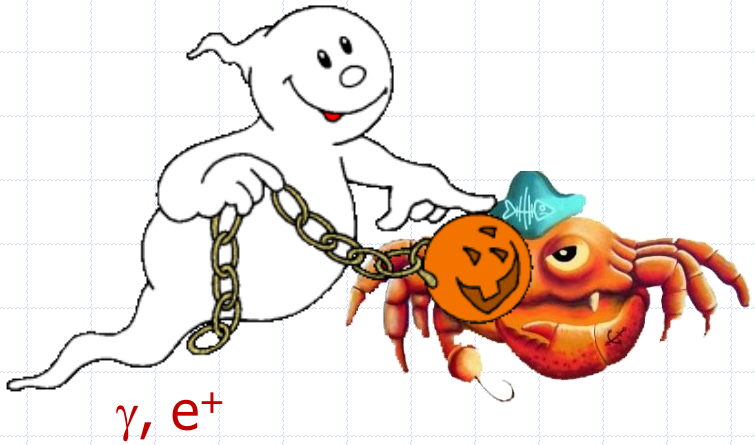
FACULTÉ DE MÉDECINE
MONTPELLIER-NÎMES
DEPUIS 1220

DFGSM2

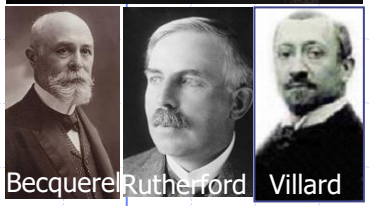
IMAGERIE SCINTIGRAPHIQUE MEDECINE NUCLEAIRE



UE BIOPHYSIQUE ET BASES D'IMAGERIE 2026-2027
denis.mariano-goulart@umontpelluer.fr
http:\\scinti.edu.umontpellier.fr

UN PEU D'HISTOIRE





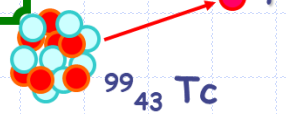
RA | RA α,β | RA γ



détecteurs à scintillation

γ-caméra

VECTEUR



Traceurs γ

IMAGERIE TEMP (γ)

Détecteurs CZT

1896 1899 1900 1901 **1934** 1940 1950 1956 1960 1974 1980 1987 2005 2013 2018 2025

THERAPIE

RT ^{226}Ra

RT ^{131}I, ^{32}P

RIS ^{90}Y

SO ^{90}Y ^{186}Re ^{169}Er

RIV ^{131}I MIBG

RIV ^{90}Y-a CD20

RIV ^{223}Ra

RIV ^{177}Lu STR2 PSMA

IMAGERIE TEP (β+)

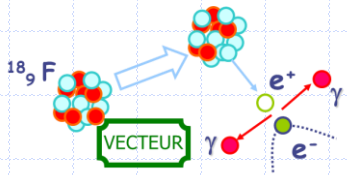
RAA, β+

détecteurs à coïncidence



TEP

FDG



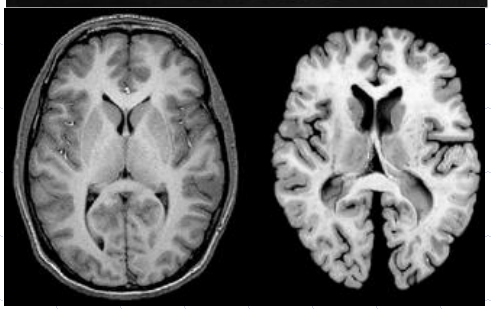
$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^{0}_{1}e^{+} + \nu$$

Imagerie médicale

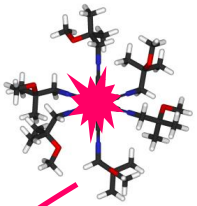


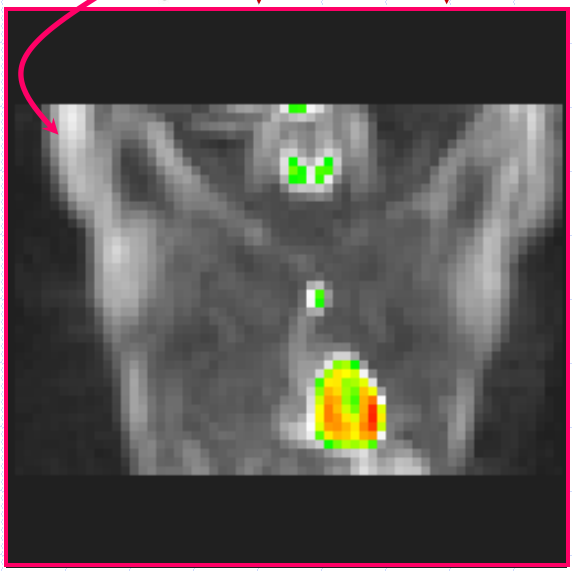
ANATOMIQUE
(RADIOLOGIE)



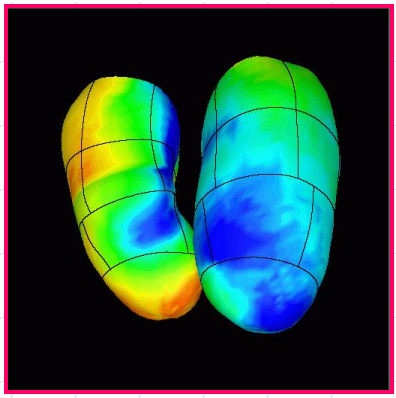


METABOLIQUE
(MEDECINE NUCLEAIRE)









Médecine Nucléaire

Utilisation de marqueurs radioactifs pour tracer le devenir d'un vecteur (atome, molécule, cellule) dans un but diagnostique ou thérapeutique

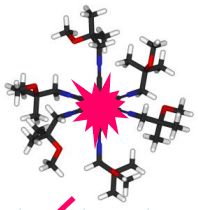
IMAGERIE DIAGNOSTIQUE METABOLIQUE PHYSIOLOGIQUE

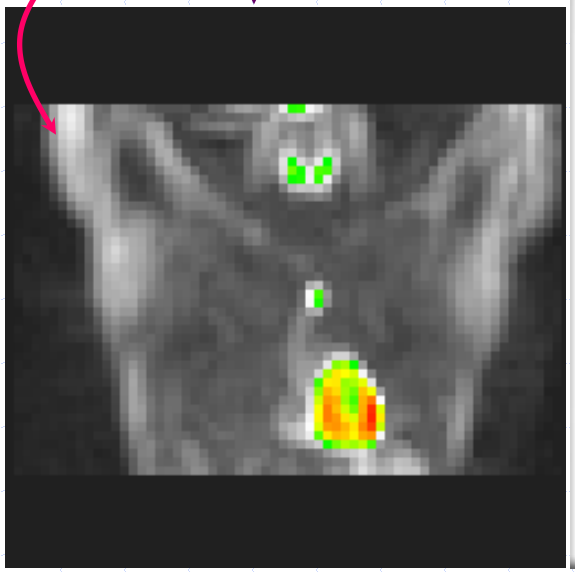
RADIOTHERAPIE METABOLIQUE VECTORISEE

DETECTION PER-OPERATOIRE

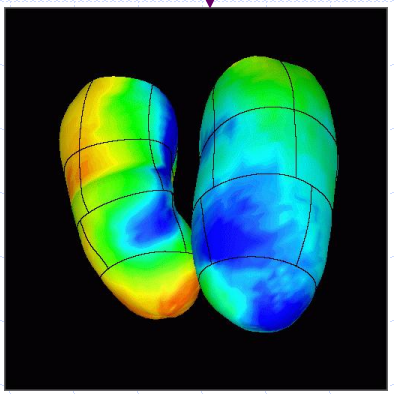
DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

IMAGERIE FONCTIONNELLE









TRACEUR = MARQUEUR + VECTEUR

- Marqueur: Isotope radioactif artificiel (T ↘) : $^{99}_{43}Tc$

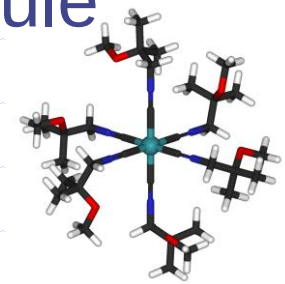
  Diagnostic : détectable (traverse le corps, peu diffusé) ⇒ γ ou β^+ .

  Thérapie : irradiant à parcours court ⇒ α ou β^- .

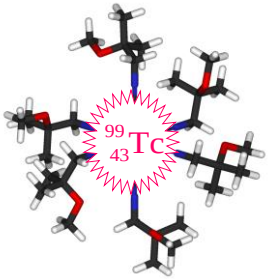
- Vecteur: Ø, molécule, aérosols, verre, cellule

  Affinité chimique avec marqueur (halo/chalcogènes/métaux)

  Ciblage : métabolisme, récepteur, perfusion, fonction



- Traceur: Marqueur lié au vecteur



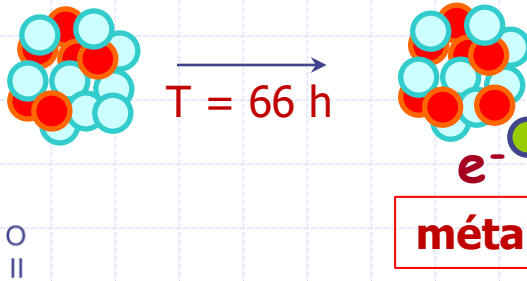
- Scintigraphie: image de la distribution du traceur

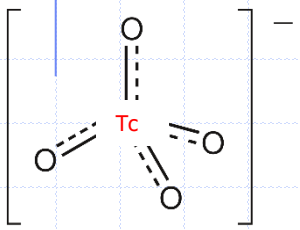


1 MARQUEUR PRINCIPAL en SPECT : ^{99m}Tc



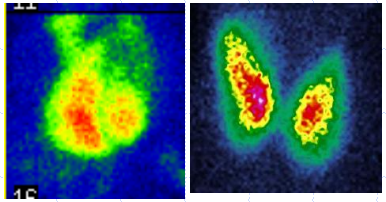
Livré x 2/semaine

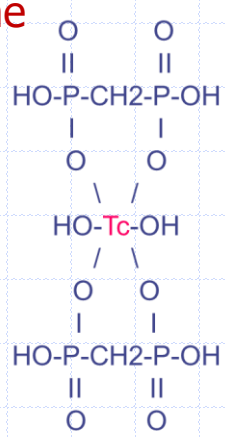




^{99m}Tc-O^-_4

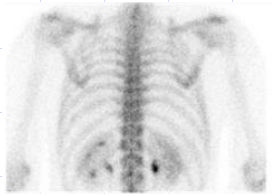
Ventriculographie
Thyroïde

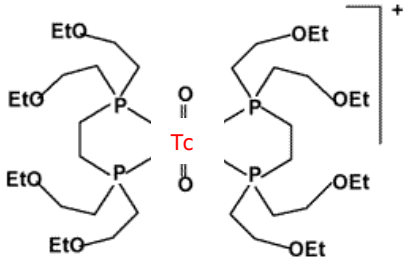




^{99m}Tc-BP

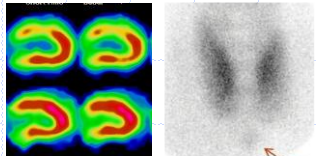
Remodelage
osseux

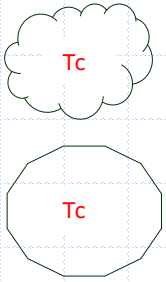




^{99m}Tc-TF/MIBI

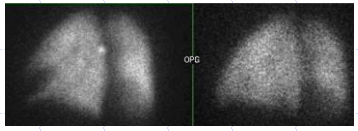
Perfusion
myocardique
Parathyroïdes

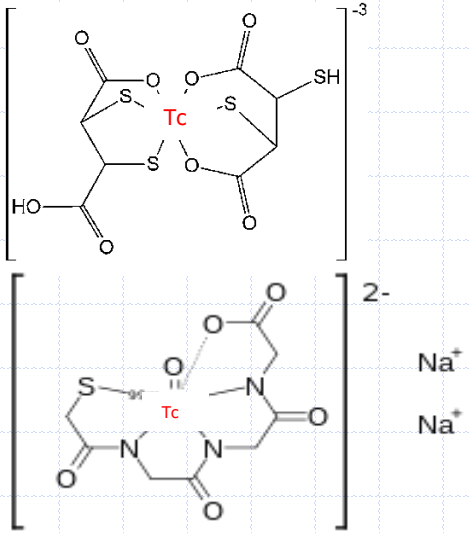




^{99m}Tc-Aérosol
^{99m}Tc-MAA

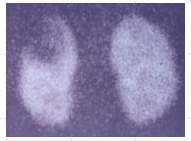
Ventilation
et perfusion
pulmonaire



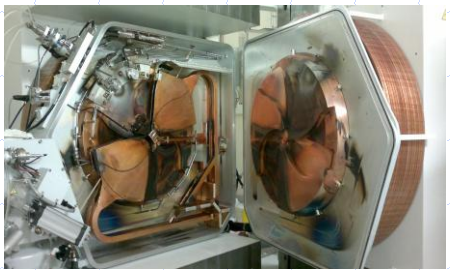


^{99m}Tc-DMSA
^{99m}Tc-MAG3

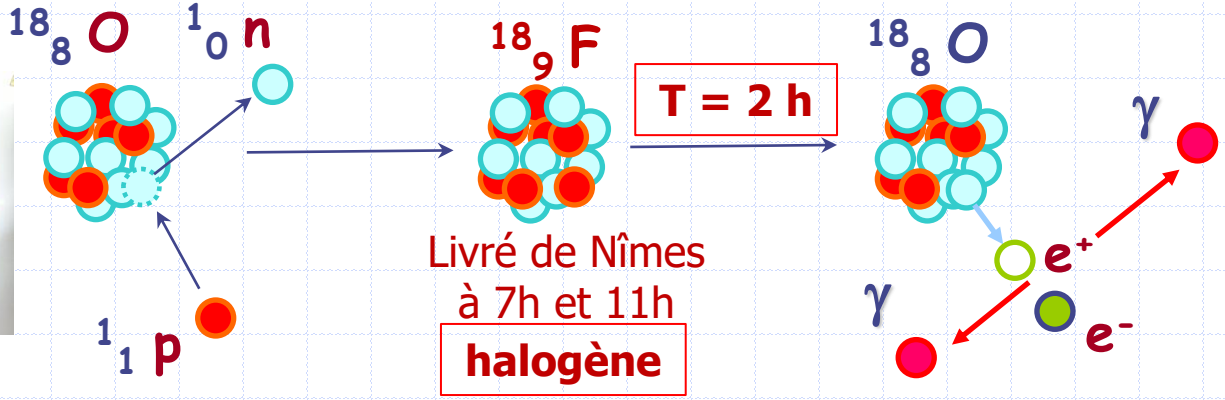
Perfusion et fonction
rénale



2 MARQUEURS en TEP : ^{18}Fluor



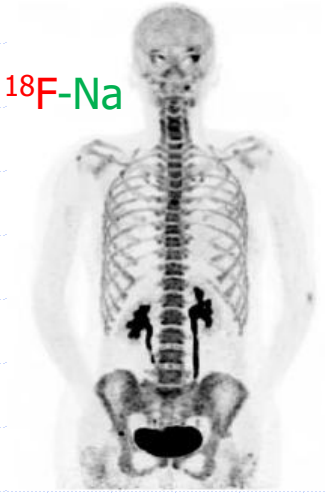
cyclotron



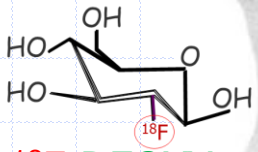
Livré de Nîmes
à 7h et 11h

halogène

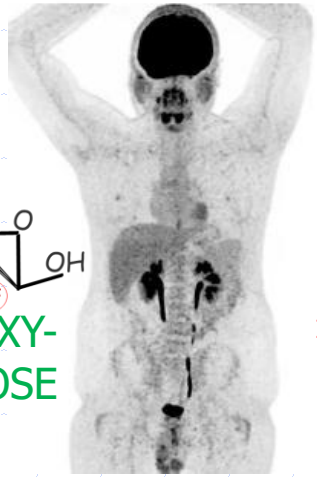
^{18}F-Na



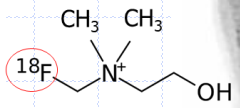
Métabolisme osseux
Métastases osseuses
Infections (peu utilisé)



^{18}F-DEOXY-GLUCOSE



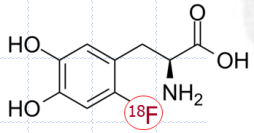
Métabolisme glucidique
Cancers peu différenciés
Inflammation, Ischémie



^{18}F-CHOLINE



Synthèse de Mb cellulaire
Carcinome hépato-cellulaire
Hyperparathyroïdie



^{18}F-DOPA



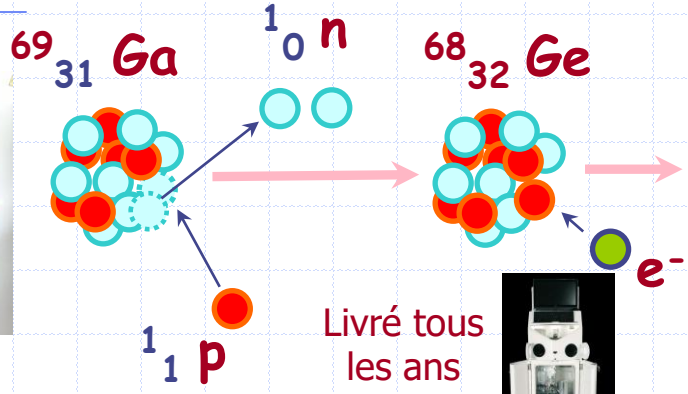
Métabolisme adrénergique
Phéochromocytome, CMT,
TNE [Vater, mi-colon transverse]

A JEUN (6 H, sans perfusion de glucosé)

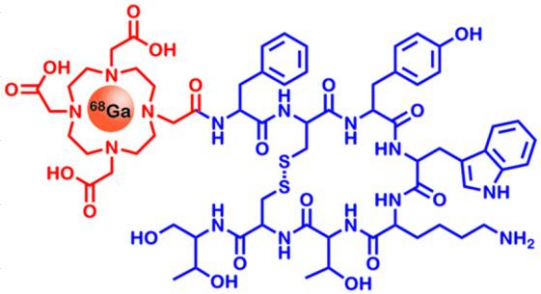
2 MARQUEURS en TEP : ^{68}Gallium



cyclotron



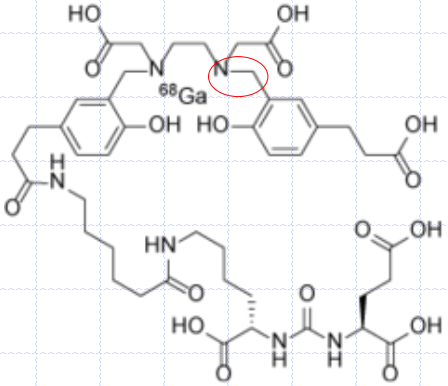
Livré tous les ans (T=270 j)



