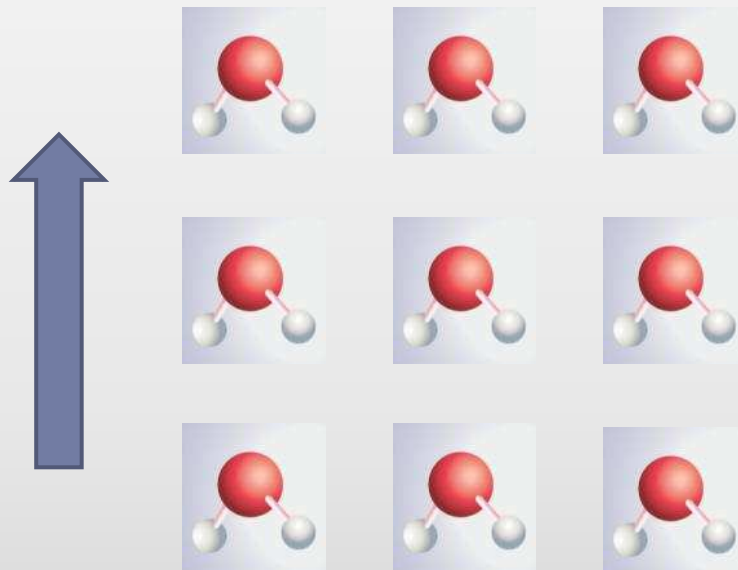
- ▶ Principe de la Résonance
- ▶ Résonance magnétique nucléaire



# IRM

## ▶ Principe

- ▶ Principe de la Résonance
- ▶ Résonance magnétique nucléaire



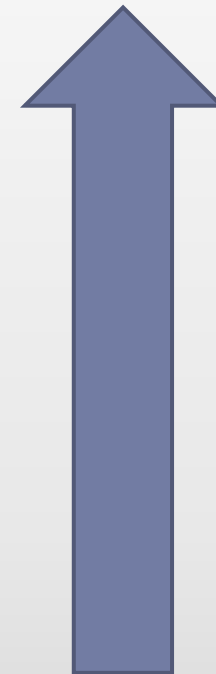
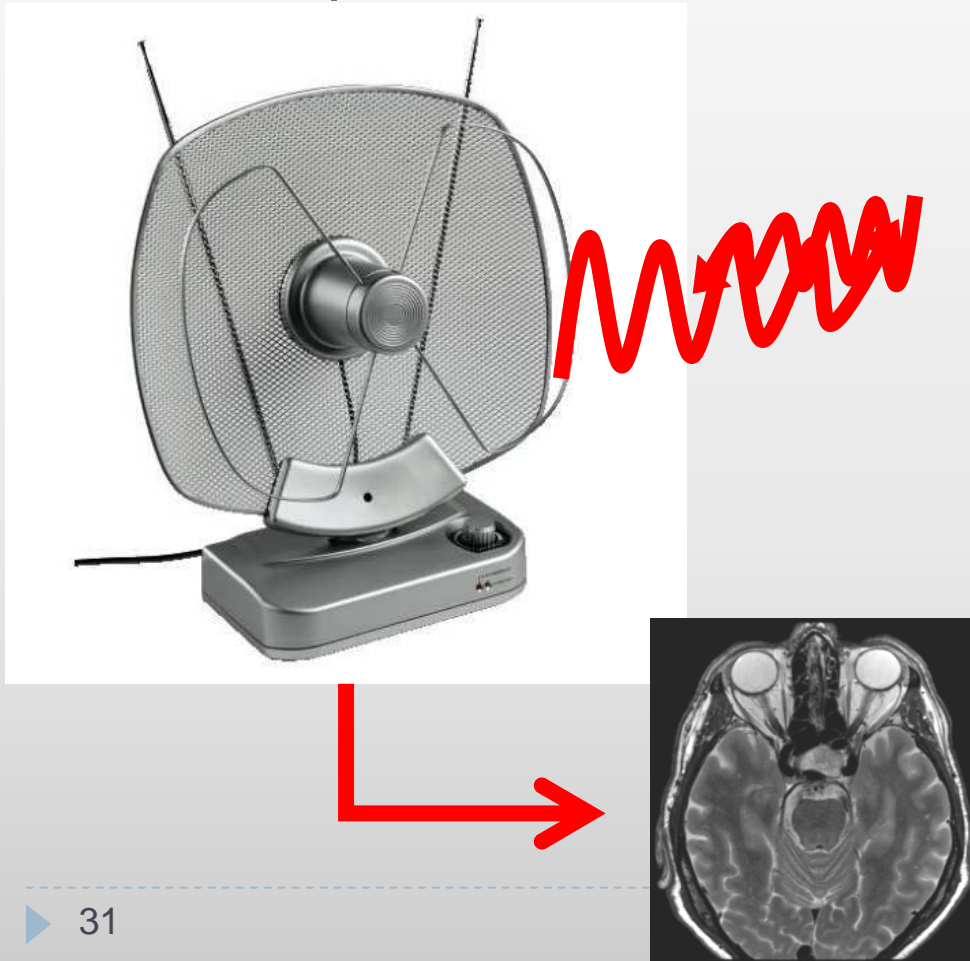
- ▶ Faire résonner ensemble les protons

