

IMAGERIE SCINTIGRAPHIQUE MEDECINE NUCLEAIRE

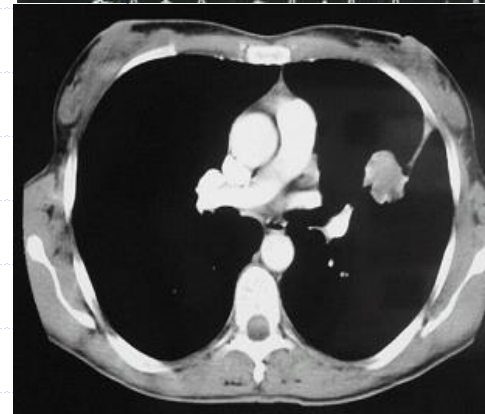


UE BIOPHYSIQUE ET BASES D'IMAGERIE

denis.mariano-goulart@umontpellier.fr

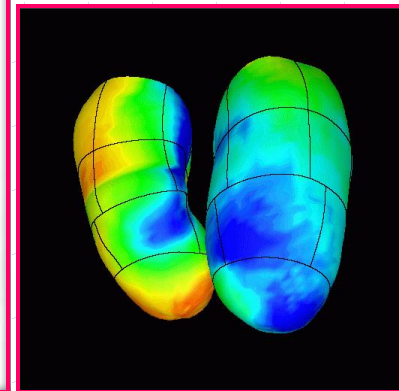
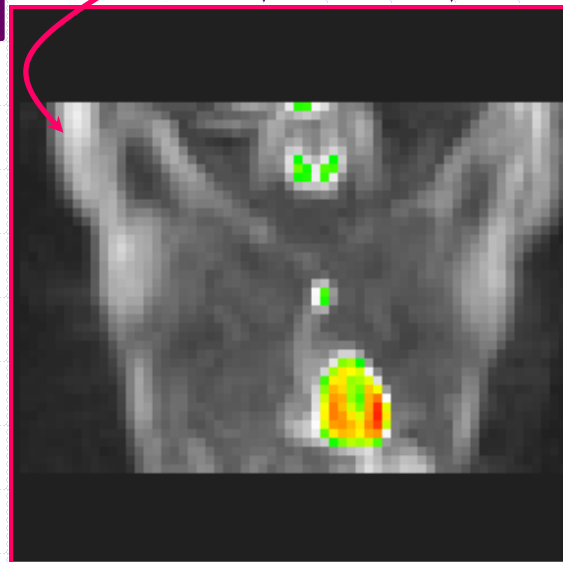
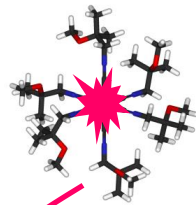
<http://scinti.edu.umontpellier.fr>

Imagerie médicale



ANATOMIQUE

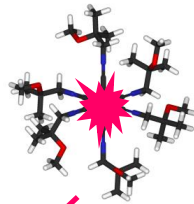
METABOLIQUE



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

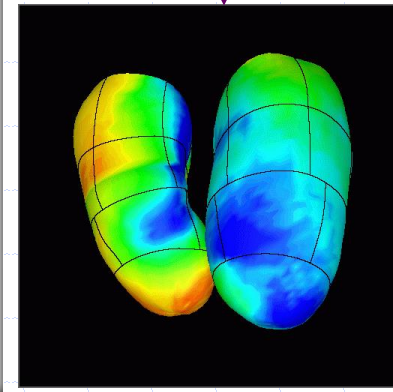
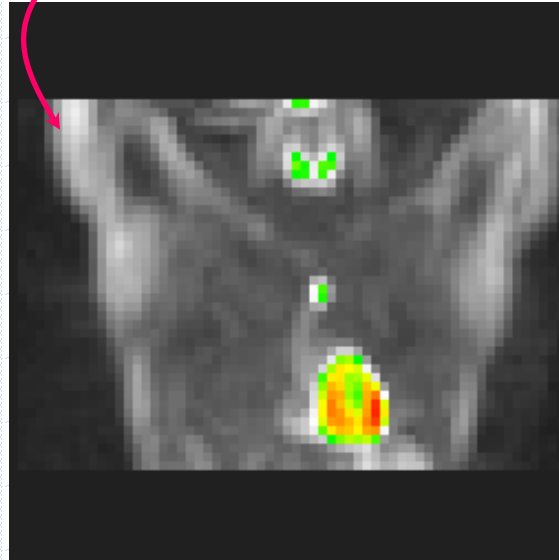


RADIOTHERAPIE METABOLIQUE
VECTORISEE

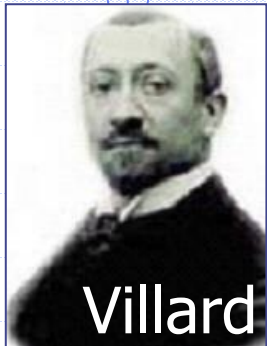
DETECTION PER-OPERATOIRE

DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

IMAGERIE FONCTIONNELLE



UN PEU D'HISTOIRE



RA γ

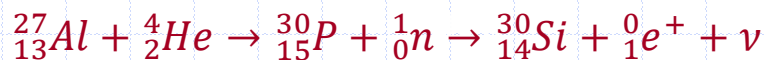
1900



détecteur à
scintillation

1934

RAA, β^+



1940

détecteur à
coïncidence

1950

γ -caméra

1956

Traceurs cliniques γ

1970

FDG

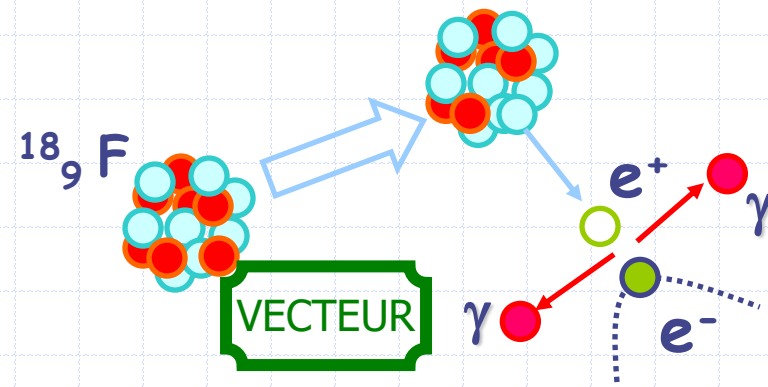
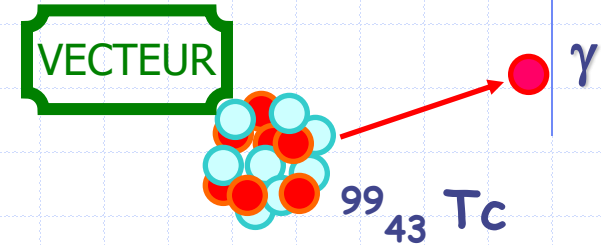
1979

2000

TEP

CZT

2005



TRACEUR = MARQUEUR + VECTEUR

- Marqueur: Isotope radioactif artificiel ($T \searrow$) :

Diagnostic : détectable (traverse le corps, peu diffusé) $\Rightarrow \gamma$ ou β^+ .

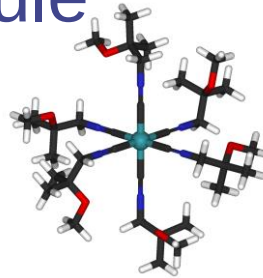
Thérapie : irradiant à parcours court $\Rightarrow \alpha$ ou β^- .



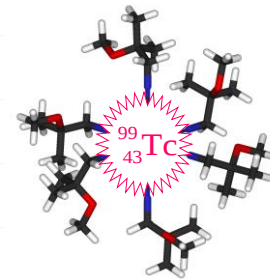
- Vecteur: $\emptyset$, molécule, aérosols, verre, cellule

Affinité chimique avec marqueur (halo/chalcogènes/métaux)

Ciblage : métabolisme, récepteur, perfusion, fonction



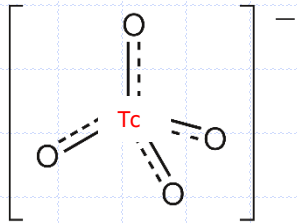
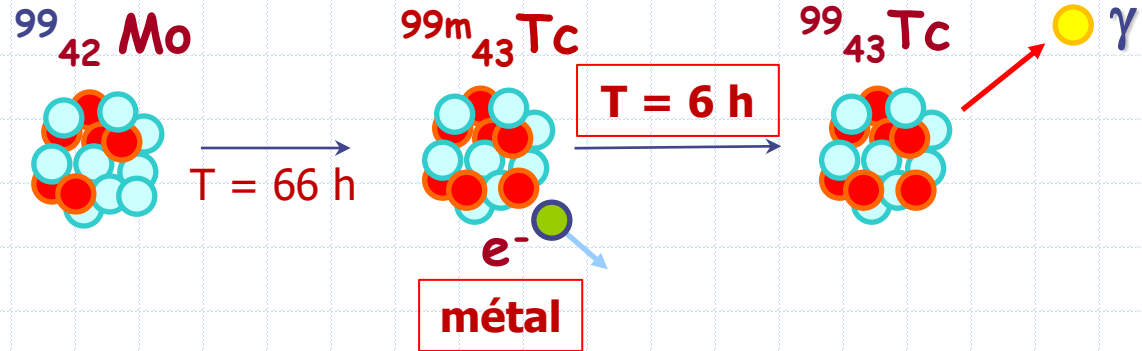
- Traceur: Marqueur lié au vecteur



- Scintigraphie: image de la distribution du traceur

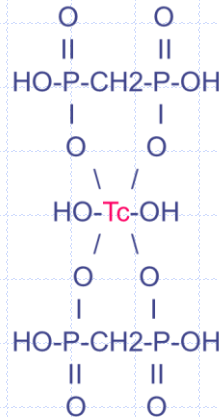


1 MARQUEUR PRINCIPAL en SPECT : ^{99m}Tc



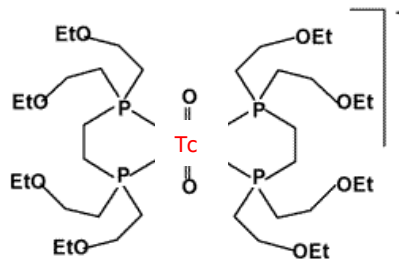
$^{99m}\text{Tc}-\text{O}_4^-$

Ventriculographie
Thyroïde



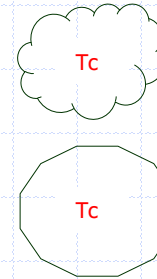
$^{99m}\text{Tc}-\text{BP}$

Remodelage
osseux



$^{99m}\text{Tc}-\text{TF/MIBI}$

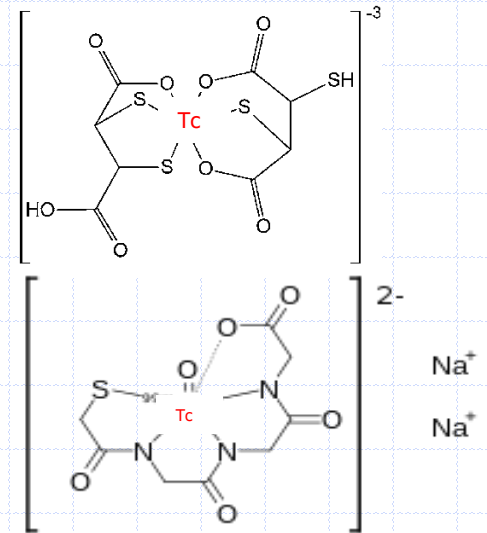
Perfusion
myocardique
Parathyroïdes



$^{99m}\text{Tc}-\text{Aérosol}$

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

Ventilation
et perfusion
pulmonaire



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

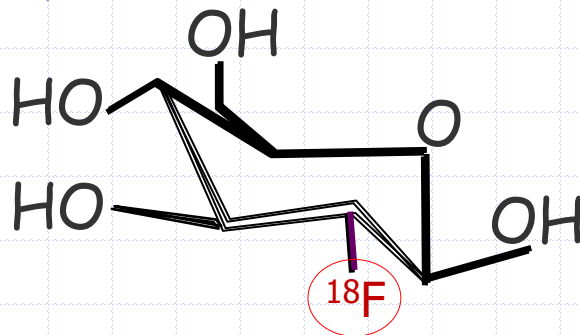
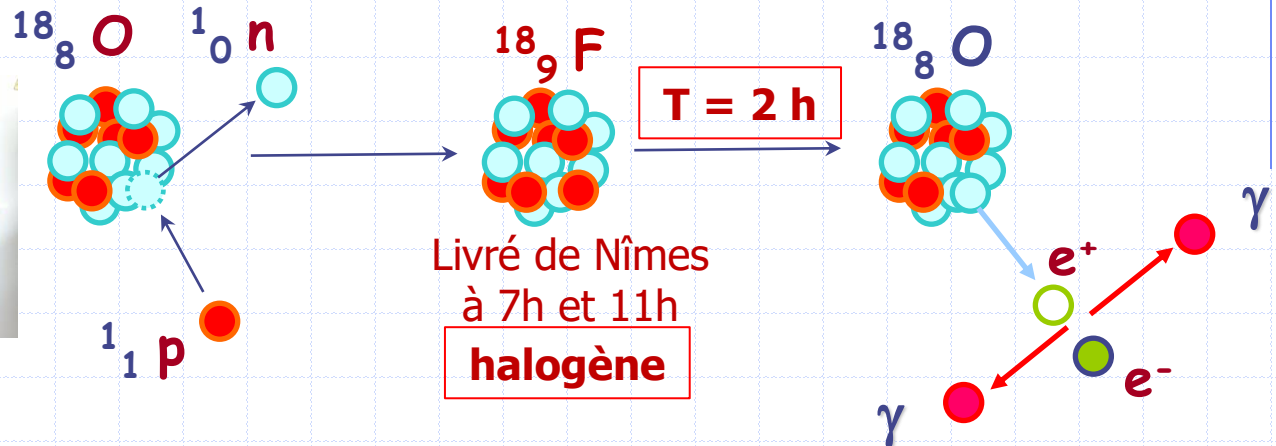
$^{99m}\text{Tc}-\text{MAG3}$

Perfusion et
fonction rénale

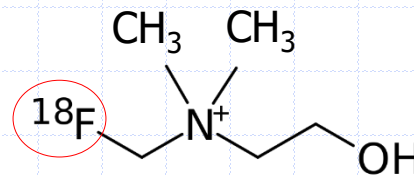
2 MARQUEURS en TEP : ^{18}F Fluor



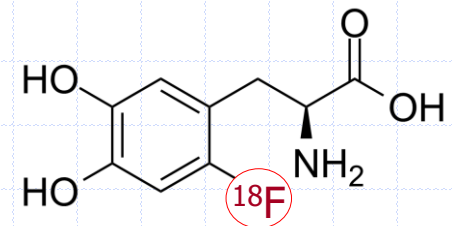
cyclotron

 ^{18}F -DEOXY-GLUCOSE

Métabolisme glucidique
Cancers peu différenciés
Inflammation, Ischémie
A JEUN (6 H mini, sans perf)

 ^{18}F -CHOLINE

Synthèse de Mb cellulaire
Carcinome hépato-cellulaire
Hyperparathyroïdie, prostate
A JEUN (4 H mini, sans perf)

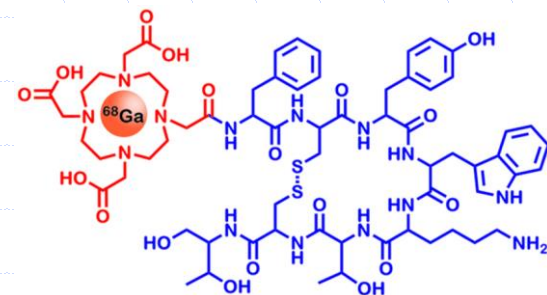
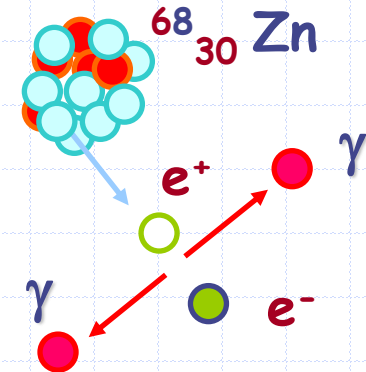
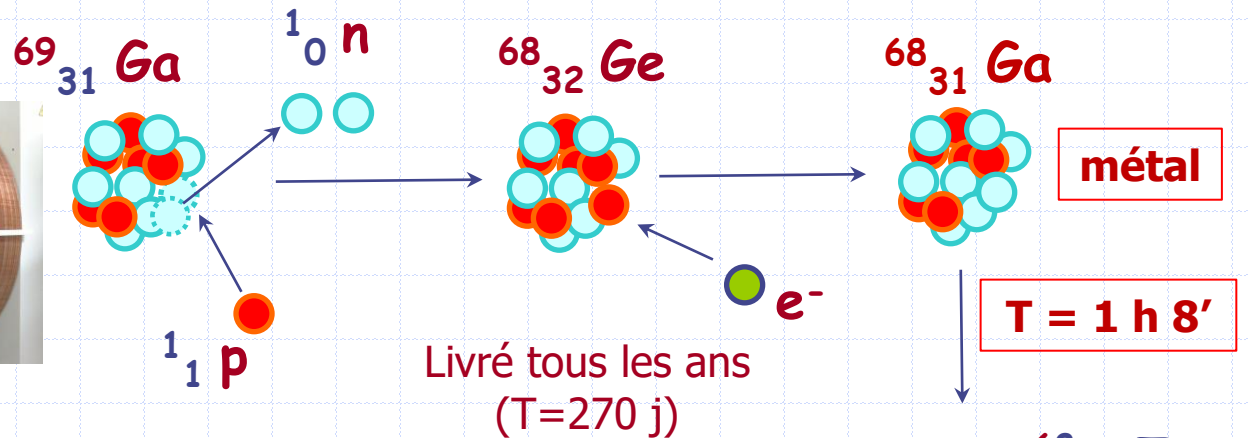
 ^{18}F -DOPA

