

Techniques d'imagerie médicale : principes et risques

Pr Jean-Christophe Ferré

Service de Radiologie et Imagerie Médicale
CHU Rennes
CPP Ouest V



Imagerie médicale

- Contribution au diagnostic
- Orientation stratégie diagnostique
- Suivi de l'efficacité thérapeutique
- Traitement (radiologie interventionnelle)

=> Place croissante de l'imagerie en médecine

=> Place croissante de l'imagerie en recherche

- Imagerie comme outil de la recherche
- Recherche en imagerie
 - Acquisition, interprétation, traitement informatique des images

Imagerie médicale

Techniques d'imagerie médicale



Rayonnement ionisant

Rayons X

- Radiographie conventionnelle
- Radiographie avec contraste (arthrographie, artériographie...)
- Scanner



Pas d'irradiation

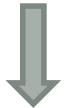
Ultrasons

Echographie

Résonance magnétique nucléaire IRM

Traceur radioactif

- Médecine Nucléaire : scintigraphie (TEMP et TEP)



Contraintes de radioprotection



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, Abdomen sans préparation, radio ostéo-articulaire



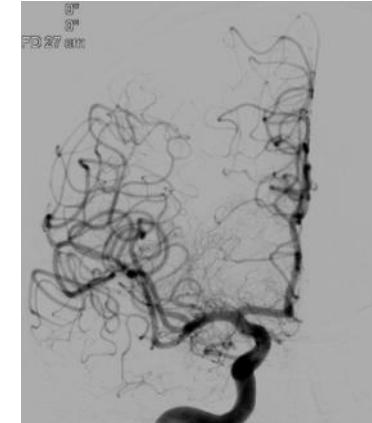
Précautions

Femme enceinte (Rayons X)

Radiologie avec contraste



- **Rayons X + Contraste**



- Contraste
 - **Produit contraste iodé**
 - « opaque »

- 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, coronarographie

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

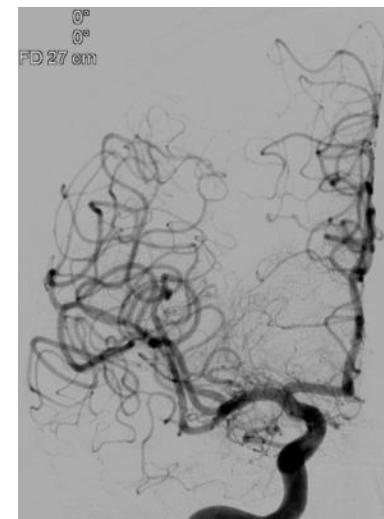
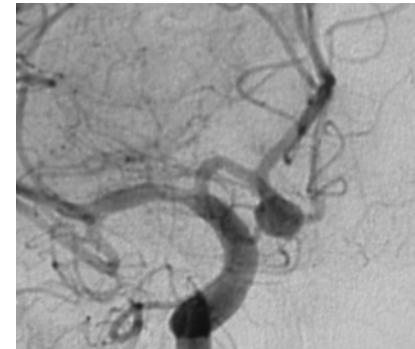
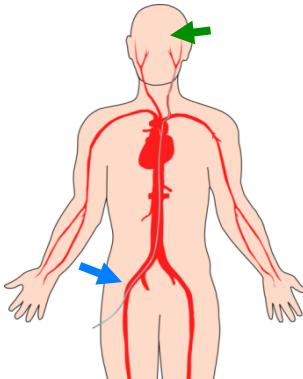
Diabète (metformine arrêtée pdt 48h)

