

# IMAGERIE SCINTIGRAPHIQUE MEDECINE NUCLEAIRE

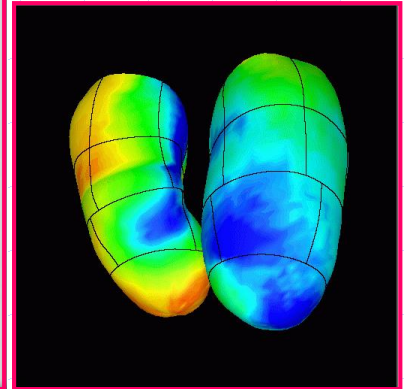
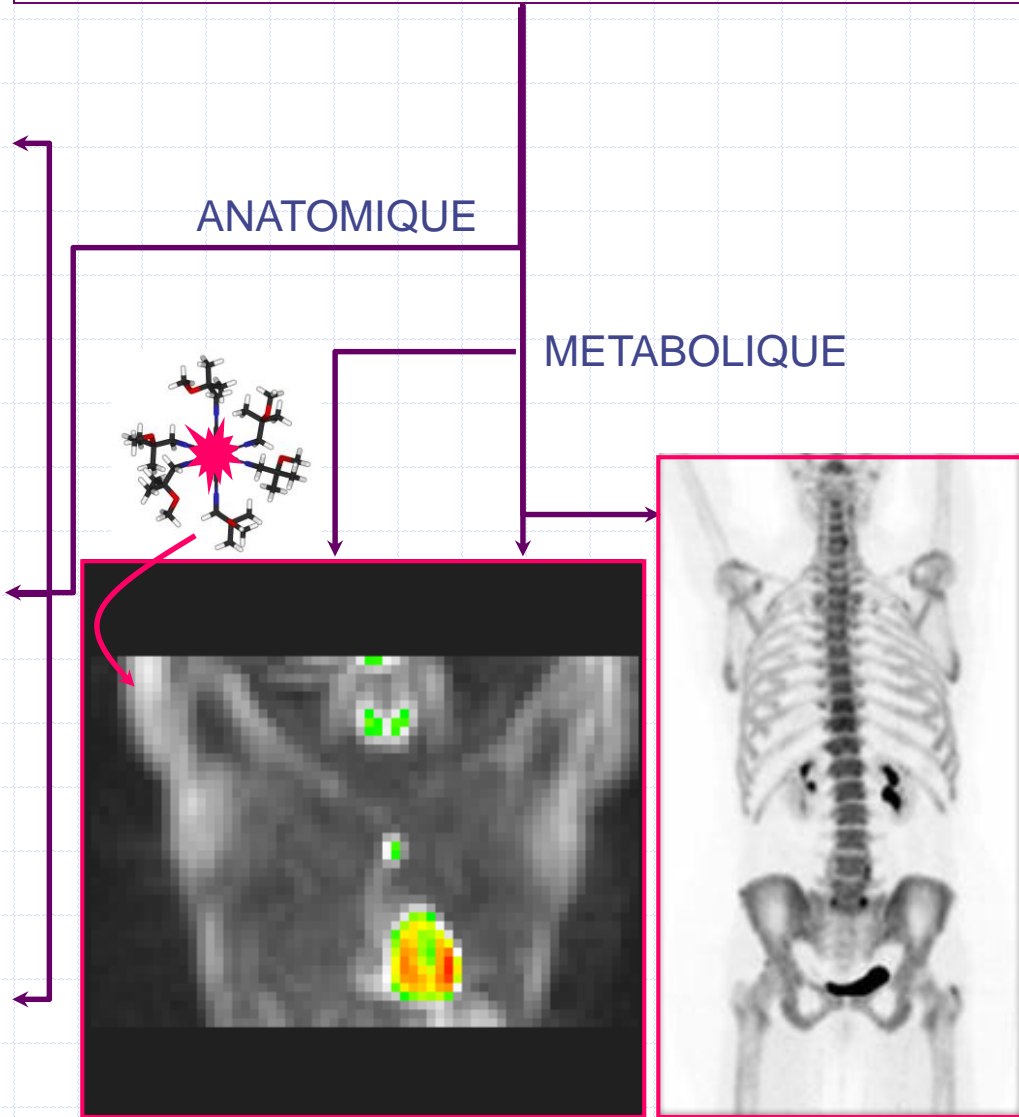
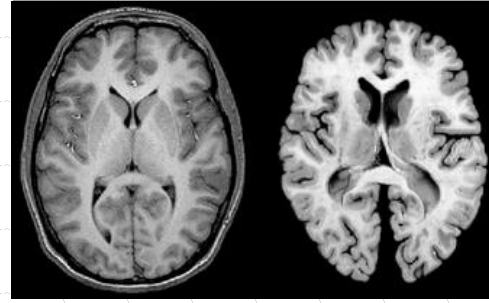
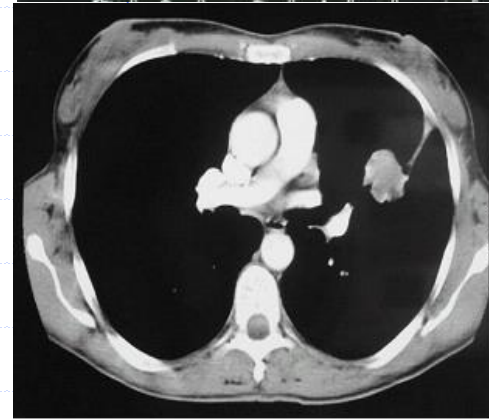


UE BIOPHYSIQUE ET BASES D'IMAGERIE

denis.mariano-goulart@umontpellier.fr

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

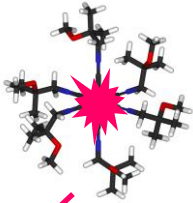
# Imagerie médicale



# 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

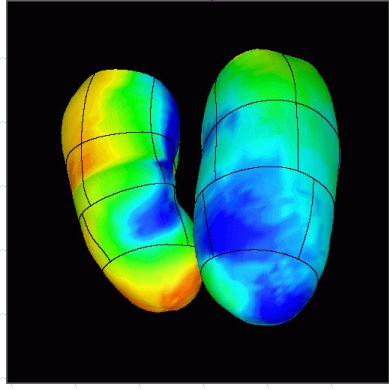
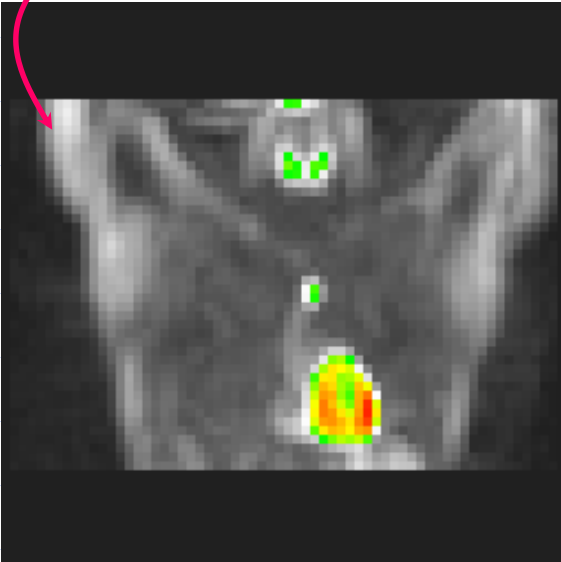


RADIOTHERAPIE METABOLIQUE VECTORISEE

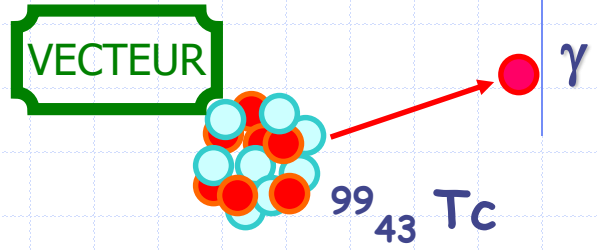
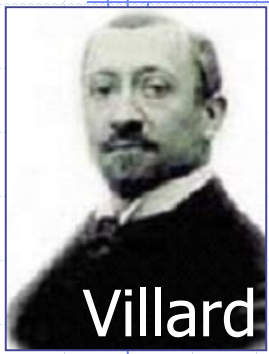
DETECTION PER-OPERATOIRE

DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

IMAGERIE FONCTIONNELLE



# UN PEU D'HISTOIRE



RA  $\gamma$

détecteur à scintillation

$\gamma$ -caméra

Traceurs cliniques  $\gamma$

CZT

1900

1934

1940

1950

1956

1970

1979

2000

2005

RAA,  $\beta^+$

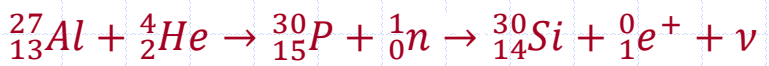
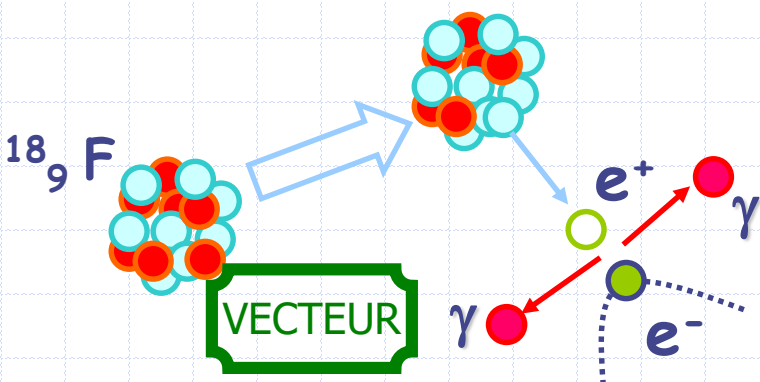
détecteur à coïncidence

FDG

TEP



Irène & Frédéric Joliot-Curie



# TRACEUR = MARQUEUR + VECTEUR

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

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

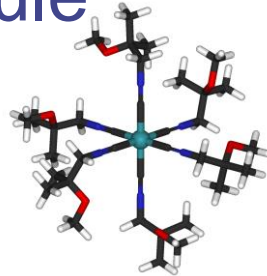
Thérapie : irradiant à parcours court  $\Rightarrow$   $\alpha$  ou  $\beta^-$  .