# IRM

---

- ▶ Principe

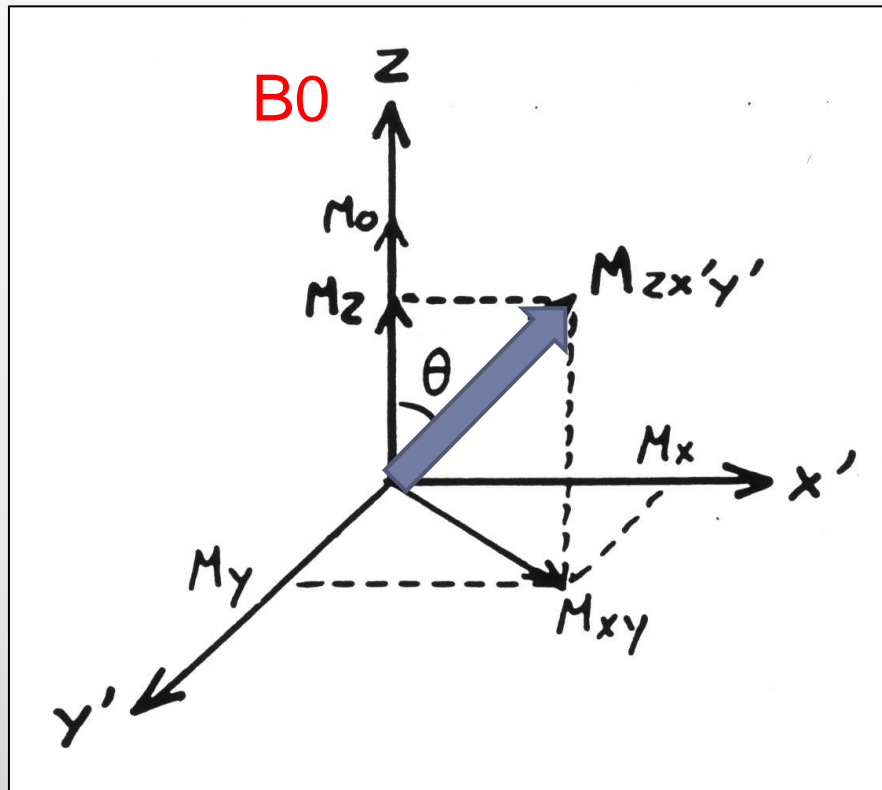
- ▶ Principe de la Résonance magnétique nucléaire



# IRM

## ► Principe

### ► Principe de la Résonance magnétique nucléaire



B0 : champ magnétique principal



B1: onde de radiofréquence (RF)



T1 : temps de relaxation longitudinal (le long de Z)

T2 : temps de relaxation transversal

STOP !

# IRM

---

## ▶ Matériel

### ▶ Aimant



- de 0,5 à 3 Tesla
- Environ 100 000 fois le champs magnétique terrestre



### ▶ Antennes



- Émettrice (RF)
- Réceptrice



### ▶ Système informatique



# IRM

---



# IRM

---

## **Contre-indications**

Pace-maker/  
defibrillateur/neurostimulateur  
Eclats métalliques dans yeux  
« Vieux » clips vasculaires en inox  
« Vieilles » valves cardiaques  
Claustrophobie (relatif)