Jeûne



Artériographie cérébrale

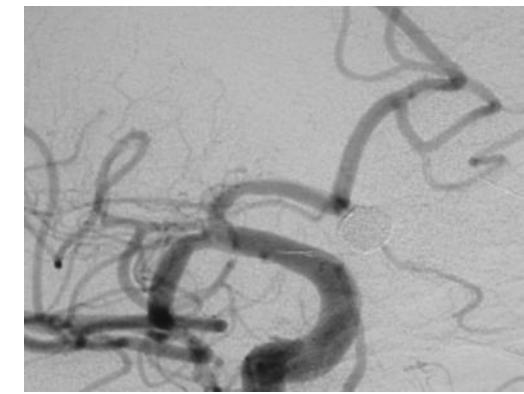
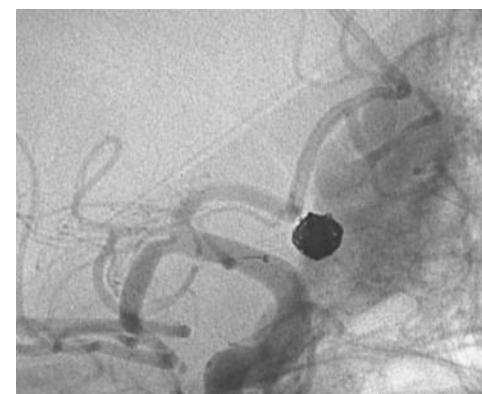
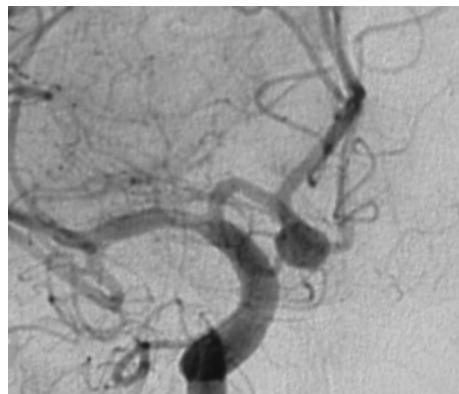
- Consultation d'anesthésie préalable
- Salle dédiée => bloc d'imagerie
- Anesthésie locale du point de ponction
- Ponction artérielle fémorale
- Cathétérisme artériel sous contrôle radiologique
- Série d'images pendant injection automatique du pdc dans l'artère
- 1h d'examen, hospitalisation courte ou ambulatoire



Neuroradiologie Interventionnelle



- Exemple : Embolisation d'anévrysme cérébral
- Contraintes réglementaires
- « Bloc » d'imagerie
- Anesthésie Générale



Scanner



Scanner

Scanner à rayons X

Scanographie

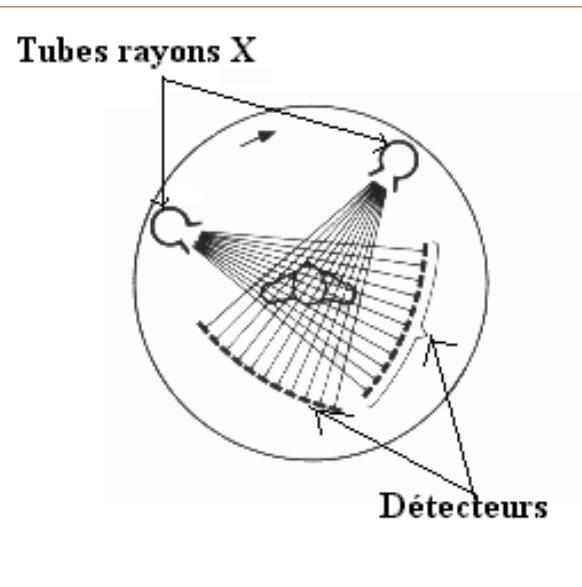
Tomoscanner

Tomodensitométrie (TDM)

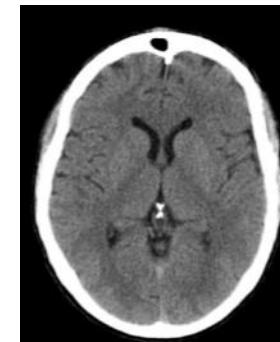
Computed Tomography (CT) scanner (terme anglo-saxon)

- 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



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



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

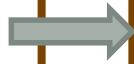
Non

Précautions

Femme enceinte (rayons X)

Si injection de produit de contraste iodé

Jeûne



Précautions d'emploi

Produits de contraste iodé

Femme enceinte

Allaitement

Insuffisance rénale

Réaction d'hypersensibilité

Diabète (Metformine arrêtée pdt 48h)

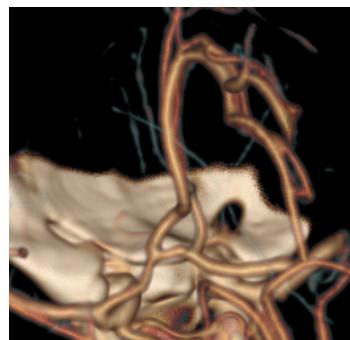
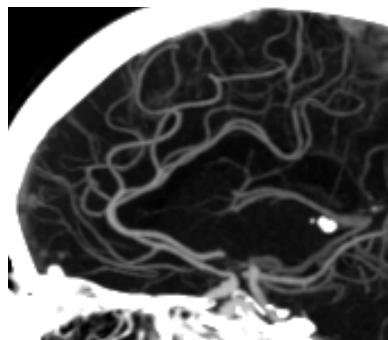
Scanner



Pourquoi injecter un produit de contraste ?