Métabolisme adrénergique
Phéochromocytome, CMT,
TNE [Vater, mi-colon transverse]
A JEUN (6 H mini, sans perf)

2 MARQUEURS en TEP : ^{68}Ga Gallium

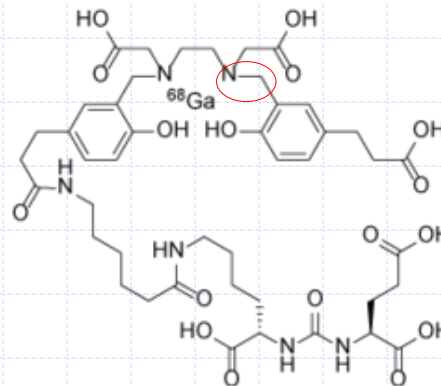


cyclotron



^{68}Ga -DOTA

Récepteurs à la SMS :
Paragangliomes
TNE < ampoule Vater



^{68}Ga -PSMA

Protéine trans Mb
Adénocarcinome
de prostate

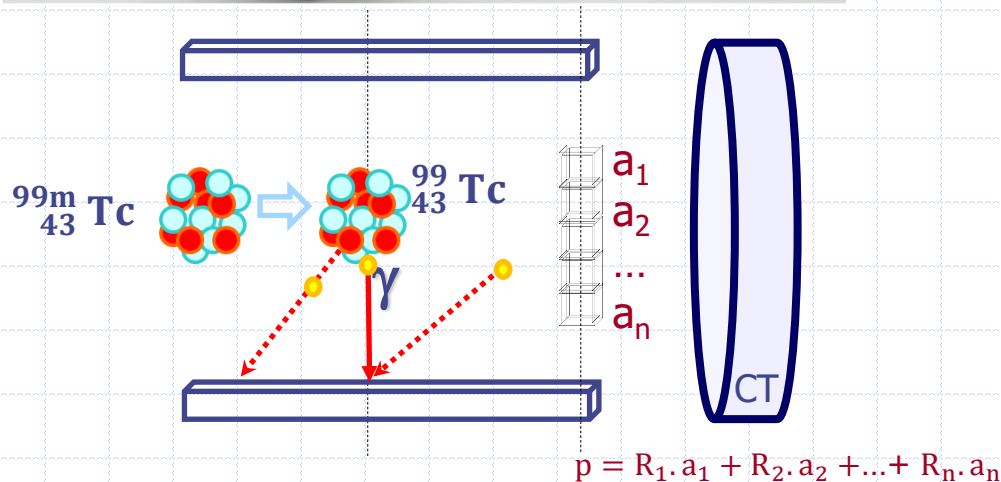
SYNTHESE 1

- 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 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{68}Ga)

GAMMA-CAMERA γ = TEMP = SPECT*



SPECT-CT



GAMMA-CAMERA γ = TEMP = SPECT*

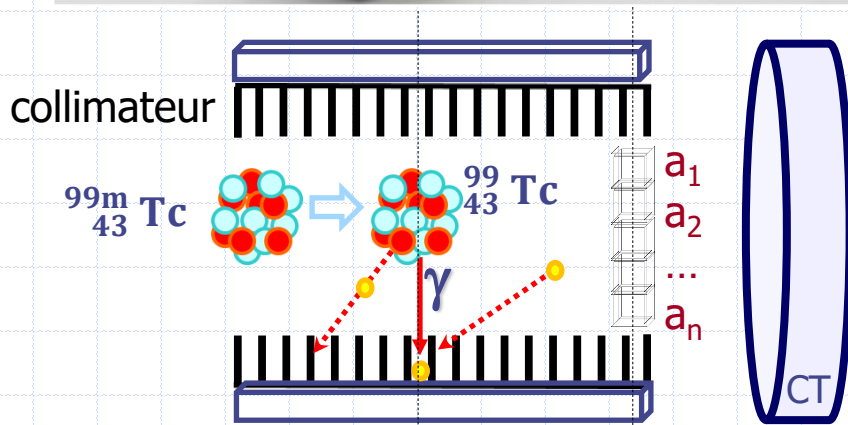
GAMMA-CAMERA β^+ = TEP = PET*



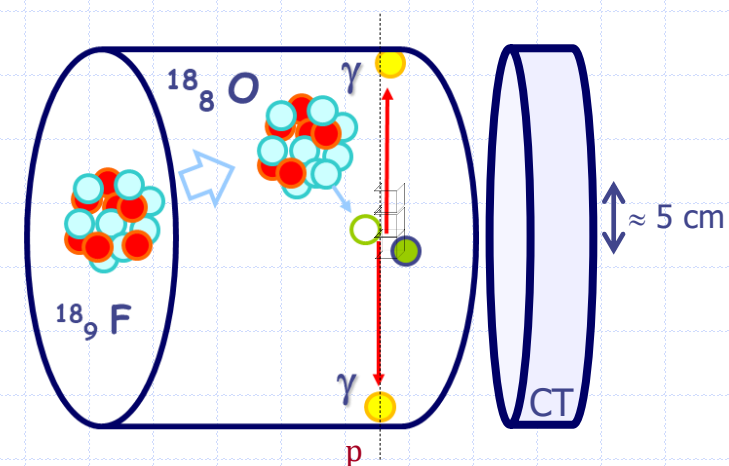
SPECT-CT



PET-CT



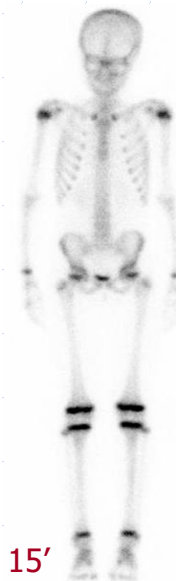
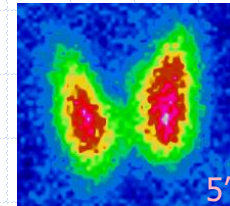
$$p = R_1 \cdot a_1 + R_2 \cdot a_2 + \dots + R_n \cdot a_n$$



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

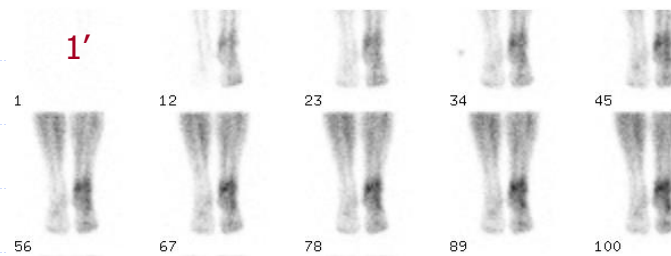
MODES D'ACQUISITION

- Planaire (statique, projection : γ)

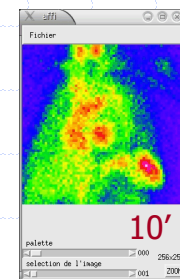
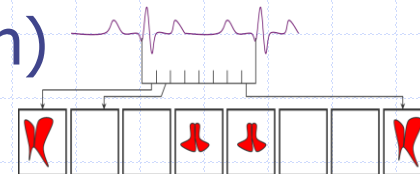


- Corps entier

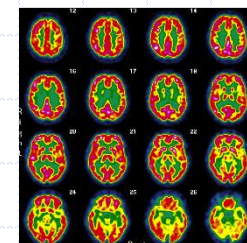
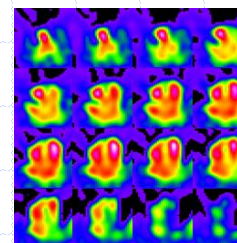
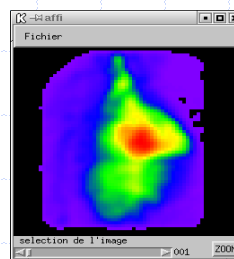
- Dynamique



- Synchronisé (ECG, respiration)



- Tomographique
(TEMP, TEP)



30'
5' en CZT

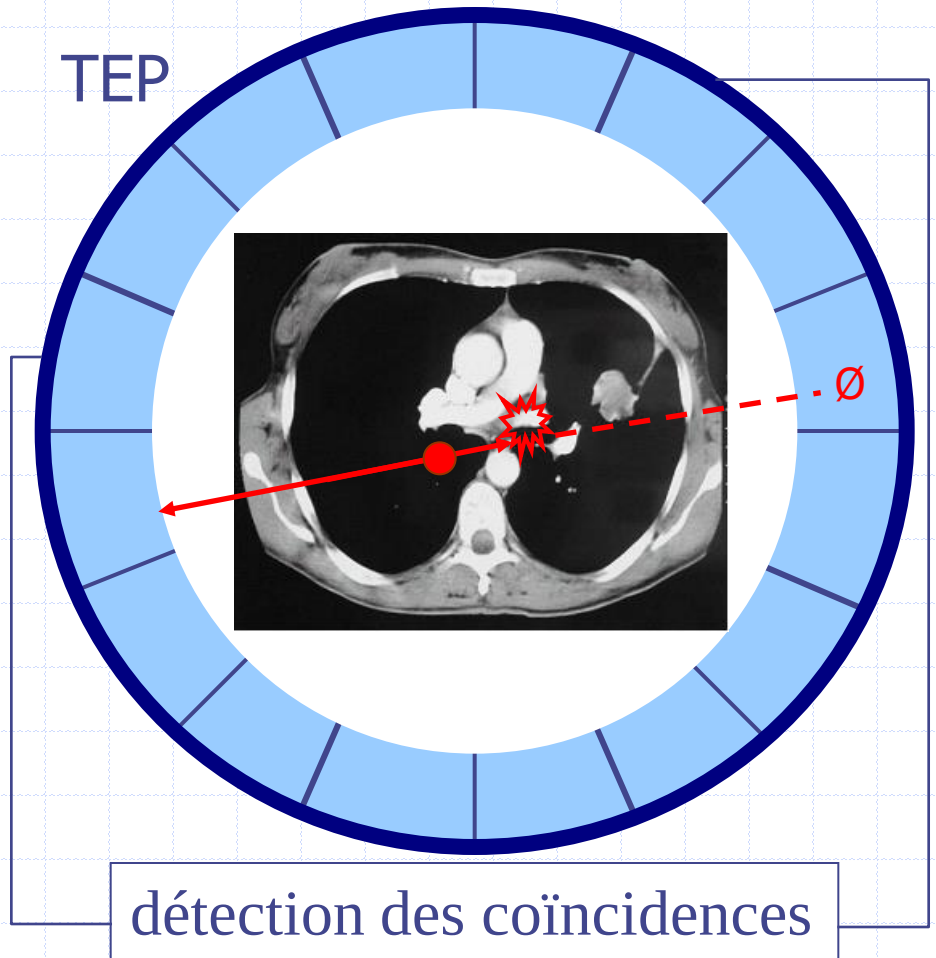
ATTENUATION PHOTO-ELECTRIQUE

TEMP



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

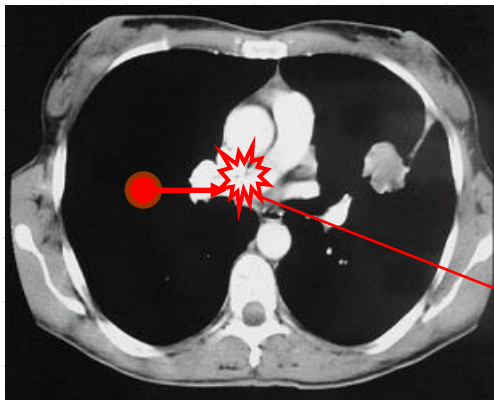
TEP



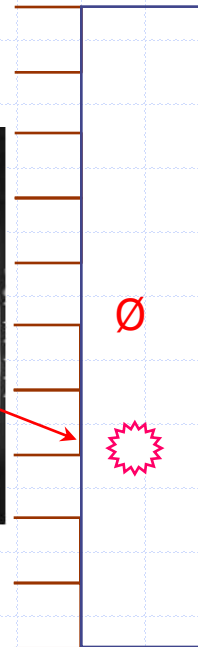
Mineur par rapport à l'atténuation Compton à 70-511 keV en scintigraphie

ATTENUATION COMPTON

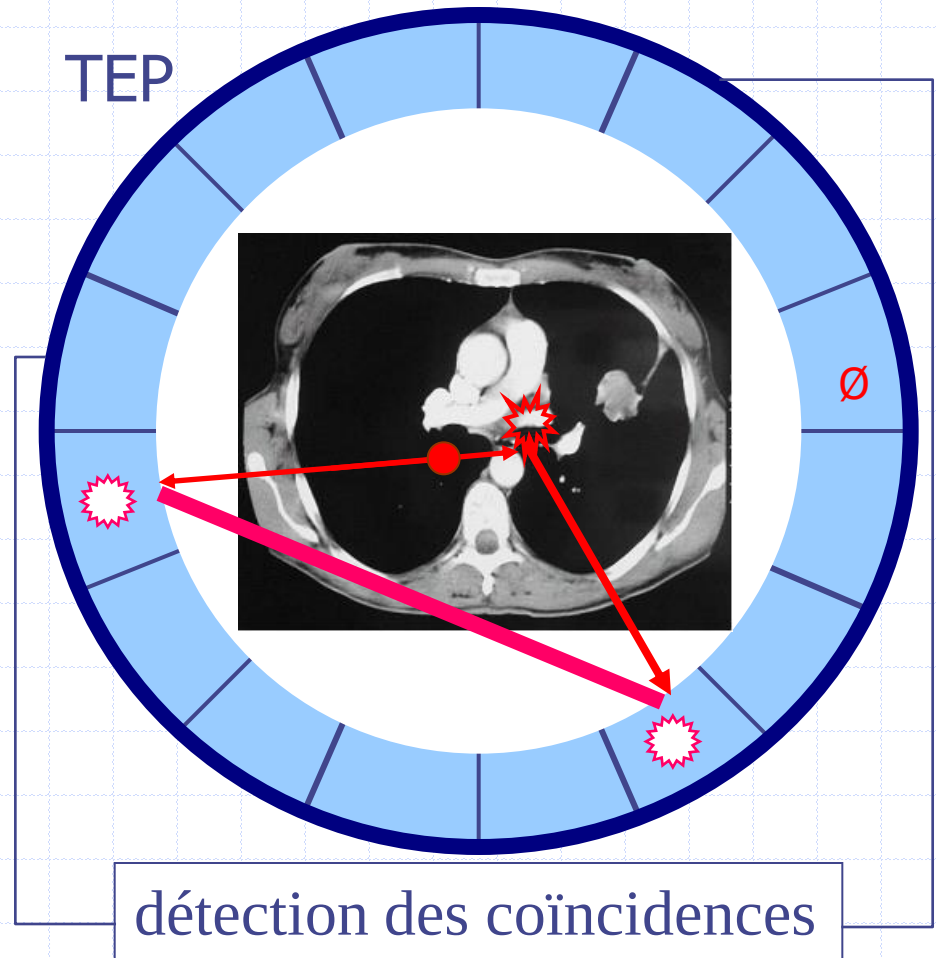
TEMP



$$\mu_c \approx k' \rho$$



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 %

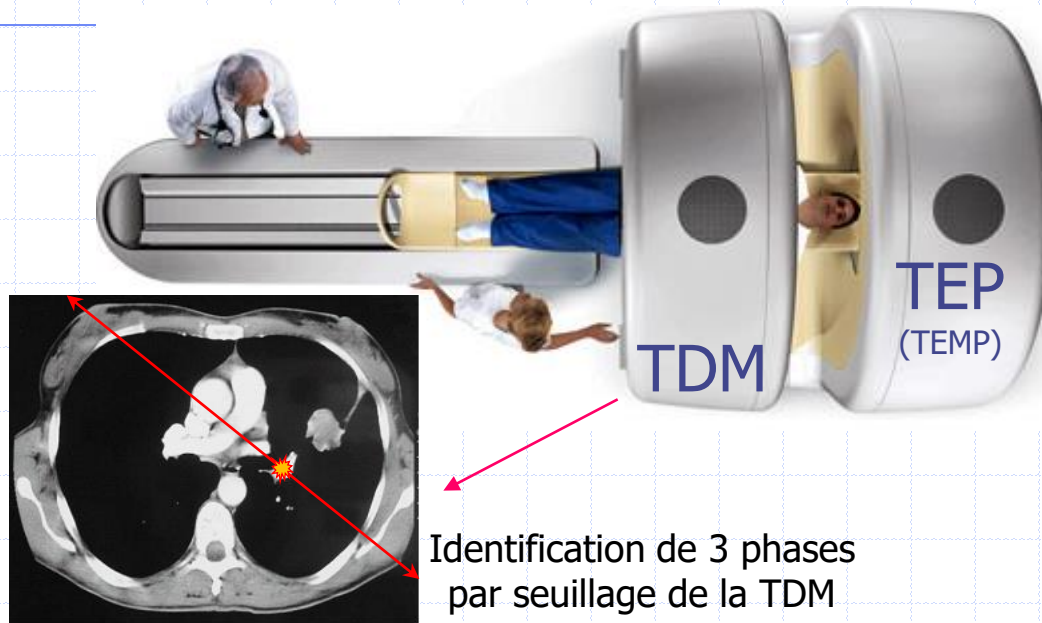
Flou

Sous-estimation
des activités profondes

$$\left. \begin{array}{l} \mu_C \approx k' \rho \\ \mu_{PE} \approx k \frac{Z^3}{E^3} \rho \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{La correction} \\ \text{nécessite la} \\ \text{connaissance} \\ \text{des } \rho \text{ traversés} \end{array}$$