Femme enceinte (1<sup>er</sup> trimestre) : relatif

## **Précautions**

Si injection de produit de contraste

# IRM

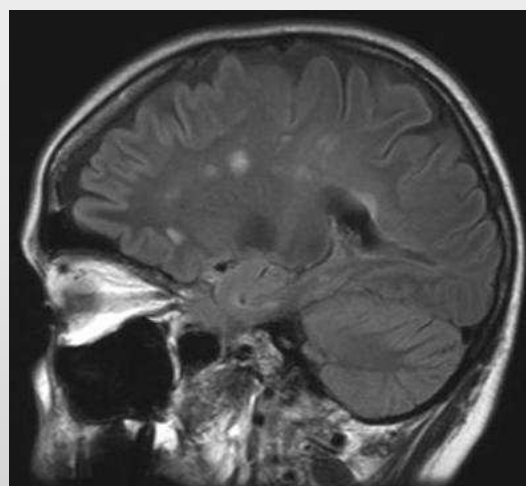
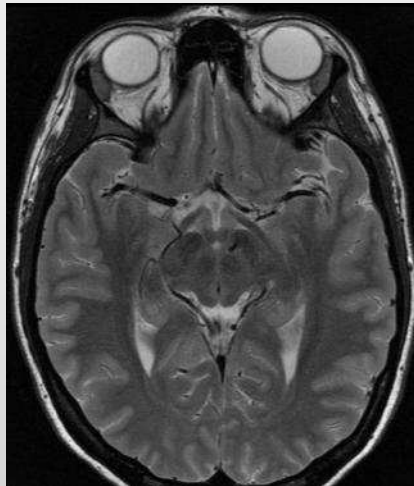
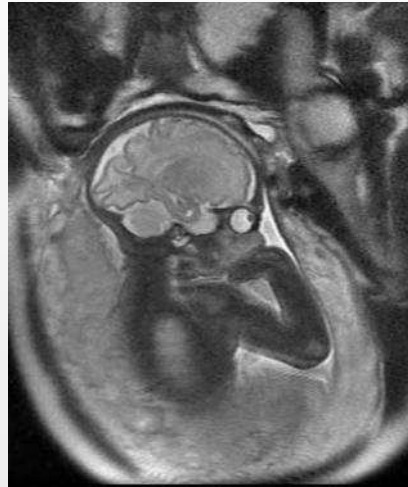
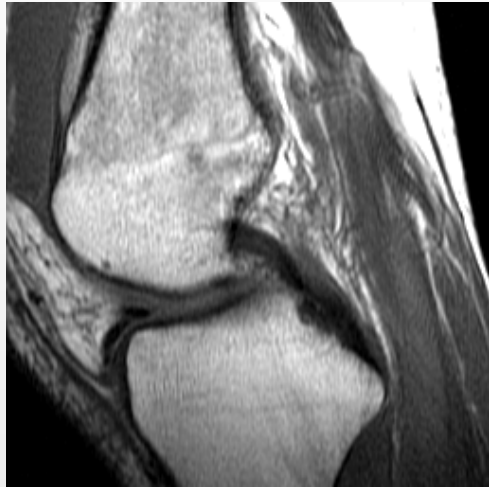
---

## Déroulement d'un examen

- ▶ Préparation du patient (explications, pose éventuelle d'une voie veineuse)
  - ▶ Installation du patient (décubitus dorsal + souvent)
  - ▶ Placement de l'antenne au plus près de la zone à étudier
  - ▶ Coopération du patient : immobilité, parfois apnée
  - ▶ Réalisation des « séquences » pondérée T1, T2, DP, Flux....
  - ▶ Parfois
    - ▶ Injection de produit de contraste par voie veineuse (Gadolinium)
    - ▶ Coopération du patient pour réalisation de tâches (IRM fonctionnelle)
- 
- ▶ 36
- ▶ Durée moyenne 15-45 min. non douloureux mais bruyant

# IRM

---



# IRM

## Produits de contraste en IRM

- ▶ **Gadolinium** par voie veineuse
- ▶ Effet sur la relaxivité du sang et des tissus (sur le T1/sur le T2)

### Contre-indications

Antécédent réaction d'hypersensibilité au

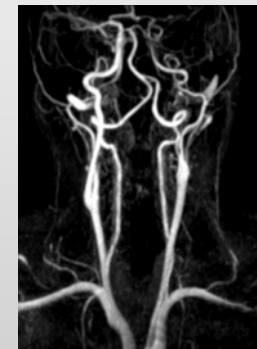
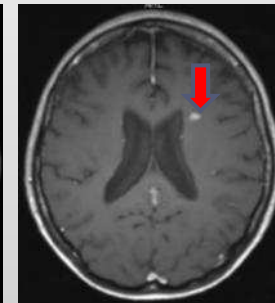
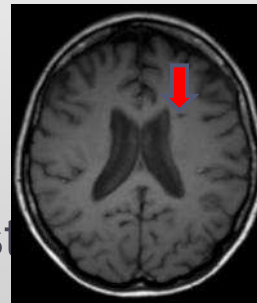
gadolinium