- Visualiser les vaisseaux : **Angio-scanner**

Angioscanner artériel du cercle artériel du cerveau



Angioscanner de l'aorte et des artères des membres inférieurs



Phlébo-scanner cérébral (veines)



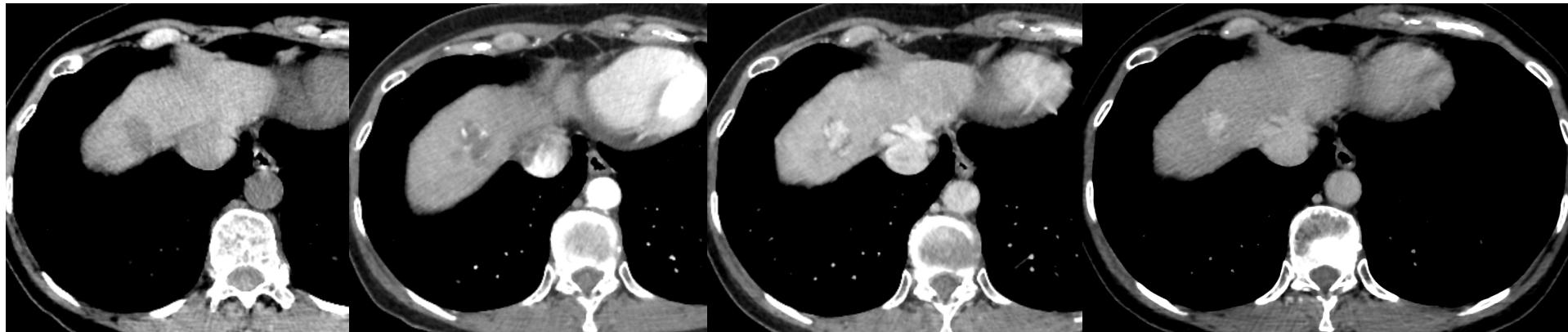
Scanner



Pourquoi injecter un produit de contraste ?

- **Caractériser une lésion**

- Injection IV puis **acquisition multiphasique** : plusieurs acquisitions à des temps différents
- Ex : au niveau hépatique