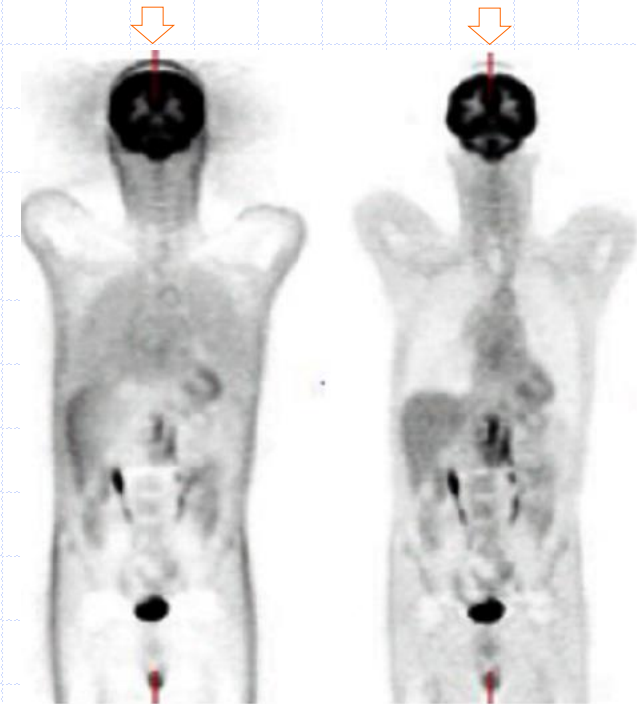


CORRECTION DE L'ATTENUATION



projections
brutes

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



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

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

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

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

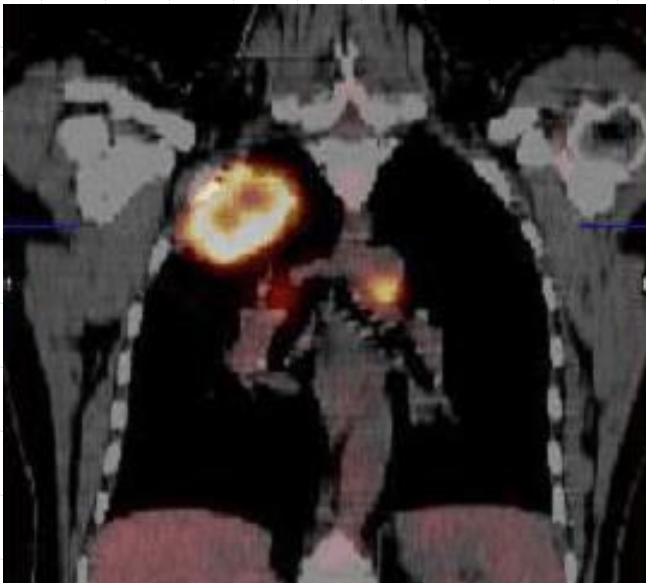
$\mu_{511}(\text{air})$

$\mu_{511}(\text{mou})$

$\mu_{511}(\text{os})$

IMAGERIE MULTIMODALE CORRIGEE

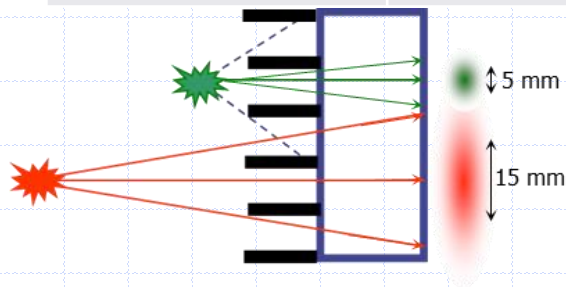
- **Correction d'atténuation**
- **Localisation anatomique**



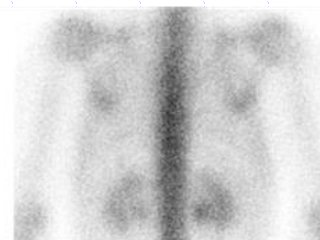
Interprétation multimodale

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

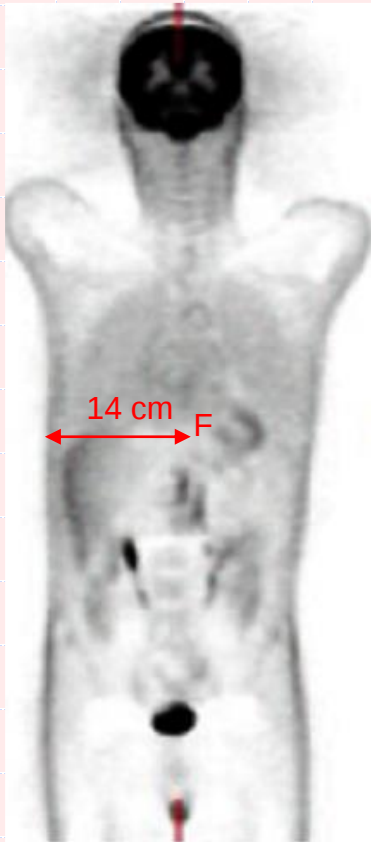


50 cm

RAPPEL (EVP) :
 Baisse de sensibilité
 si $\emptyset < 2 \times \text{FWHM}$

Annale 2^o session 2021-2022

TEP ¹⁸F-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. Linéaire d'atténuation = ?

$\mu = \ln 2 / \text{CDA} = 0,7 / 7 = 0,1 / \text{cm} = 10\% / \text{cm}$

6- % de γ issus de F non atténués ?

$14 \text{ cm} = 2 \cdot \text{CDA} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-x/\text{CDA}} = N_0 / 4 = 0,25$. N_0 soit 25%

7- % de désintégrations en F détectées sans atténuation ?

Coïncidence: $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = 1/16 = 6,3\%$

8- Quelle imagerie / paramètre utiliser pour corriger ?

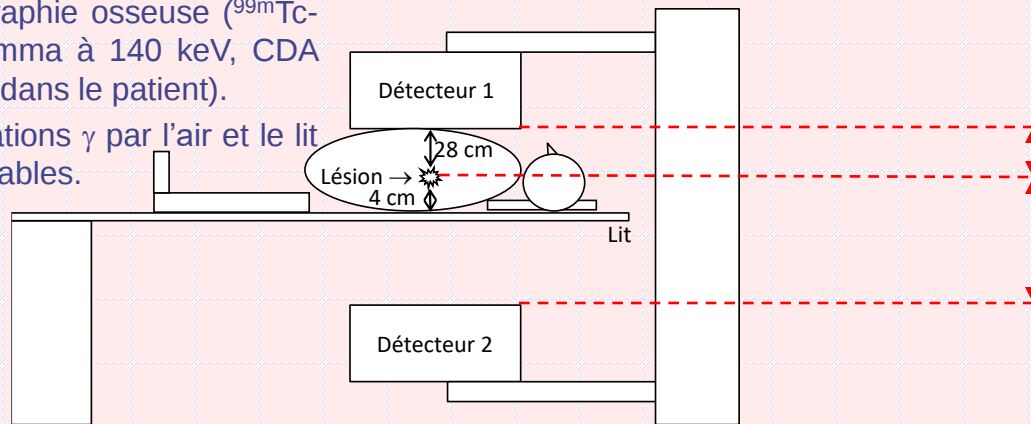
CT ; masse volumique

Donnée : $\ln 2 = 0,7$

Annale 1^o 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- $I_2/I_1 = ?$

$$I = I_0 \times 2^{-x/CDA} \Rightarrow I_1 = I_0/128 \text{ et } I_2 = I_0/2 : I_2/I_1 = 64$$

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

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 $\emptyset < 10$ 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	
Intitulé	Reconnaître les captations physiologiques des traceurs en scintigraphie et tomographie par émission de positrons (TEP)
Domaine d'apprentissage	Iconographie
Compétence générique	Réflexif

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

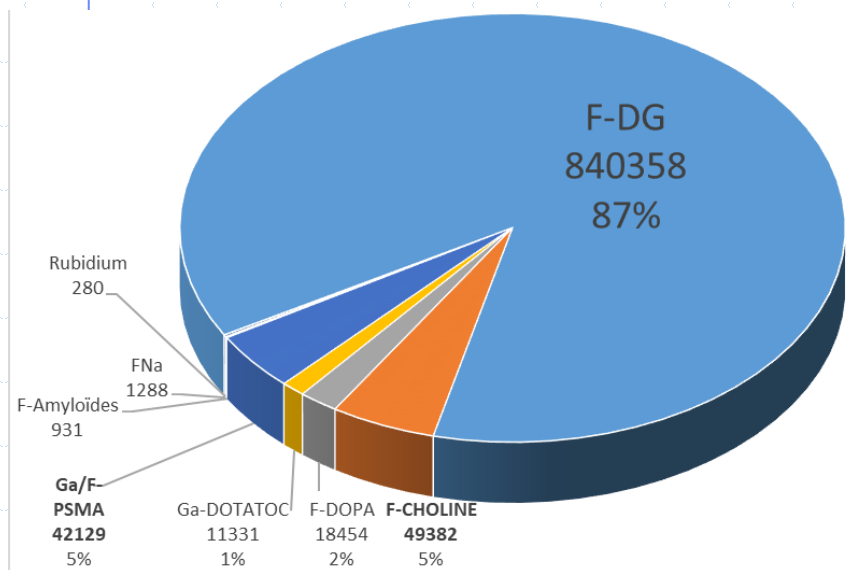
Identifiant	
Intitulé	Identifier l'examen d'imagerie médicale pertinent pour le diagnostic/suivi d'une pathologie
Domaine d'apprentissage	Stratégie diagnostique
Compétence générique	Réflexif

Catégorie : Attendu d'apprentissage

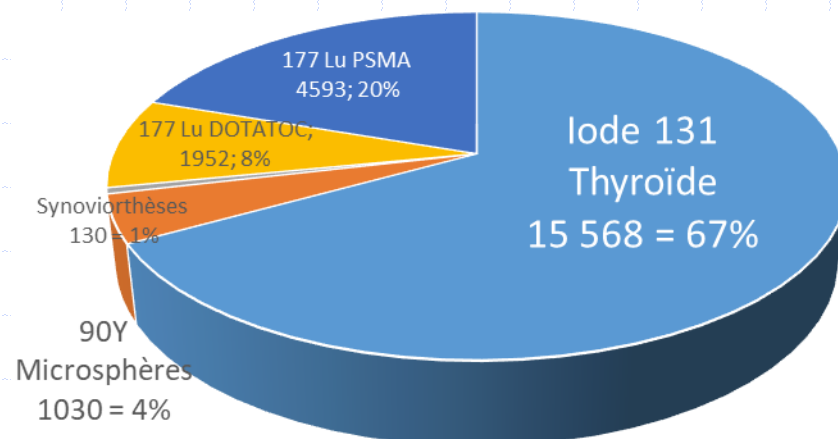
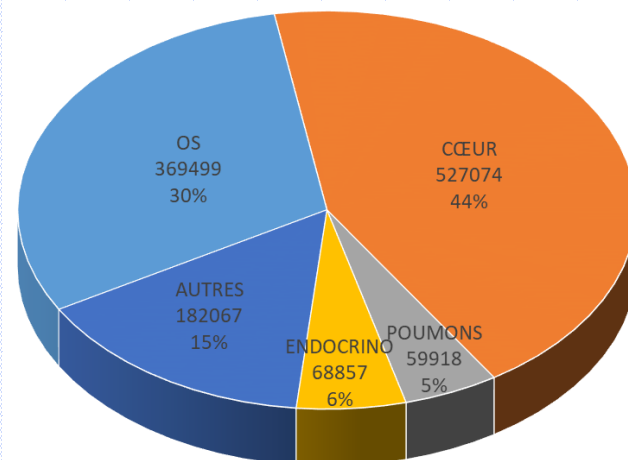
France, 2024 : 2,3 10⁶ patients pris en charge

150 centres de médecine nucléaire
700 caméras: 2/3 TEMP + 1/3 TEP
827 médecins nucléaires + 147 internes

1 040 693 TEP (46%, 4 170/j)



1 207 415 TEMP (54%, 4 830/j)

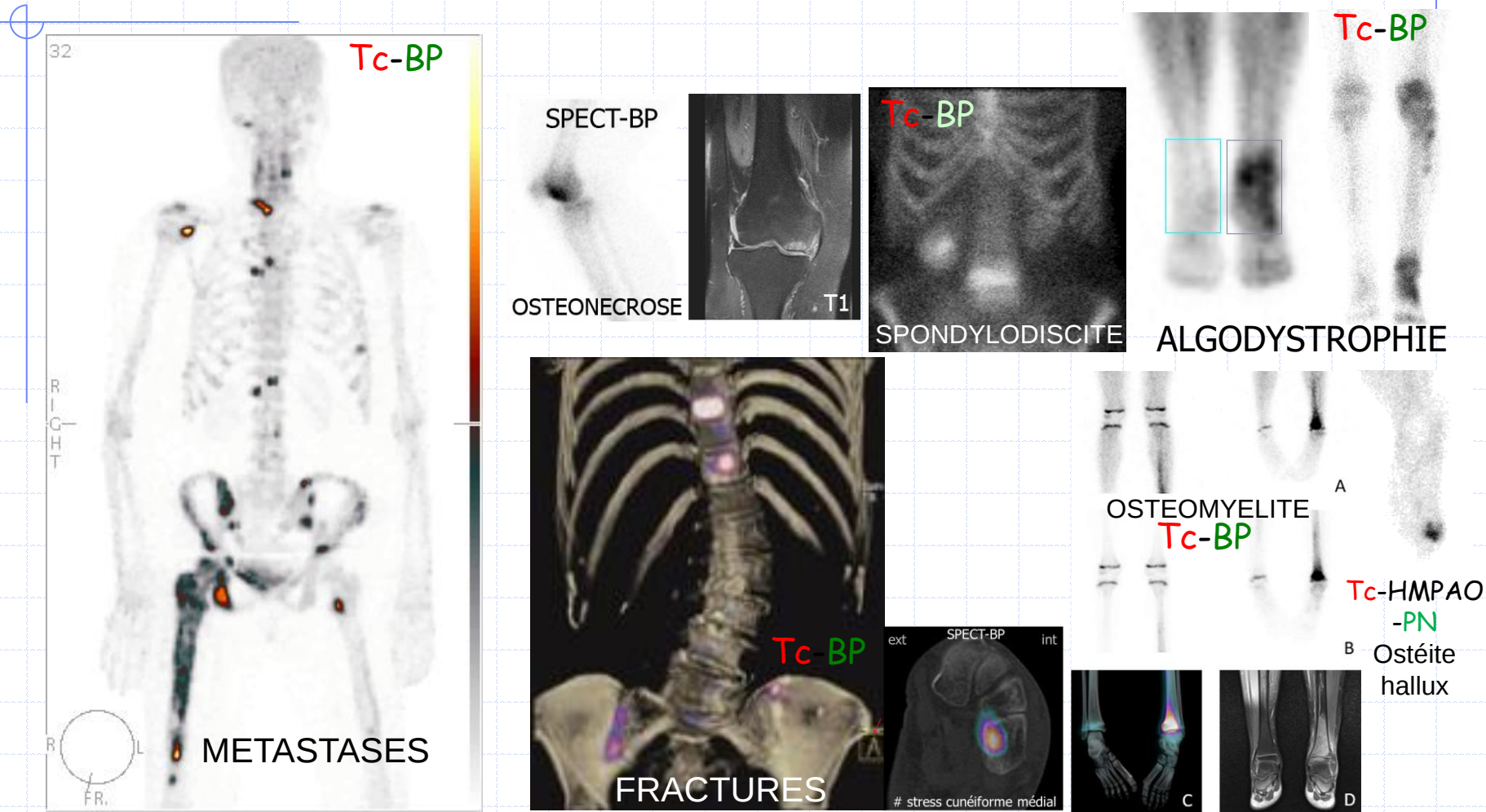


THERAPIE : 23 273 patients (93/j)
X2 versus 2023

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)

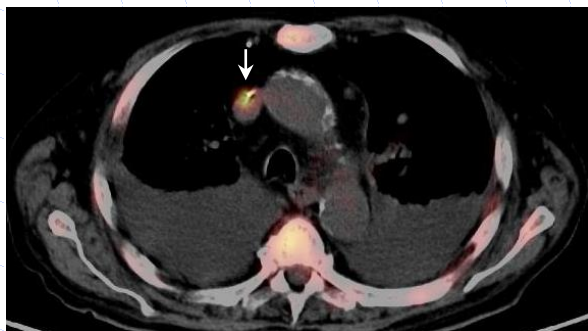
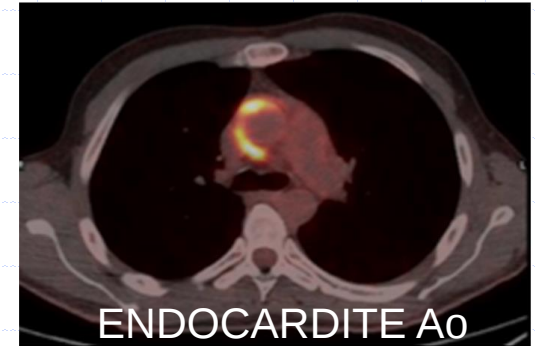
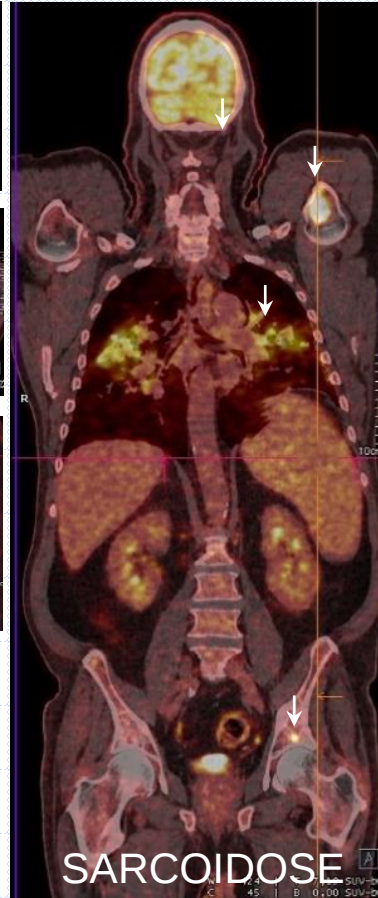
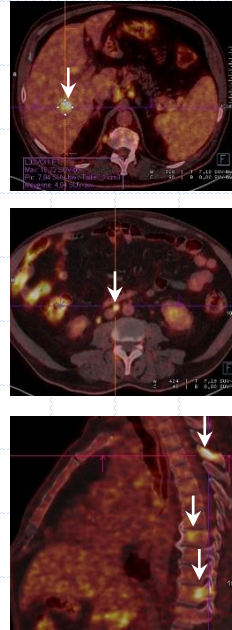
SCINTIGRAPHIE OSSEUSE au ^{99m}Tc -BP : REMODELLEMENT OSSEUX



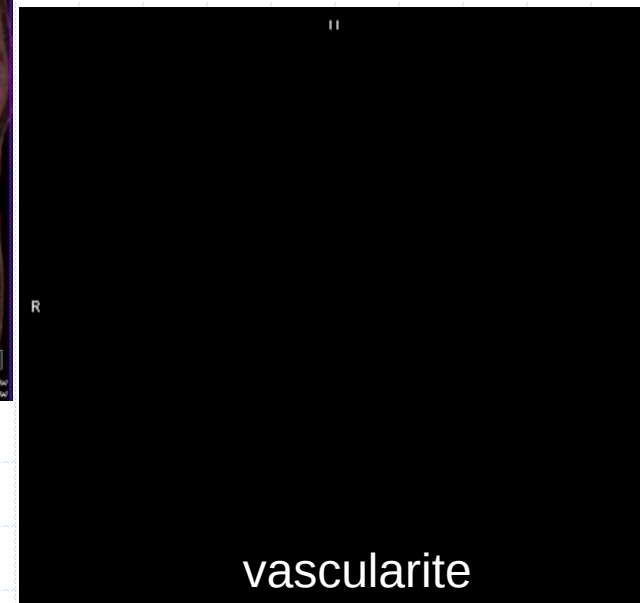
Indications: fracture, algodystrophie, tumeur, infection, nécrose, arthrite...