^{68}Ga-DOTA

Récepteurs à la SMS :
Paragangliomes
TNE < ampoule Vater





^{68}Ga-PSMA

Protéine trans Mb
Adénocarcinome
de prostate



SYNTHESE 1

- Imagerie moléculaire et fonctionnelle
- Détection per-opératoire, thérapie et RIA

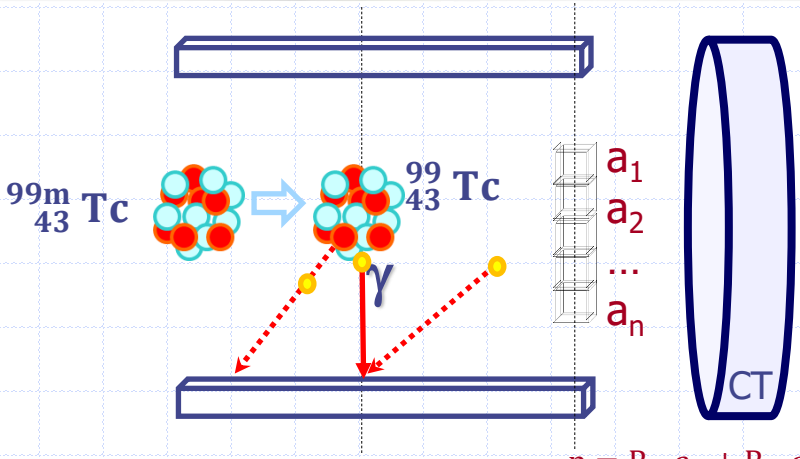
- Marqueur radio-isotope artificiel :
  - γ (TEMP), β^+ (TEP), β^- (Thérapeutique)

- Vecteur: atome, molécule(s), cellule

- Liaison facile halo-chalcogènes (^{123}I, ^{18}F)
- Groupe complexant pour les métaux (^{99m}Tc, ^{68}Ga)

GAMMA-CAMERA γ = TEMP = SPECT*





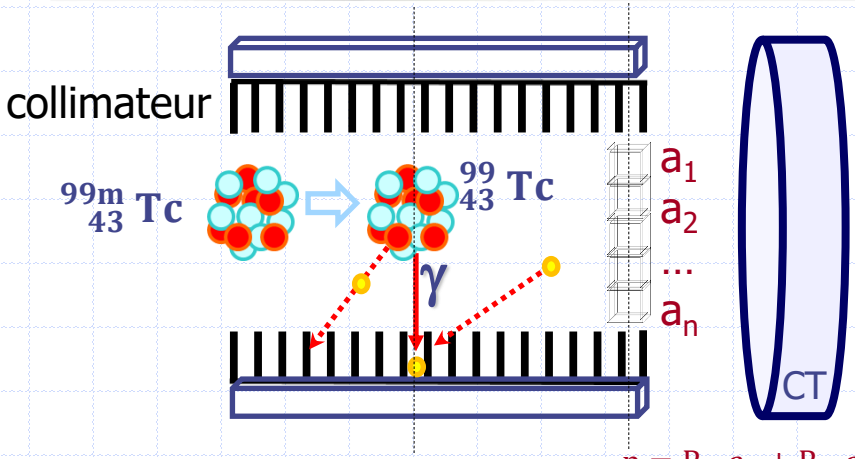
$$p = R_1.a_1 + R_2.a_2 + ... + R_n.a_n$$

GAMMA-CAMERA γ = TEMP = SPECT*
GAMMA-CAMERA β^+ = TEP = PET*

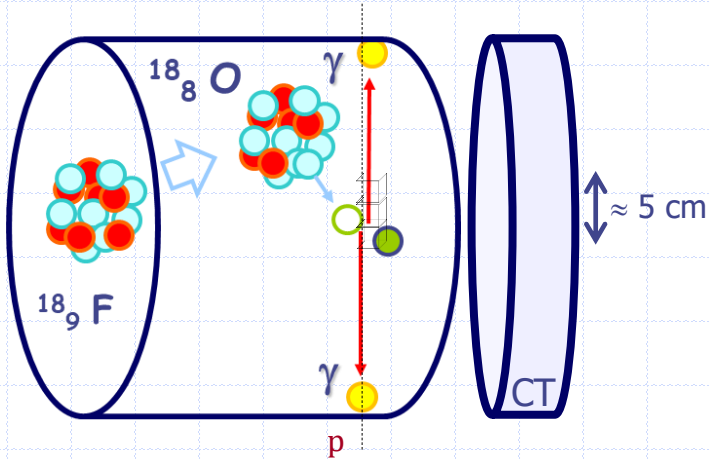

SPECT-CT



PET-CT



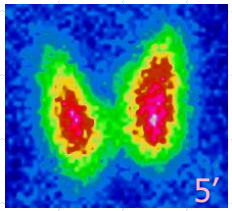
$p = R_1.a_1 + R_2.a_2 + ... + R_n.a_n$



* Tomographie par Emission / de Positons / Mono Photonique = Single Photon Emission Computed Tomography

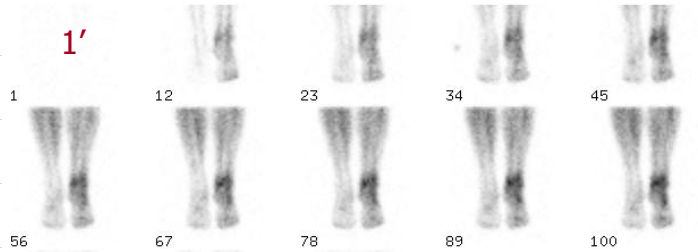
MODES D'ACQUISITION

- Planaire (statique, projection : γ)

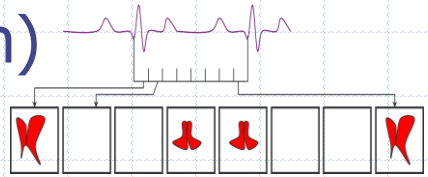


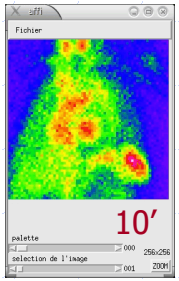


- Corps entier
- Dynamique

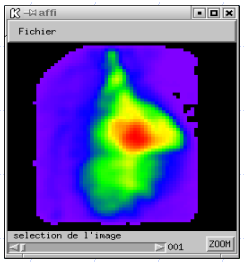


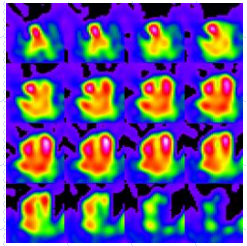
- Synchronisé (ECG, respiration)

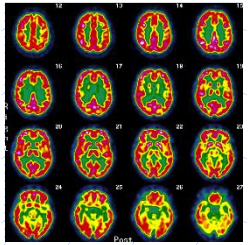




- Tomographique
  (TEMP, TEP)



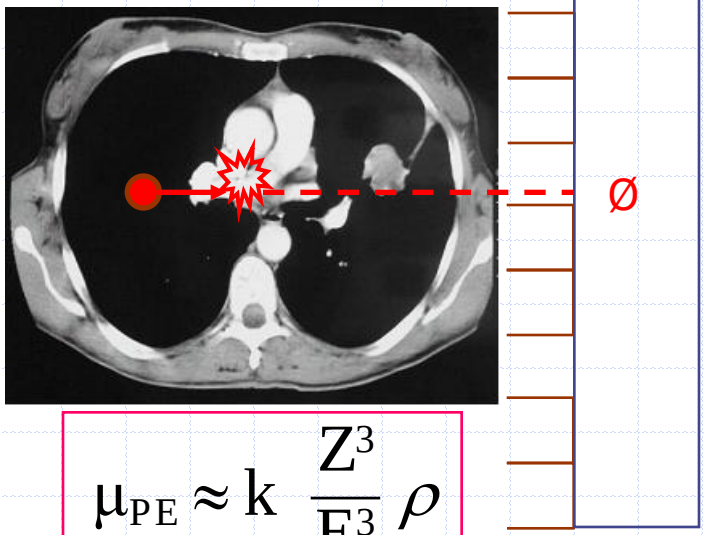




30'
5' en CZT

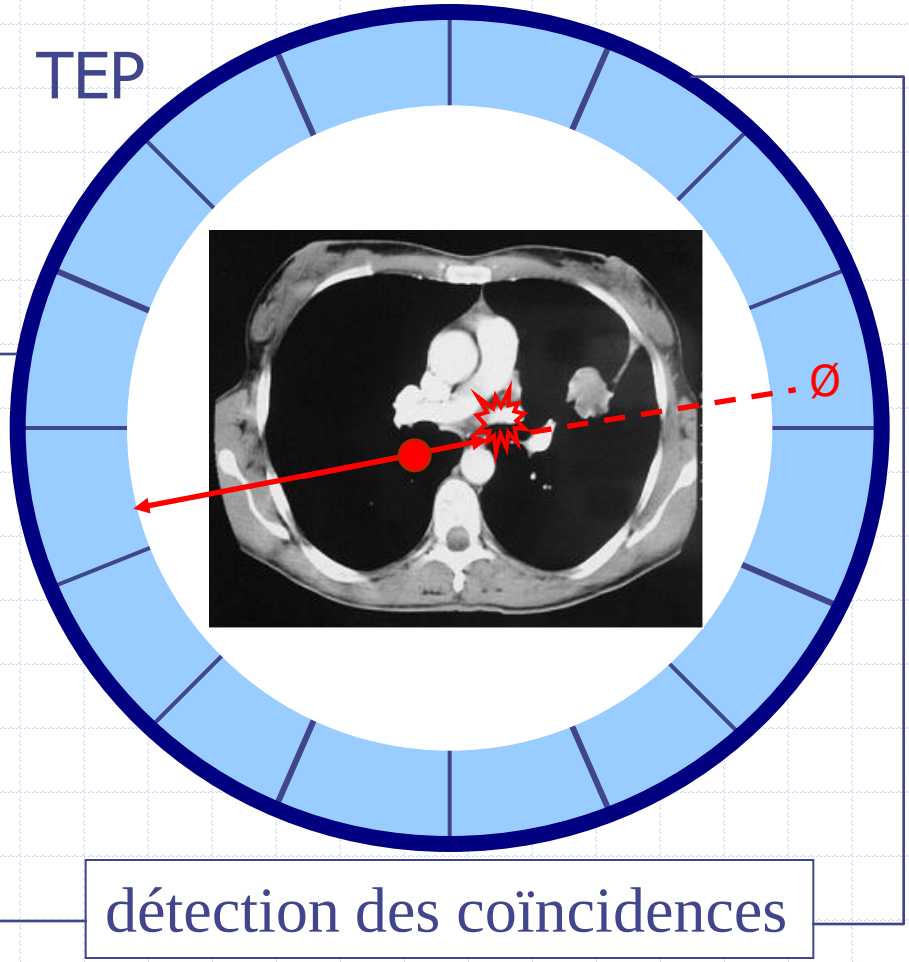
ATTENUATION PHOTO-ELECTRIQUE

TEMP



$$\mu_{PE} \approx k \frac{Z^3}{E^3} \rho$$

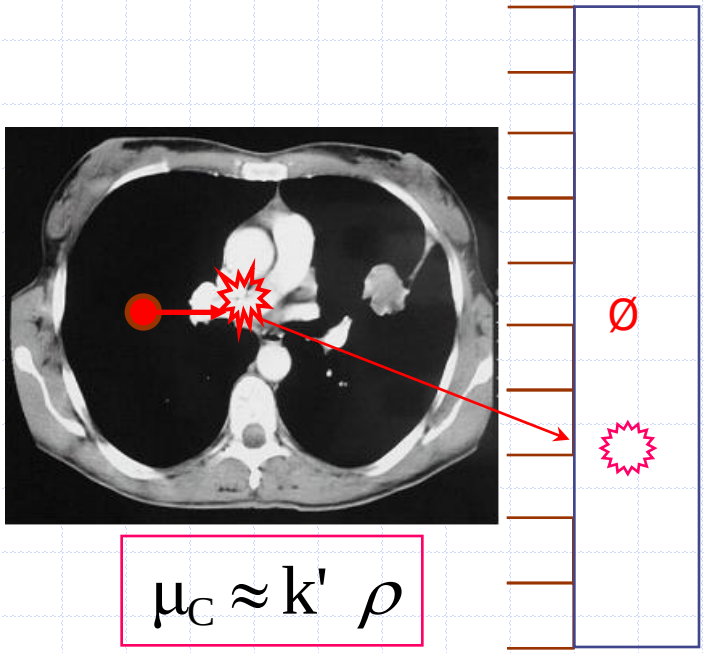
TEP



Mineur par rapport à l'atténuation Compton à 70-511 keV en scintigraphie

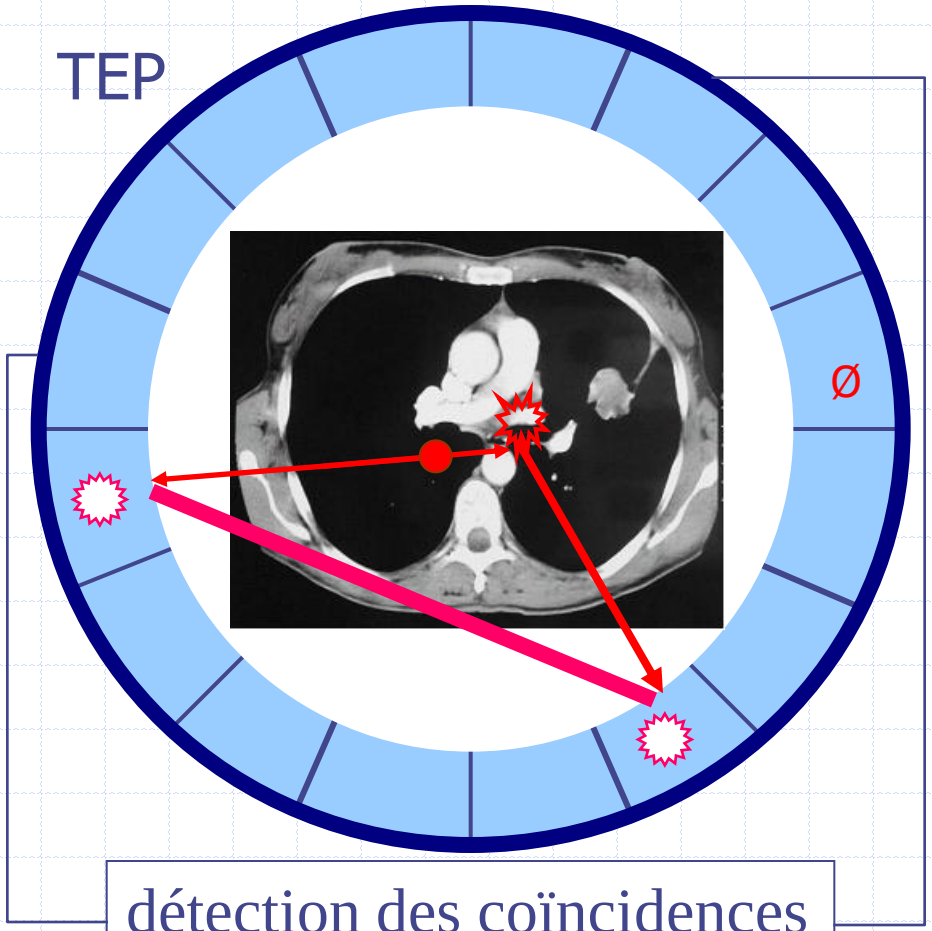
ATTENUATION COMPTON

TEMP



$$\mu_C \approx k' \rho$$

TEP



Mode d'atténuation majeur en scintigraphie (70-511 keV)

ATTENUATIONS (C et PE)