Sans pdc

$t = 20 \text{ sec}$

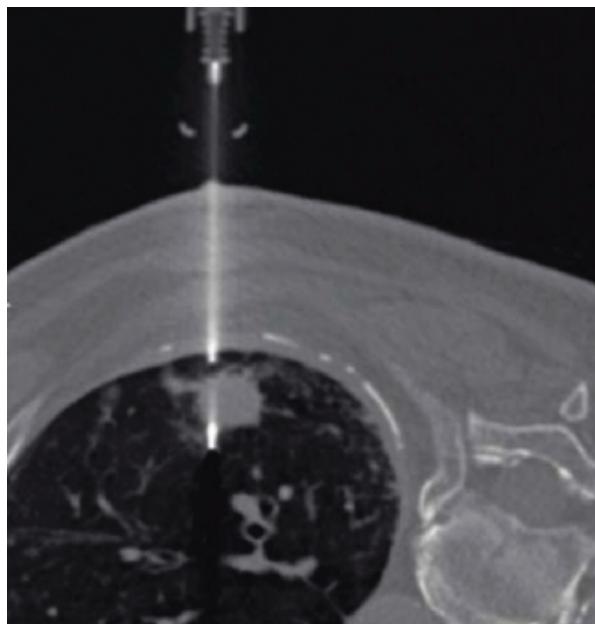
$t = 70 \text{ sec}$

$t = 3 \text{ min}$

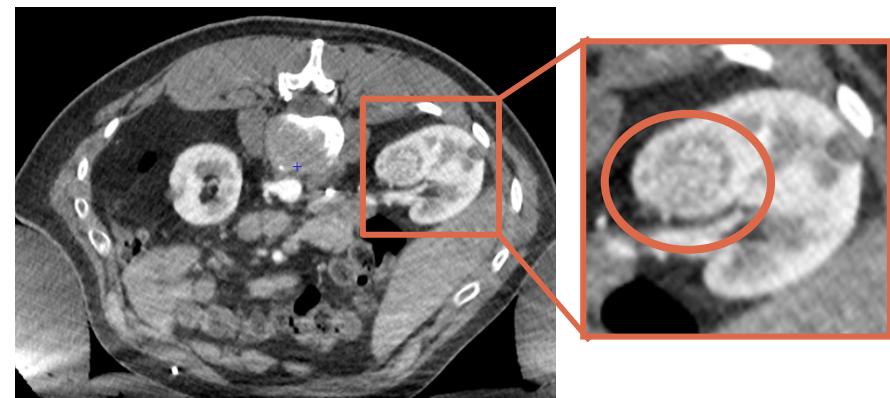
Scanner



Scanner interventionnel



Biopsie lésion pulmonaire



Thermoablation tumeur rénale
par radiofréquence

Échographie

Échographie

Echotomographie

Ultrasonographie

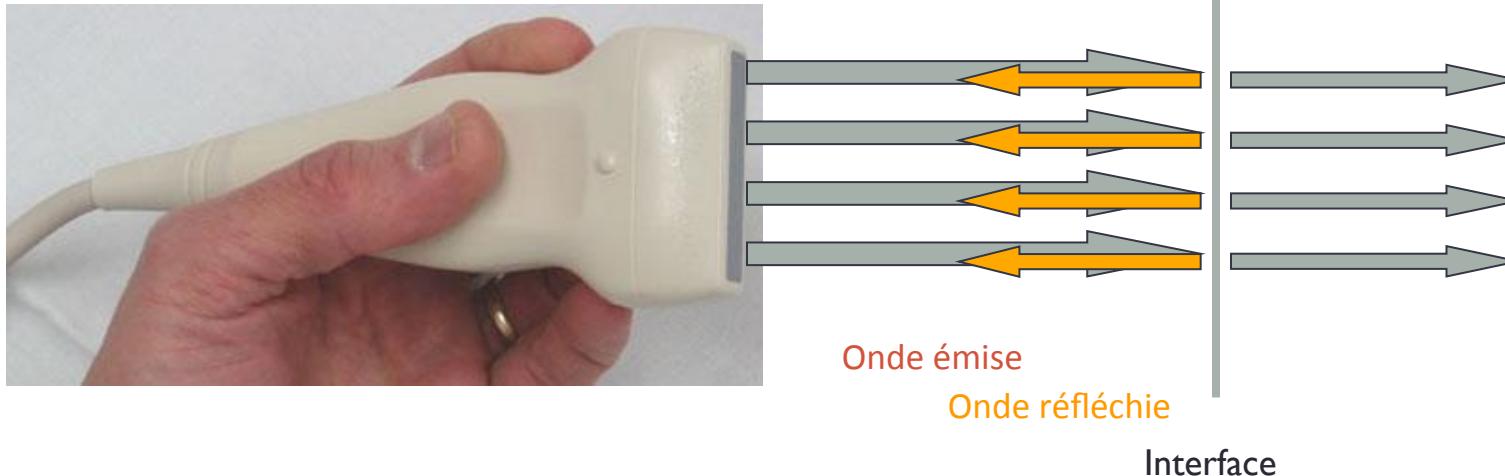
Ultrasonic imaging, ultrasonography, US (terme anglo-saxon)

- **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. Réflexion 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
 - Innocuité des ultrasons +++



Échographie

Contre-indications

Non



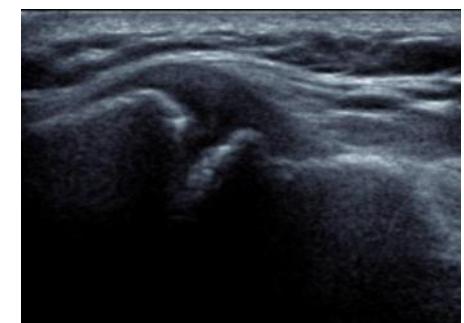
Précautions

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

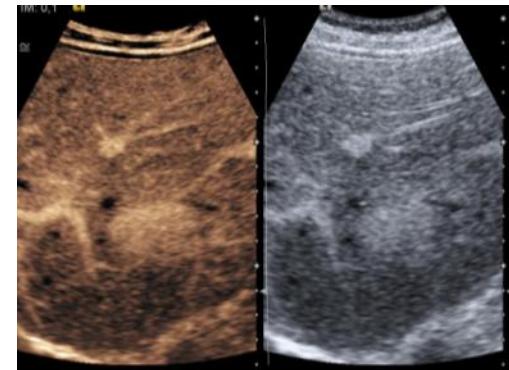
Femme enceinte

Précautions

Pathologie cardiaque ou respiratoire



Échographie hépatique



Échographie avec contraste

IRM

- ***Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)***

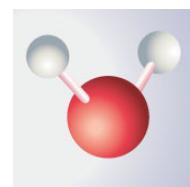
Imagerie par RMN (résonance magnétique nucléaire)