TEP au ^{18}F -DG :

INFLAMMATIONS & INFECTIONS



Mécanisme :
Inflammation $\Rightarrow$ $\nearrow$ des
récepteurs au glucose



Annale 2^o 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- Signification d'une hyperfixation extra osseuse en SPECT osseuse ? Infection, inflammation
- 4- 2 intérêts du CT en SPECT-CT ? Correction d'atténuation, localisation anatomique
- 5- Déroulement de l'examen ? Injection MRP / (images précoces)/ Attente 3h / images tardives

Annale 1^o 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 ?

SPECT-CT

2- Quelle résolution au contact / en mode tomographique ?

5 / 15 mm

3- Quel vecteur / marqueur ?

Biphosphonates / ^{99m}Tc

4- Délai administration du traceur – imagerie ?

3 heures

5- Quelle fonction détermine le contraste ?

Remodelage osseux / ostéoblastes

6- Taille minimale d'une lésion détectée à 100% en SPECT ?

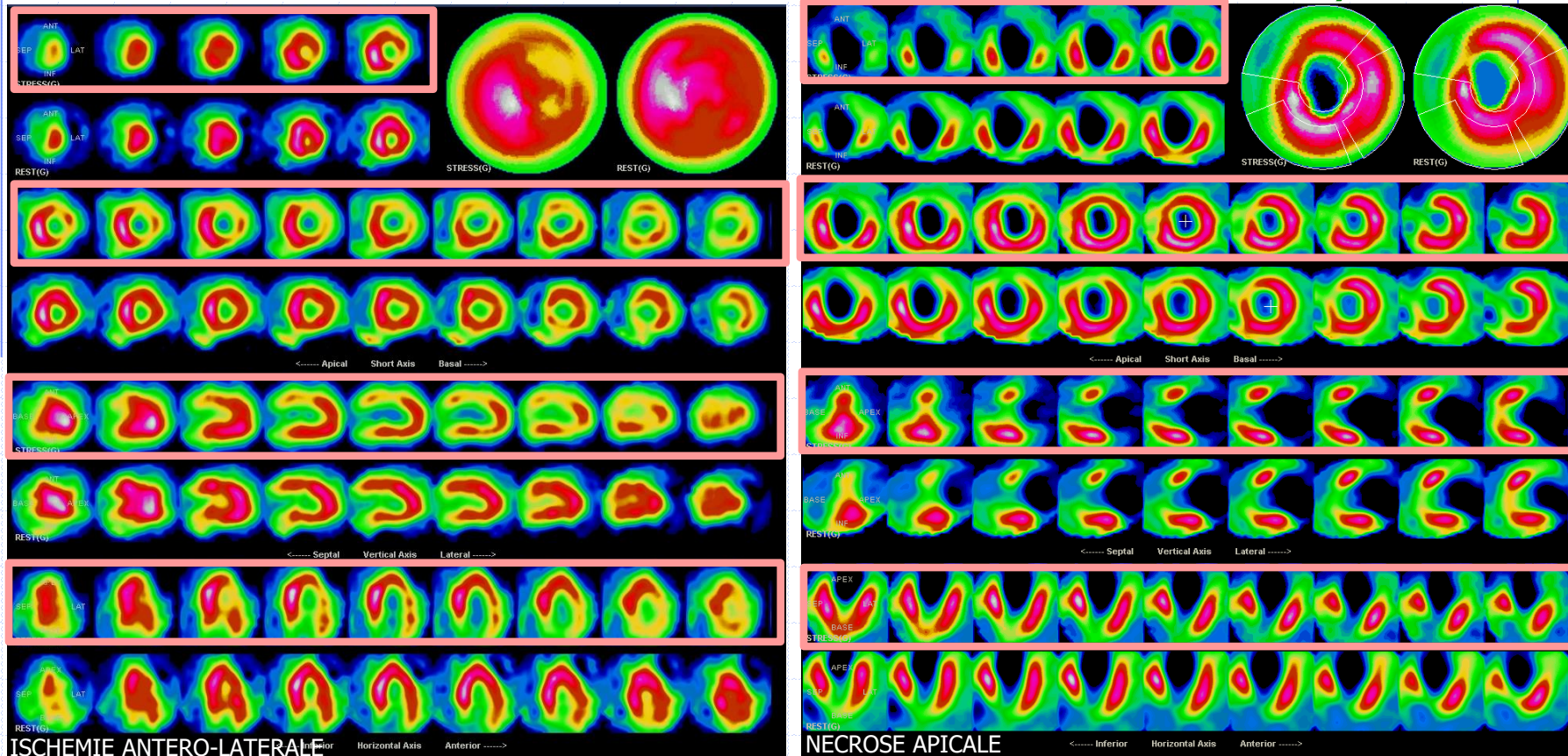
2.R = 3 cm

7- Pourquoi 100% de sensibilité / fissure millimétrique ?

Activation ostéoblastes intense
sur une zone plus étendue

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

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

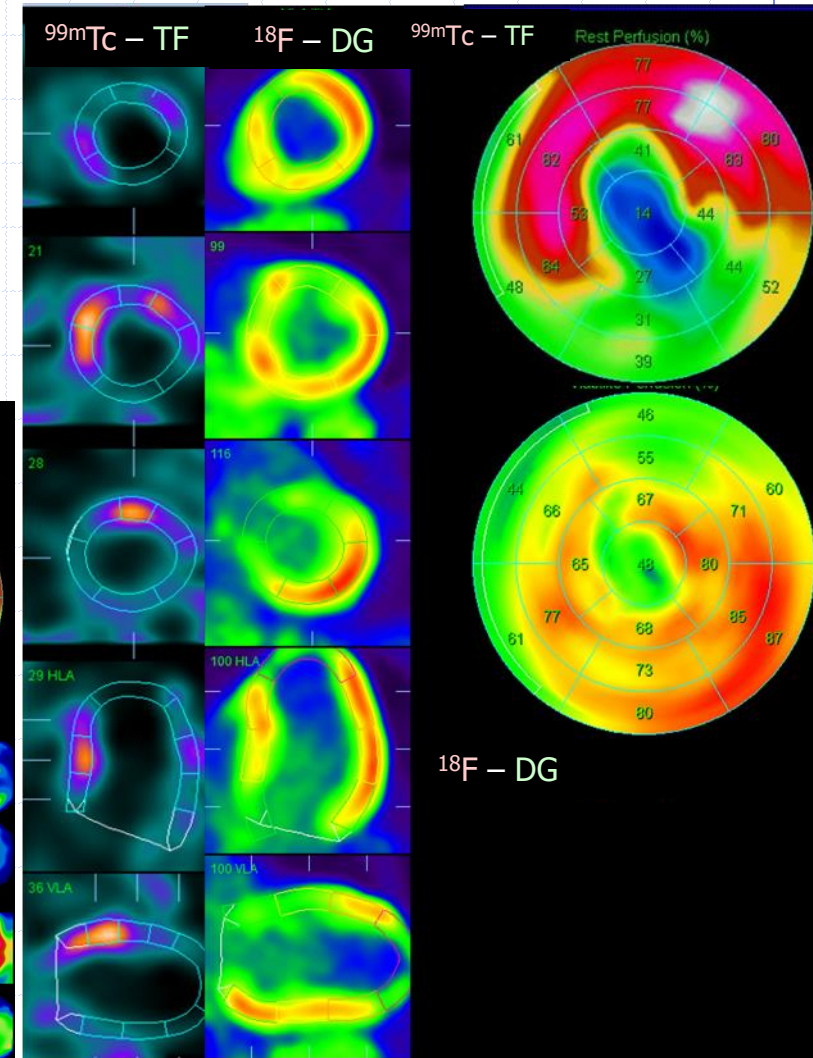
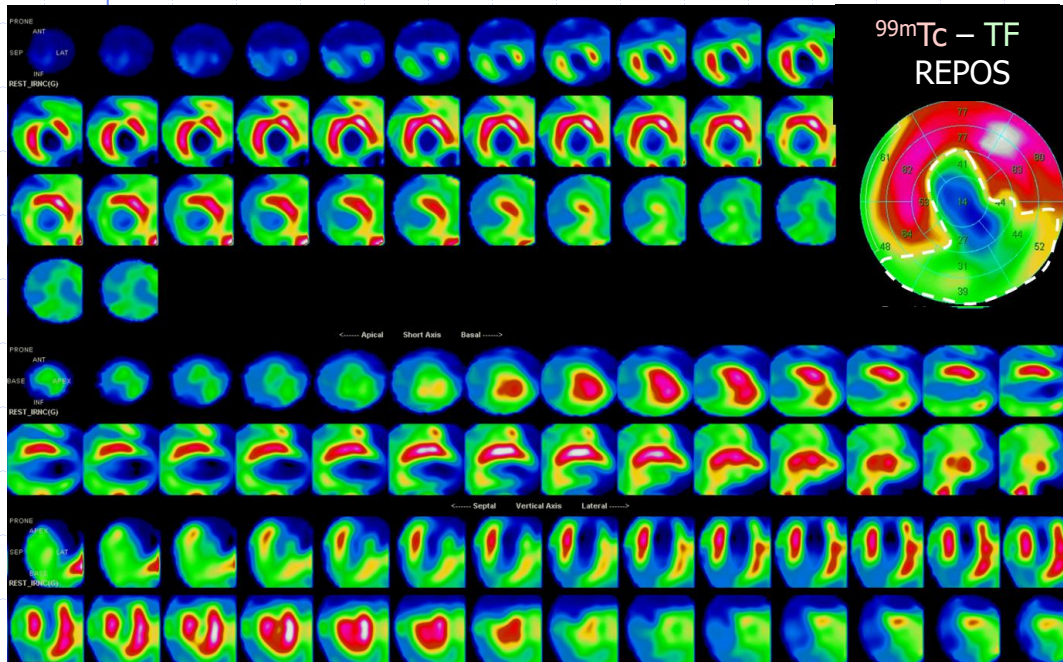
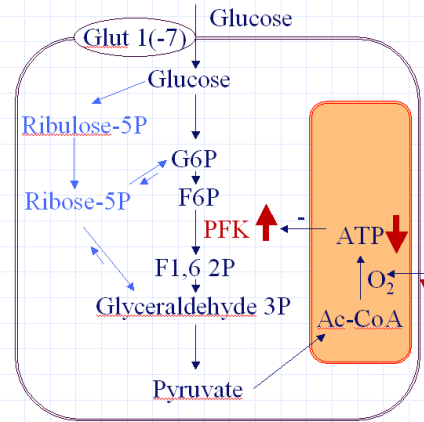


A jeun de **CAFE, THE, CHOCOLAT, RICORE, COLA, BANANE** depuis 24h

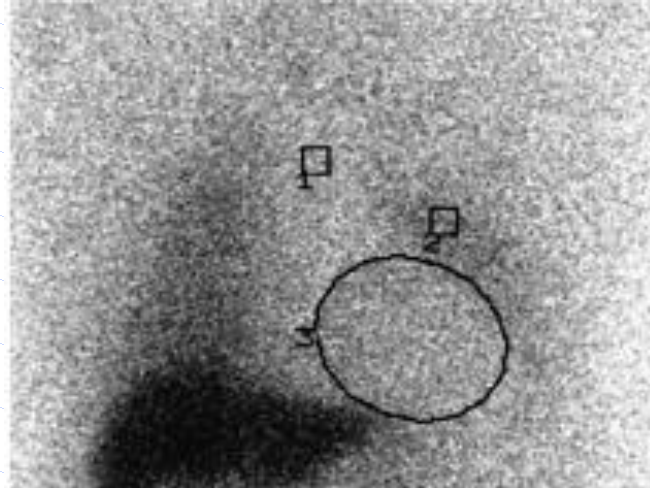
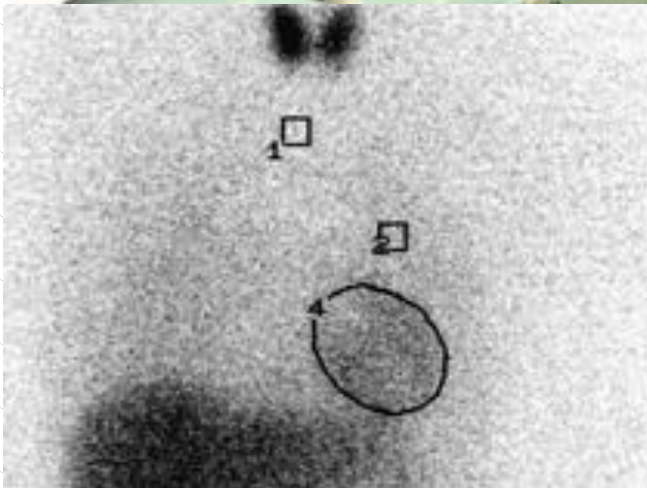
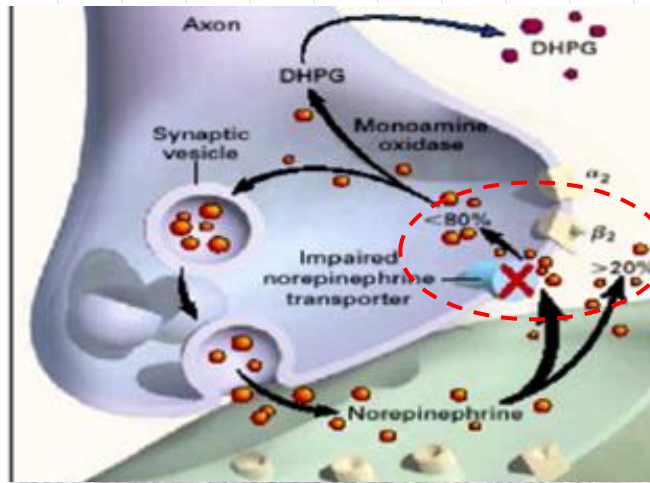
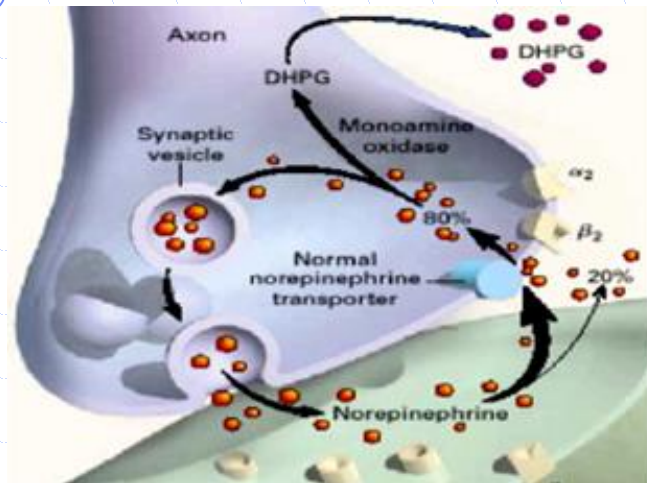
Indications : coronaropathies (dépistage DNID, HIV, diagnostic, suivi, pré-op...)