E (keV)	CDA_{eau} (cm)	$2^{-30/CDA}$
70	3	0,1 %
511	7	5 %

Flou

Sous-estimation des activités profondes



$$\mu_C \approx k' \rho$$

$$\mu_{PE} \approx k \frac{Z^3}{E^3} \rho$$

La correction nécessite la connaissance des ρ traversés

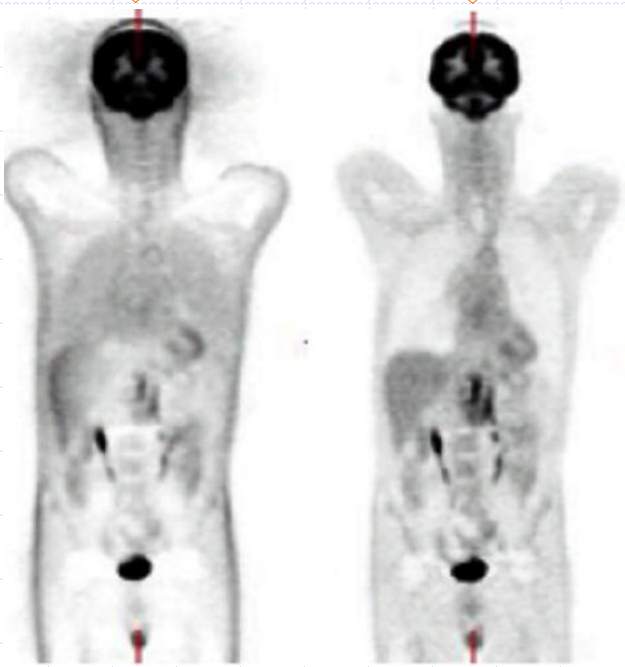
CORRECTION DE L'ATTENUATION

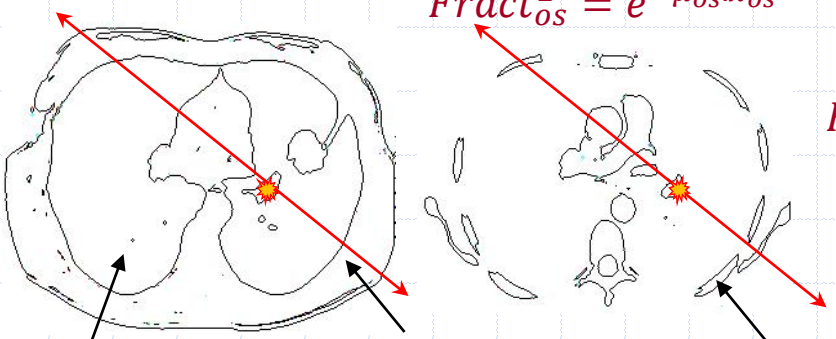


Identification de 3 phases par seuillage de la TDM

projections brutes

projections multipliées par $e^{\mu_{air}.x_{air}+\mu_{mou}.x_{mou}+\mu_{os}.x_{os}}$





$$Fract_{os}^{2} = e^{-\mu_{os}.x_{os}^{2}}$$

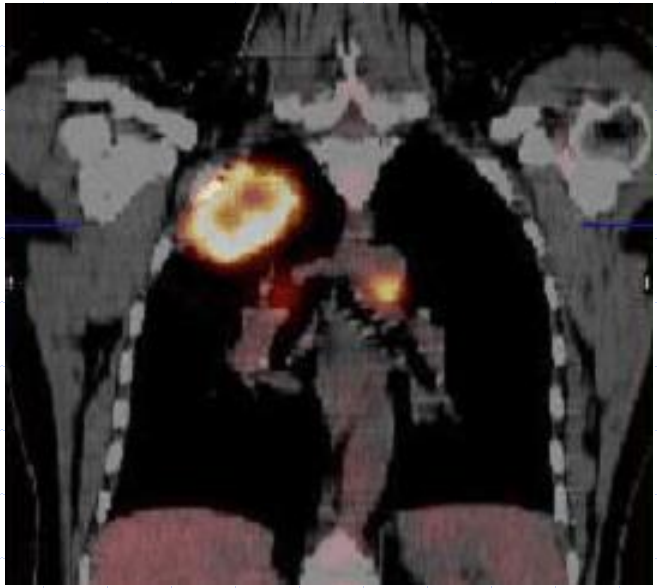
$$Fract_{os} = e^{-\mu_{os}.x_{os}}$$

$$x_{os} = x_{os}^{1} + x_{os}^{2}$$

$$Fract_{os}^{1} = e^{-\mu_{os}.x_{os}^{1}}$$

IMAGERIE MULTIMODALE CORRIGEE

- **Correction d'atténuation**
- **Localisation anatomique**

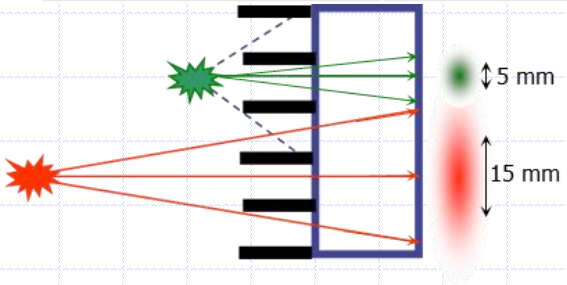


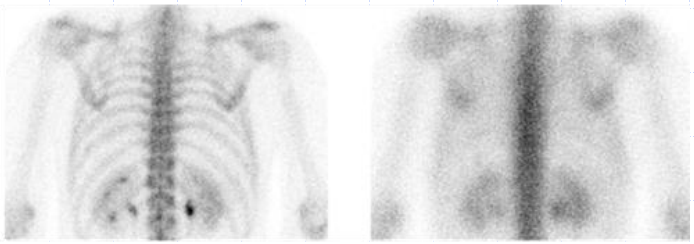


Interprétation multimodale

IMAGERIE SPECT et PET :

	SPECT	PET
ACQUISITIONS	PLANAIRE (sauf CZT dédiée) TOMOGRAPHIQUE	TOMOGRAPHIQUE
MODES	FOCALISE / CORPS ENTIER DYNAMIQUE (film) SYNCHRONISE (ECG, RESPIRATION)	
CORRECTION ATTENUATION	moyenne géométrique en planaire difficile par CT en tomographie	facile par CT
FWHM (résolution)	Planaire : 5 à 15 mm Tomographie : 15 mm (CZT 5 mm)	5 mm



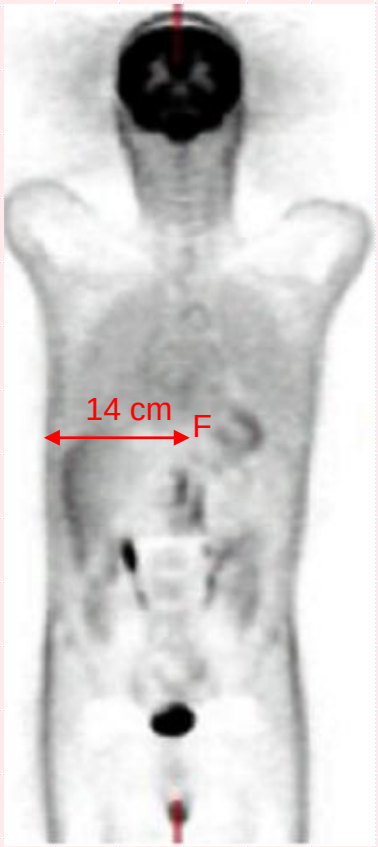


contact 50 cm

RAPPEL (EVP) :
Baisse de sensibilité
si Ø < 2 x FWHM

Annale 2° session 2021-2022

TEP ^{18}F-DG NC



1- Marqueur et traceur utilisé ? F18 / déoxyglucose

2- Rayonnement enregistré ? γ 511 keV en coïncidence

3- Deux phénomènes physiques qui dégradent l'image ? Photo électrique / Compton

4- Lequel domine, de quoi dépend-il principalement ? Compton ; masse volumique

5- CDA = 7 cm $\Rightarrow$ coef. Linéaique d'atténuation = ? $\mu = \ln 2/CDA = 0,7/7 = 0.1$ /cm = 10% /cm

6- % de γ issus de F non atténués ? 14 cm = 2.CDA $\Rightarrow N=N_0.2^{-x/CDA} = N_0/4 = 0,25.\ N_0$ soit 25%

7- % de désintégrations en F détectées sans atténuation ? Coïncidence: ¼ x ¼ = 1/16 = 6,3 %

8- Quelle imagerie / paramètre utiliser pour corriger ? CT ; masse volumique

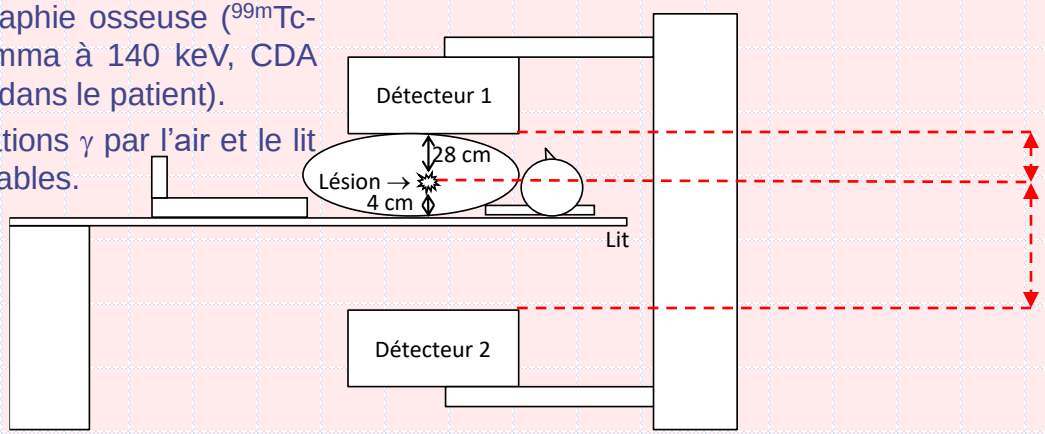
Donnée : ln 2 = 0,7

137 candidats ; Moyenne : 6/20 à Montpellier et Nîmes

Annale 1° session 2023-2024

Scintigraphie osseuse (^{99m}Tc-BP, gamma à 140 keV, CDA = 4 cm dans le patient).

Atténuations γ par l'air et le lit négligeables.



1- Deux modes physiques principaux d'atténuation des γ par les tissus du patient ? Lequel est prépondérant ? Représentez-les.

Compton > Photo-électrique

2- Résolution détecteurs 1 = 2 ?

Non: collimateur $\Rightarrow$ R dépend de la distance lésion-détecteurs, qui est différente.

3- I2/I1 = ?

$I = I_0 \times 2^{-x/CDA} \Longrightarrow I_1 = I_0/128$ et $I2 = I_0/2$: $I2/I1 = 64$

4- Tomographie : comment ?

En faisant tourner les détecteurs sur au moins 180°

5- Signification physiologique d'une hyperfixation ?

Activation des osteoblastes/remodelage osseux $\forall$ cause

402 candidats ; Moyenne : 9/20 à Montpellier et 7/20 à Nîmes

SYNTHESE 2

- Modes d'acquisition :
  - Planaire, dynamique, corps-entier,
  - tomographique, synchronisé
- Importance de l'effet de volume partiel
  - Détecteur proche du patient
  - Sous estimation de l'activité des structures < 2.FWHM
    - Soit Ø < 10 mm en TEP/CZT et 10 à 30 mm en TEMP
- Couplage à une TDM (scanner X) :
  - Pour correction des artefacts d'atténuation
  - Pour localisation anatomique
  - Pour interprétation multimodale

Principales scintigraphies diagnostiques

Reconnaître les captations physiologiques des traceurs en scintigraphie et tomographie par émission de positrons (TEP)

Identifiant	
Intitule	Reconnaître les captations physiologiques des traceurs en scintigraphie et tomographie par émission de positrons (TEP)
Domaine d'apprentissage	Iconographie
Compétence générique	Réfléxif

Identifier l'examen d'imagerie médicale pertinent pour le diagnostic/suivi d'une pathologie

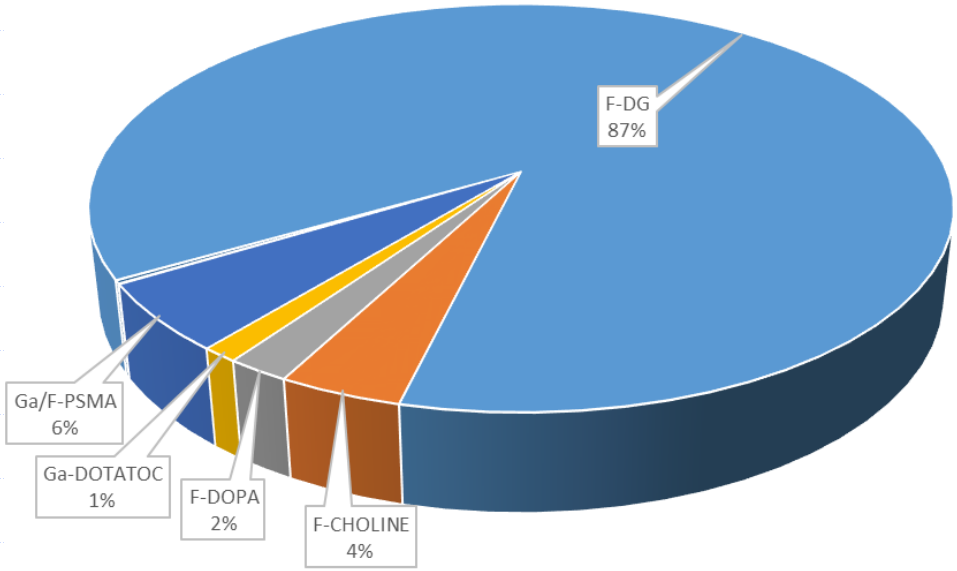
Identifiant	
Intitule	Identifier l'examen d'imagerie médicale pertinent pour le diagnostic/suivi d'une pathologie
Domaine d'apprentissage	Stratégie diagnostique
Compétence générique	Réfléxif

Catégorie : Attendu d'apprentissage

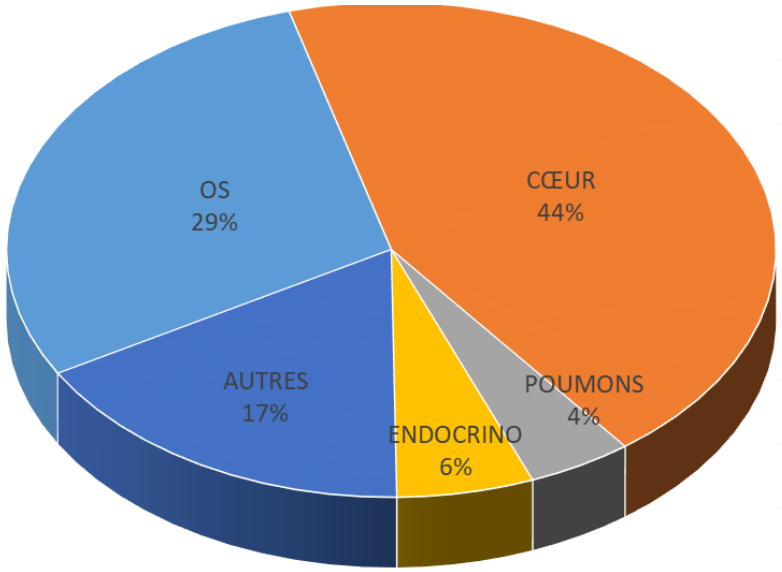
France, 2025 : 2,4 10^6 patients pris en charge

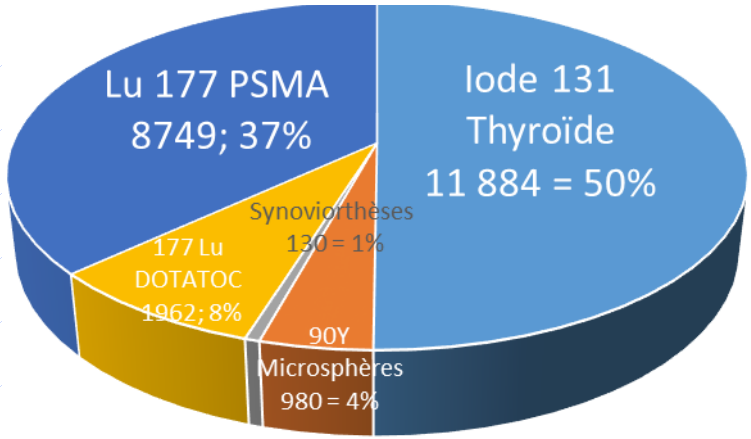
254 centres de médecine nucléaire
714 caméras: 2/3 TEMP + 1/3 TEP
770 médecins nucléaires thésés
9420 patients pris en charge / jour

1 087 429 TEP (47%, 4 350/j)



1 243 544 TEMP (53%, 4 974/j)





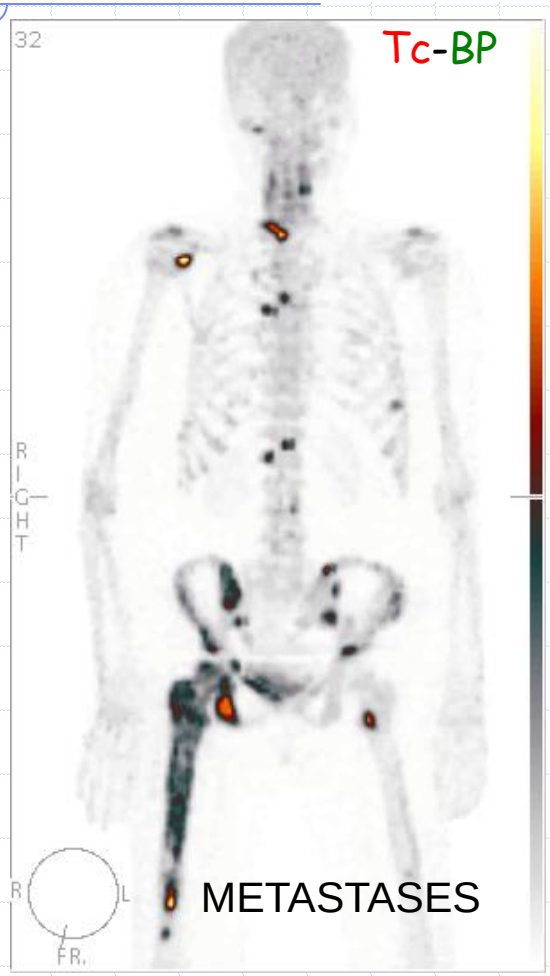
THERAPIE : 23 705 patients (95/j)

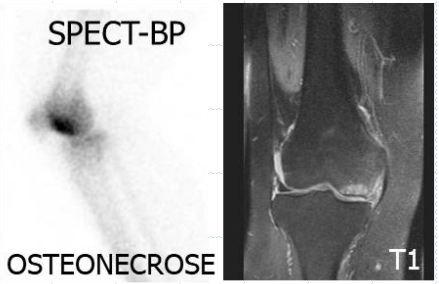
https://www.cnp-mn.fr/sfmn-accueil/enquete_nationale_annuelle/

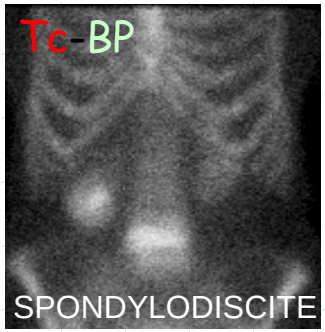
DEROULEMENT DE L'EXAMEN

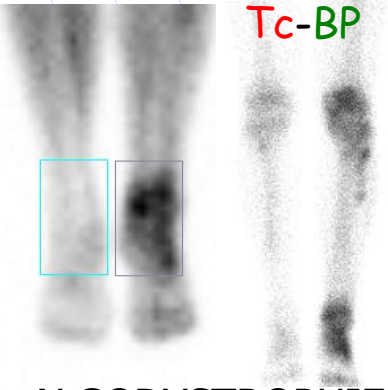
- ACCUEIL, INFORMATION ET PERFUSION DU PATIENT
- ADMINISTRATION DU RADIOTRACEUR
  - Parfois sensibilisée par une épreuve d'effort, une médication…
- SOUVENT ATTENTE DE LA METABOLISATION DU TRACEUR
  - Sans délai : perfusion myocardique, excrétion tubulaire rénale, scintigraphies pulmonaires, …
  - 15' (Thyroïde, ventriculographie), 30' (TEP NEURO), 1 h (TEP),
  - 3h (OS, DMSA), 24h (PN, MIBG)…
- ACQUISITION DES IMAGES : 10-45'
- TRAITEMENT DES IMAGES ET INTERPRETATION (30')
- CONSULTATION MEDICALE (PRE ANNONCE)