Magnetic Resonance Imaging, MRI (terme anglo-saxon)

- Une IRM/un examen par 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 : principes



IRM

- Matériel

- Aimant



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



- Antennes



- Émettrice (RF)
 - Réceptrice



- Système informatique



IRM : Matériel



IRM

Contre-indications

Pace-maker/défibrillateur/neurostimulateur
Eclats métalliques dans yeux
« Vieux » clips vasculaires en inox
« Vieilles » valves cardiaques
Claustrophobie (relatif)
Femme enceinte (1^{er} trimestre) : relatif



Précautions

Si injection de produit de contraste

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)
- Indications
 - Certaines angio-IRM
 - Caractérisation de lésions

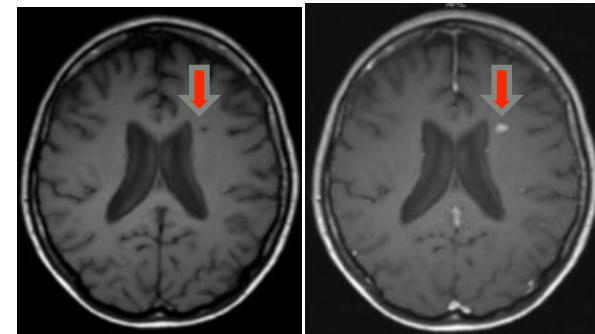
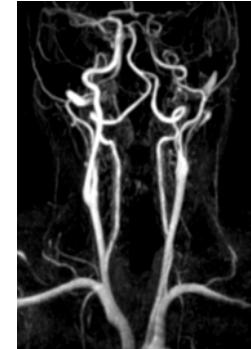
Contre-indication

Antécédent réaction d'hypersensibilité au gadolinium

Précautions

Insuffisance rénale

Femme enceinte / allaitement



- Il existe d'autre produit de contraste

IRM : déroulement de l'examen

- Préparation de l'examen
 - Accueil
 - Recherche des **contre-indications** +++
 - Explication de l'examen
 - Pose d'une voie veineuse (facultative)

• Installation du patient

- Décubitus dorsal
- Placement de l'antenne au plus près de la zone à étudier
- Coopération du patient : Immobilité, parfois apnée

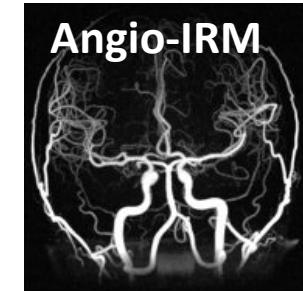
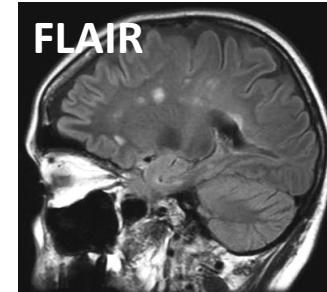
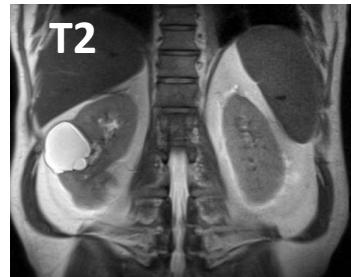
• Examen

- Réalisation des « séquences » pondérées T1, T2, DP, Flux
- Environ 20-30 min
- Indolore mais bruyant
- Allongé et immobile

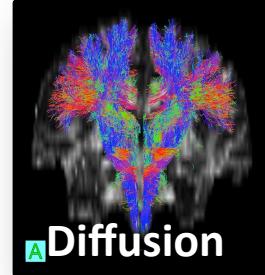


IRM

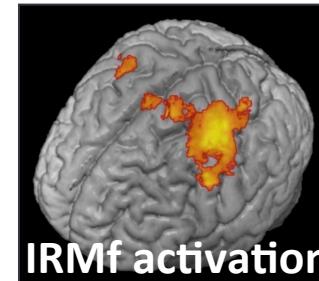
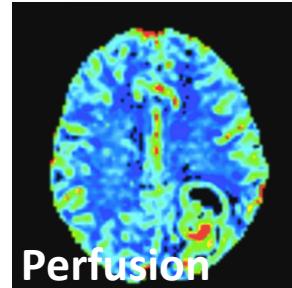
- **Imagerie morphologique**