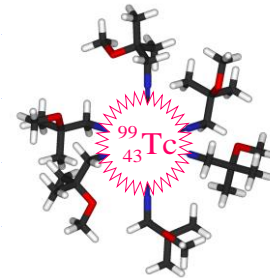
- Vecteur:  $\emptyset$ , molécule, aérosols, verre, cellule

Affinité chimique avec marqueur (halo/chalcogènes/métaux)

Ciblage : métabolisme, récepteur, perfusion, fonction



- Traceur: Marqueur lié au vecteur



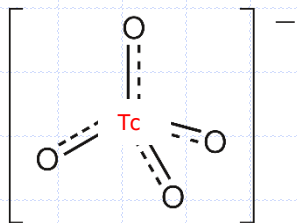
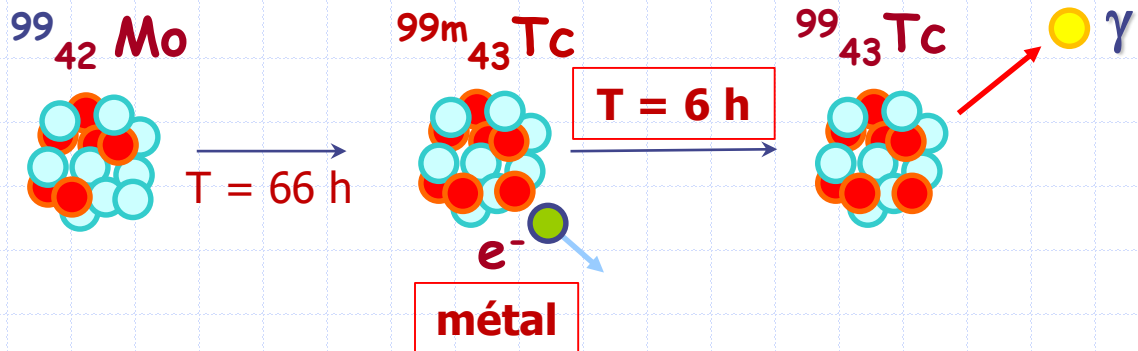
- Scintigraphie: image de la distribution du traceur



# 1 MARQUEUR PRINCIPAL en SPECT : $^{99m}\text{Tc}$

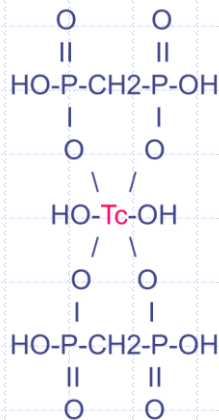


Livré x 2/semaine



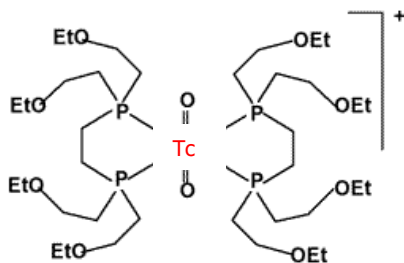
$^{99m}\text{Tc-O}_4^-$

Ventriculographie  
Thyroïde



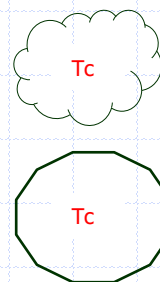
$^{99m}\text{Tc-BP}$

Remodelage  
osseux



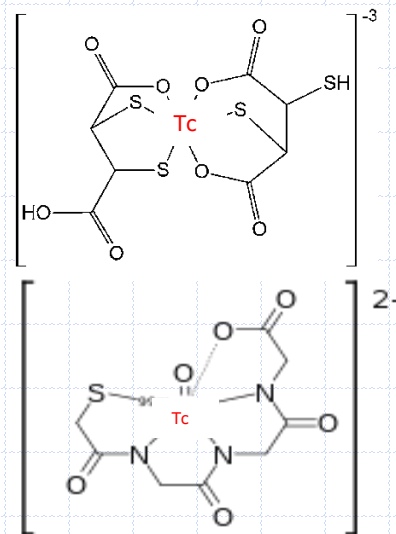
$^{99m}\text{Tc-TF/MIBI}$

Perfusion  
myocardique  
Parathyroïdes



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

Ventilation  
et perfusion  
pulmonaire



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

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

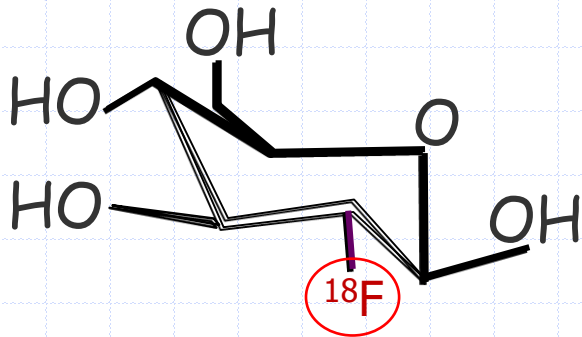
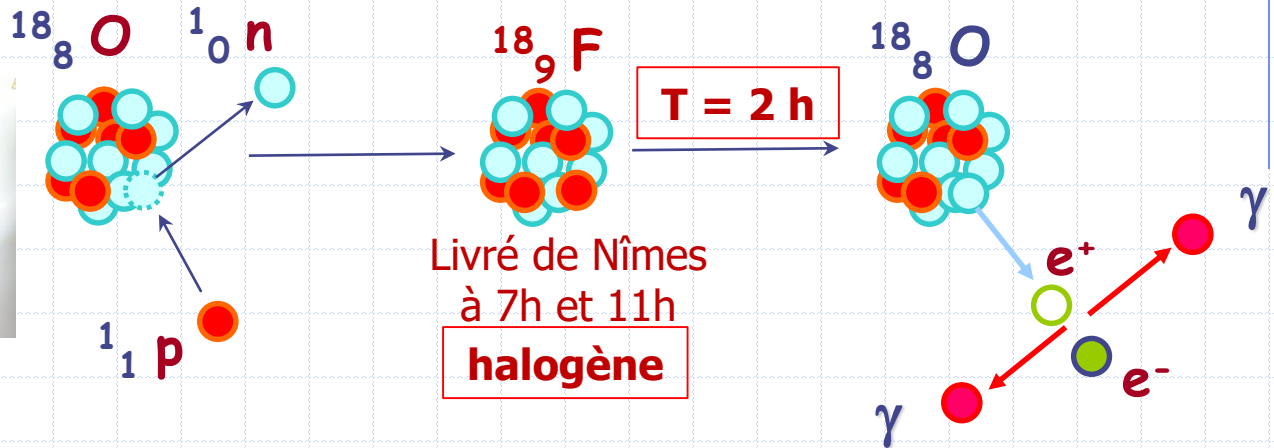
Perfusion et  
fonction rénale

$\text{Na}^+$   
 $\text{Na}^+$

# 2 MARQUEURS en TEP : $^{18}\text{F}$ Fluor



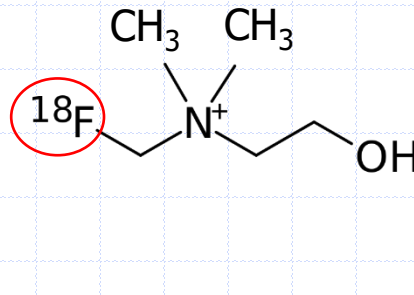
cyclotron



$^{18}\text{F}$ -DEOXY-GLUCOSE

Métabolisme glucidique  
Cancers peu différenciés  
Inflammation, Ischémie

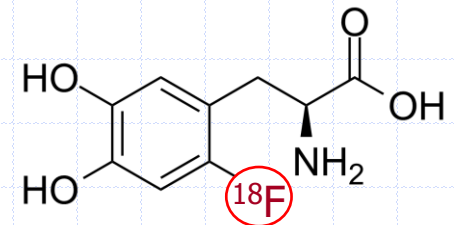
A JEUN (6 H mini, sans perf)



$^{18}\text{F}$ -CHOLINE

Synthèse de Mb cellulaire  
Carcinome hépato-cellulaire  
Hyperparathyroïdie, prostate