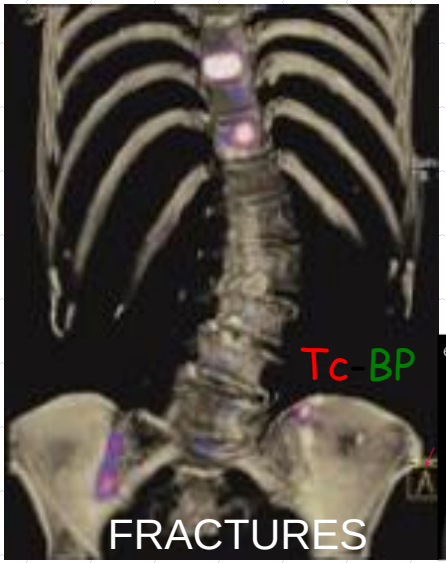
SCINTIGRAPHIE OSSEUSE au ^{99m}Tc-BP : REMODELLEMENT OSSEUX

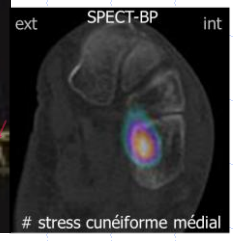




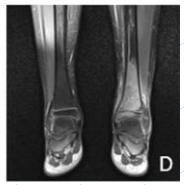


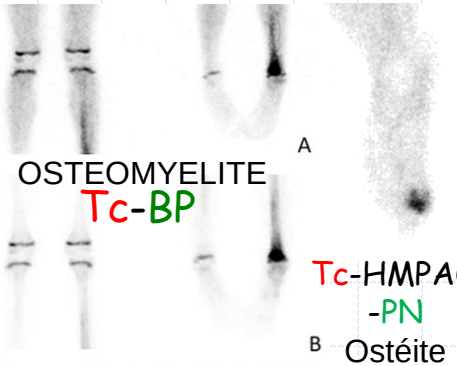












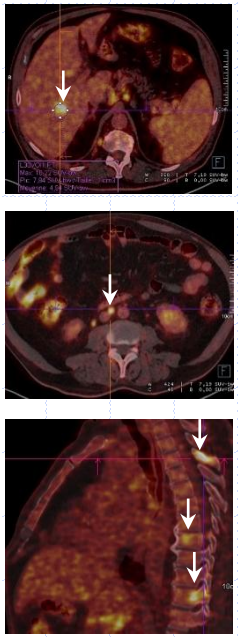
Tc-HMPAO -PN
Ostéite hallux

Indications: fracture, algodystrophie, tumeur, infection, nécrose, arthrite…

TEP au ^{18}F-DG : INFLAMMATIONS & INFECTIONS

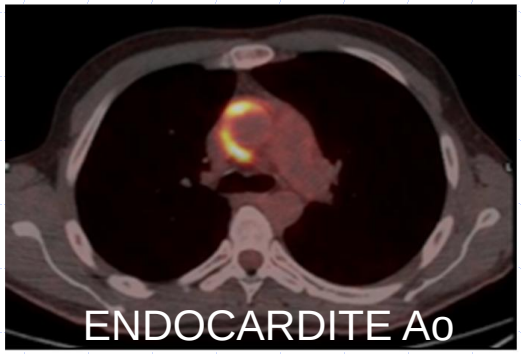


SPONDYLITE A BRUCELLA

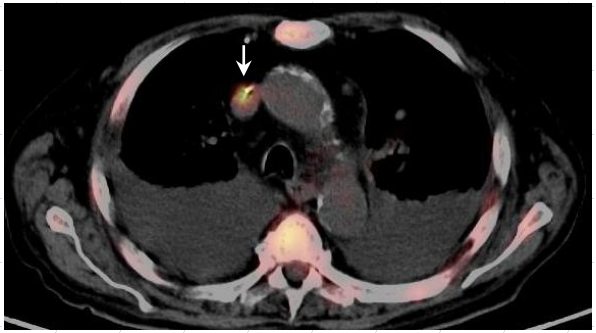




SARCOIDOSE

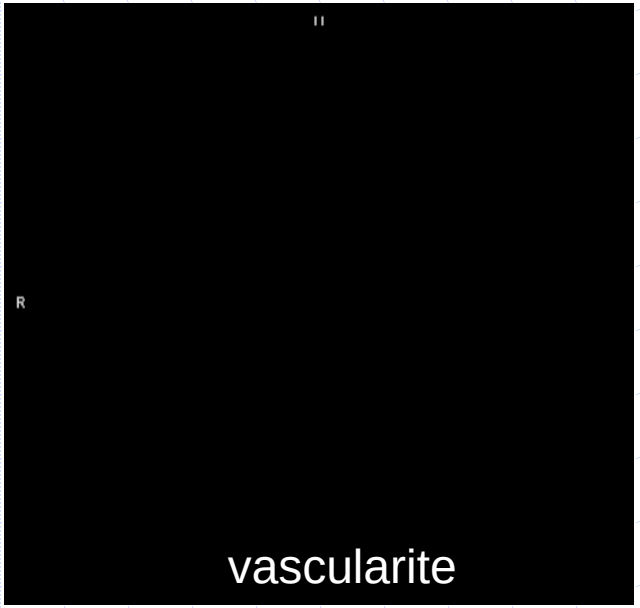


ENDOCARDITE Ao



INFECTION Kt VCS

Mécanisme :
Inflammation ⇒ ↗ des récepteurs au glucose



vascularite

Annale 2° session 2020-2021

1- Quel vecteur/marqueur en scintigraphie osseuse gamma ?

BP / ^{99m}Tc

2- Signification d'une hyperfixation osseuse en SPECT osseuse ?

Remodelage osseux

3- 2 intérêts du CT en SPECT-CT ?

Correction d'atténuation, localisation anatomique

4- Déroulement de l'examen ?

Injection MRP / (images précoces)/ Attente 3h / images tardives

127 candidats ; Moyenne : 13/20 à Montpellier et 11/20 à Nîmes

Annale 1° session 2022-2023

Un jeune marathonien de 20 ans se plaint d'une douleur du pied focale, persistante, apparue subitement après une course, majorée par la pression et la palpation. Vous avez déjà prescrit une radiographie du pied qui ne met pas en évidence de fracture, et un bilan biologique qui ne montre pas d'inflammation. Vous souhaitez compléter le bilan d'imagerie par un examen aussi sensible que possible à la recherche de petites fractures ou fissures non détectées sur l'imagerie radiologique standard.

1- Quel appareil d'imagerie ?
2- Quelle résolution au contact / en mode tomographique ?
3- Quel vecteur / marqueur ?
4- Délai administration du traceur – imagerie ?
5- Quelle fonction détermine le contraste ?
6- Taille minimale d'une lésion détectée à 100% en SPECT ?
7- Pourquoi 100% de sensibilité / fissure millimétrique ?

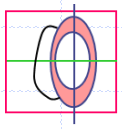
SPECT-CT
5 / 15 mm
Biphosphonates / ^{99m}Tc
3 heures
Remodelage osseux / ostéoblastes
2.R = 3 cm
Activation ostéoblastes intense sur une zone plus étendue

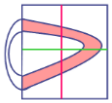
367 candidats ; Moyenne : 12/20 à Montpellier et à Nîmes

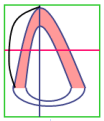
SCINTIGRAPHIE MYOCARDIQUE au ^{99m}Tc-CL :

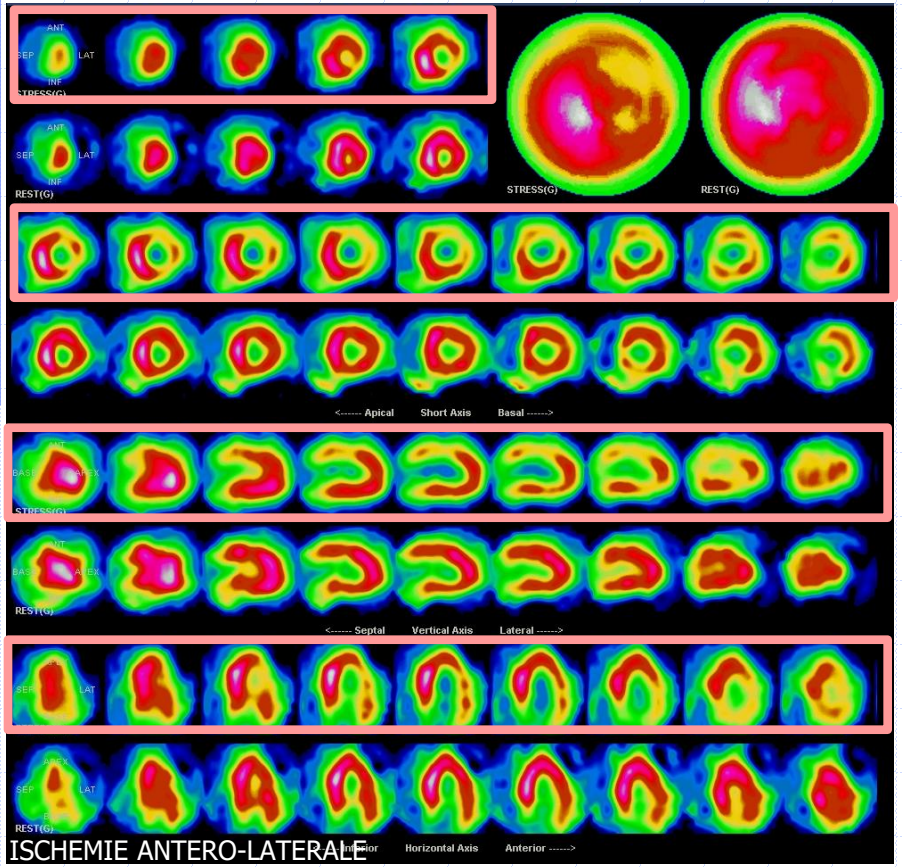
PERFUSION MYOCARDIQUE

Traceurs : ^{99m}Tc -CATION LIPOPHILE (MIBI ou TETROFOSMINE)

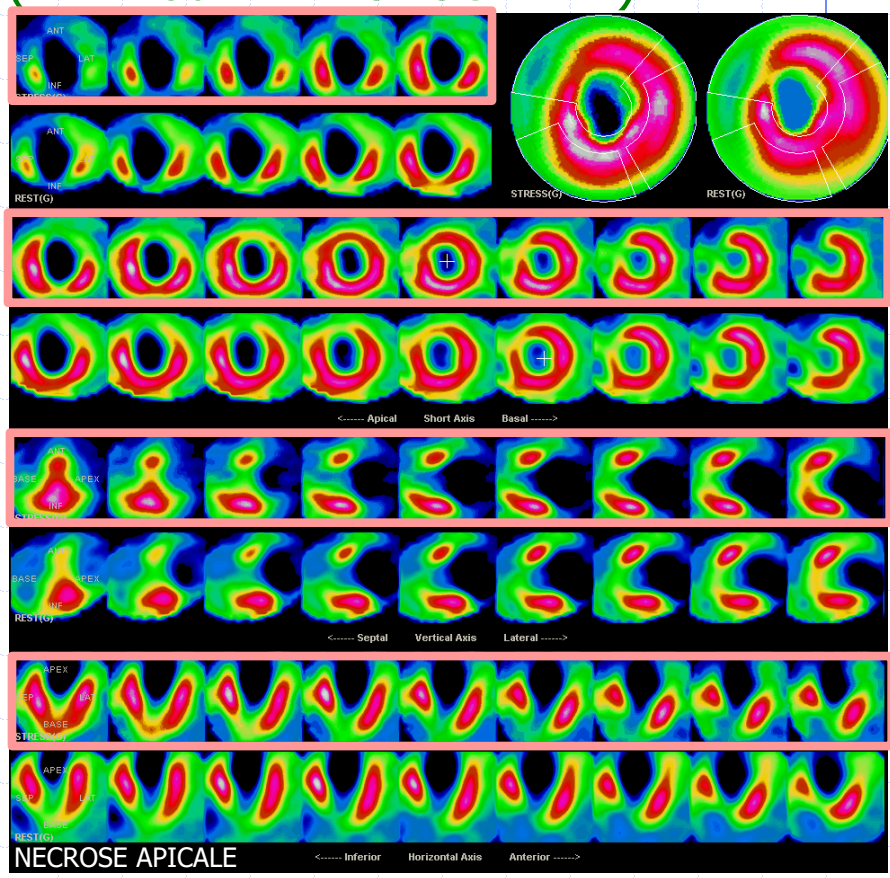








ISCHEMIE ANTERO-LATERALE

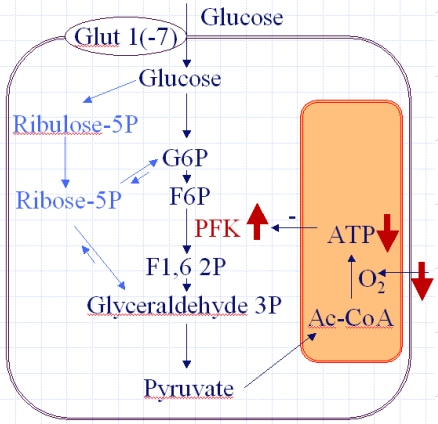


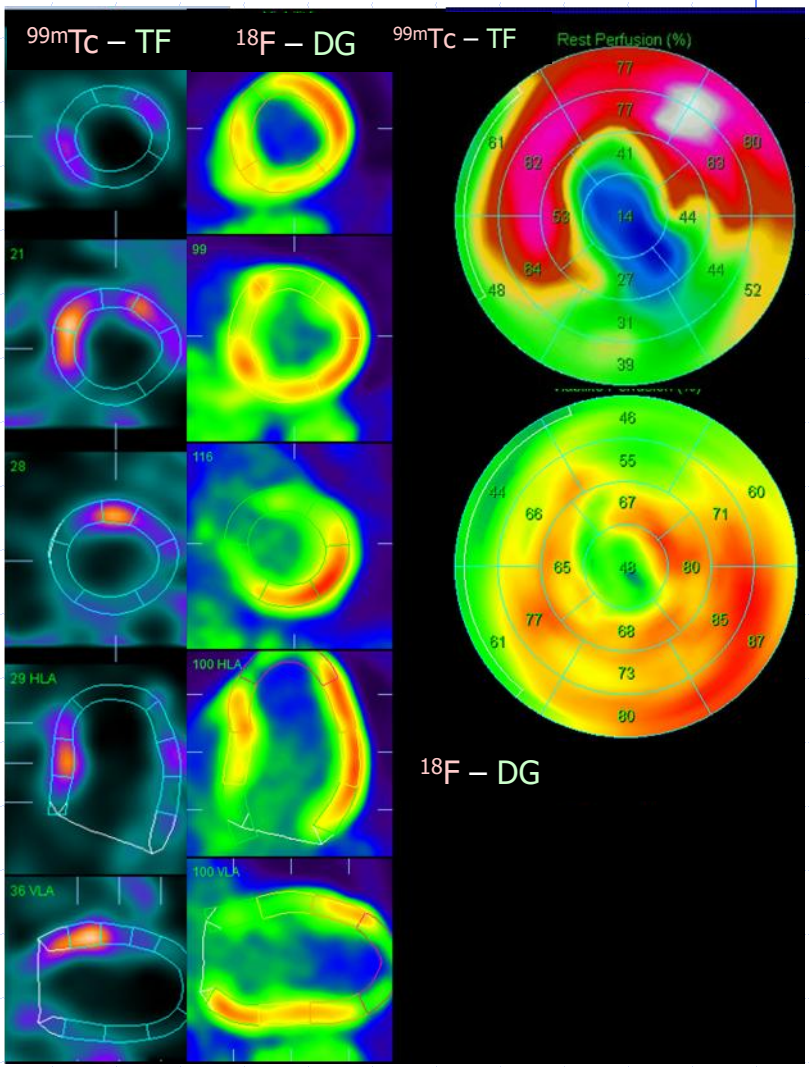
NECROSE APICALE

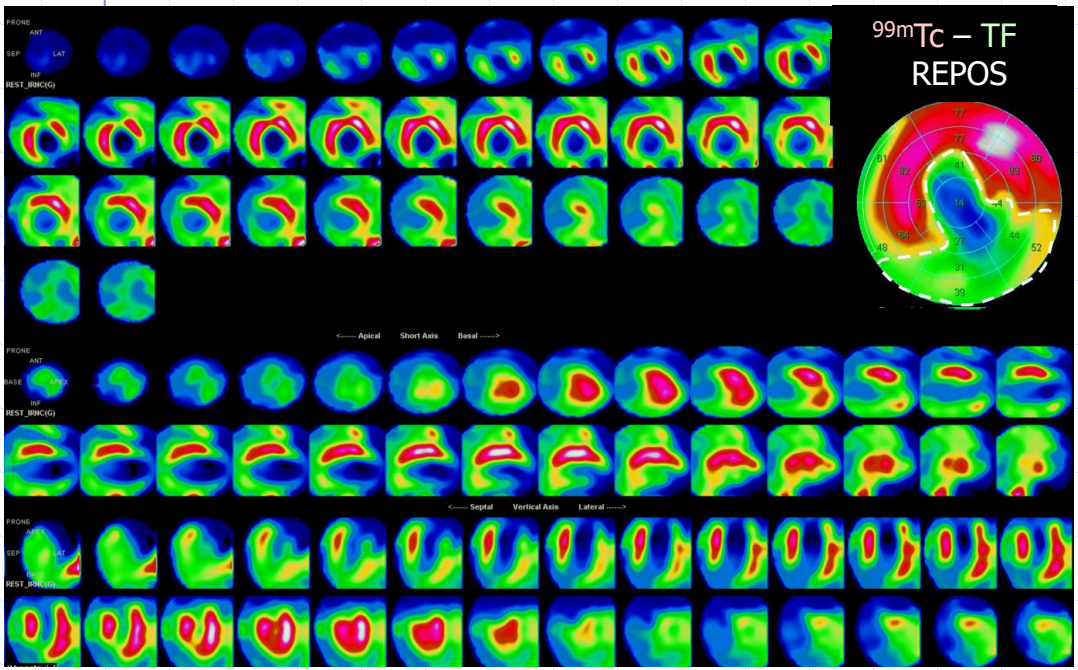
A jeun **de <u>CAFE, THE, CHOCOLAT, RICORE, COLA, BANANE</u>** depuis 24h

Indications : coronaropathies (dépistage DNID, HIV, diagnostic, suivi, pré-op…)