### Précautions

Insuffisance rénale

Femme enceinte / allaitement

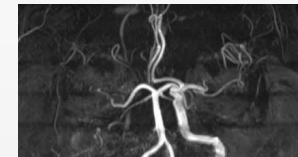
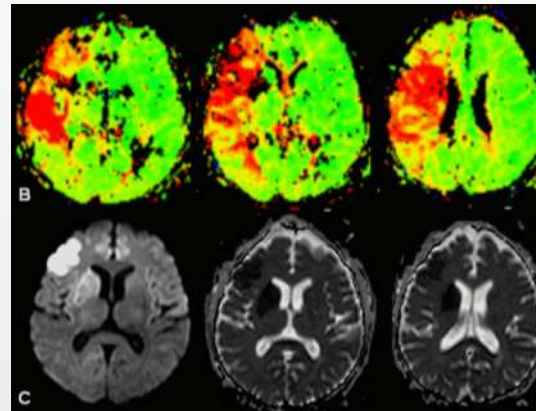
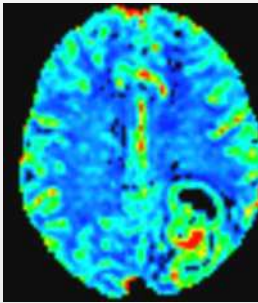
- ▶ Indications
  - ▶ Certaines angio-IRM
  - ▶ Caractérisation de lésions
- ▶ Il existe d'autre produit de contraste



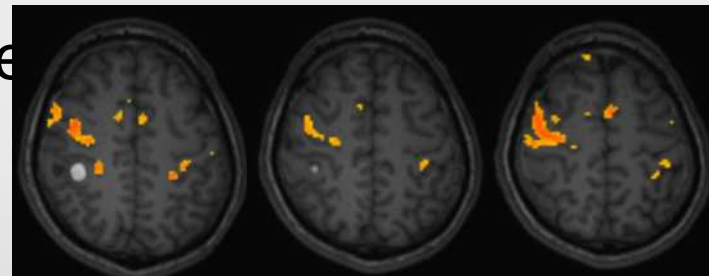
# IRM

- ▶ Imagerie morphologique « avancée »

- ▶ Diffusion (AVC)
- ▶ Perfusion (AVC-Tumeur)



- ▶ Imagerie fonctionnelle



- ▶ Imagerie métabolique : spectro-IRM



# Médecine nucléaire

---

Scintigraphie

Tomoscintigraphie

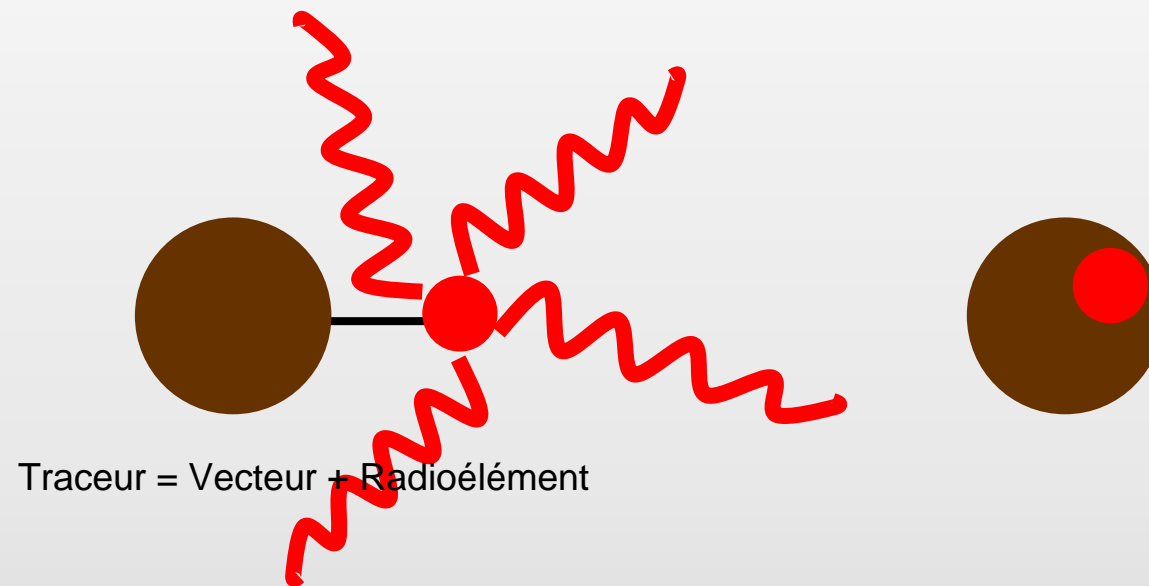
- ▶ C'est la même chose !
  - ▶ Attention plusieurs techniques (TEP, TEMP...)
  