A JEUN (4 H mini, sans perf)



$^{18}\text{F}$ -DOPA

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

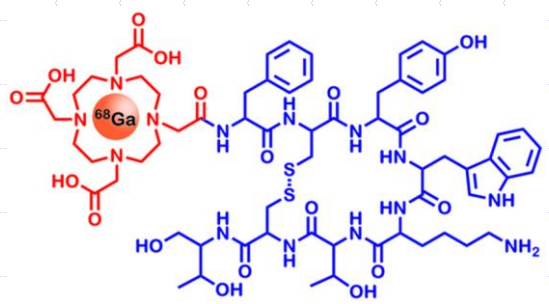
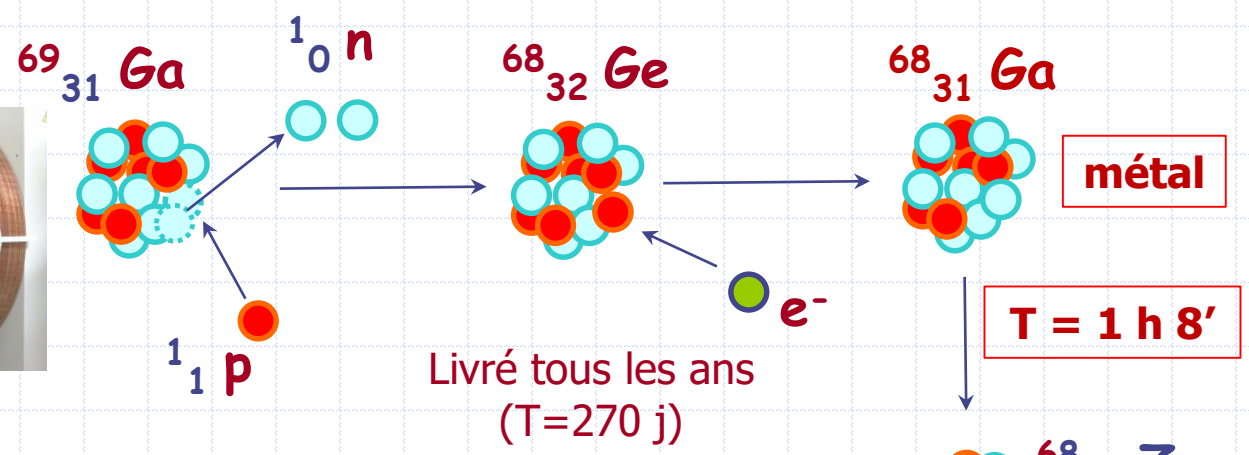
A JEUN (6 H mini, sans perf)



# 2 MARQUEURS en TEP : <sup>68</sup>Gallium

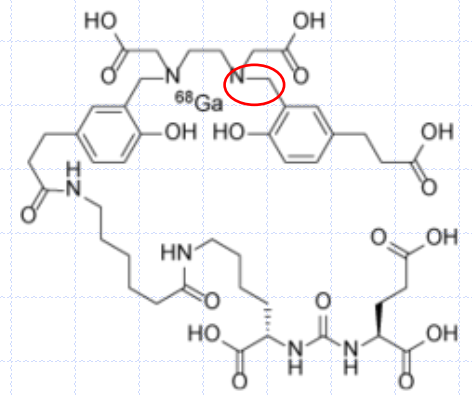


cyclotron



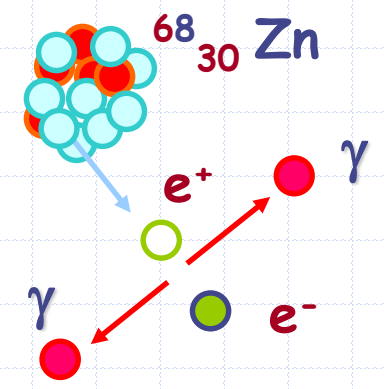
<sup>68</sup>Ga-DOTA

Récepteurs à la SMS :  
Paragangliomes  
TNE < ampoule Vater



<sup>68</sup>Ga-PSMA

Protéine trans Mb  
Adénocarcinome  
de prostate





# SYNTHESE 1

- Imagerie moléculaire et fonctionnelle
- Détection per-opératoire, thérapie et RIA
- Marqueur radio-isotope artificiel :
  - $\gamma$  (TEMP),  $\beta^+$  (TEP),  $\beta^-$  (Thérapeutique)
- Vecteur: atome, molécule(s), cellule
- Liaison facile halo-chalcogènes ( $^{123}\text{I}$ ,  $^{18}\text{F}$ )
- Groupe complexant pour les métaux ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{68}\text{Ga}$ )

# GAMMA-CAMERA $\gamma$ = TEMP = SPECT\*

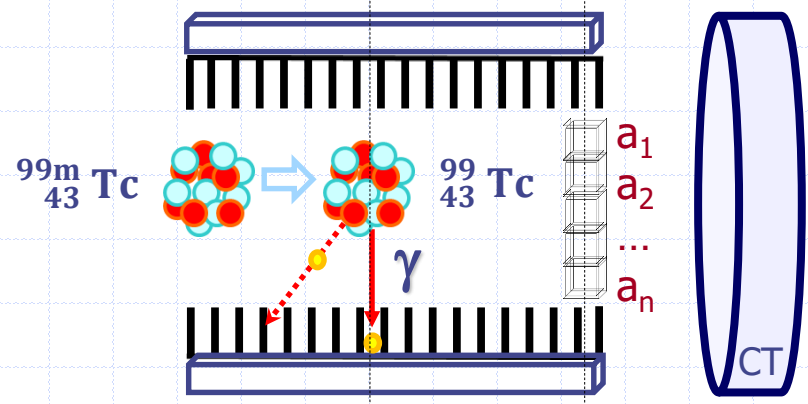
# GAMMA-CAMERA $\beta^+$ = TEP = PET\*



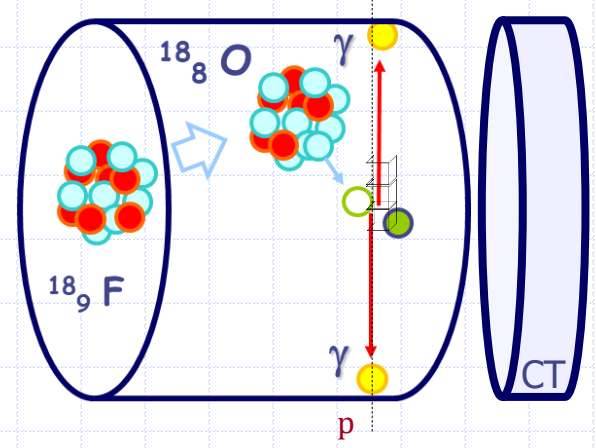
SPECT-CT



PET-CT



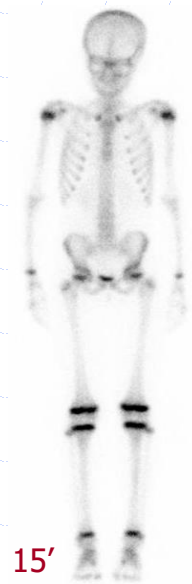
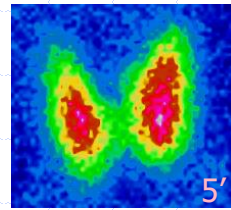
$$p = R_1 \cdot a_1 + R_2 \cdot a_2 + \dots + R_n \cdot a_n$$



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

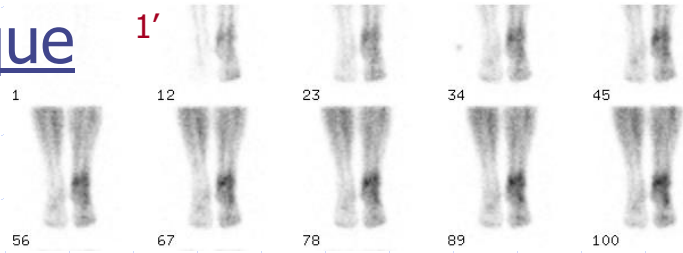
# MODES D'ACQUISITION

- Planaire (SPECT seulement)

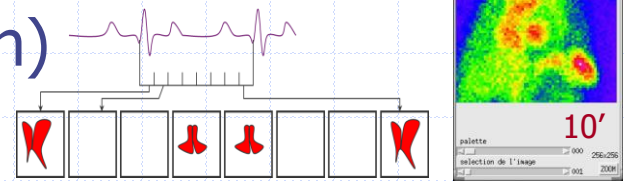


- Corps entier

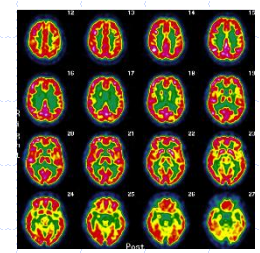
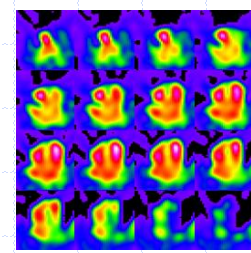
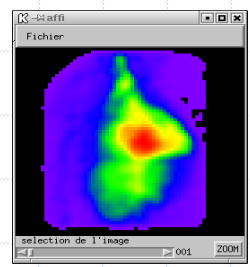
- Dynamique