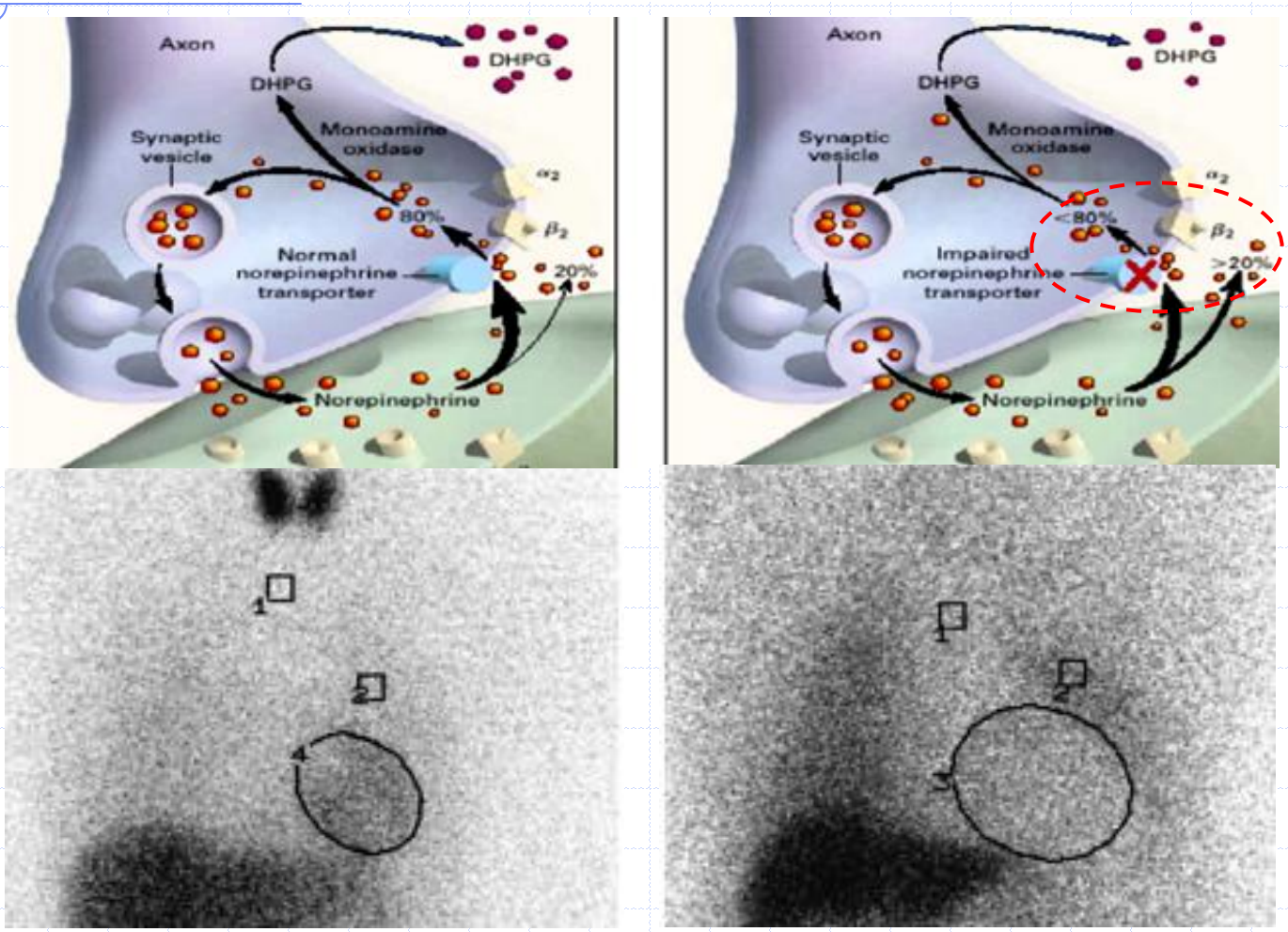
TEP au ^{18}F-DG : VIABILITE MYOCARDIQUE







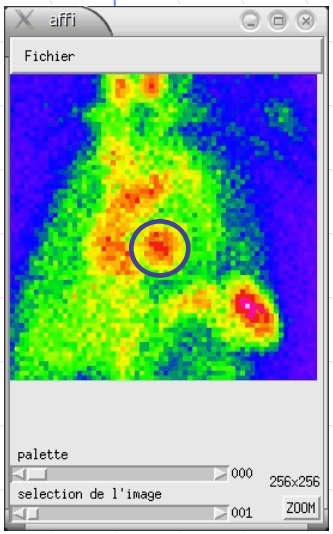
SCINTIGRAPHIE D'INNERVATION MYOCARDIQUE A LA ^{123}I-MIBG



MIBG - ^{123}I
Traceur des neurones adrénergiques viables

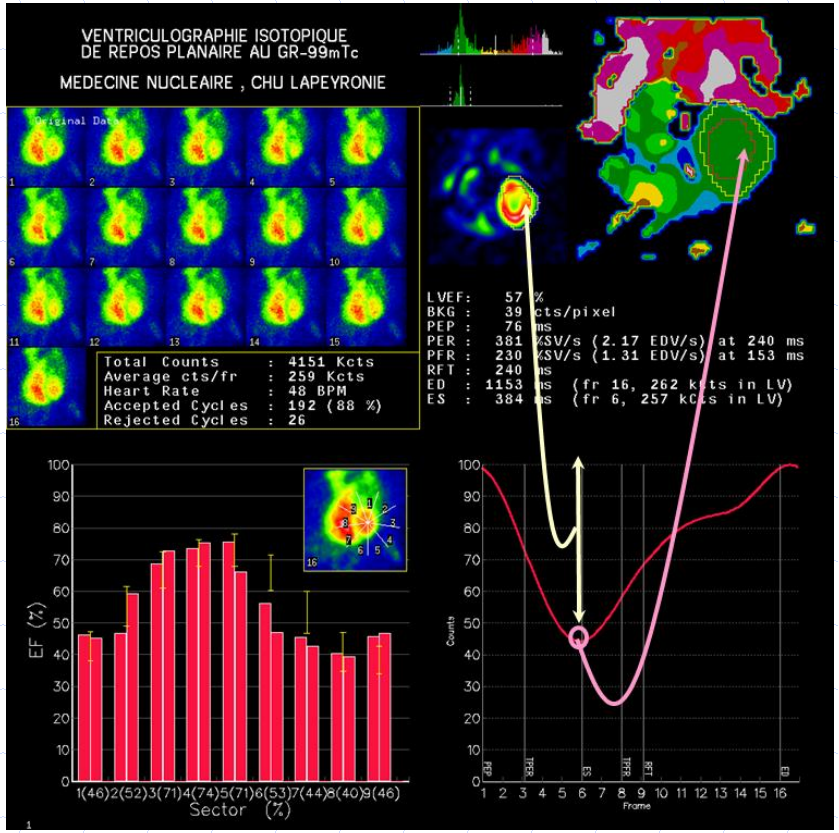
Indications : insuffisance cardiaque

VENTRICULOGRAPHIE ISOTOPIQUE AU ^{99m}Tc-HEMATIES

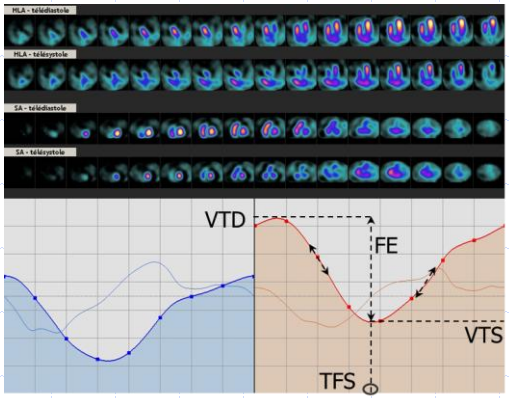


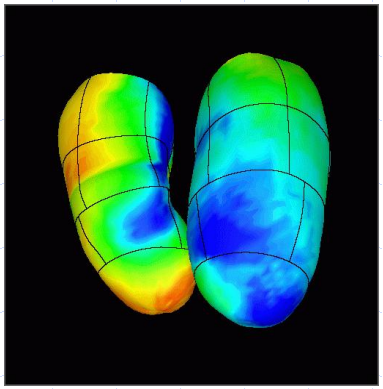
HEMATIE – ^{99m}Tc

Traceur du volume sanguin









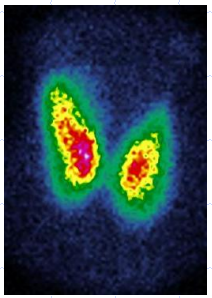
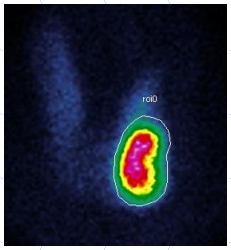
Indication : Suivi de la FEVG en surveillance de la survenue d'une insuffisance cardiaque lors d'un traitement cardio-toxique (chimiothérapies)

SCINTIGRAPHIE THYROIDIENNE AU ^{99m}Tc : ETIOLOGIE D'UNE HYPETHYROIDIE

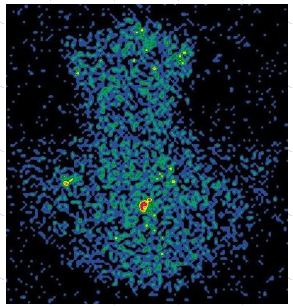
TSH ↓

SCINTIGRAPHIE THYROIDIENNE (^{99m}Tc ou ^{123}I)

Hyperfixation

- homogène
  - Basedow
  - 
- focale
  - Nodule toxique
  - 

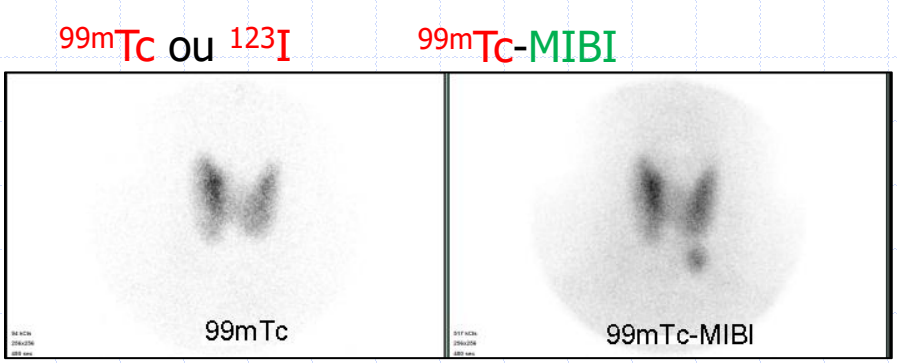
Hypofixation

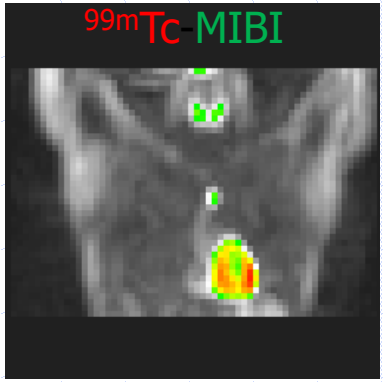


- Thyroïdite Sub-aigüe
- Surcharge iodée
  - alimentaire
  - Iatrogène Type 1 ou 2

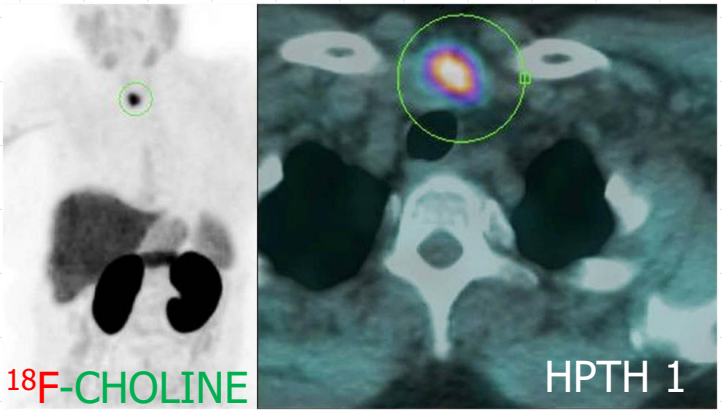
SCINTIGRAPHIE PARATHYROIDIENNE : ETIOLOGIE D'UNE HYPEPARATHYROIDIE

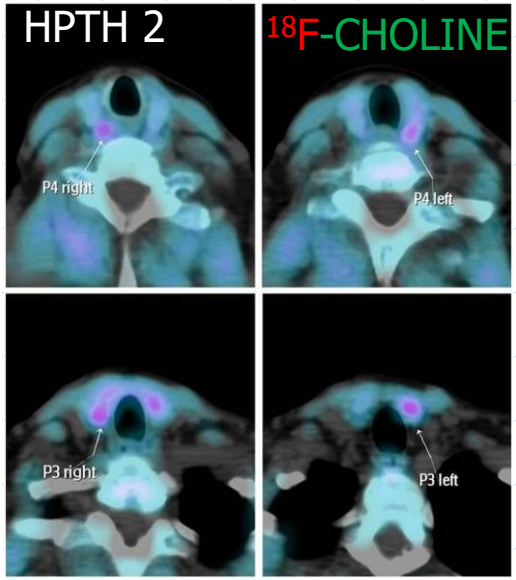
- SPECT au (^{99m}Tc ou ^{123}I) versus ^{99m}Tc-MIBI



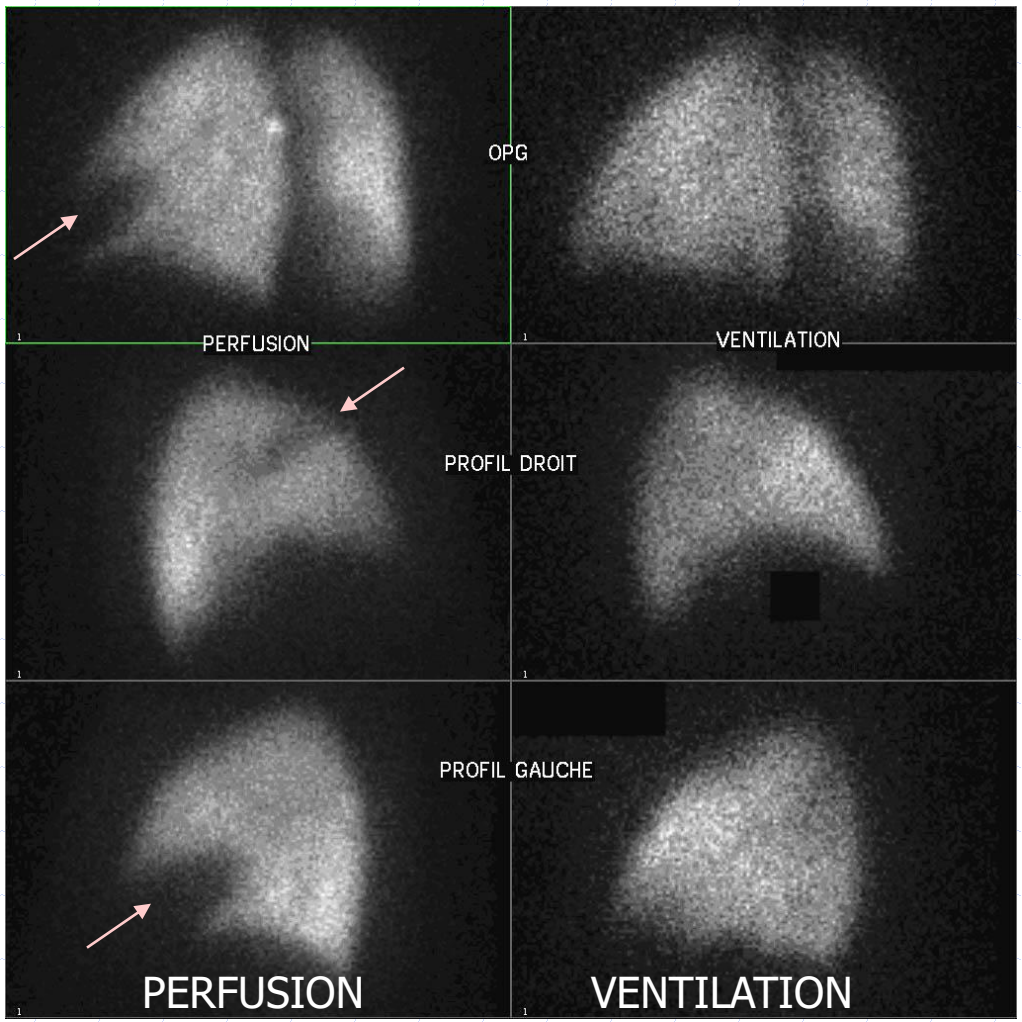


- PET à la ^{18}F-CHOLINE





SCINTIGRAPHIE PULMONAIRE : EMBOLIE PULMONAIRE, HTAP



EMBOLIE PULMONAIRE
(Lingula et segment antérieur du LSD)

Annale 1° session 2024-2025

Vous posez une indication de scintigraphie pulmonaire à la recherche d'une embolie pulmonaire chez une femme enceinte depuis 7 mois. Le médecin nucléaire que vous contactez vous précise que cet examen conduira à une dose efficace de 2 mSv corps entier à la patiente et à une dose absorbée corps-entier de 0,5 mGy pour le fœtus.

1- Comment le MN évalue-t-il ces doses ?

2- De quels paramètres dépend cette évaluation ?

3- Danger de malformation fœtale ou de fausse couche ?

4- Danger pour la patiente ?

5- Marqueur et vecteur en scintigraphie pulmonaire de perfusion, anomalie recherchée ?

99mTc/Macro agrégats d'albumine ; obstruction d'une branche de l'artère pulmonaire

6- Marqueur et vecteur en scintigraphie pulmonaire de ventilation, anomalie recherchée ?

99mTc/aérosol ; hypoventilation dans une bronche (qui n'oriente pas vers une EP)

Moyenne : 9,7/20 (51% < 10/20) à Montpellier (283 candidats) et 7,4/20 (87% < 10/20) à Nîmes (138 candidats)

Annale 2° session 2024-2025

Vous posez une indication de scintigraphie pulmonaire à la recherche d'une embolie pulmonaire chez une femme enceinte depuis 7 mois. Le médecin nucléaire que vous contactez vous précise que cet examen conduira à une dose efficace de 2 mSv corps entier à la patiente et à une dose absorbée corps-entier de 0,5 mGy pour le fœtus et que la résolution des images (FWHM) est de 10 mm dans un champ de vue de 50 cm x 50 cm.

1- Dose efficace CE au fœtus, qu'est-ce-que cela mesure ?