- **Imagerie structurelle**



- **Imagerie fonctionnelle**



Médecine nucléaire



Scintigraphie

Tomoscintigraphie

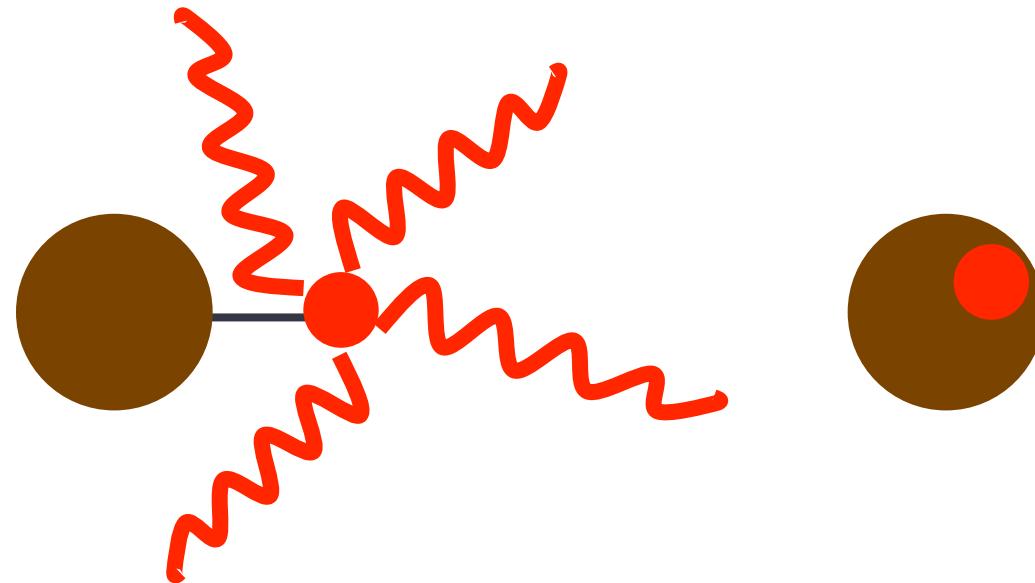
- Attention plusieurs techniques (TEP, TEMP...)
- **Principe :**
 - **Injection d'un « traceur » radioactif** (isotope) par voie veineuse : marquage d'un organe ou d'une fonction
 - Détection du « traceur » grâce au rayonnement détectable
 - => Imagerie métabolique