- Synchronisé (ECG, respiration)



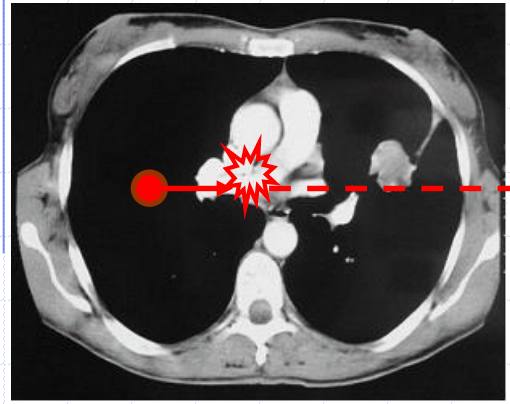
- Tomographique



30'  
5' en CZT

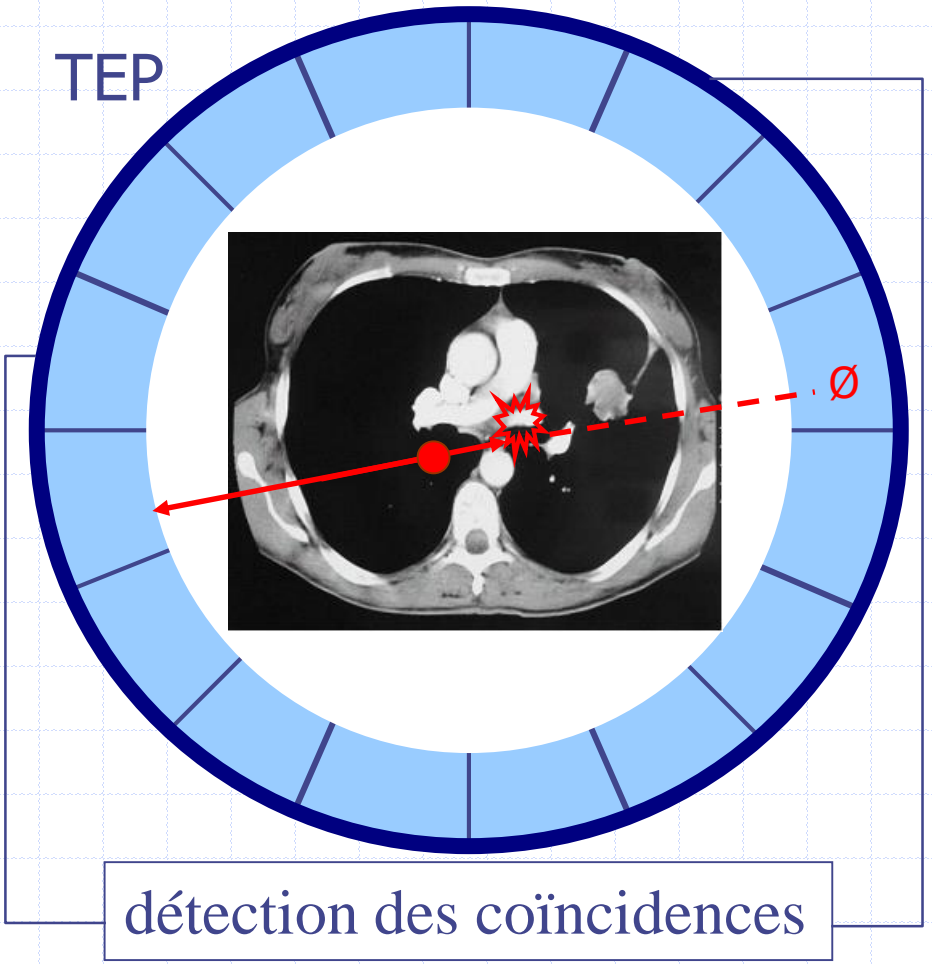
# ATTENUATION PHOTO-ELECTRIQUE

TEMP



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

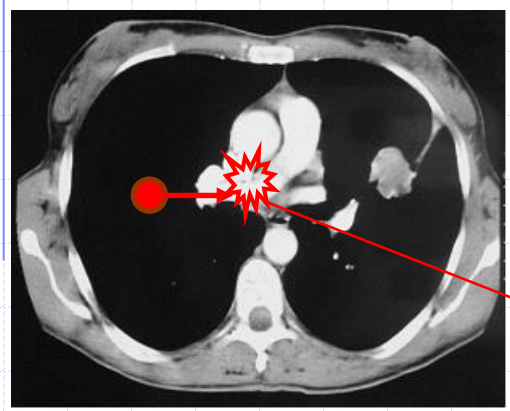
TEP



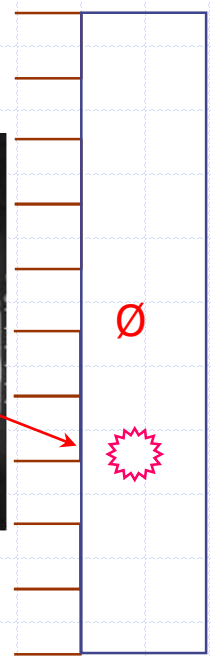
Mineur par rapport à l'atténuation Compton à 70-511 keV en scintigraphie