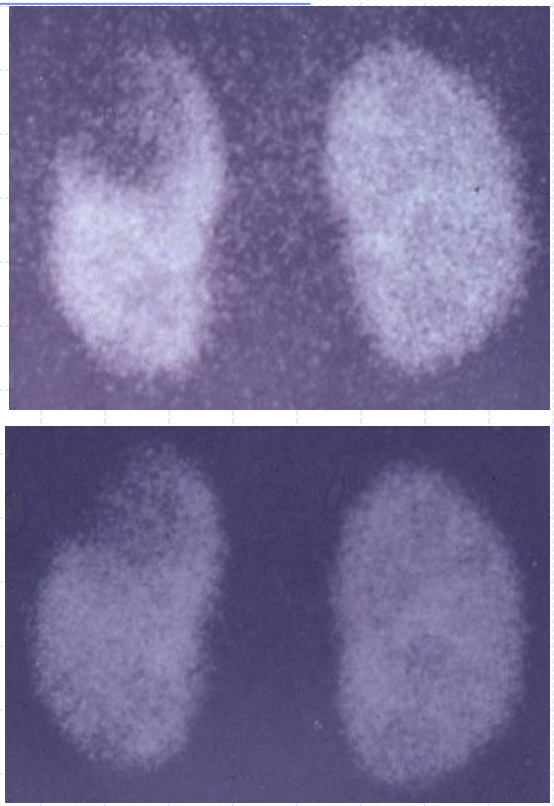
2- Mode d'acquisition scintigraphique ? Planaire (ou en projection)

3- Nombre de pixels par côté pour les scintigraphies ? d = FWHM/2 = 5 mm ; 500/5 = 100 pixels

4- Déterminant du contraste en échographie des membres inférieurs ? Variation (interface) de densité

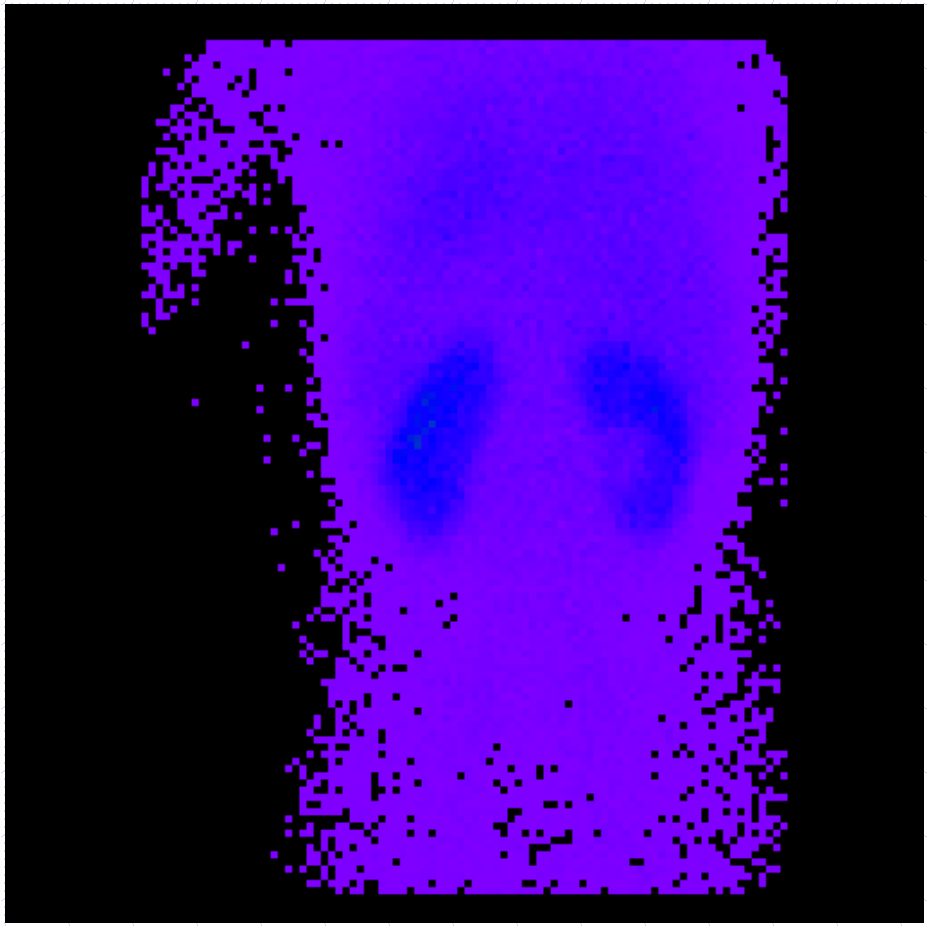
5- Que recherche-t-on sur une échographie doppler des membres inférieurs ? Obstruction veineuse (phlébite)

SCINTIGRAPHIE RENALE : PYELONEPHRITE, OBSTACLE, HTA



^{99m}Tc-DMSA

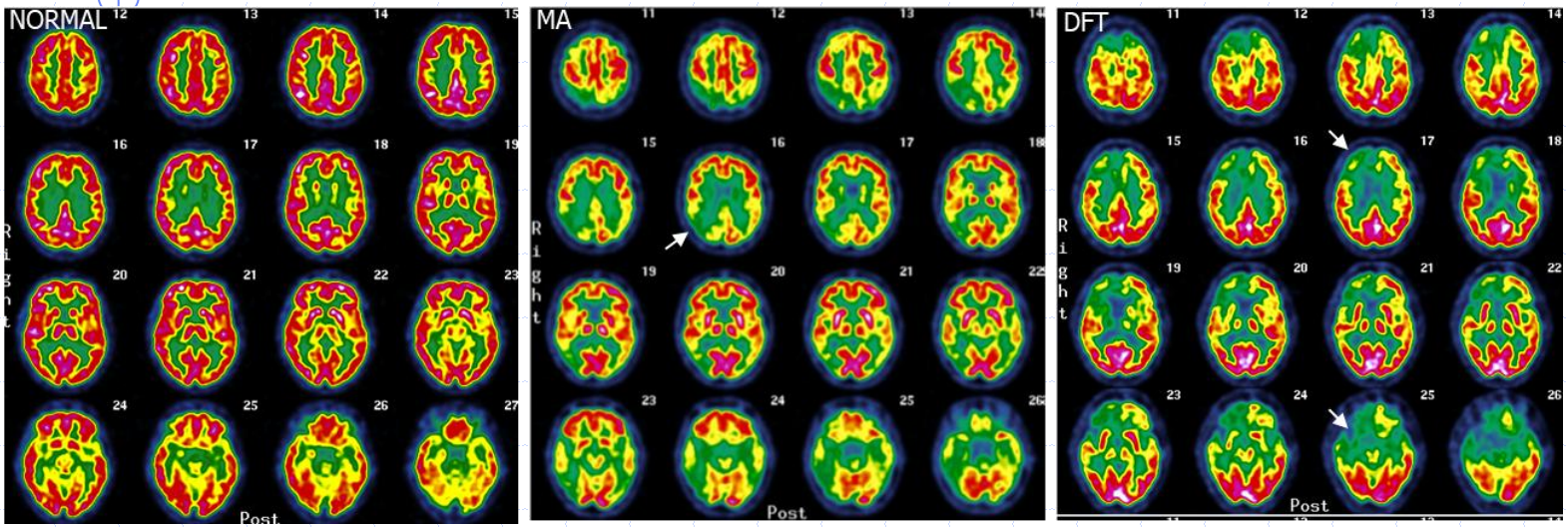
Perfusion corticale : Pyélonéphrite



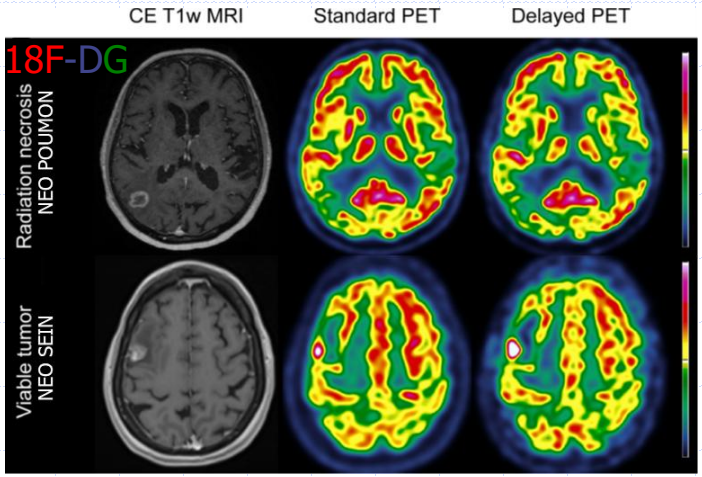
^{99m}Tc-MAG 3

Sécrétion tubulaire : obstacles à l'excrétion urinaire, HTA réno-vasculaire…

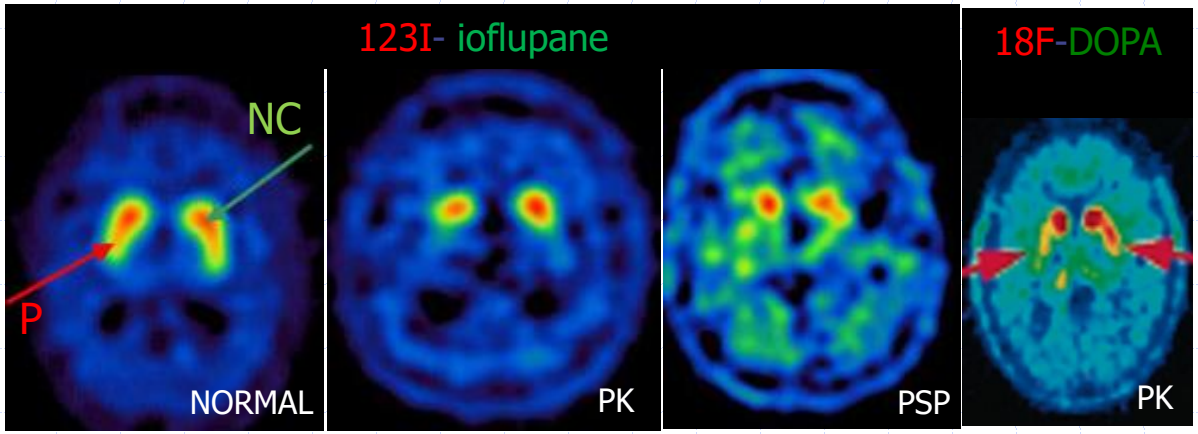
TEP et TEMP CEREBRALES



Démences neuro-Dégénératives
18F-DG

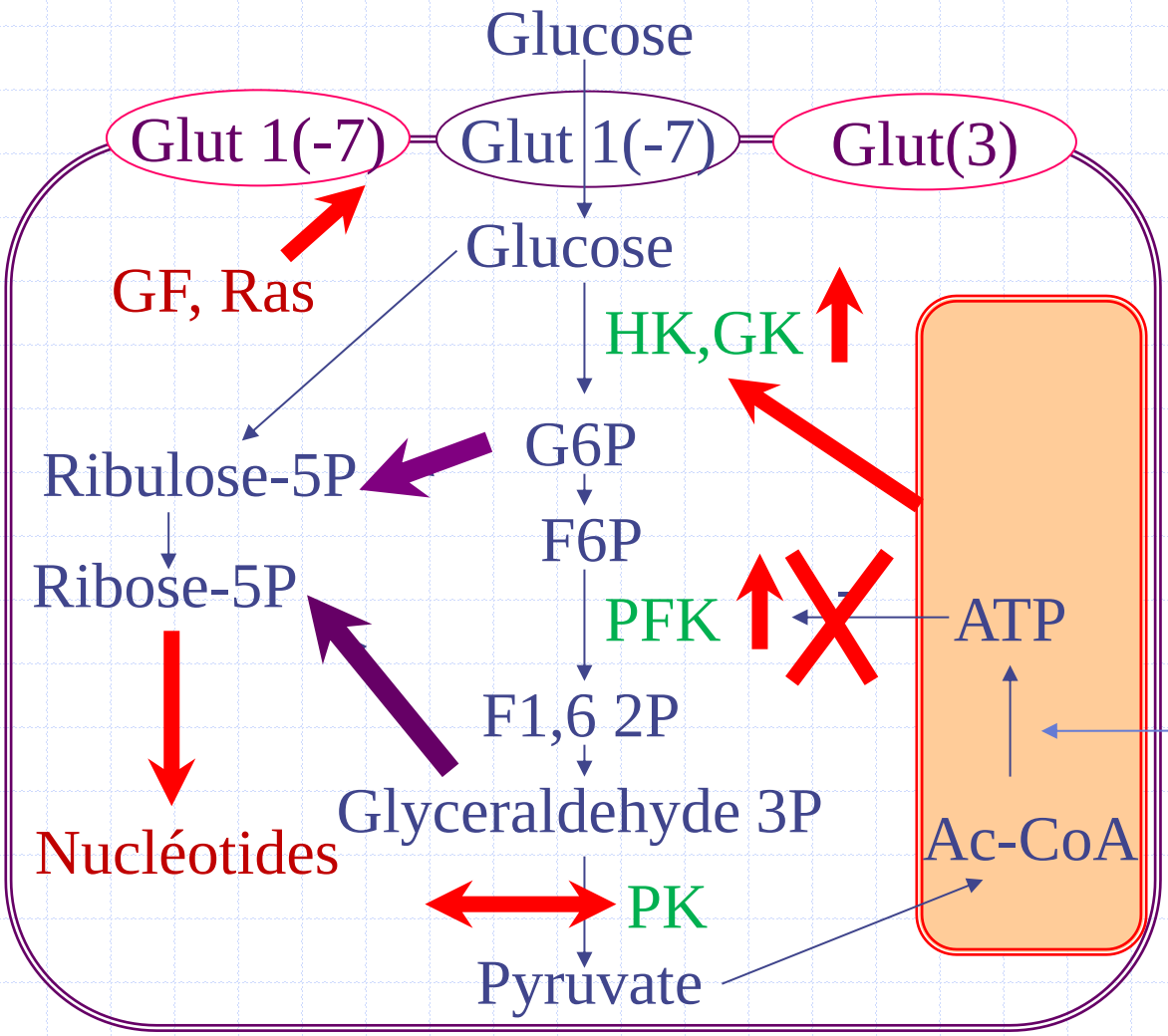


Séquelle de RT vs récidive



Parkinson

TEP au ^{18}F-DG : Dic, BE,SUIVI DES CANCERS PEU DIFFERENCIES



HYPERFIXATION
du ^{18}FDG si :

Hypoxie

Inflammation

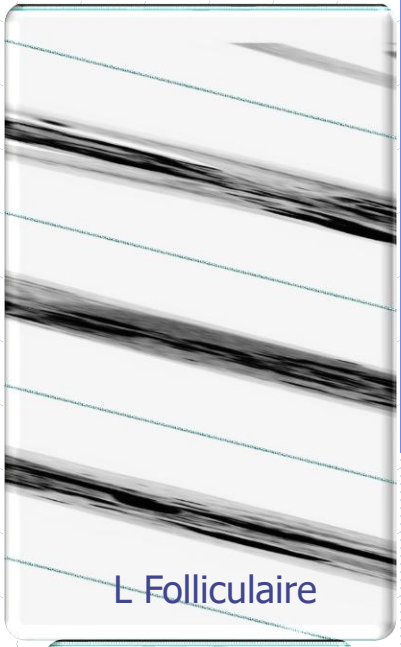
Cancer peu différencié

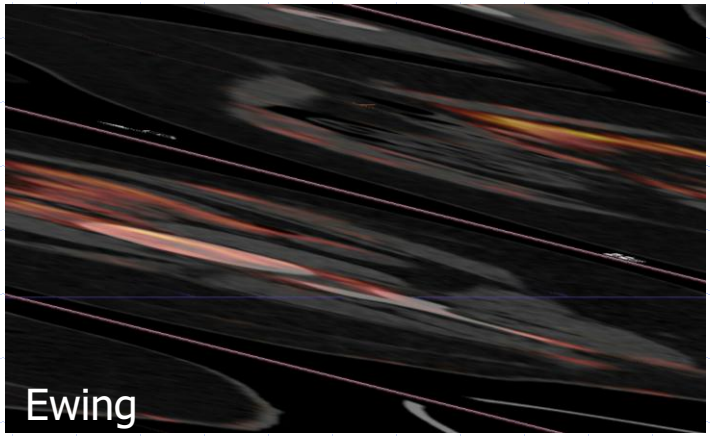
O_2

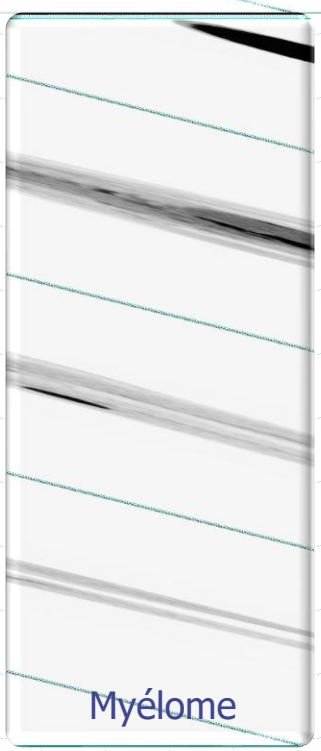
$$SUV = \frac{C_{pixel}(Bq/L)}{A_{inj}(Bq)/V(L)}$$

TEP au ^{18}F-DG : ONCO-HEMATOLOGIE

- Lymphomes (H,F,BDGC,M,T)
  - Hodgkin, folliculaire, B, T, manteau
- Myélomes
- Sarcomes
  - Osseux (Ewing, ostéosarcome, chordome)
  - Tissus mous (Rhabdomyosarcome, endomètre)

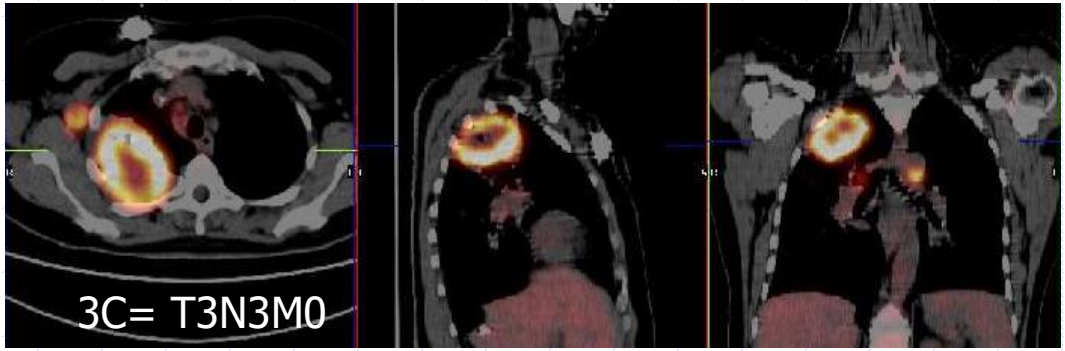


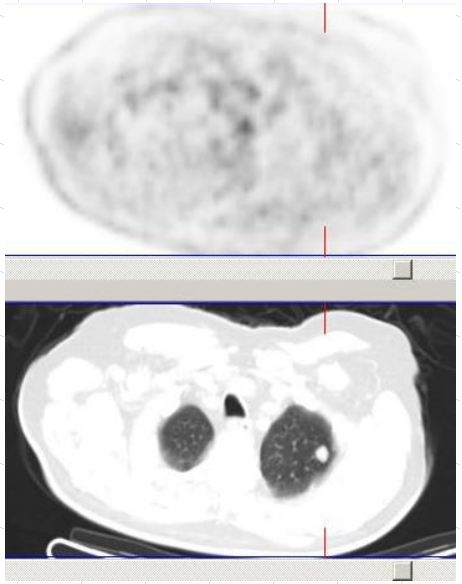




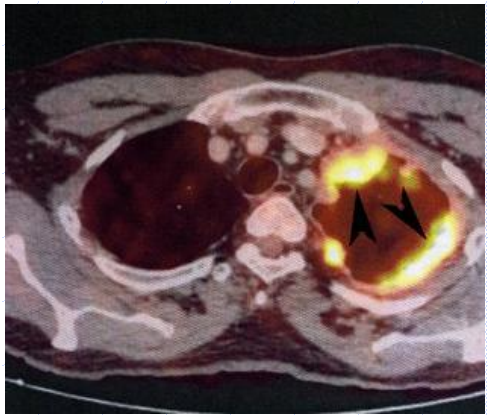
TEP au ^{18}F-DG : ONCO-PNEUMOLOGIE ET THYMUS