TEP au ^{18}F -DG :

VIABILITE MYOCARDIQUE



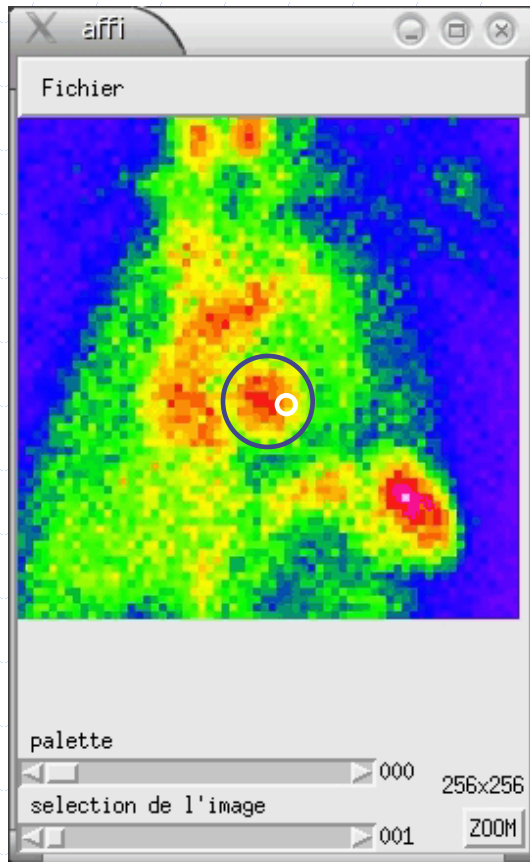
SCINTIGRAPHIE D'INNERVATION MYOCARDIQUE A LA ^{123}I -MIBG



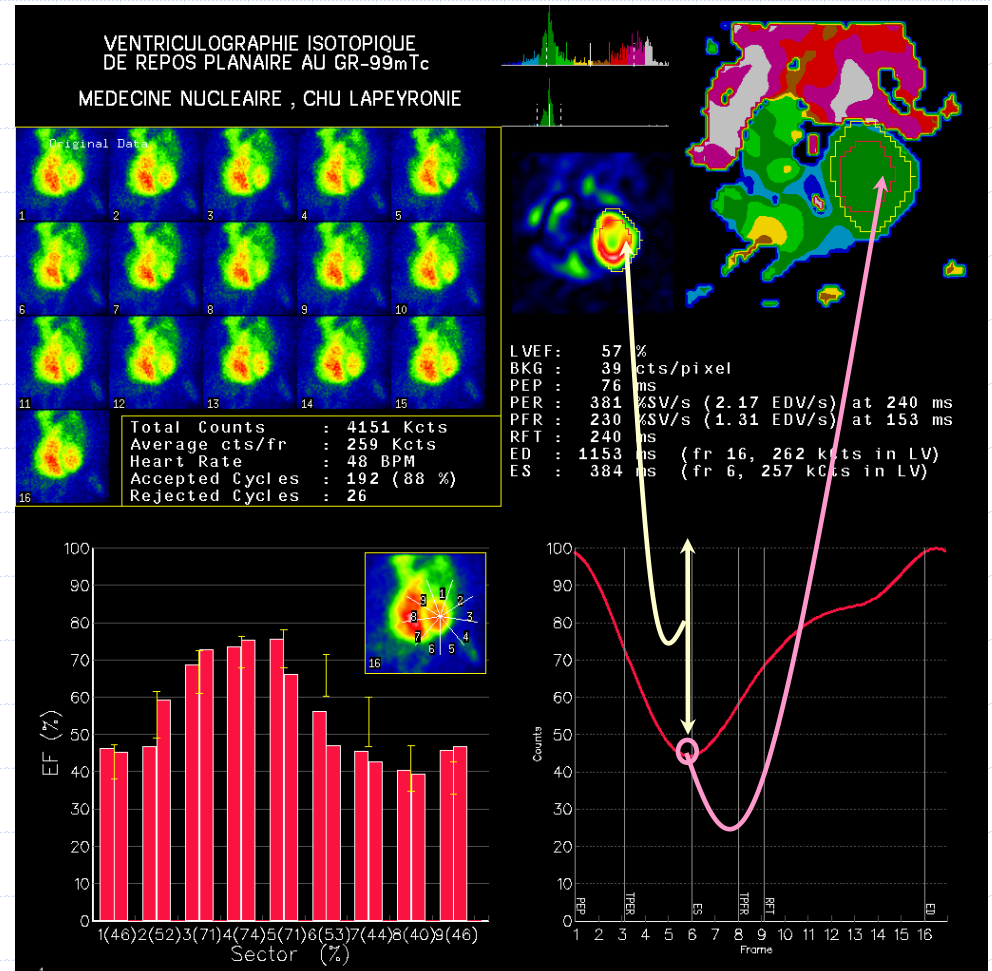
Indications : insuffisance cardiaque

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

VENTRICULOGRAPHIE ISOTOPIQUE AU ^{99m}Tc -HEMATIES

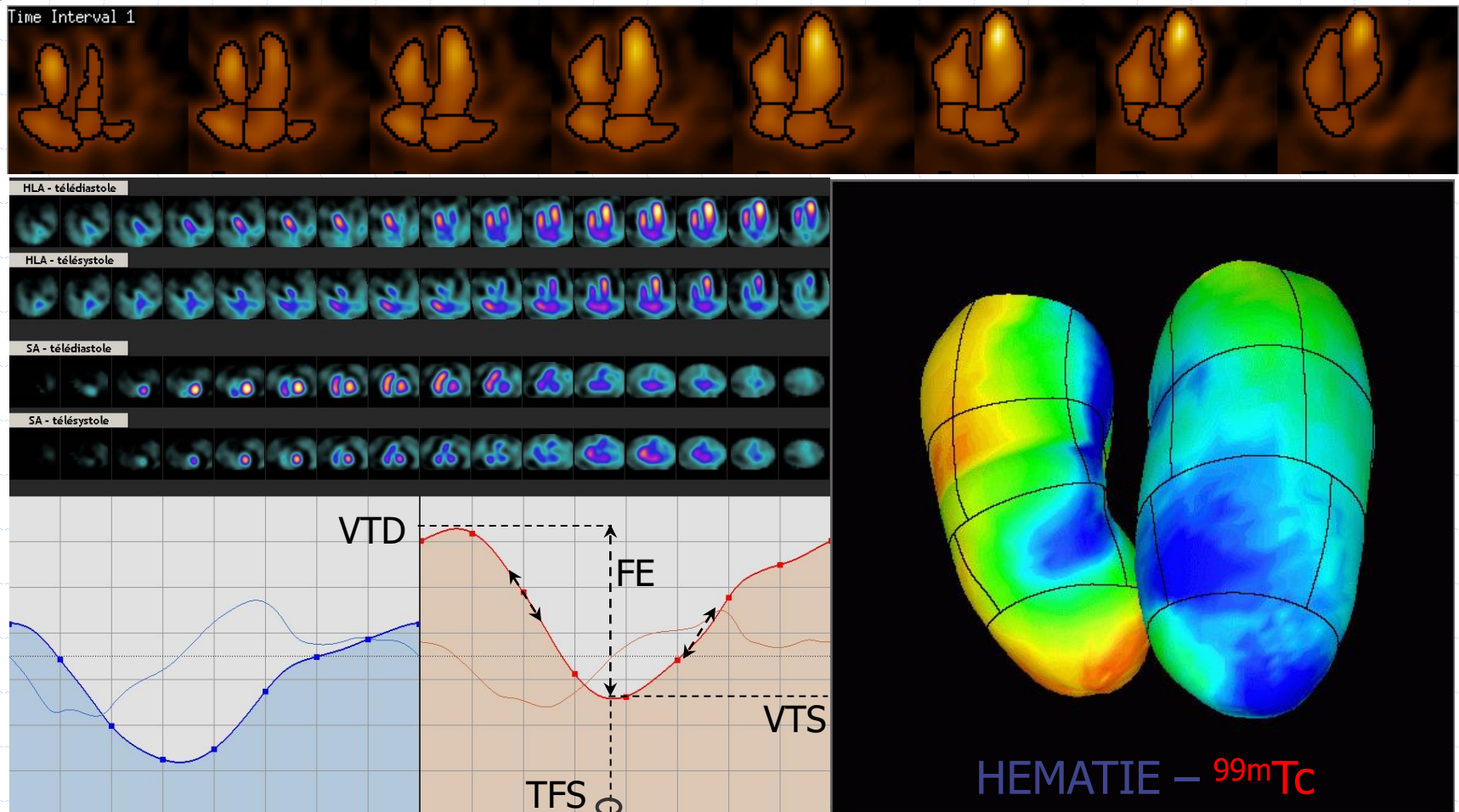


HEMATIE – ^{99m}Tc
Traceur du volume
sanguin



Indications : insuffisance cardiaque

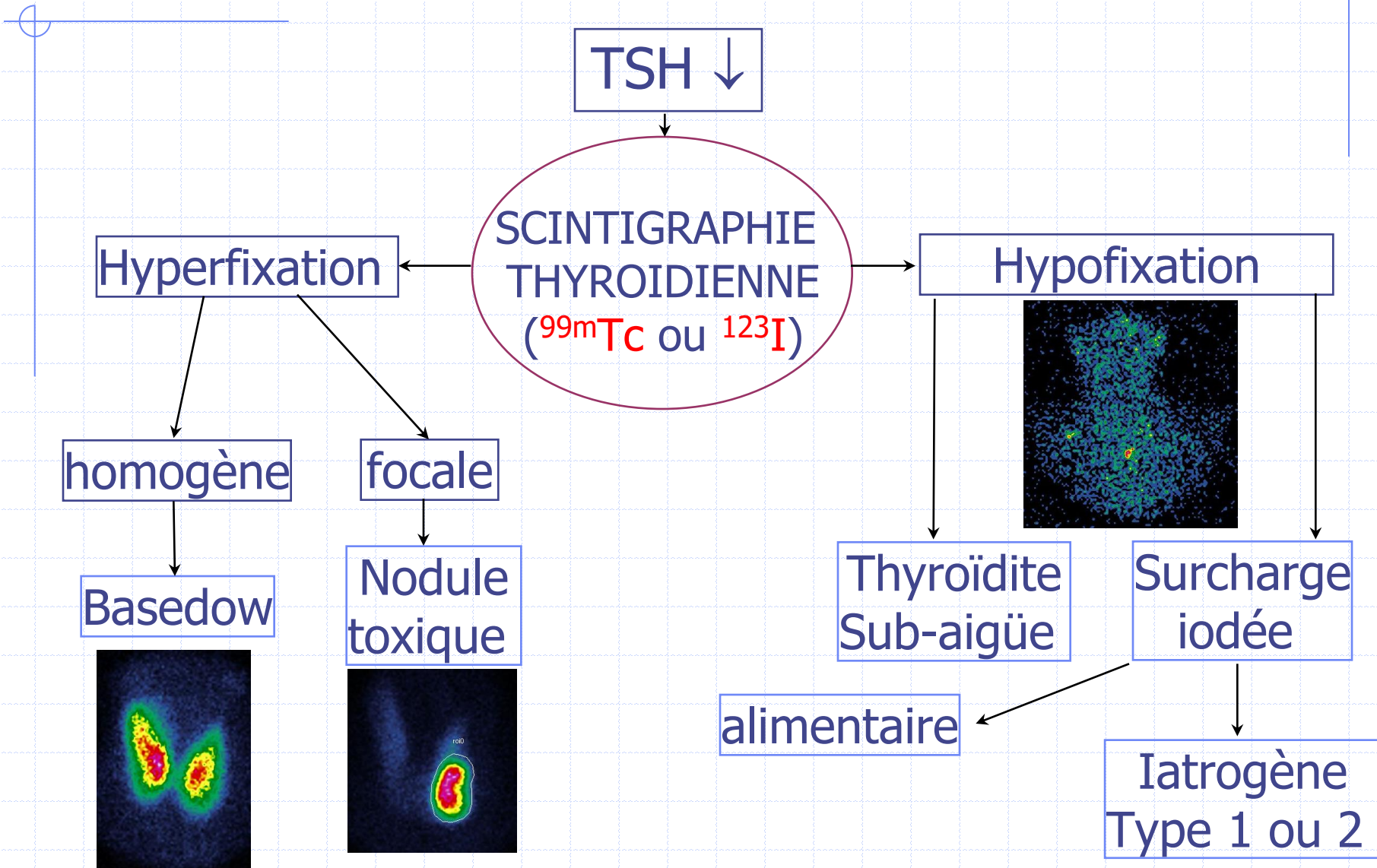
TOMOVENTRICULOGRAPHIE ISOTOPIQUE AU ^{99m}Tc -HEMATIES



Indications : insuffisance cardiaque

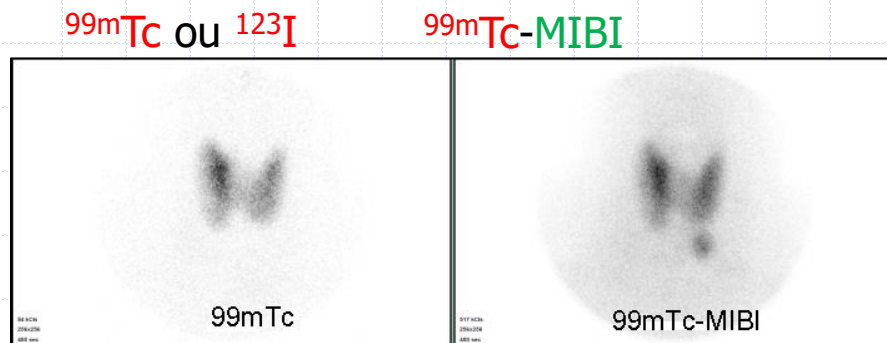
SCINTIGRAPHIE THYROIDIENNE AU ^{99m}Tc :

ETIOLOGIE D'UNE HYPETHYROIDIE



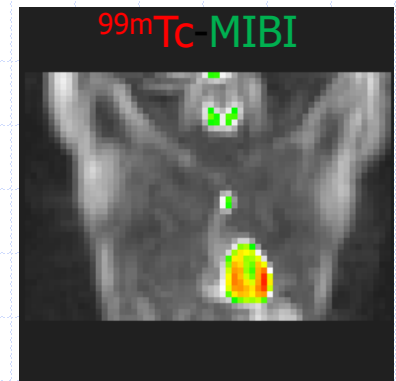
SCINTIGRAPHIE PARATHYROIDIENNE : ETIOLOGIE D'UNE HYPERPARATHYROIDIE

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

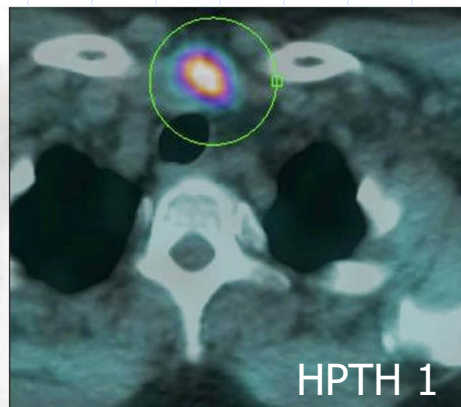


Thyroïde

Thyroïde + Parathyroïde



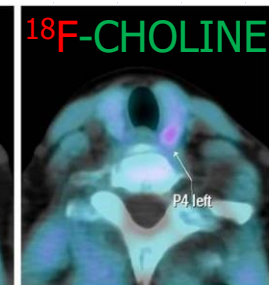
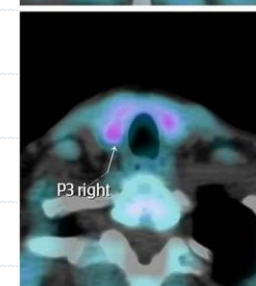
- PET à la ^{18}F -CHOLINE

 ^{18}F -CHOLINE

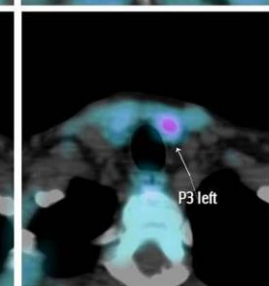
HPTH 1



HPTH 2

 ^{18}F -CHOLINE

P3 right



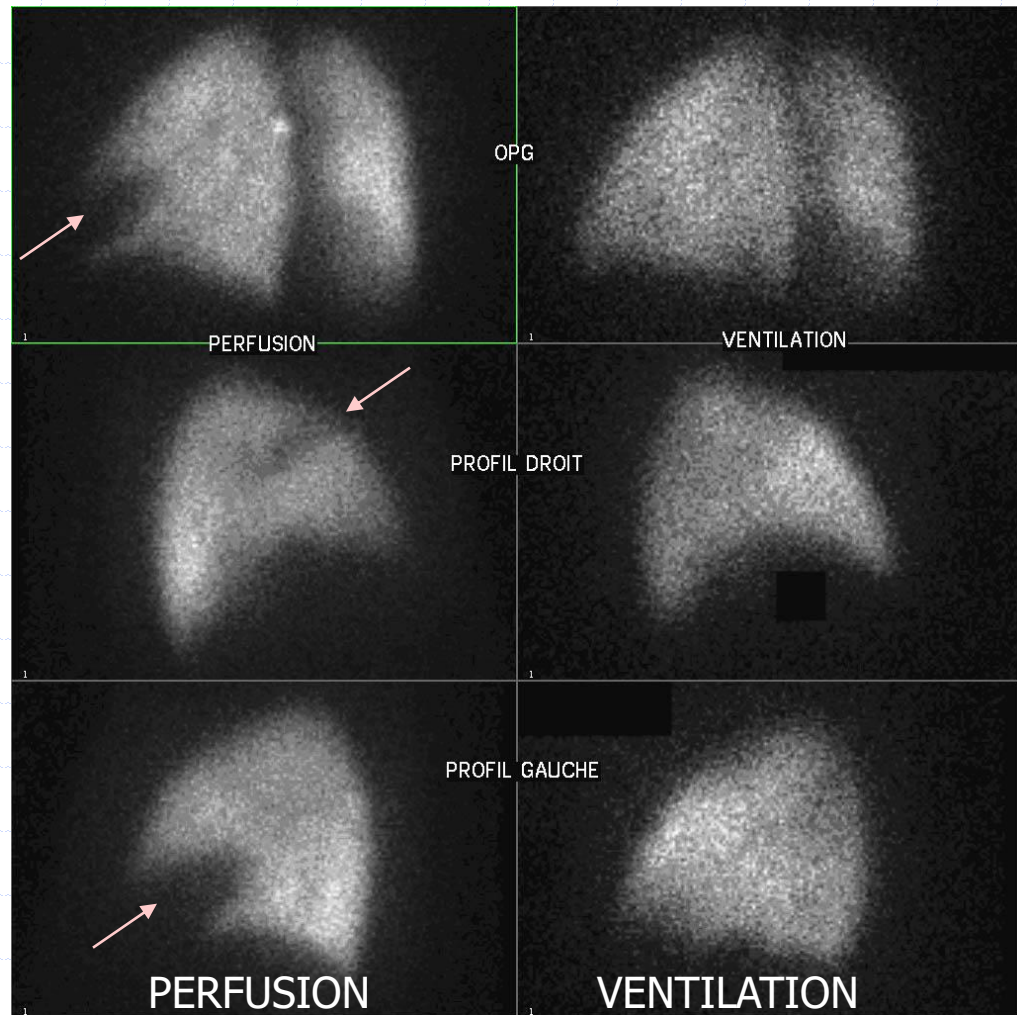
P3 left

SCINTIGRAPHIE PULMONAIRE :