# ATTENUATION COMPTON

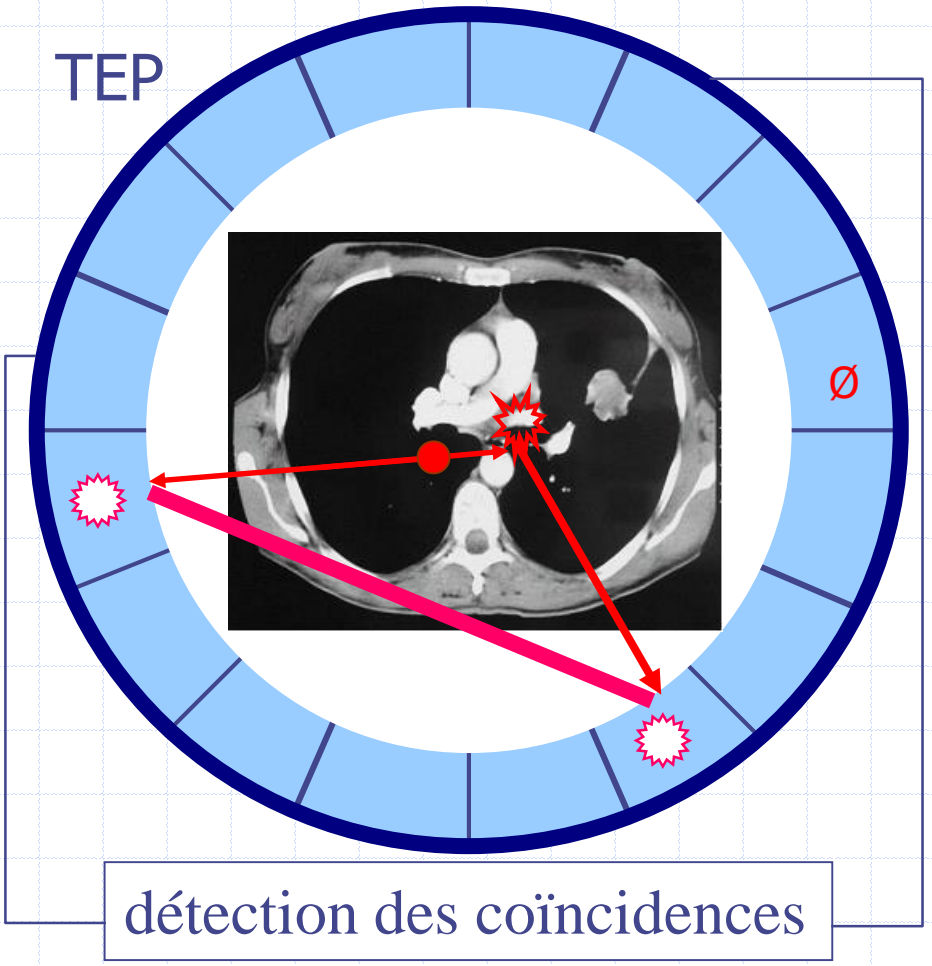
TEMP



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



TEP



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

# ATTENUATIONS (C et PE)

E (keV)	CDA <sub>eau</sub> (cm)	2 <sup>-30/CDA</sup>
70	3	0,1 %
511	7	5 %

Flou

Sous-estimation  
des activités profondes

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





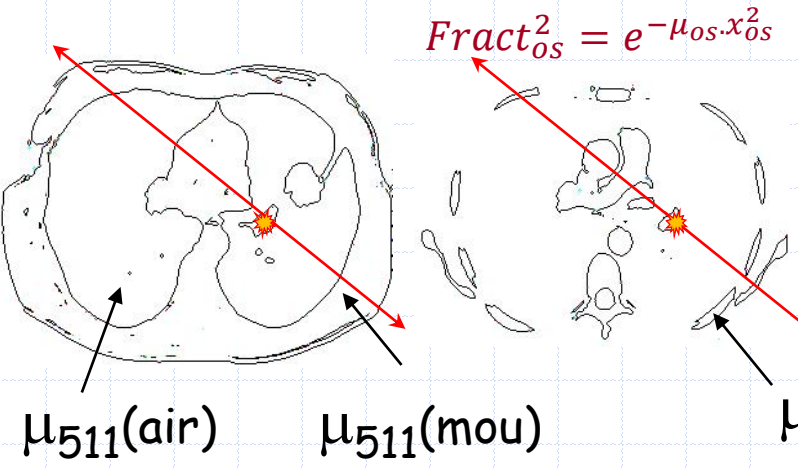
# CORRECTION DE L'ATTENUATION



Identification de 3 phases par seuillage de la TDM

projections brutes

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



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

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

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

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

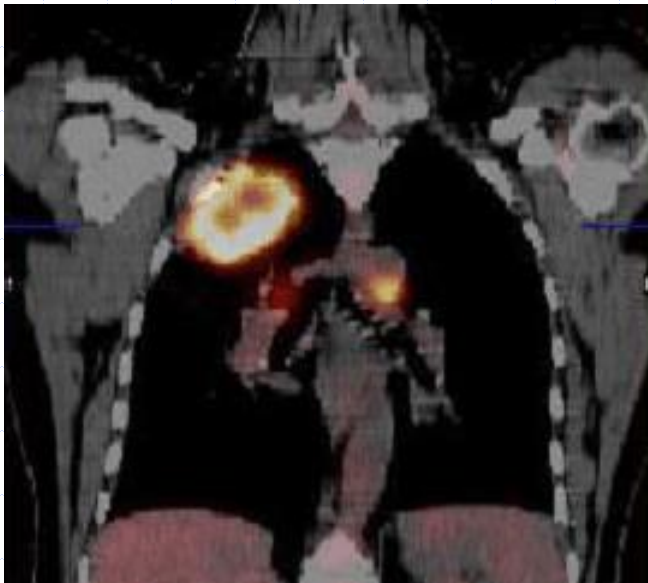
$\mu_{511}(\text{air})$

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

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

# IMAGERIE MULTIMODALE CORRIGEE

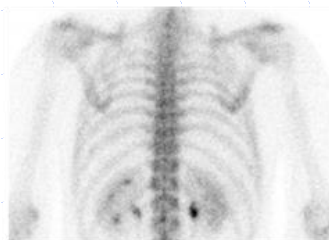
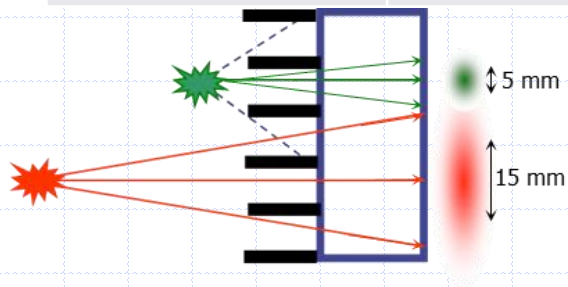
- **Correction d'atténuation**
- **Localisation anatomique**



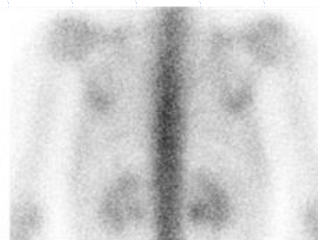
**Interprétation multimodale**

# 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

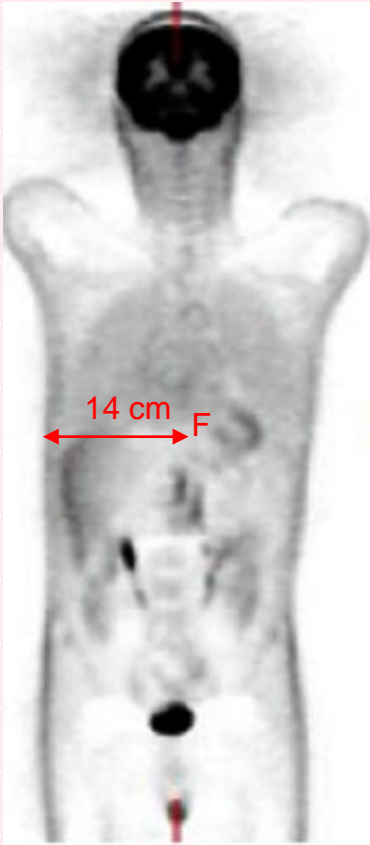


50 cm

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

# Annale 2<sup>o</sup> session 2021-2022

TEP <sup>18</sup>F-DG NC



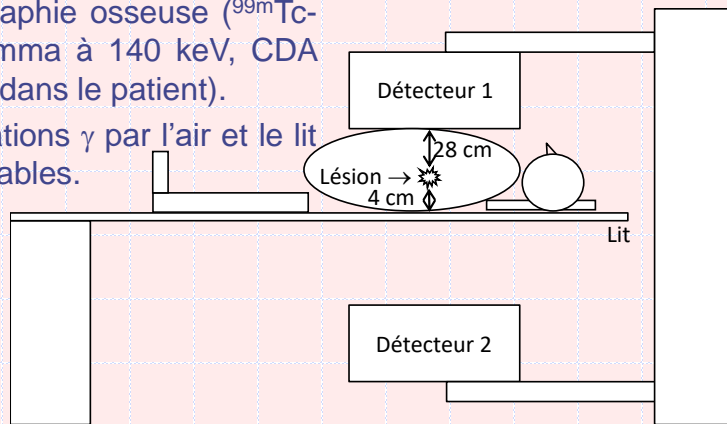
- 1- Marqueur et traceur utilisé ?
- 2- Rayonnement enregistré ?
- 3- Deux phénomènes physiques qui dégradent l'image ?
- 4- Lequel domine, de quoi dépend-il principalement ?
- 5- CDA = 7 cm  $\Rightarrow$  coef. Linéique d'atténuation = ?
- 6- % de  $\gamma$  issus de F non atténués ?
- 7- % de désintégrations en F détectées sans atténuation ?
- 8- Quelle imagerie / paramètre utiliser pour corriger ?

Donnée :  $\ln 2 = 0,7$

# Annale 1<sup>o</sup> session 2023-2024

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

Atténuations  $\gamma$  par l'air et le lit négligeables.



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

2- Résolution détecteurs 1 = 2 ?

3-  $I_2/I_1 = ?$

4- Tomographie : comment ?

5- Signification physiologique d'une hyperfixation ?

# 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	Réfléxif

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

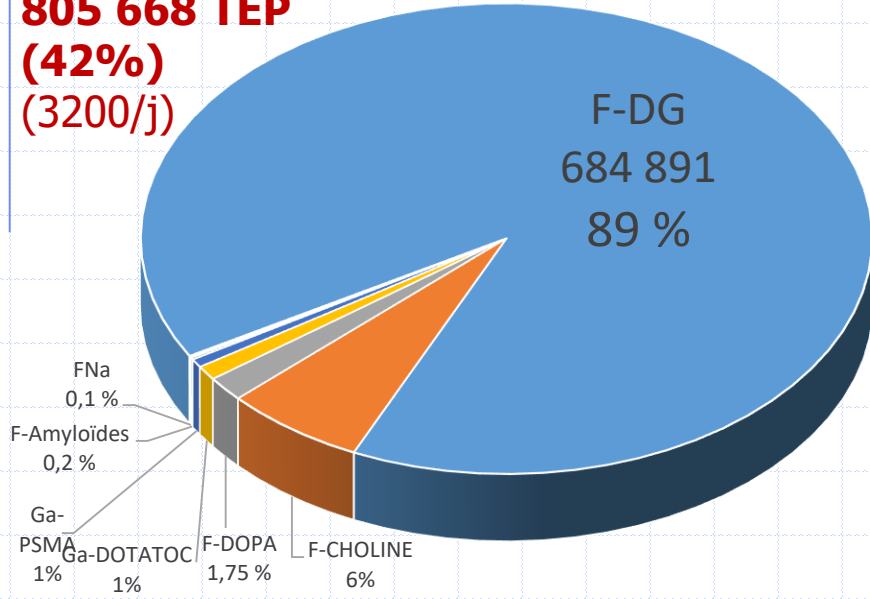
Identifiant	
Intitulé	Identifier l'examen d'imagerie médicale pertinent pour le diagnostic/suivi d'une pathologie
Domaine d'apprentissage	Stratégie diagnostique
Compétence générique	Réfléxif