- Carcinomes bronchiques (NPC, PC, GC)





- Mésothéliome



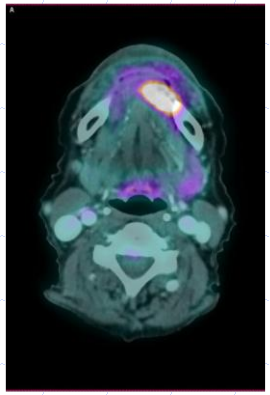
- Tumeurs thymiques

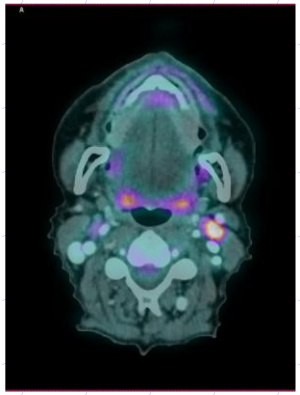


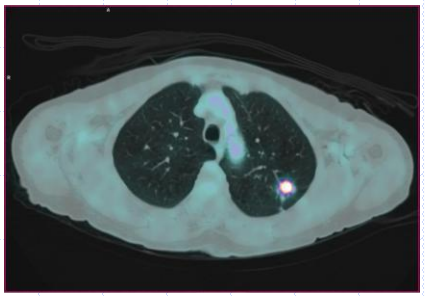
TEP au ^{18}F-DG : ONCO-ORL

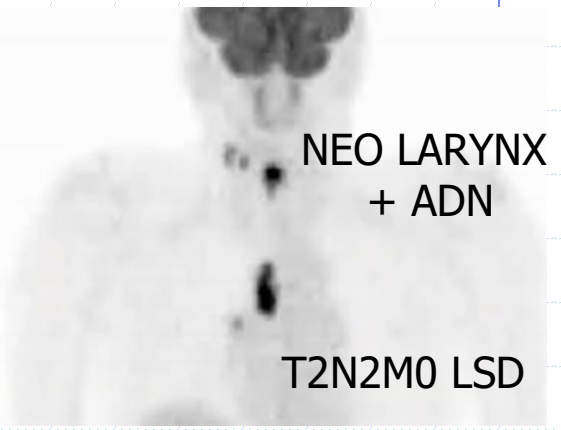
- VADS (cancers synchrones) et GG sans I



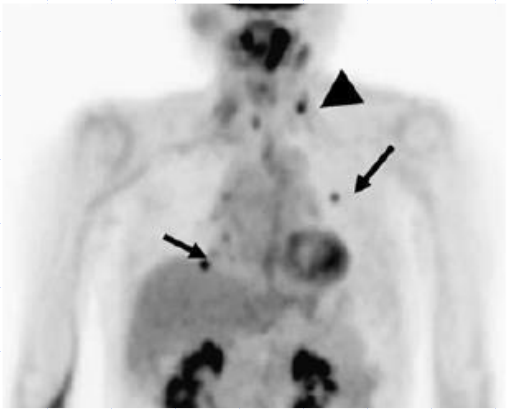






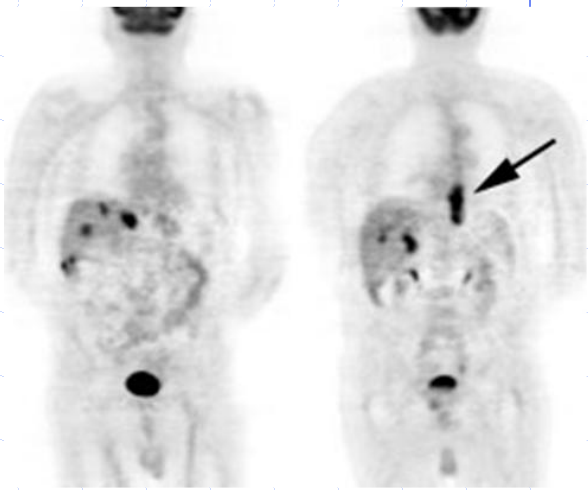


- Thyroïde
  - Si anaplasique, peu ≠, étendus (Tg↑)

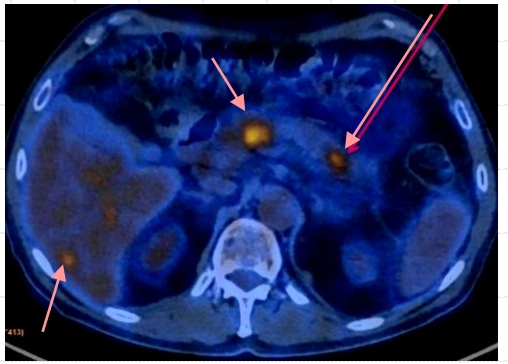


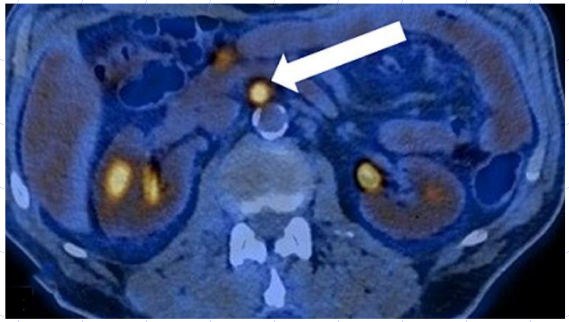
Post ^{131}I sur C. papillaire
T3N1 opéré, Scinti ^{131}I N

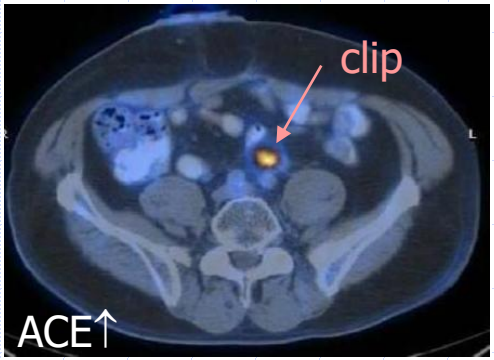
TEP au ^{18}F-DG : ONCO-DIGESTIF

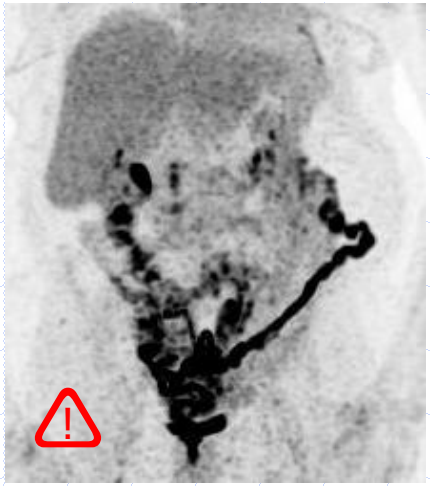


- Œsophage et estomac
- ADK Pancréas
- Hépato & cholangio-K,VB
  - TEP à la ^{18}F – Choline
- Colo-rectal, anal



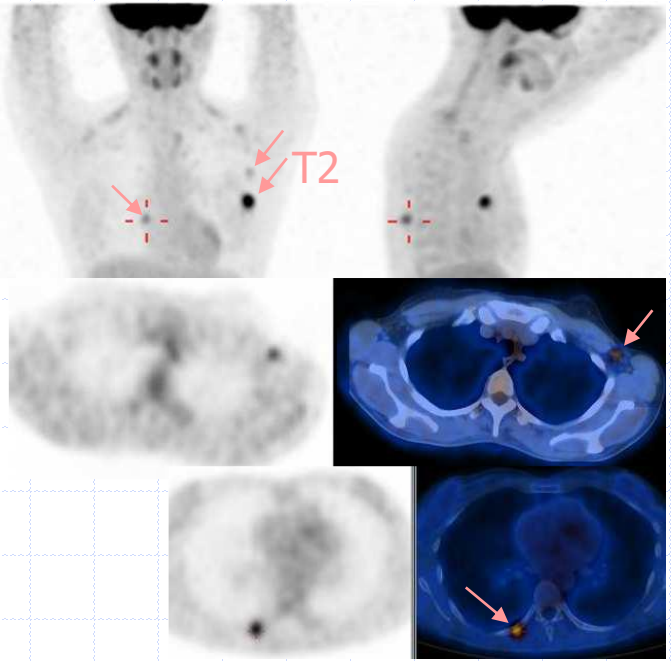


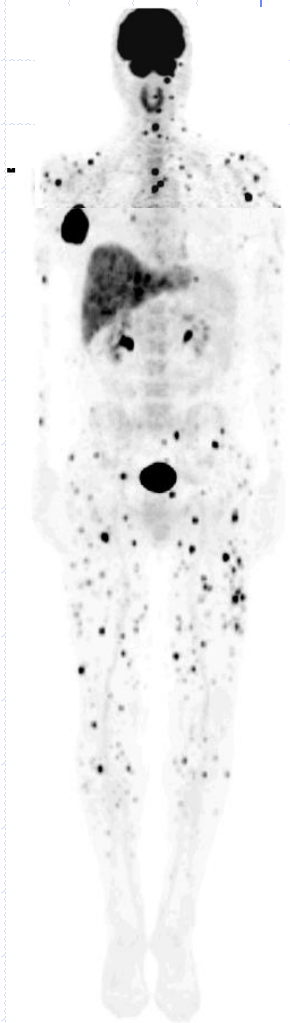




TEP au ^{18}F-DG : ONCO-GYNECOLOGIE & DERMATOLOGIE

- Sein
- Col, endomètre
- Vulve
- Ovaire

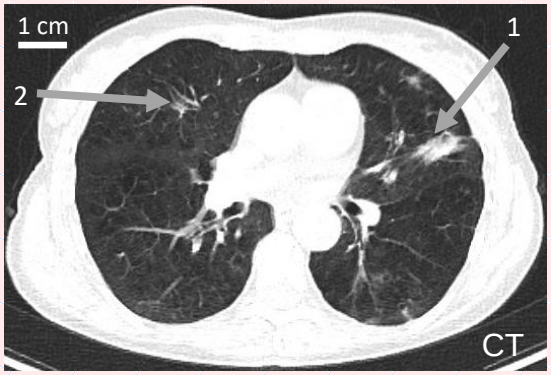


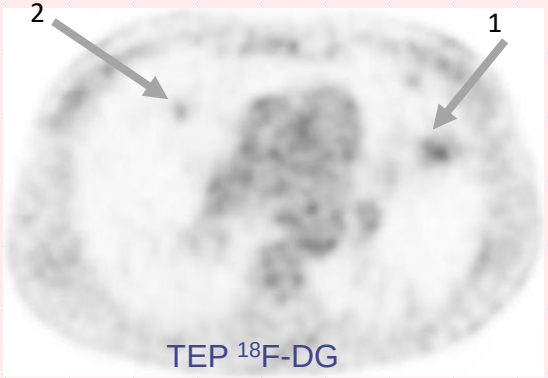


- Mélanomes
- Tumeurs de Merckel

Annale 1° session 2020-2021

PET-CT au 18FDG pour évaluation d'opacités parenchymateuses pulmonaires :





1- Déterminants du contraste en CT ?

CT: Densité ou mase volumique

2- 3 causes d'hyperfixation du FDG ?

Néoplasie peu différenciée, inflammation (infection), hypoxie

3- Quelles acquisitions pour reconstruire en tomo ?

Images planaires de projection sous divers angles

4- Quelle est l'opération mathématique réalisée par des rétroprojections dans les algo de tomographie ?

Résolution (inversion) d'un grand système d'équations linéaires

5- Opacité n° 1 ⇒ 2 hypothèses ?

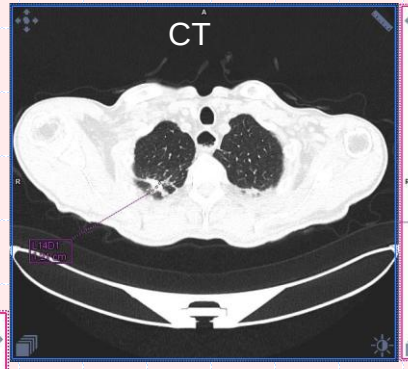
Cancer peu différencié / inflammation ou infection

6- Hyper n°2 < hyper n°1 ⇒ ?

Rien car taille < 2.LMH

302 candidats ; Moyenne : 6/20 à Montpellier et 9/20 à Nîmes

Annale 1° session 2021-2022



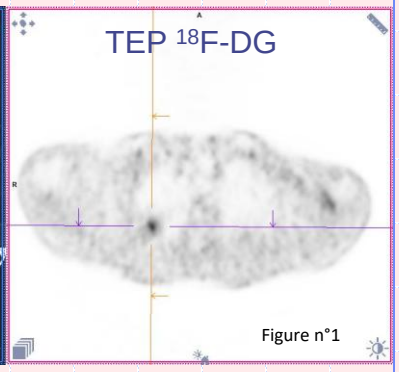
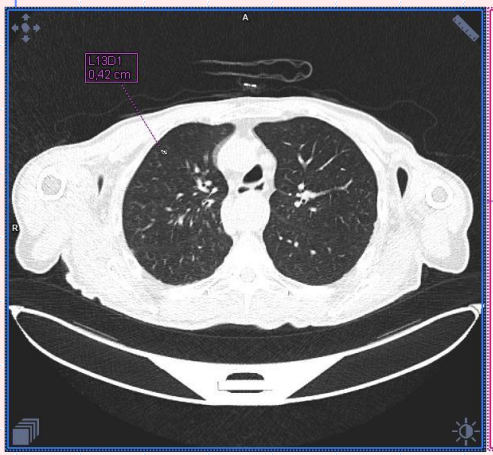


Figure n°1



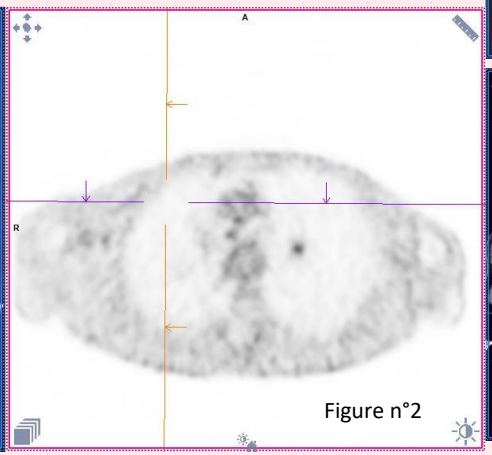


Figure n°2



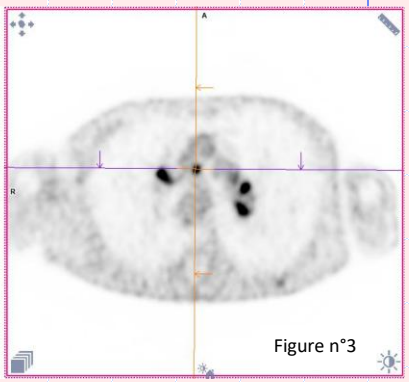


Figure n°3

1- Déterminants du contraste ?

2- Résolutions ?

3- Quelles acquisitions pour reconstruire en tomo ?

4- 3 causes d'hyperfixation du FDG ?

5- Fig 2 : nodule ciblé de 4,2 mm $\Rightarrow$?

6- Fig 3: nodule ciblé pathologique ?

CT: Densité ou mase volumique / TEP : métabolisme du glucose

CT : 1 mm / TEP : 5 mm

Images planaires de projection sous divers angles

Néoplasie peu différenciée, inflammation (infection), hypoxie

Rien car dimension < FWHM

Oui : Ganglion médiastinal en lien avec le nodule vu sur Fig 1

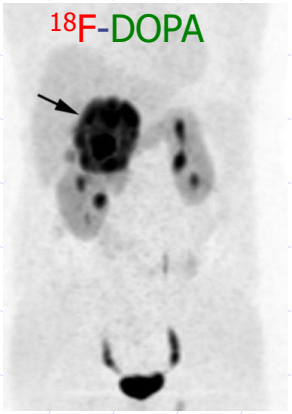
353 candidats ; Moyenne : 9/20 à Montpellier et à Nîmes

CANCERS TRES DIFFERENCIES :

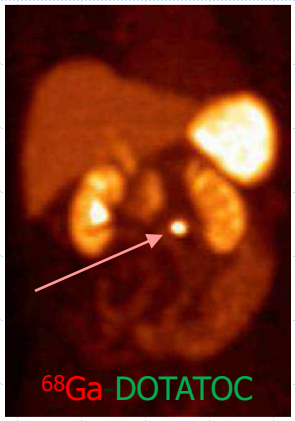
TEP au ^{18}F-DOPA, ^{68}Ga-PSMA, ^{68}Ga-DOTATOC

- DOPA → cellules adrénergiques :
  - phéochromocytome, carcinome médullaire

  de la thyroïde, neuroblastome, hyperinsulinisme.



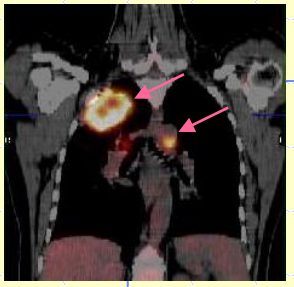
- OCTREOTIDE → Récepteurs à la somatostatine
  - tumeurs neuroendocrines
    - thymique, bronchique, digestive,
  - Paragangliomes non surrénaliens,
  - Méningiomes.





- PSMA → ADK de prostate
  - PSA ↗,, BEI si haut risque, avant RIV.