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

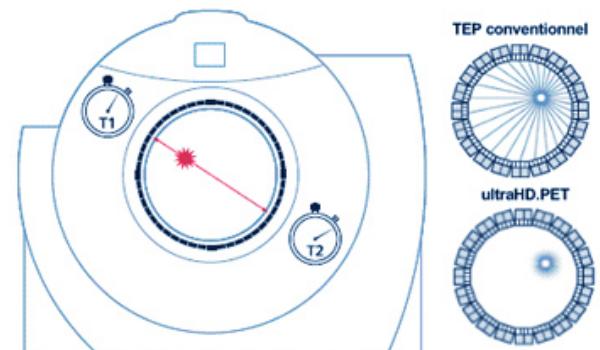
Rayonnement gamma : TEMP

Tomographie par Emission MonoPhotonique
SPECT des anglo-saxons



Rayonnement beta+ (positons) : TEP

Tomographie par émission de positons
PET des anglo-saxons



Médecine nucléaire



Contre-indications

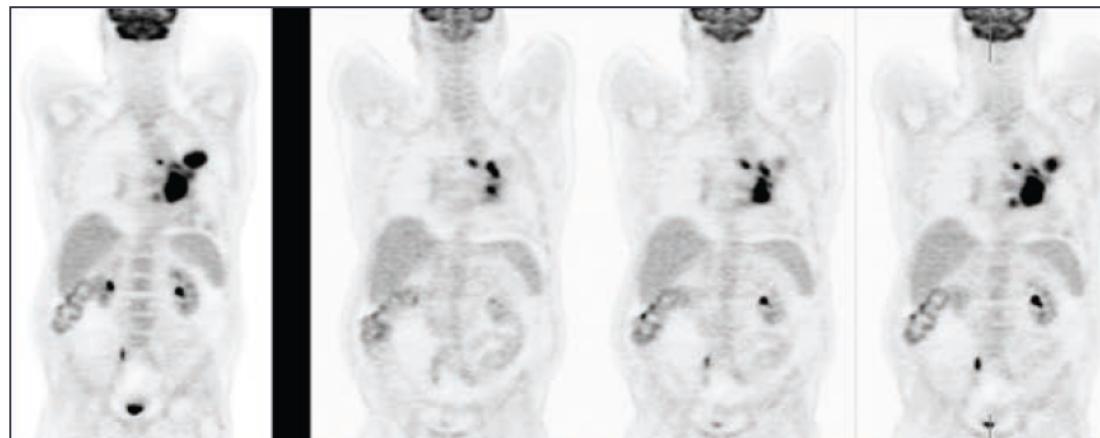
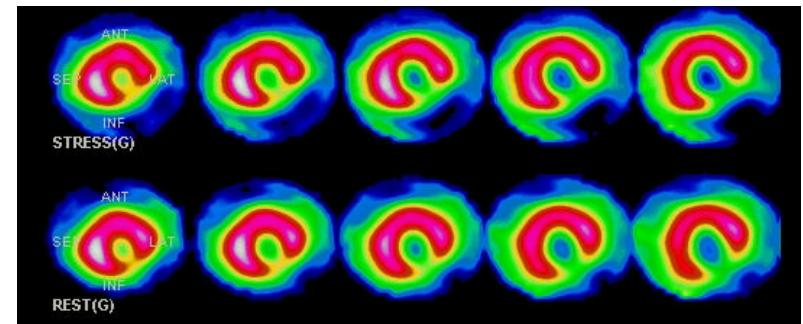
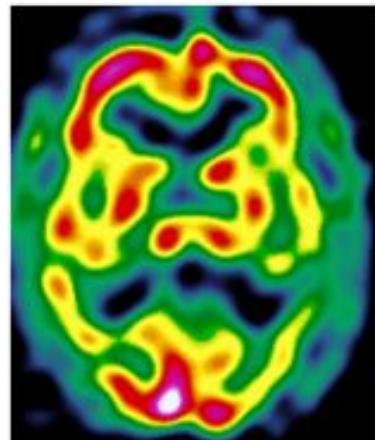
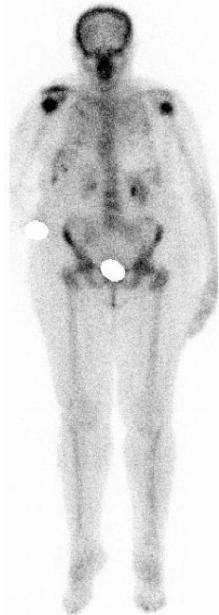
Femme enceinte 1^{er} T (relatif)

Précautions

Femme enceinte

Allaitement

Médecine nucléaire



TEP au FDG : Tumeur pulmonaire (hypermétabolisme)