Catégorie : Attendu d'apprentissage

# France, 2023: 1,9 10<sup>6</sup> patients pris en charge

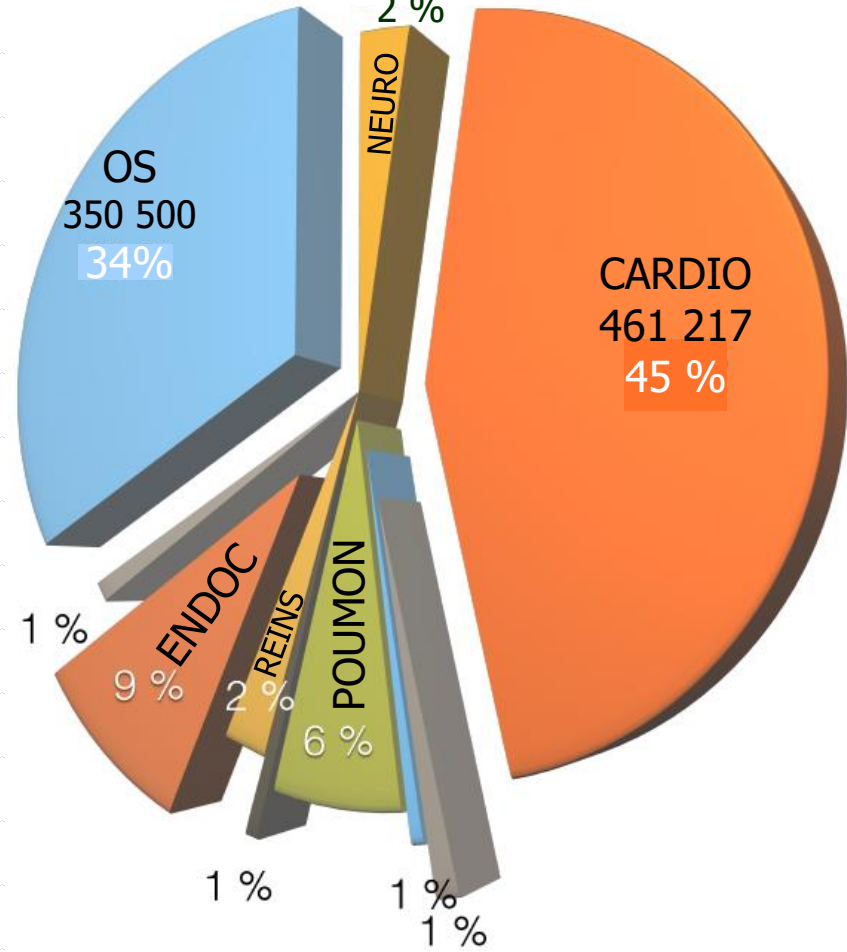
150 centres de médecine nucléaire  
 593 Caméras: 416 TEMP (70%) + 177 TEP  
 673 Médecins nucléaires + 133 DES

**805 668 TEP**  
**(42%)**  
**(3200/j)**



**THERAPIE : 11 624 patients (46/j)**  
 - 9703 <sup>131</sup>I THYROÏDE (83%)  
 - 814 <sup>90</sup>Y MICROSPHERES (7%)  
 - 613 <sup>177</sup>Lu PSMA (5%)  
 - 494 <sup>177</sup>Lu DOTATOC (4%)

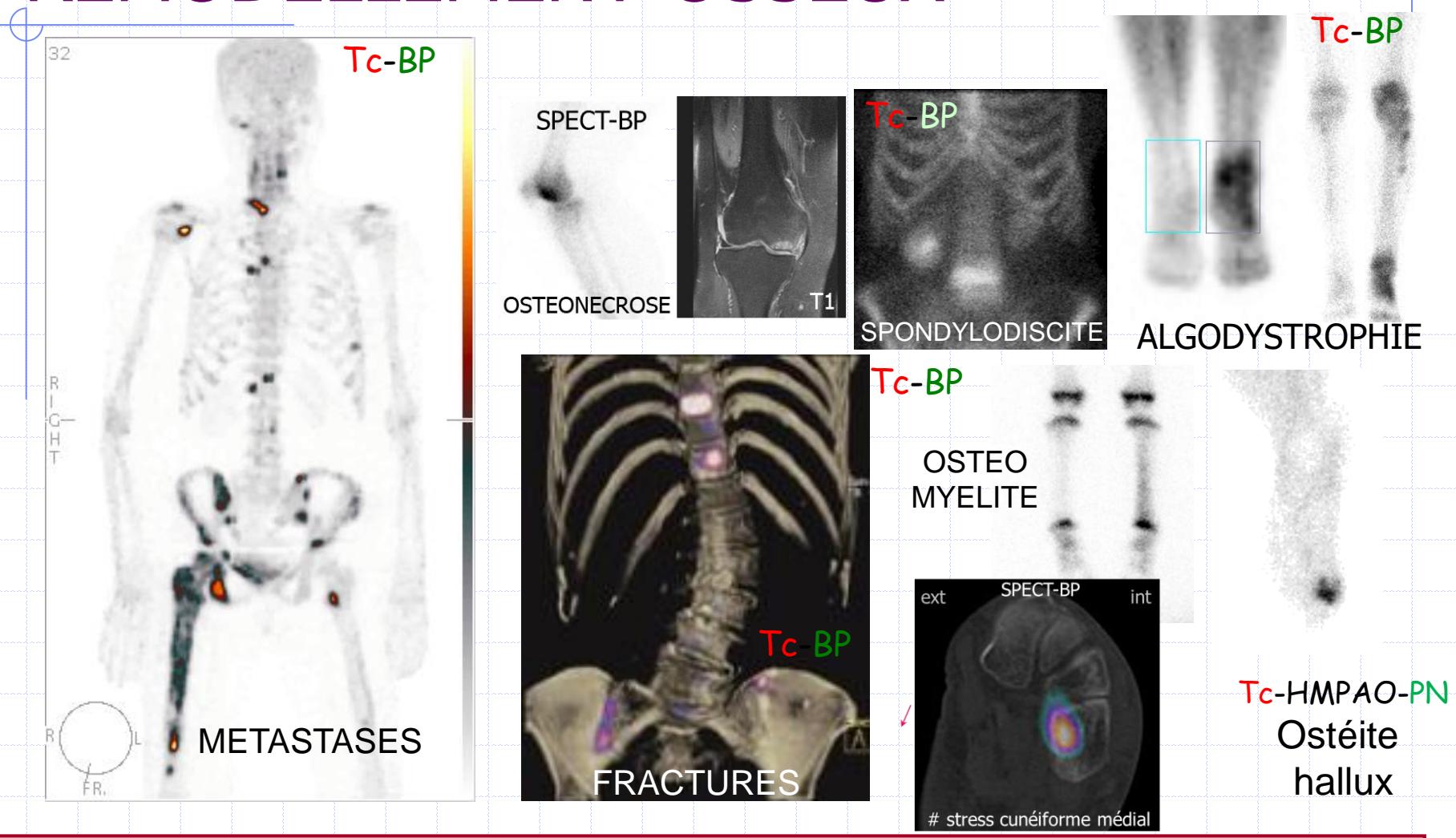
**1 100 409 TEMP (58%)**  
**(4400/j)**



# 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)

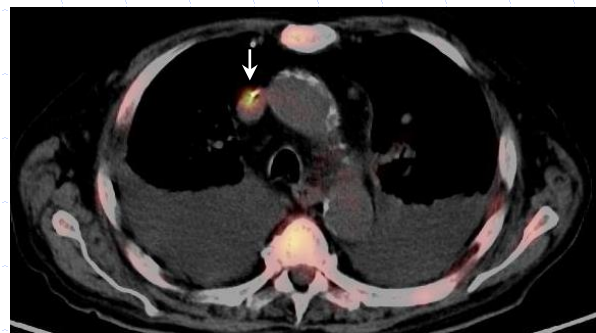
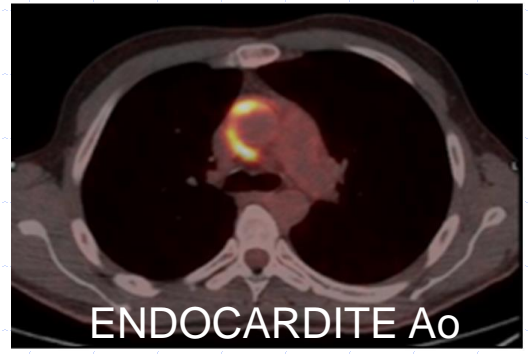
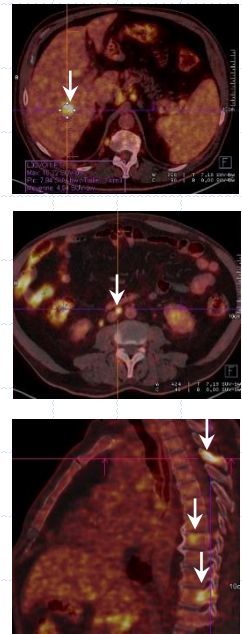
# SCINTIGRAPHIE OSSEUSE au $^{99m}\text{Tc-BP}$ : REMODELLEMENT OSSEUX



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

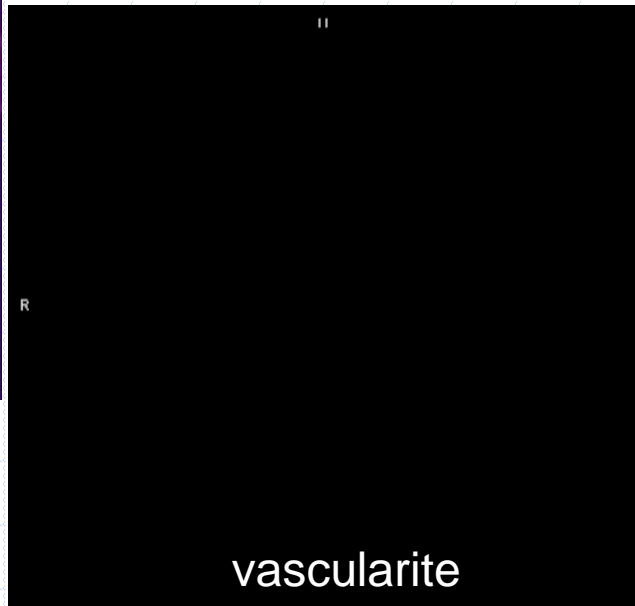
# TEP au <sup>18</sup>F-DG :

## INFLAMMATIONS & INFECTIONS



INFECTION Kt VCS

Mécanisme :  
Inflammation ⇒ ↑ des récepteurs au glucose





# Annale 2<sup>o</sup> session 2020-2021

- 1- Quel vecteur/marqueur en scintigraphie osseuse gamma ?
- 2- Signification d'une hyperfixation osseuse en SPECT osseuse ?
- 3- Signification d'une hyperfixation extra osseuse en SPECT osseuse ?
- 4- 2 intérêts du CT en SPECT-CT ?
- 5- Déroulement de l'examen ?