SYNTHESE 3



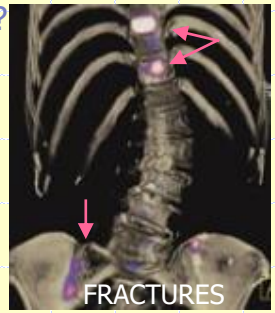
PET-CT
au ^{18}FDG, ^{18}F-Choline, ^{18}F-DOPA, ^{68}Ga-DOTATOC ou PSMA

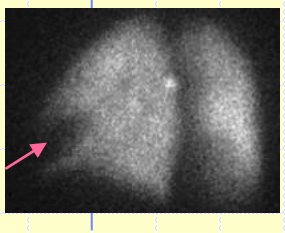
← Suspicion, BE, surveillance de **néoplasie**

Toute **douleur osteo-articulaire** inexpliquée

Fracture de stress (80%: radio normales) ?
Algodystrophie ? Lombalgie ?
Prothèse algique ?
Dégénératif ?
Néoplasie ?
Ostéomyélite ?
Ostéochondrite ?
etc.

→ SPECT/CT
= scinti. osseuse





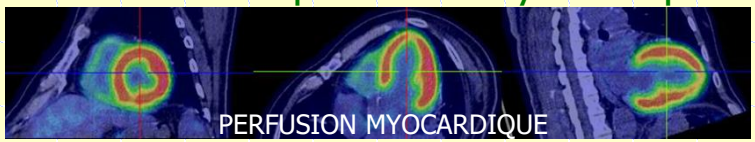
Dyspnée aigüe
Suspicion d' **embolie pulmonaire**
(F, jeune ou enceinte)

Scinti. de ventilation et de perfusion (SPECT-CT)



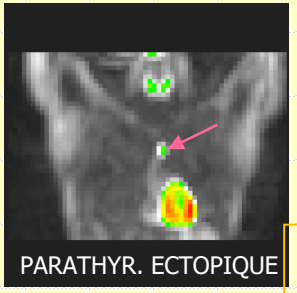
Douleur thoracique inexpliquée, Dépistage coronaropathie (diabète, HIV, pré-op…)

→ Scinti. de perfusion myocardique



Hyperthyroïdie inexpliquée
Hyperparathyroïdie

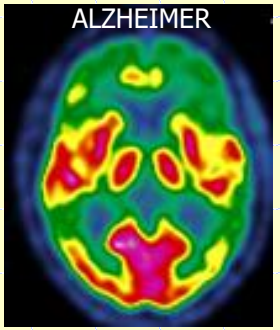
Scinti. Parathyroïde ou thyroïde





Suspicion de **démence**

→ PET-CT au ^{18}FDG

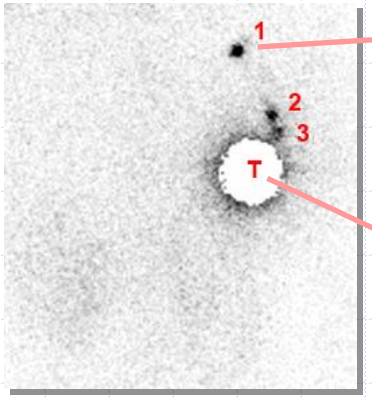


Toute **fièvre** ou **syndrome inflammatoire** inexpliqué

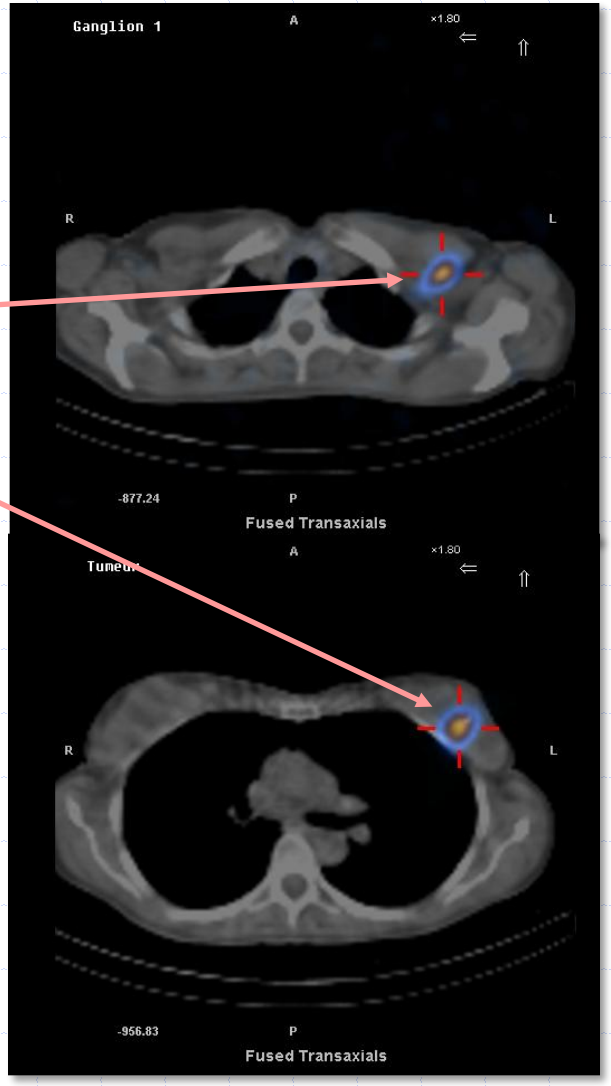
PET-CT
au ^{18}FDG ← Sans orientation
Suspicion d'arthrite, d'ostéomyélite etc.

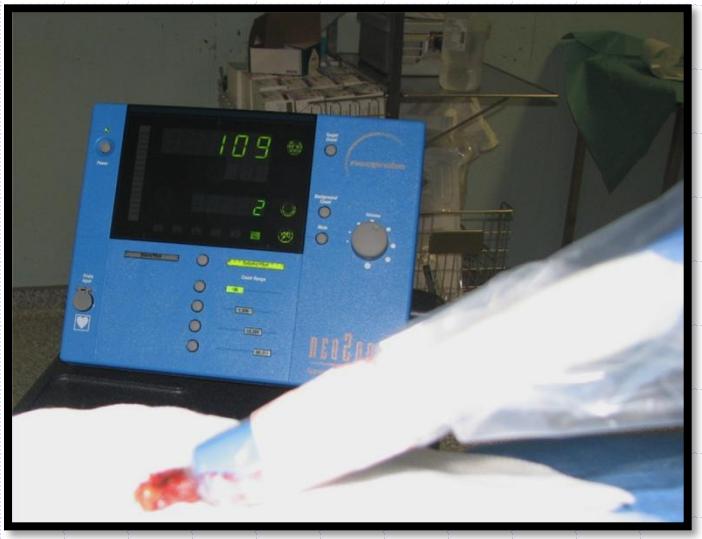
→ Scinti. Osseuse (SPECT-CT précoce et tardive)

DETECTION PEROPERATOIRE DES GANGLIONS SENTINELLES



^{99m}Tc-nanocolloïde

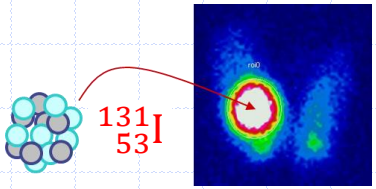


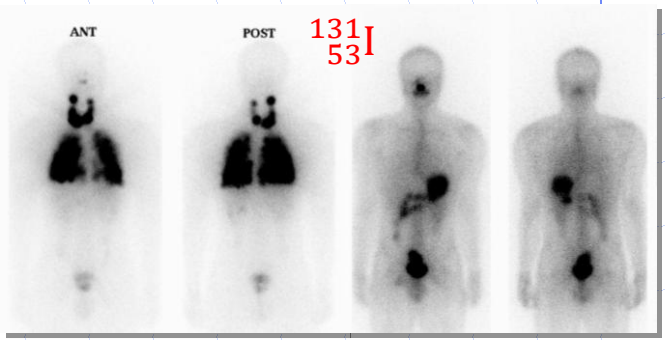




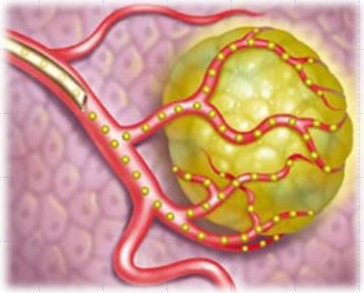
RADIOTHEAPIE METABOLIQUE β^-

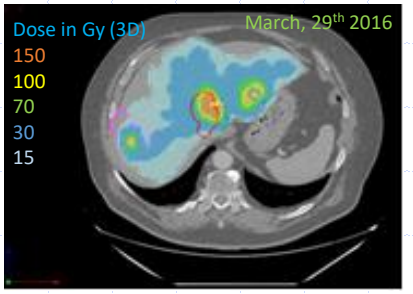
- Hyperthyroïdies





- Cancers différenciés de la thyroïde
- Mono-arthrites inflammatoires chroniques : Synoviorthèses au $^{169}_{68}\mathrm{Er}$, $^{186}_{75}\mathrm{Re}$, $^{90}_{39}\mathrm{Y}$
- Cancers neuroendocrines : $^{177}_{71}\mathrm{Lu}$ – DOTATE
- Cancers de prostate $^{177}_{71}\mathrm{Lu}$ – PSMA
- Cancers hépatiques $^{90}_{39}\mathrm{Y}$ – MICROSPHERES





- Antalgie des métas osseuses : $^{89}_{38}Sr\ ou\ ^{153}_{62}Sm$ – DP

Annale 2° session 2022-2023

Un patient présentant une monoarthrite du genou droit va bénéficier d'une radiothérapie métabolique au cours d'une synoviorthèse isotopique (injection dans la capsule articulaire du radiotraceur). En fonction de la taille de l'articulation à traiter, le médecin dispose pour ce type de traitement de 3 isotopes émetteurs bêta moins purs : l'erbium 169 ($^{169}_{68}Er$, énergie moyenne de la particule bêta moins : 100 keV), le rhénium 186 ($^{186}_{75}Re$, énergie moyenne de la particule bêta moins : 320 keV) et l'yttrium90 ($^{90}_{39}Y$, énergie moyenne de la particule bêta moins : 900 keV). On rappelle que la portée P (en mm) d'un électron d'énergie E (en keV) dans un tissu biologique peut être évaluée par la relation P (mm) = E(keV)/200.

1- Trajectoire de l'électron ?
Ligne brisée

2- Portée d'une bêta moins: Définition ?
Distance **maximale** parcourue par les électrons **dans la direction initiale**

3- Portée moyenne des divers isotopes ?
Er : 100/200 = 0,5 mm ; Re : 320/200 = 16 mm ; Y : 900/200 = 4,5 mm

4- Dose absorbée au foie ?
O Gy

5- Mécanisme de destruction du tissu synovial ?
Ionisation des atomes de la synovie ; radiolyse de l'eau

6- Quel isotope pour un genou ?
Y car grosse articulation

94 candidats ; Moyenne : 9/20 à Montpellier et 7/20 à Nîmes

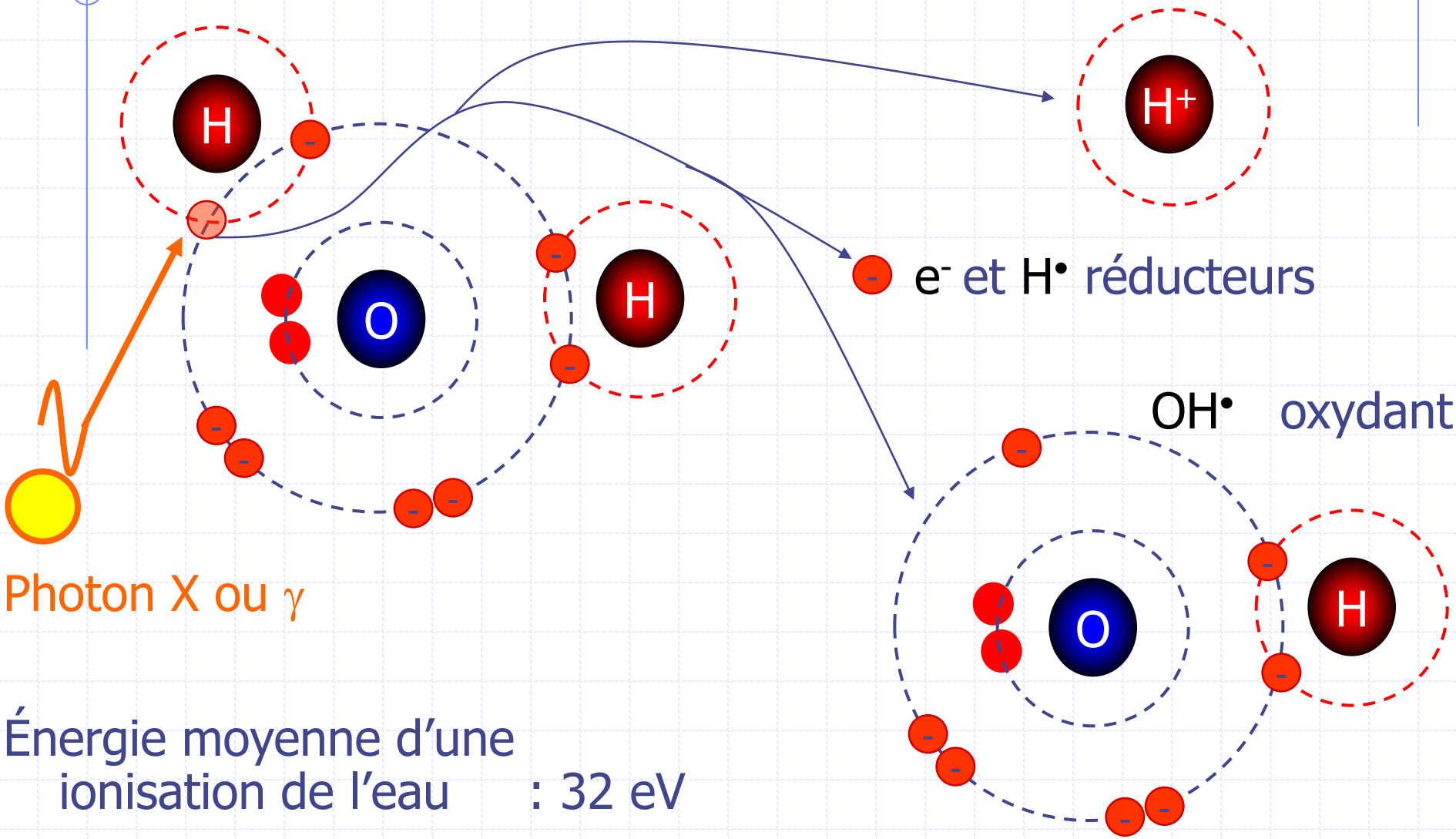
DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

- Emetteurs X/γ basse énergie, affinité : $^{125}_{53}I$
- Sensibilité < picomole



- Désormais peu utilisée hors recherche
  - Neurotransmetteurs, hormones,
  - vitamines, peptides, marqueurs tumoraux

RISQUE RADIQUE



Énergie moyenne d'une ionisation de l'eau : 32 eV

DOSIMETRIE

Quelques références [1] :

Irradiation moyenne :
France : 3 mSv/an naturelle
+ 1,5 mSv/an médicale

Ramsar (Iran) : 250 mSv/an

CT injecté [2] : 20 mSv

Procédé	Dose efficace (mSv)
Rayons X: **0,01 – 10 mSv**	
Membres et articulations (sauf hanche)	<0,01
Thorax (vue PA simple)	0,02
Crâne	0,07
Rachis dorsal	0,7
Rachis lombaire	1,3
Hanche	0,3
Bassin	0,7
Abdomen	1,0
UIV	2,5
Déglutition barytée	1,5
TOGD (transit oeso- gastro-duodénal)	3
Transit du grêle	3
Lavement baryté	7
TDM crânienne	2,3
TDM thoracique	8
TDM abdominale ou pelvienne	10
TDM TAP non diagnostique	**7**
Scintigraphie:	**0,3 – 6 mSv**
Ventilation pulmonaire (Xe-133)	0,3
Perfusion pulmonaire (Tc-99m)	1
Rein (Tc-99m)	1
Thyroïde (Tc-99m)	1
Os (Tc-99m)	4
Exploration dynamique cardiaque (Tc-99m), **MIBG**	6
TEP pour crâne (18F-FDG)	5

Au niveau mondial :
202 10^3 homme.Sv pour 33 . 10^6 scintigraphies (5 %)
4000 10^3 homme.Sv pour 3600 . 10^6 radiographies (95 %)

[1] http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html
European Commission. Radiation protection 118: Referral guidelines for imaging.Office for Official Publication of the EC; 2001.
[2] Rapport DRPH/SER n°2010-12 ; Rapport DRPH/SER n°2010-12

SYNTHESE 4

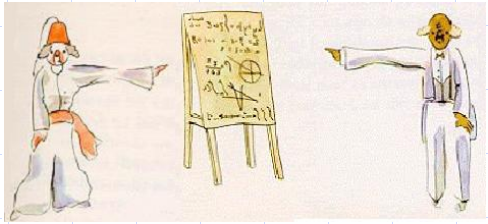
- Radiothérapie métabolique vectorisée :
  - IRA-thérapie des cancers thyroïdiens différenciés, hyperthyroïdies
  - Synoviorthèse des monoarthrites
  - RIV des tumeurs neuroendocrines, hépatiques, prostatiques
- RIA : sensibilité ≈ picomole : peu utilisée
- Dosimétrie
  - En général de 0,5 à 10 mSv
  - Du même ordre que celle engagée en radiologie et TDM (X)

CONCLUSION

- Imagerie fonctionnelle et métabolique :
  - physiologique, non invasive et peu irradiante
  - couvrant toutes les spécialités médicales
  - rôle important dans le diagnostic et le traitement
  - impliquant des équipes multidisciplinaires
    - paramédicaux, techniciens, médecins, pharmaciens,
    - physiciens, chimistes, informaticiens…
- En fort développement :
  - Recherche : radio-traceurs, protocoles, caméras…
  - Économique :
    - + 11% de TEPs / an en moyenne depuis 2013
    - + 5% de patients pris en charge / an en moyenne
- Usage civil des technologies nucléaires



MERCI POUR VOTRE ATTENTION







Référentiels d'imagerie médicale accessibles gratuitement en ligne :

Livre « bleu » : https://www.cnp-mn.fr/les-fondamentaux-de-limagerie-medicale-acces-public/

Livre « rouge » : https://cerf-edu-site.com/

Ou par le minisite : https://scinti.edu.umontpellier.fr/enseignements/bibliographie-choisie/