EMBOLIE PULMONAIRE, HTAP

^{99m}Tc – Albumine

^{99m}Tc – C-Aérosol



EMBOLIE PULMONAIRE
(Lingula et segment
antérieur du LSD)

Annale 1^o 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)

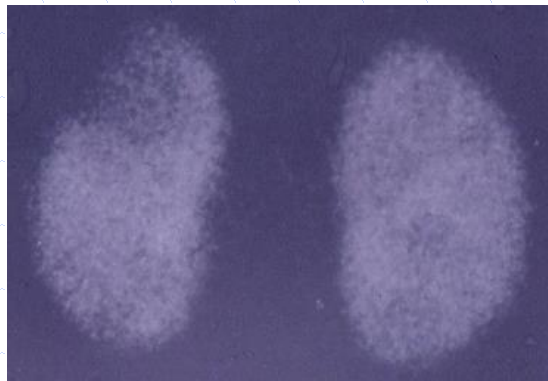
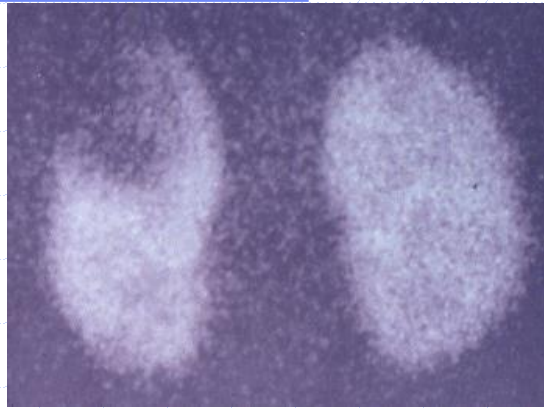
Annale 2^o session 2024-2025

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 ? $d = \text{FWHM}/2 = 5 \text{ mm}$; $500/5 = 100 \text{ pixels}$
- 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)

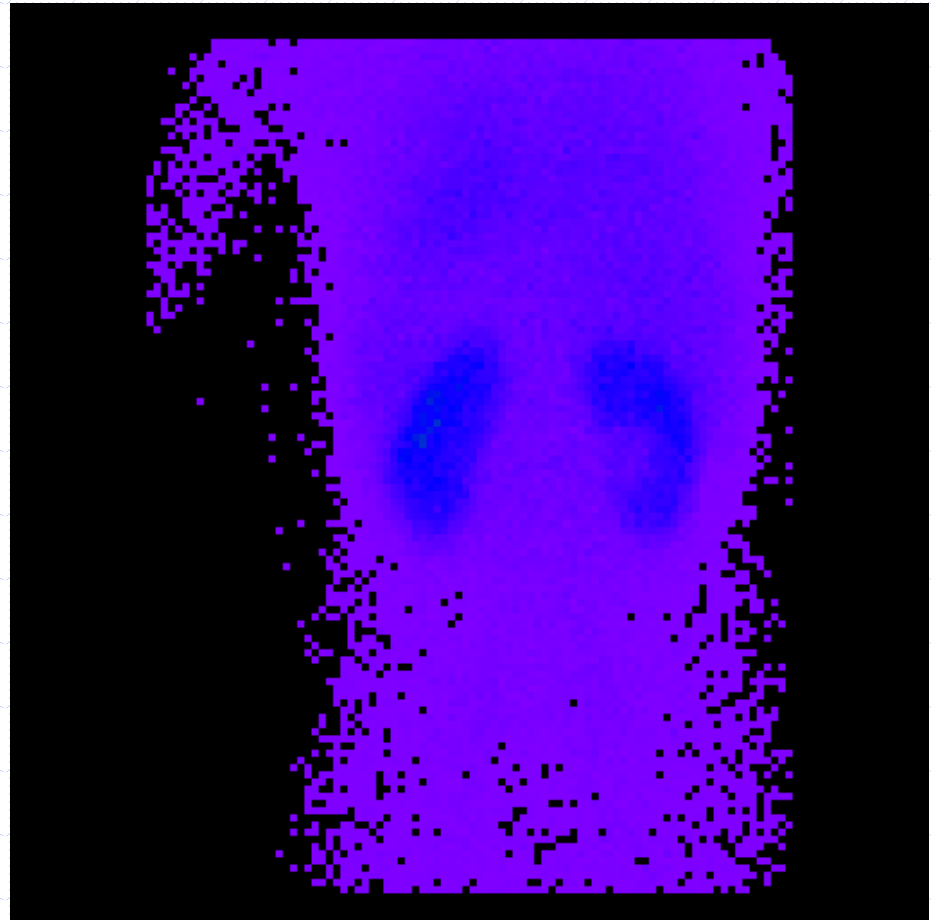
SCINTIGRAPHIE RENALE :

PYELONEPHRITE, OBSTACLE, HTA



^{99m}Tc -DMSA

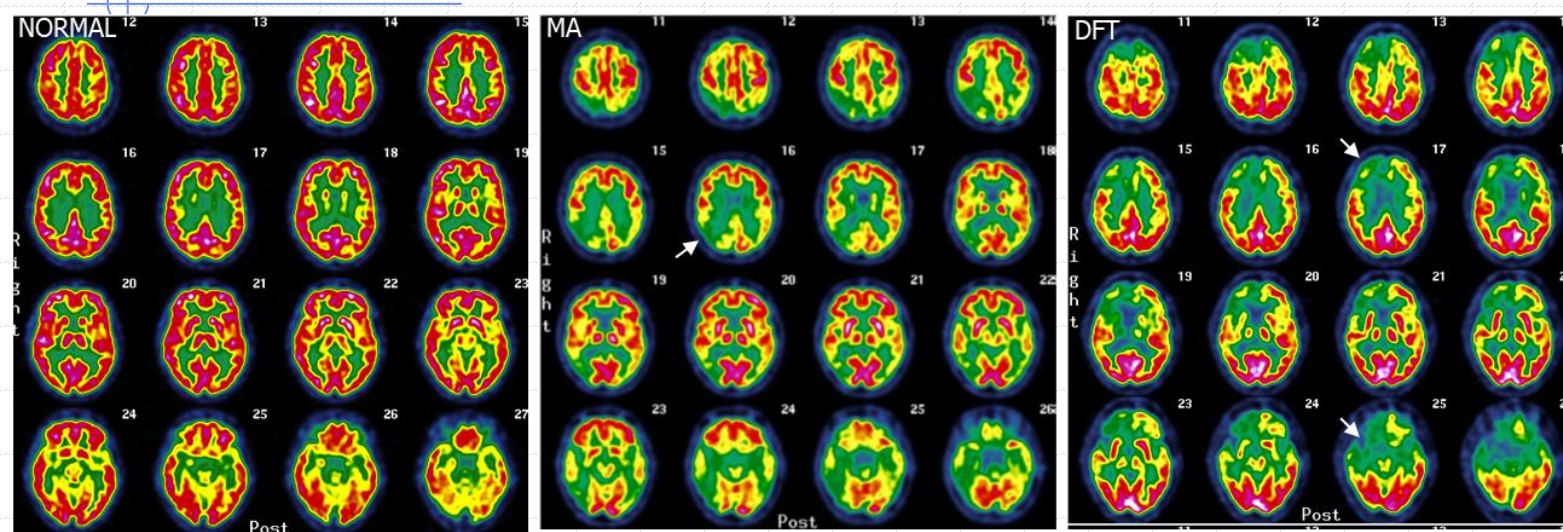
Perfusion corticale : **Pyélonéphrite**



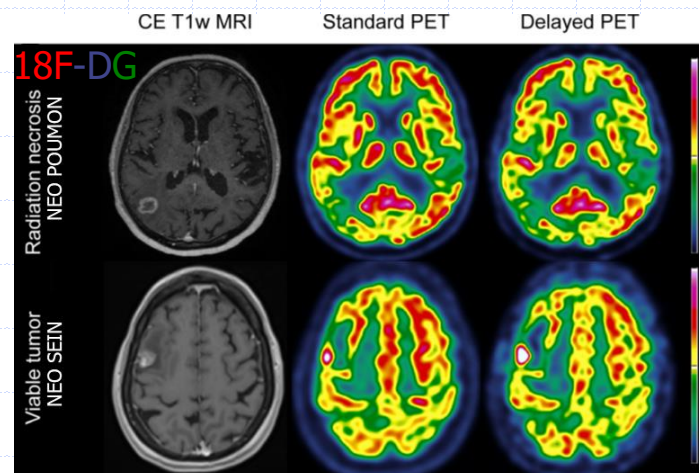
^{99m}Tc -MAG 3

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

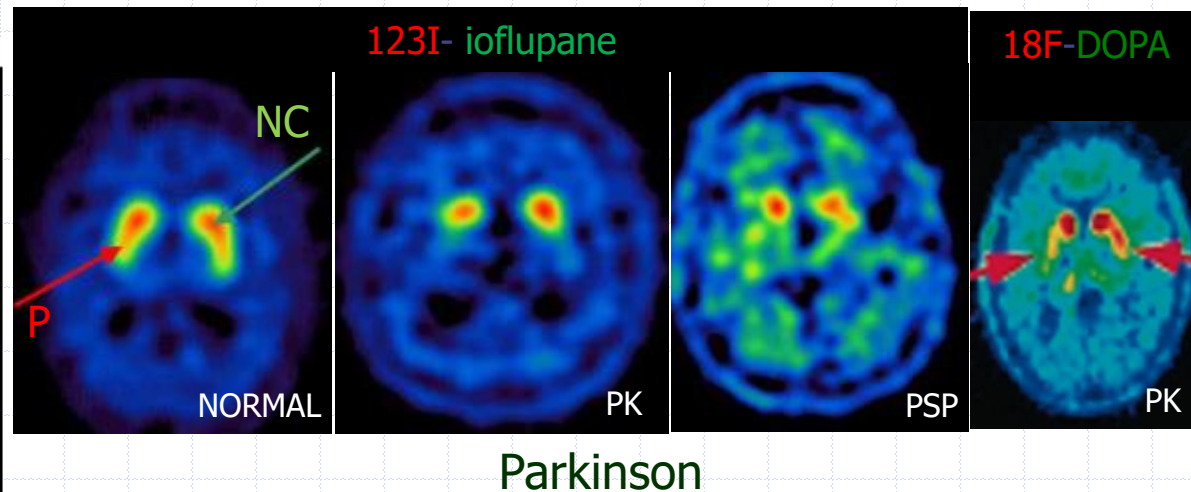
TEP et TEMP CEREBRALES



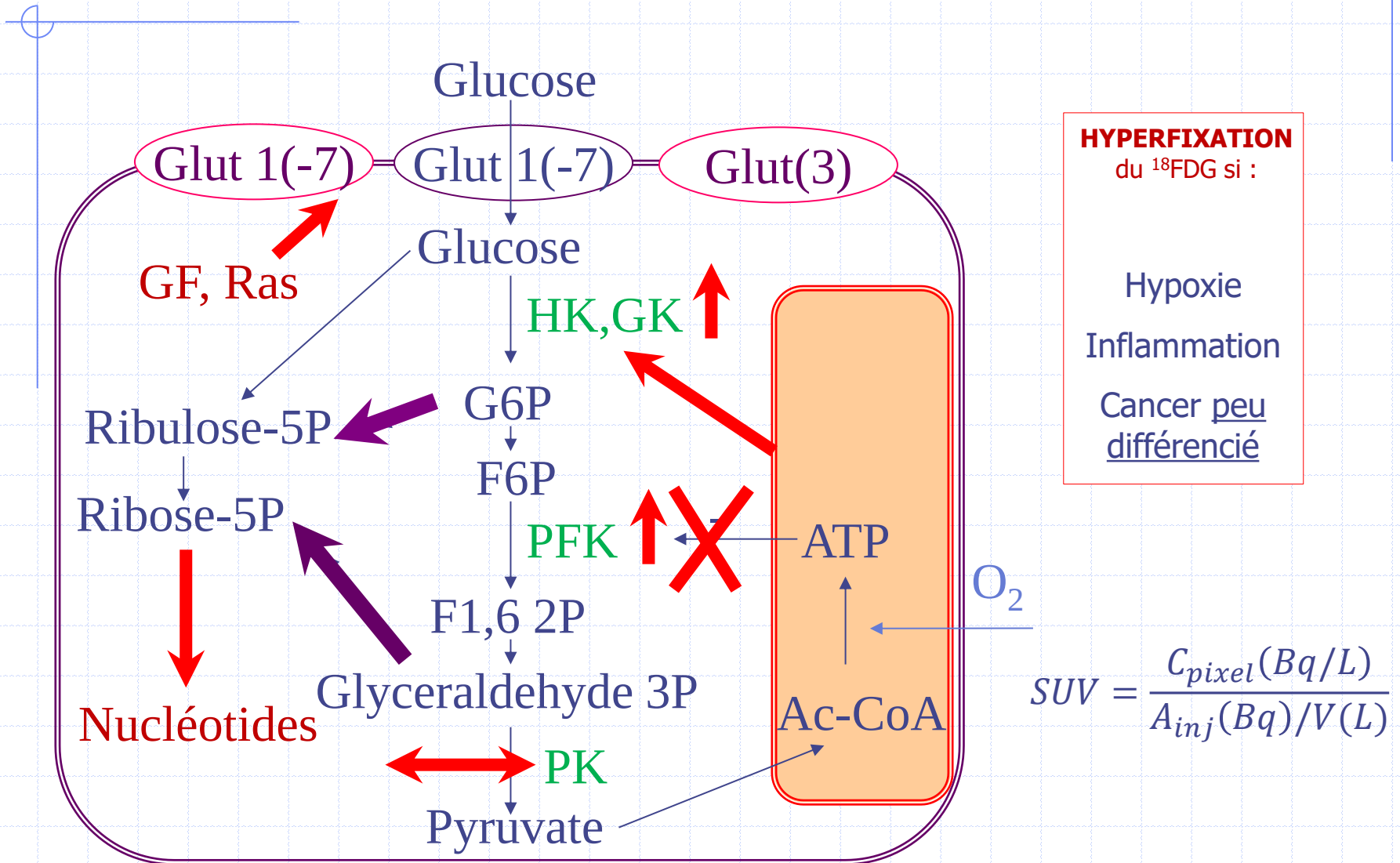
Démences
neuro-
Dégénératives
18F-DG



Séquelle de RT vs récidive



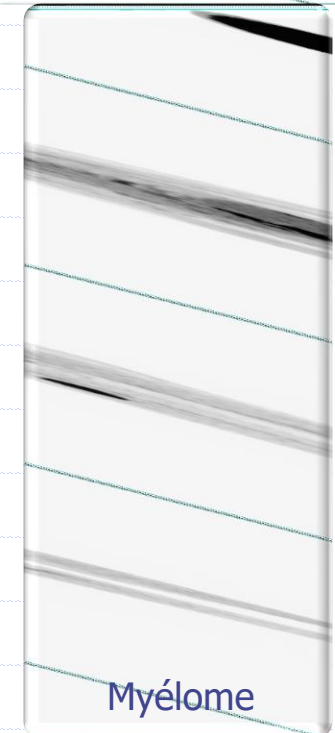
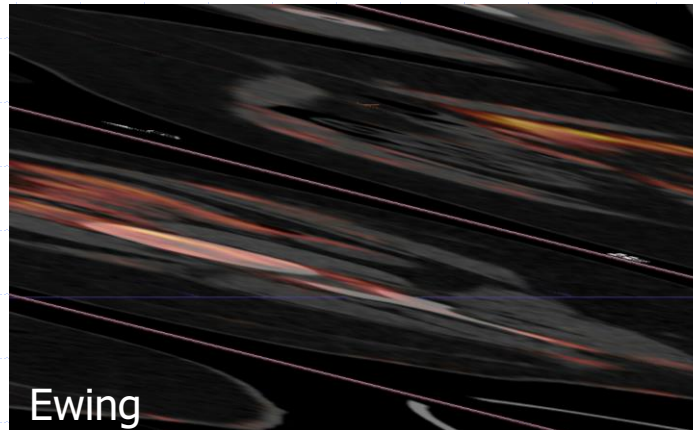
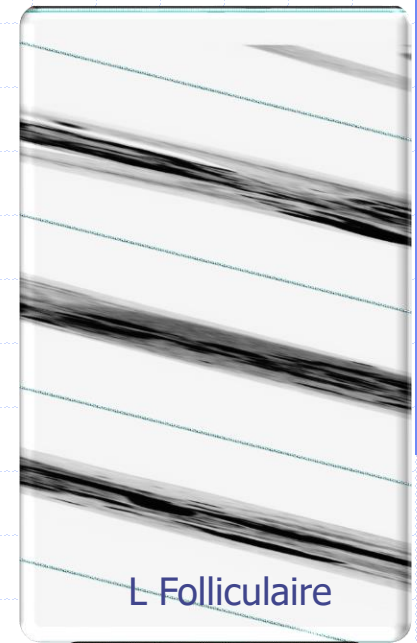
TEP au ^{18}F -DG : Dic, BE, SUIVI DES CANCERS PEU DIFFERENCIÉS