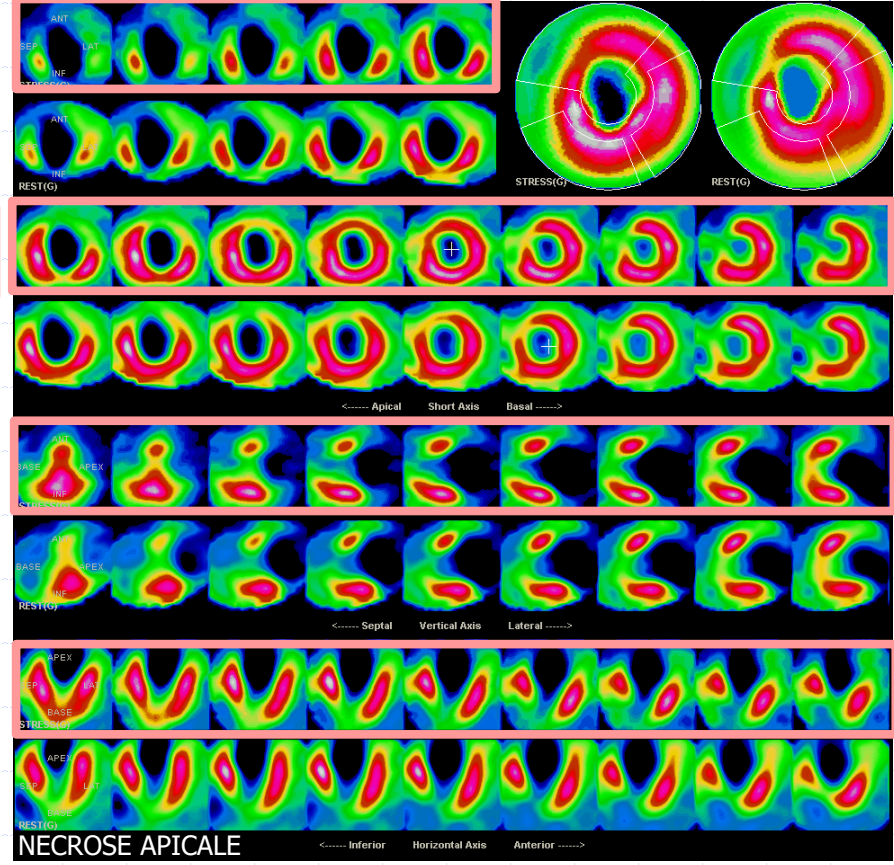
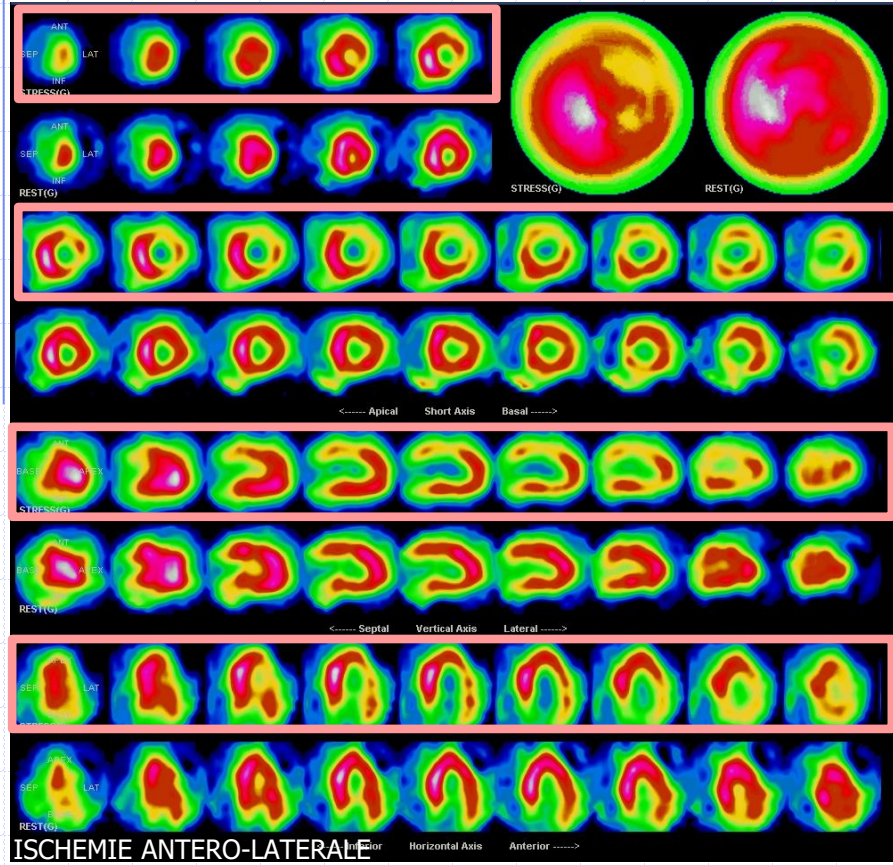
# Annale 1<sup>o</sup> session 2022-2023

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 ?

# SCINTIGRAPHIE MYOCARDIQUE au $^{99m}\text{Tc-CL}$ : PERFUSION MYOCARDIQUE

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

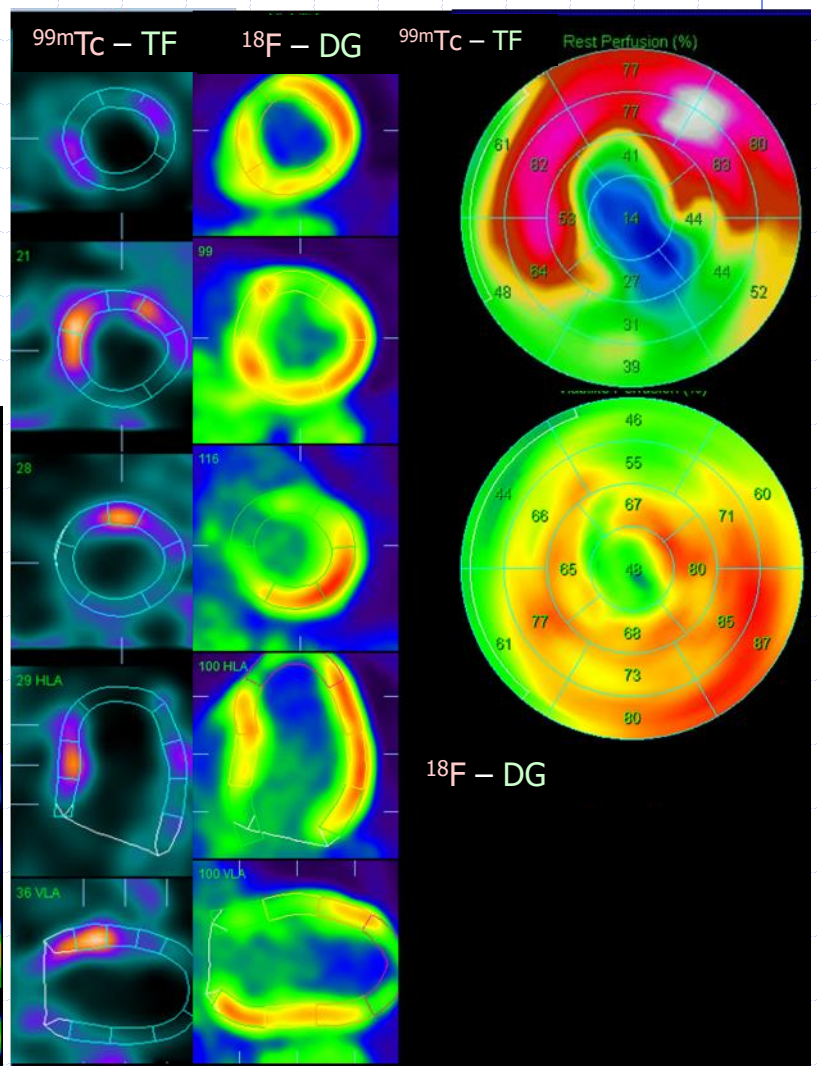
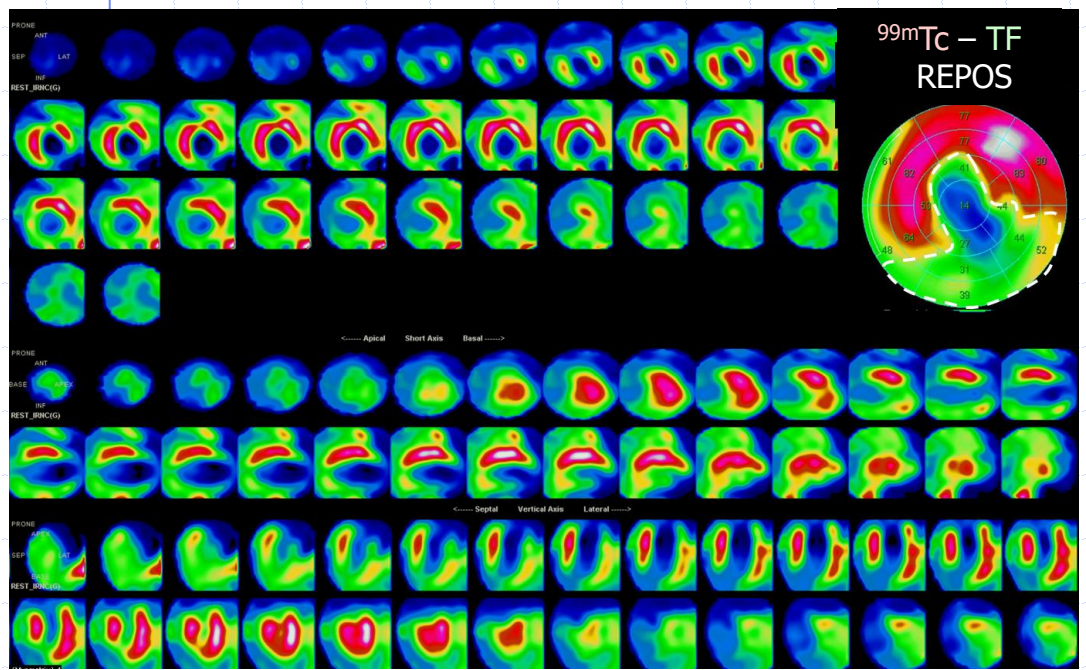
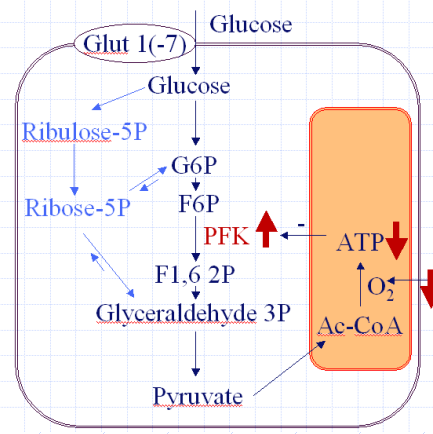