Médecine nucléaire



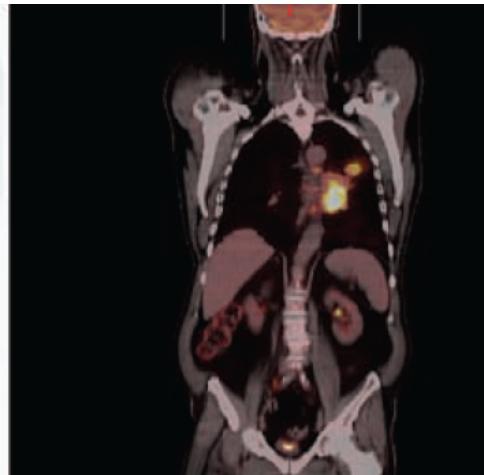
PET Scan

CT PET

TEP TDM

= TEP + TDM (Rx) dans le même appareil

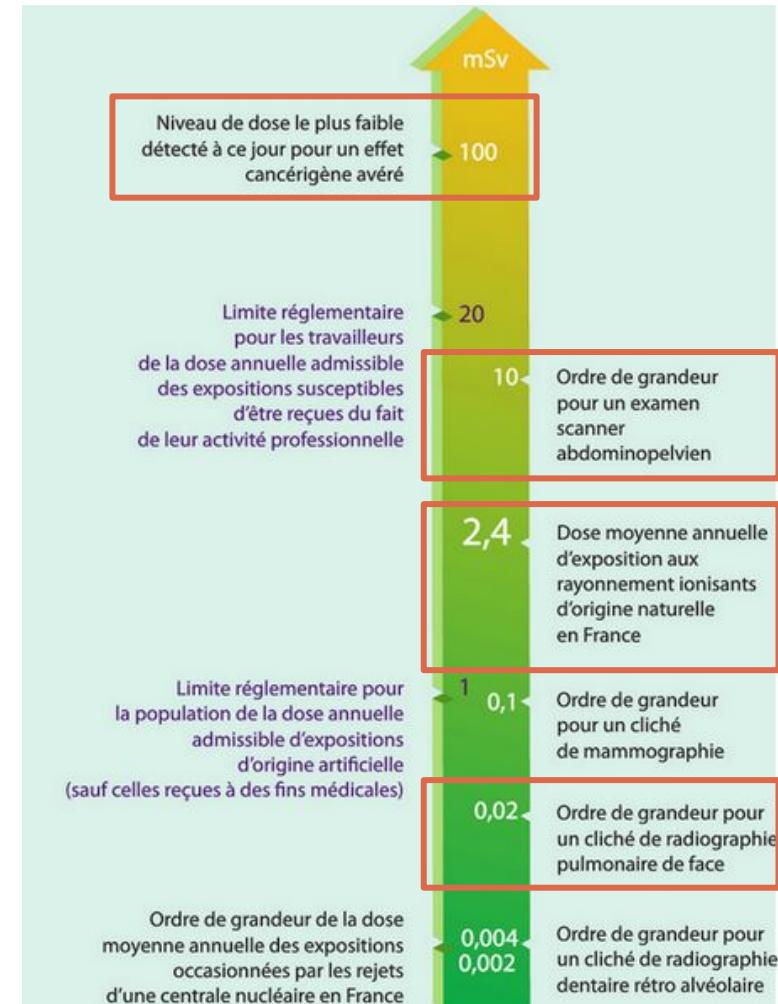
Fusion des images métaboliques (TEP) avec les images morphologiques (TDM)



Variantes : *TEP-IRM, TEMP-TDM*

Risques potentiels liés aux rayonnements ionisants

- 2 types d'effets biologiques
 - **Effets immédiats (ou déterministes)**
 - Selon organes et doses
 - De qq heures (brûlures, nausées..) à plusieurs mois (cataractes, fibrose...)
 - **Effets à long terme (ou aléatoires ou stochastiques)**
 - Cancers, leucémies
 - Probabilité d'apparition augmente avec la dose



Radioprotection des patients

Classifications des actes d'imagerie selon la dose de rayonnement ionisant

Classe	Intervalle de dose efficace (mSv)	Exemples
0	0	Ultrasons, IRM
I	< 1	Radio pulmonaire, Radio des membres
II	1-5	radio du rachis Scintigraphie du squelette, TEP-TDM du cerveau
III	5-10	TDM thorax ou abdomen Scintigraphie myocardique
IV	> 10	Certaines explorations en TDM, en Scintigraphie Radiologie interventionnelle TEP-TDM corps entier

Radioprotection des patients

- Rayonnements ionisants de certaines techniques d'imagerie :
Bénéfices >> risques potentiels à l'échelle du patient
- Réductions de ces risques : **Radioprotection des patients**
- Préoccupation majeure des radiologues et médecins nucléaires depuis nombreuses années
- Obligation **légale** depuis **directive Euratom 97/43**
- Obligation pour médecins **demandeurs** et **réalisant** d'appliquer

Principe de justification des actes

Principe de l'optimisation des pratiques

Conclusion

- **Développement des techniques d'imagerie diagnostique morphologique, structurelle, fonctionnelle et métabolique**
- **Risque faible voire nul à l'échelle individuelle**
- **Imagerie interventionnelle en plein essor**
- **Imagerie en recherche / recherche en imagerie**
 - **Contraintes organisationnelles, de gestion de données, éthiques**

Facteurs intervenants dans la prescription radiologique

- Les **contre-indications** et les contextes cliniques **particuliers**

- Femme enceinte (Rayons X et IRM)
- Enfant (Rayons X)
- Pace-maker (IRM)
- Insuffisance rénale (élimination pdt de contraste)
- Hypersensibilité au produit de contraste radiologique (iode ou gadolinium)