- ▶ Principe :
  - ▶ Injection d'un « traceur » radioactif (isotope) par voie veineuse : marquage d'un organe ou d'une fonction
  - ▶ Détection du « traceur » grâce au rayonnement détectable

# Médecine nucléaire

---

## ▶ Principe

- ▶ Injection d'un « traceur » radioactif (isotope) par voie veineuse : marquage d'un organe ou d'une fonction



- ▶ Vecteur : molécule choisie en fonction de l'organe ou de la fonction à étudier : hormone, anticorps, médicament...
- ▶ Radioélément (ou isotope) : émetteur du rayonnement à détecter

# Médecine nucléaire

## ▶ Principe :

- ▶ Détection du « traceur » grâce au rayonnement détectable

Rayonnement gamma : TEMP

Tomographie par Emission MonoPhotonique

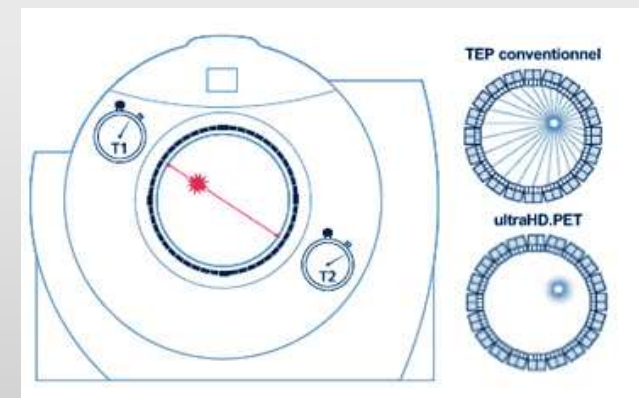
SPECT des anglosaxons



Rayonnement beta+ (positons) : TEP

Tomographie par émission de positons

PET des anglosaxons



# Médecine nucléaire

---

## **Contre-indications**

Femme enceinte 1<sup>er</sup> T (relatif)

## **Précautions**

Femme enceinte

Allaitement

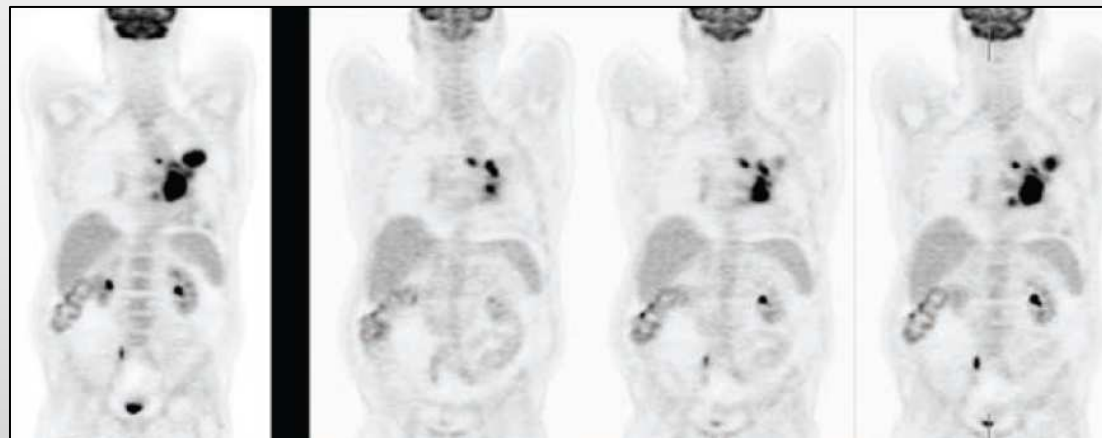
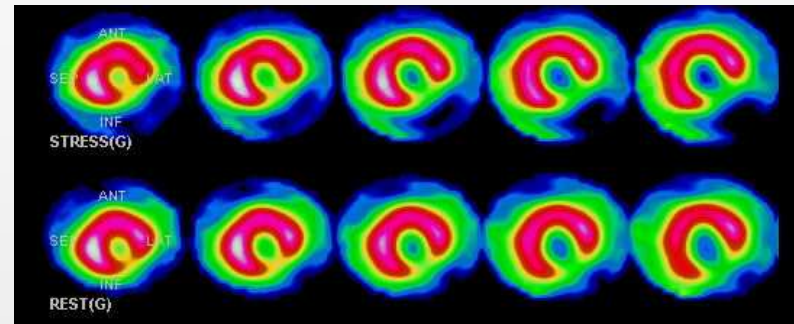
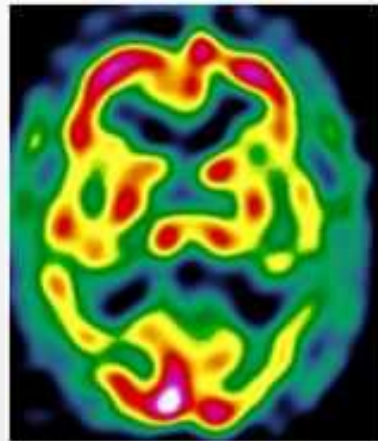
# Médecine nucléaire