TEP au ^{18}F -DG :

ONCO-HEMATOLOGIE

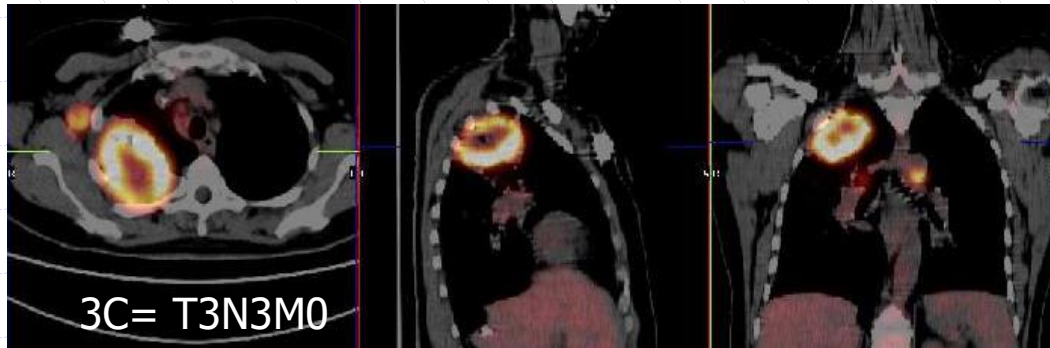
- Lymphomes (H,F,BDGC,M,T)
 - Hodgkin, folliculaire, B, T, manteau
- Myélomes
- Sarcomes
 - Osseux (Ewing, ostéosarcome, chordome)
 - Tissus mous (Rhabdomyosarcome, endomètre)



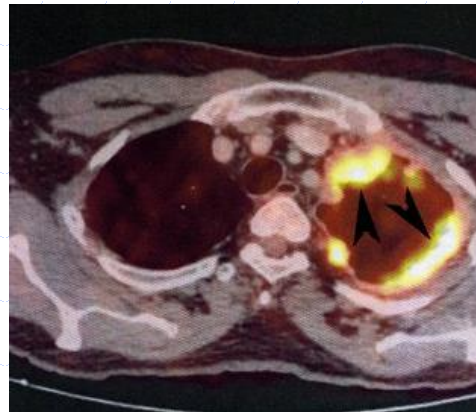
TEP au ^{18}F -DG :

ONCO-PNEUMOLOGIE ET THYMUS

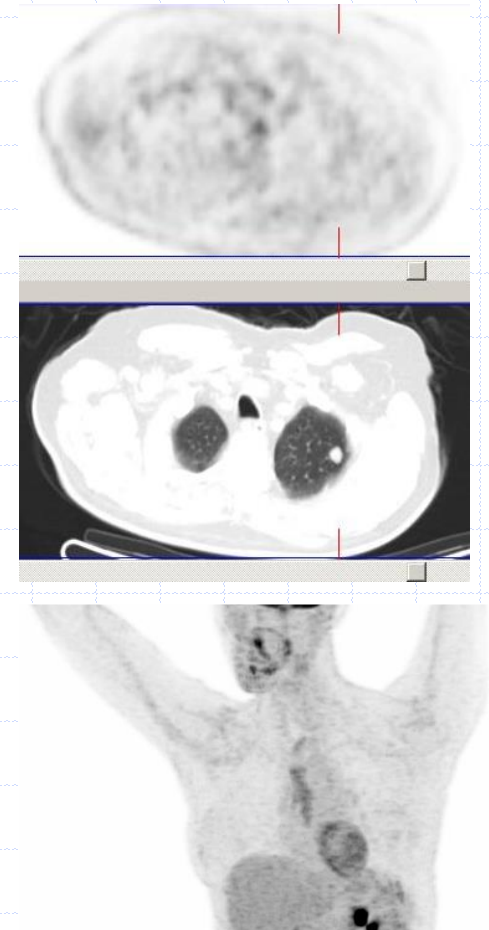
- Carcinomes bronchiques (NPC, PC, GC)



- Mésothéliome

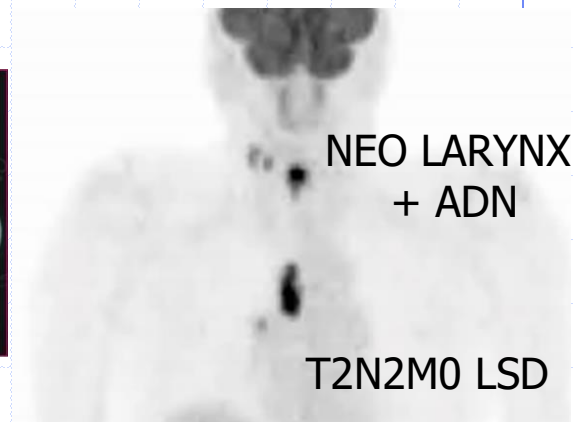
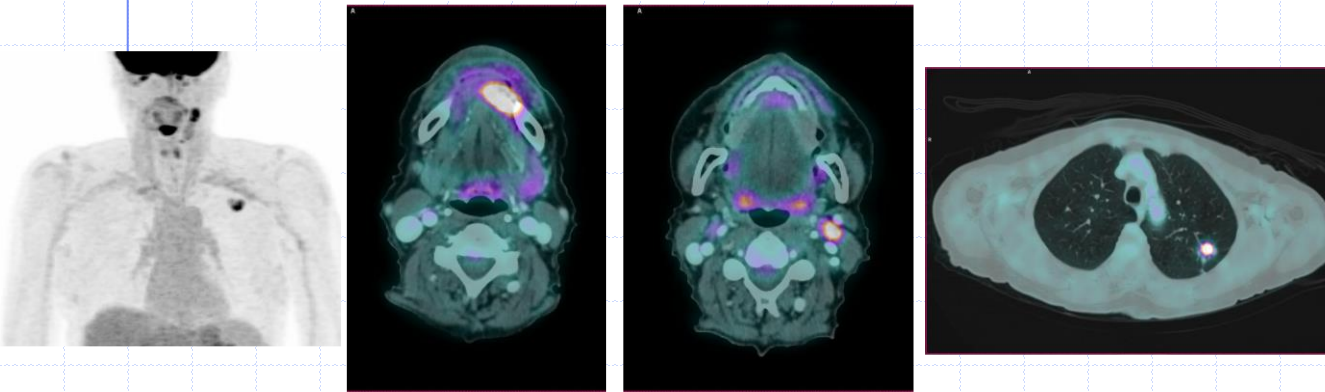


- Tumeurs thymiques

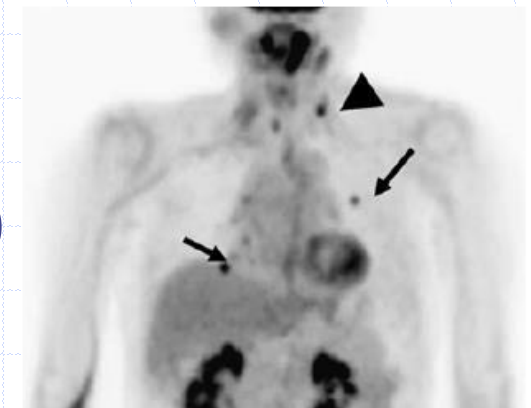


TEP au ^{18}F -DG : ONCO-ORL

- VADS (cancers synchrones) et GG sans I



- Thyroïde
 - Si anaplasique, peu $\neq$, étendus ($\text{Tg}\uparrow$)

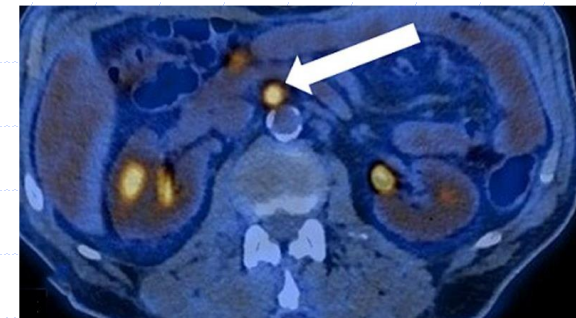
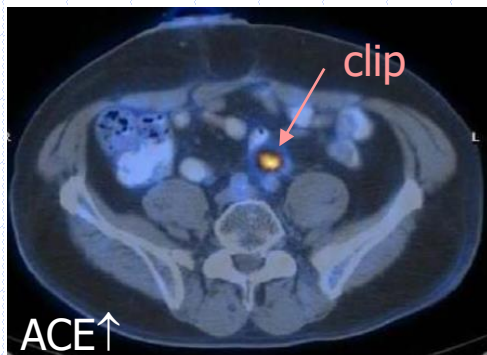
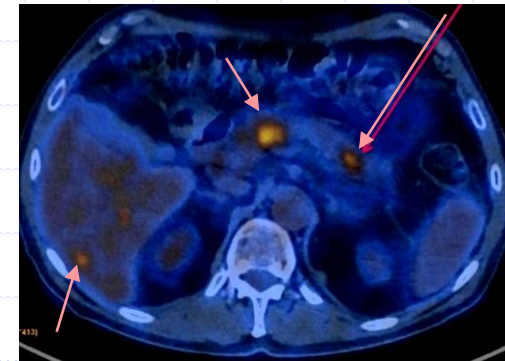
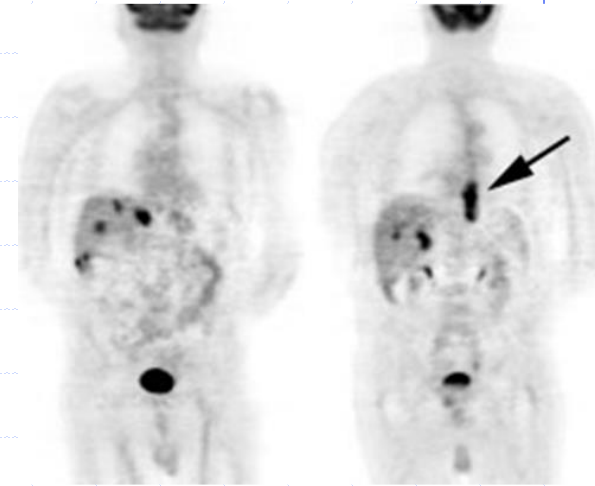


Post ^{131}I sur C. papillaire
T3N1 opéré, Scinti ^{131}I N

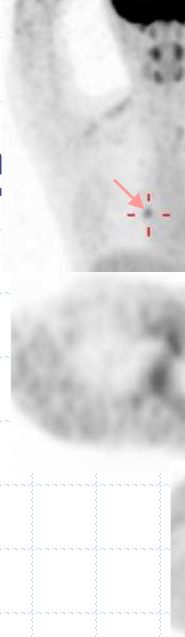
TEP au ^{18}F -DG :

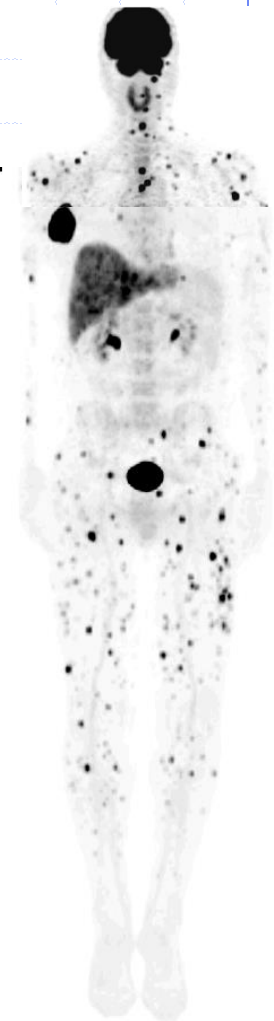
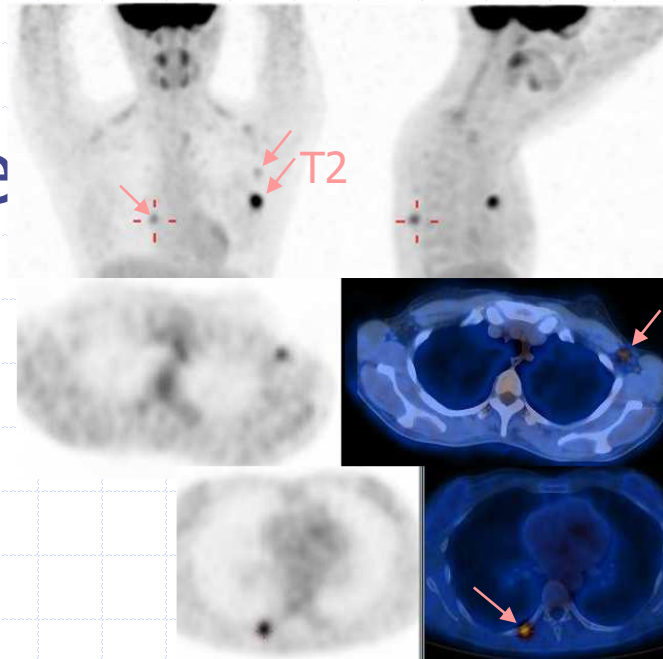
ONCO-DIGESTIF

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



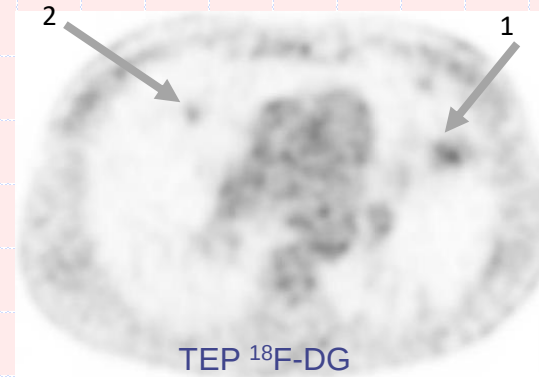
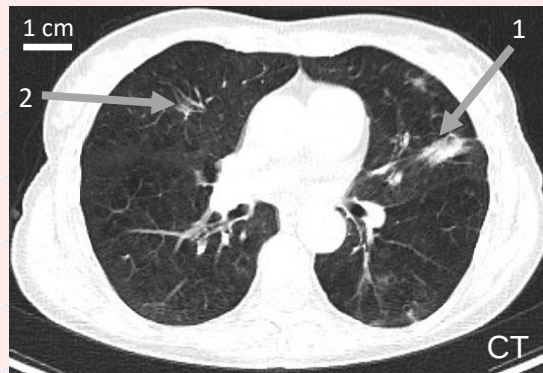
TEP au ^{18}F -DG :
ONCO-GYNECOLOGIE & DERMATOLOGIE

- Sein
 - Col, endomètre
 - Vulve
 - Ovaire
- 
- Mélanomes
 - Tumeurs de Merckel



Annale 1^o session 2020-2021

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



1- Déterminants du contraste en CT ?

2- 3 causes d'hyperfixation du FDG ?

3- Quelles acquisitions pour reconstruire en tomo ?

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

5- Opacité n° 1 $\Rightarrow$ 2 hypothèses ?

6- Hyper n°2 < hyper n°1 $\Rightarrow$?