---

## Déroulement d'un examen

- ▶ Préparation du patient
    - ▶ Explications, à jeun si TEP, pose d'une voie veineuse
    - ▶ Si étude perfusion (HMPAO, ECD) ou métabolique (FDG)
      - ▶ au repos, au lit, dans l'obscurité
      - ▶ injection après 10min de repos
    - ▶ Si étude de la voie dopaminergique (DatScan) :
      - ▶ Protection thyroïdienne per os
  - ▶ Délai entre injection et acquisition
    - ▶ Selon cinétique de fixation du traceur : entre 5 min et 4 h
  - ▶ Installation du patient (décubitus dorsal + souvent), immobilité
- 
- ▶ <sup>44</sup>Réalisation des « coupes » : comptage radioactif

# Médecine nucléaire



TEP au FDG : Tumeur pulmonaire  
(hypermétabolisme)

# Médecine nucléaire

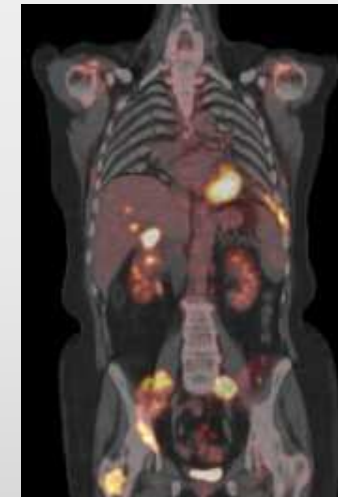
PET Scan

CT PET

TEP TDM

= TEP + TDM (Rx) (dans le même appareil,

Fusion des images métaboliques (TEP) avec les images morphologiques (TDM)



Variantes : TEP-IRM, TEMP-TDM

# Conclusion

---

- ▶ **Techniques irradiantes (directive Euratom)**
  - ▶ Rayons X : Radiologie, TDM
  - ▶ Médecine nucléaire
- ▶ **Problème d'injection de produit exogène**
  - ▶ Pdc iodée en radiologie et TDM
  - ▶ Pdc à base de gadolinium en IRM
  - ▶ Produit radioactif en médecine nucléaire
- ▶ **Grands axes de recherche**
  - ▶ IRM
  - ▶ Nouveaux marqueurs en médecine nucléaire
  - ▶ Radiologie interventionnelle
  - ▶ ....

# Références

---

- ▶ Société Française de Radiologie +++
  - ▶ [www.sfrnet.org](http://www.sfrnet.org)
- ▶ Société Française de Médecine Nucléaire
  - ▶ [www.sfmn.org](http://www.sfmn.org)
- ▶ [www.mednuc.net](http://www.mednuc.net)
  
- ▶ Sites internet des constructeurs
  - ▶ [www.swe.siemens.com/france/web/fr/med](http://www.swe.siemens.com/france/web/fr/med)
  - ▶ [www.healthcare.philips.com/fr](http://www.healthcare.philips.com/fr)
  - ▶ [www.gehealthcare.com/frfr/](http://www.gehealthcare.com/frfr/)