CT: Densité ou masse volumique

Néoplasie peu différenciée, inflammation (infection), hypoxie

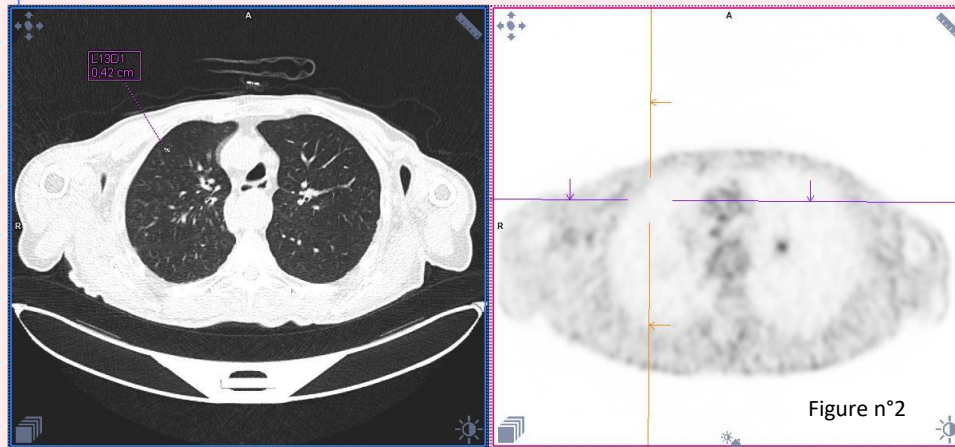
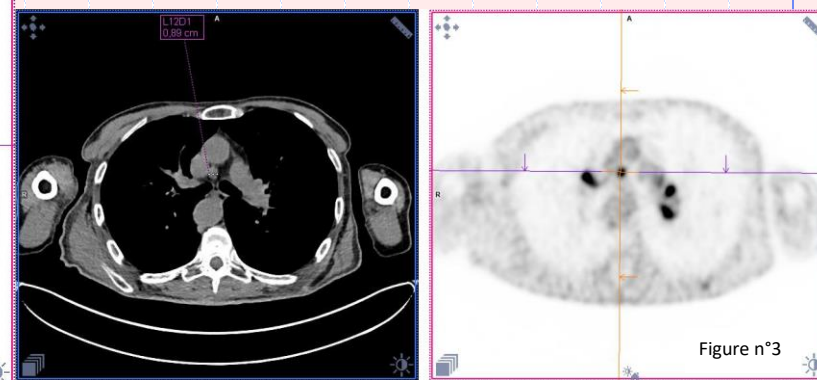
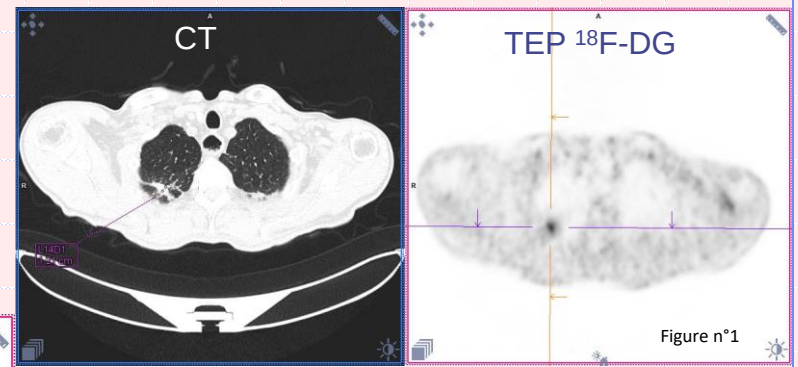
Images planaires de projection sous divers angles

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

Cancer peu différencié / inflammation ou infection

Rien car taille < 2.LMH

Annale 1^o session 2021-2022



- 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 masse volumique / TEP : métabolisme du glucose
CT : 1 mm / TEP : 5 mm

Images planaires de projection sous divers angles

Néoplasie peu différenciée, inflammation (infection), hypoxie

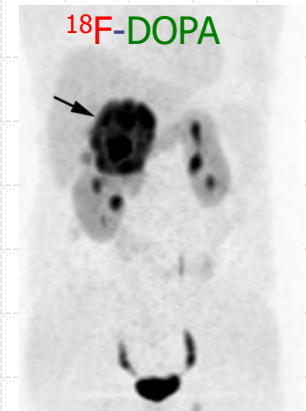
Rien car dimension < FWHM

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

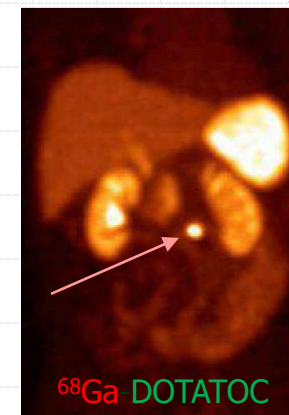
CANCERS TRES DIFFERENCIES :

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

- **DOPA** → **cellules adrénergiques** :
 - phéochromocytome, carcinome médullaire de la thyroïde, neuroblastome, hyperinsulinisme.



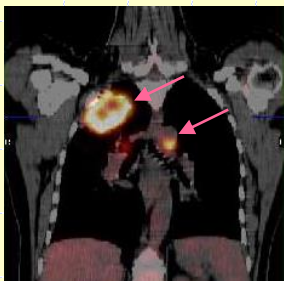
- **OCTREOTIDE** → **Récepteurs à la somatostatine**
 - tumeurs neuroendocrines
 - thymique, bronchique, digestive,
 - Paragangliomes non surrenaliens,
 - Méningiomes.



- **PSMA** → **ADK de prostate**
 - PSA $\uparrow$, BEI si haut risque, avant RIV.



SYNTHESE 3



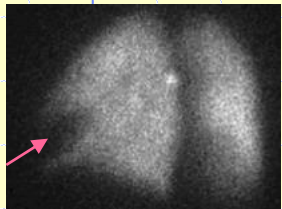
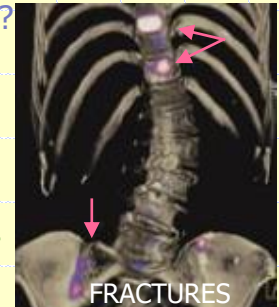
PET-CT
au ^{18}F FDG, ^{18}F -Choline,
 ^{18}F -DOPA, ^{68}Ga -
DOTATOC ou PSMA

Suspicion, BE,
surveillance
de **néoplasie**

Toute **douleur**
osteo-articulaire
inexpliquée

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

→ SPECT/CT
= scinti. osseuse

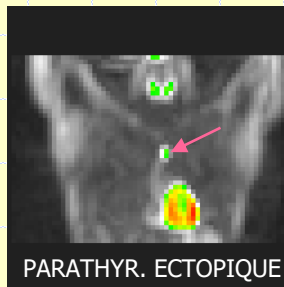


Dyspnée aigüe
Suspicion d'**embolie**
pulmonaire
(F, jeune ou enceinte)

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

Hyperthyroïdie inexpliquée
Hyperparathyroïdie

Scinti.
Parathyroïde
ou thyroïde



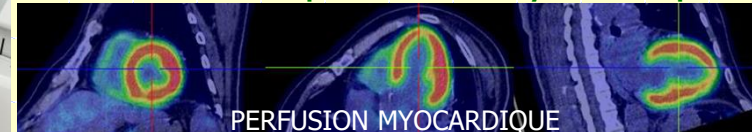
PET-CT
au ^{18}F FDG

Sans orientation
Suspicion d'arthrite, d'ostéomyélite etc.

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

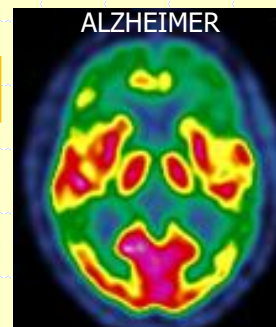
Douleur thoracique inexpliquée, Dépistage
coronaropathie (diabète, HIV, pré-op...)

→ Scinti. de perfusion myocardique



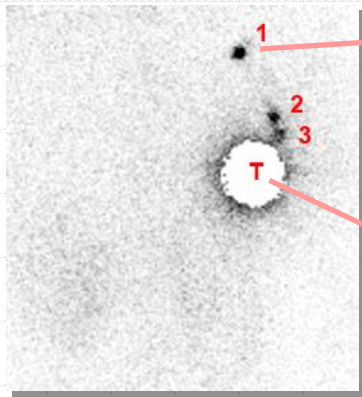
Suspicion de **démence**

→ PET-CT
au ^{18}F FDG

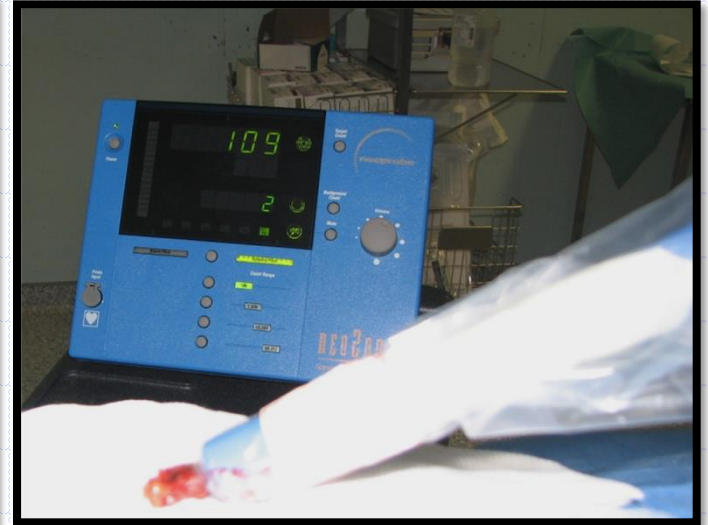
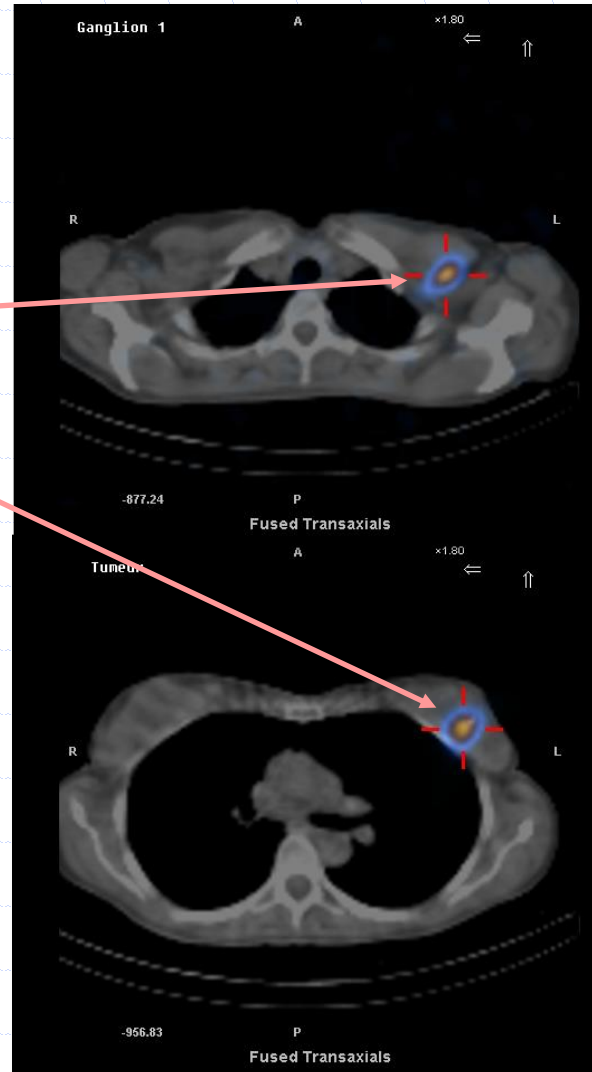


→ Scinti. Osseuse (SPECT-CT
précoce et tardive)

DETECTION PEROPERATOIRE DES GANGLIONS SENTINELLES

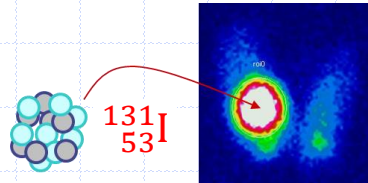


^{99m}Tc -nanocolloïde

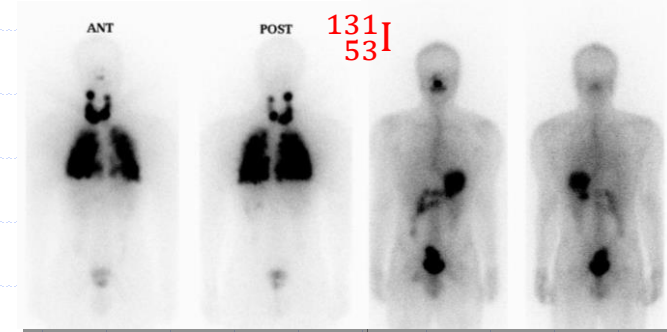


RADIOTHEAPIE METABOLIQUE β^-

- Hyperthyroïdies



- Cancers différenciés de la thyroïde

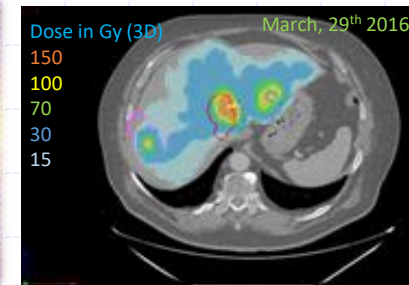
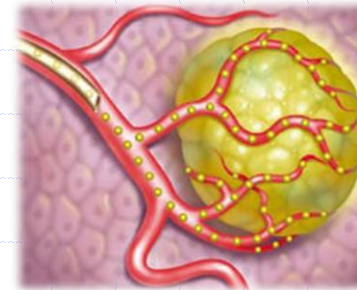


- Mono-arthrites inflammatoires chroniques : Synoviorthèses au $^{169}_{68}\text{Er}$, $^{186}_{75}\text{Re}$, $^{90}_{39}\text{Y}$

- Cancers neuroendocrines : $^{177}_{71}\text{Lu}$ – DOTATE

- Cancers de prostate $^{177}_{71}\text{Lu}$ – PSMA

- Cancers hépatiques $^{90}_{39}\text{Y}$ – MICROSPHERES



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

Annale 2^o 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 ($^{169}_{68}\text{Er}$, énergie moyenne de la particule bêta moins : 100 keV), le rhénium 186 ($^{186}_{75}\text{Re}$, énergie moyenne de la particule bêta moins : 320 keV) et l'yttrium 90 ($^{90}_{39}\text{Y}$, 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 $P \text{ (mm)} = E(\text{keV})/200$.

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 : $100/200 = 0,5 \text{ mm}$; Re : $320/200 = 16 \text{ mm}$; Y : $900/200 = 4,5 \text{ mm}$

4- Dose absorbée au foie ?

0 Gy

5- Mécanisme de destruction du tissu synovial ?

Ionisation des atomes de la synovie ; radiolyse de l'eau

6- Quel isotope pour un genou ?

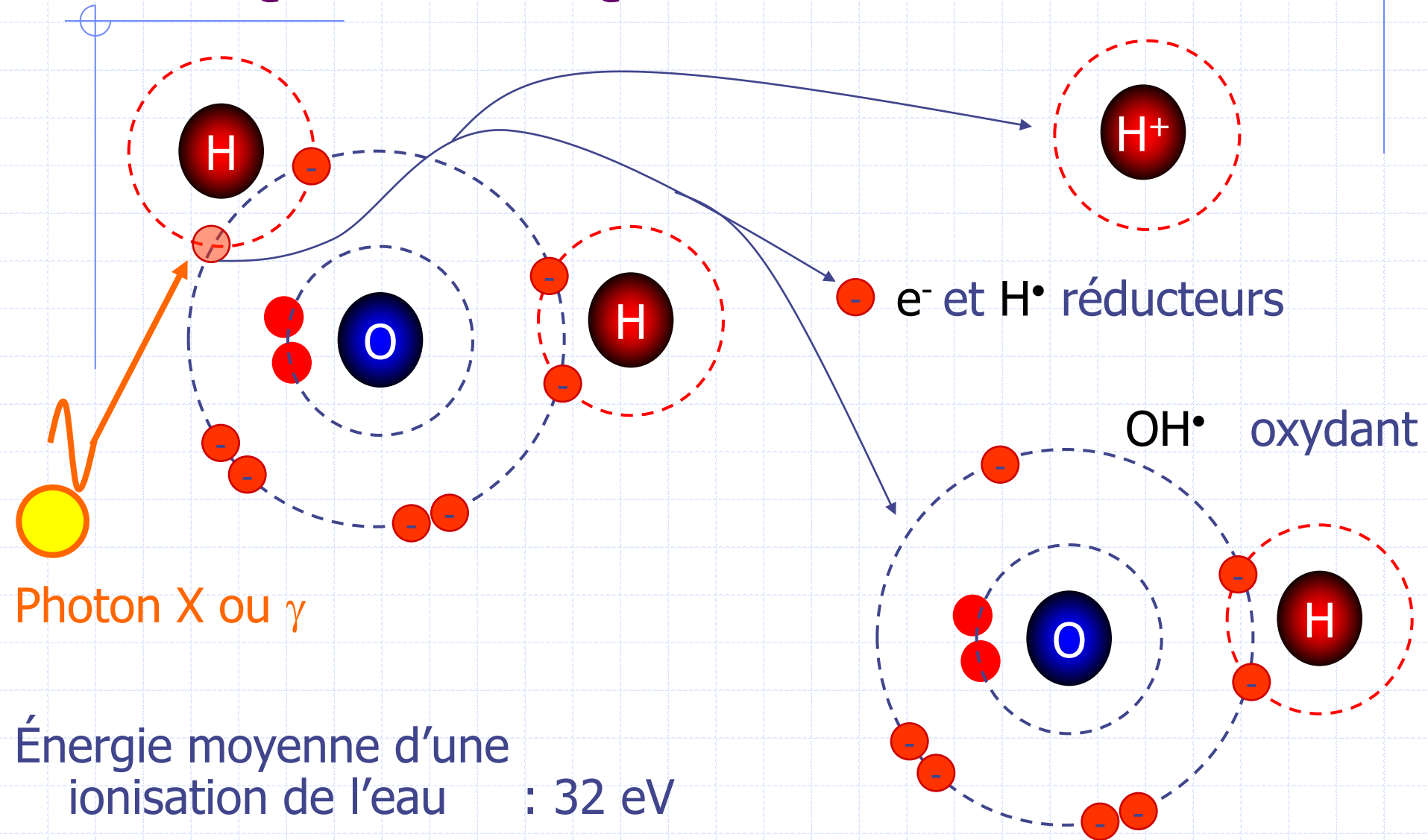
Y car grosse articulation

DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

- Emetteurs X/γ basse énergie, affinité : $^{125}_{53}\text{I}$
- Sensibilité < picomole
- Désormais peu utilisée hors recherche
 - Neurotransmetteurs, hormones,
 - vitamines, peptides, marqueurs tumoraux



RISQUE RADIQUE



DOSIMÉTRIE

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 :
202 10³ homme.Sv pour 33 . 10⁶ scintigraphies (5 %)
4000 10³ homme.Sv pour 3600 . 10⁶ 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

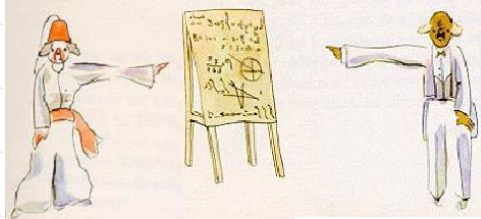
- Radiothérapie métabolique vectorisée :
 - IRA-thérapie des cancers thyroïdiens différenciés, hyperthyroïdies
 - Synoviorthèse des monoarthrites
 - RIV des tumeurs neuroendocrines, hépatiques, prostatiques
- RIA : sensibilité $\approx$ picomole : peu utilisée
- Dosimétrie
 - En général de 0,5 à 10 mSv
 - 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/>