A jeun de **CAFE, THE, CHOCOLAT, RICORE, COLA, BANANE** depuis 24h

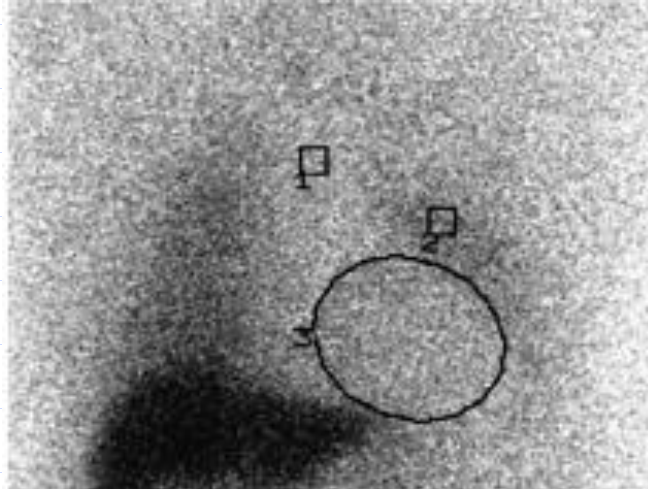
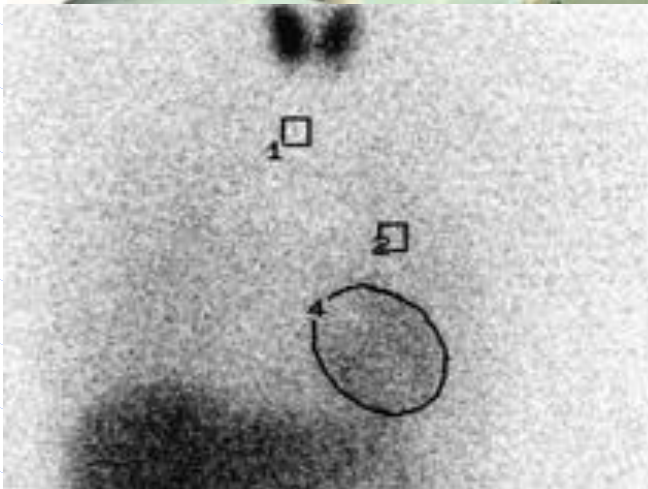
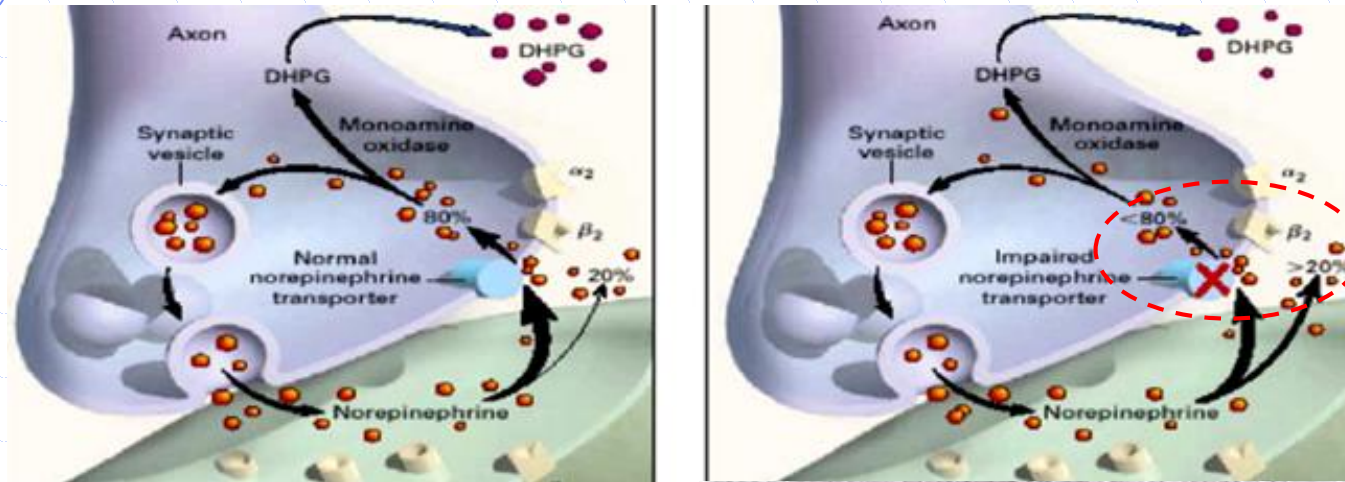
Indications : coronaropathies (dépistage DNID, HIV, diagnostic, suivi, pré-op...)



# TEP au <sup>18</sup>F-DG : VIABILITE MYOCARDIQUE



# SCINTIGRAPHIE D'INNERVATION MYOCARDIQUE A LA <sup>123</sup>I-MIBG

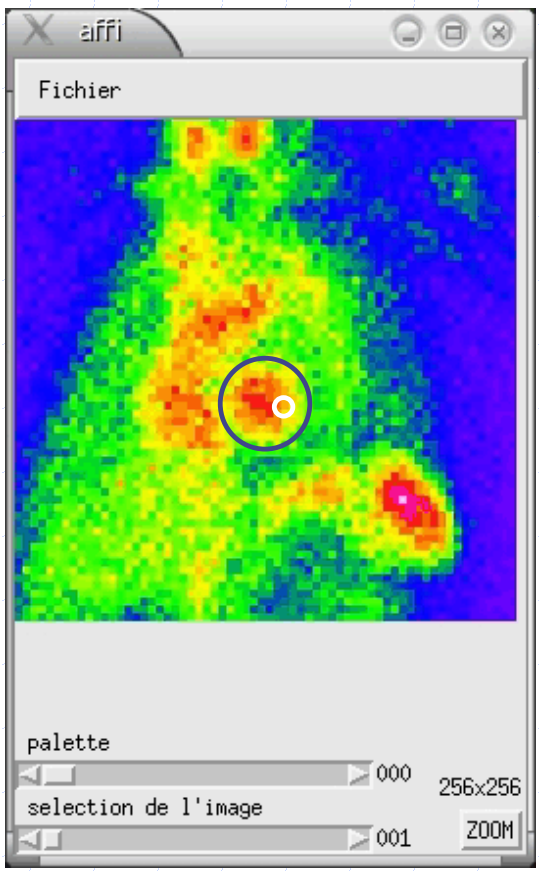


Indications : insuffisance cardiaque

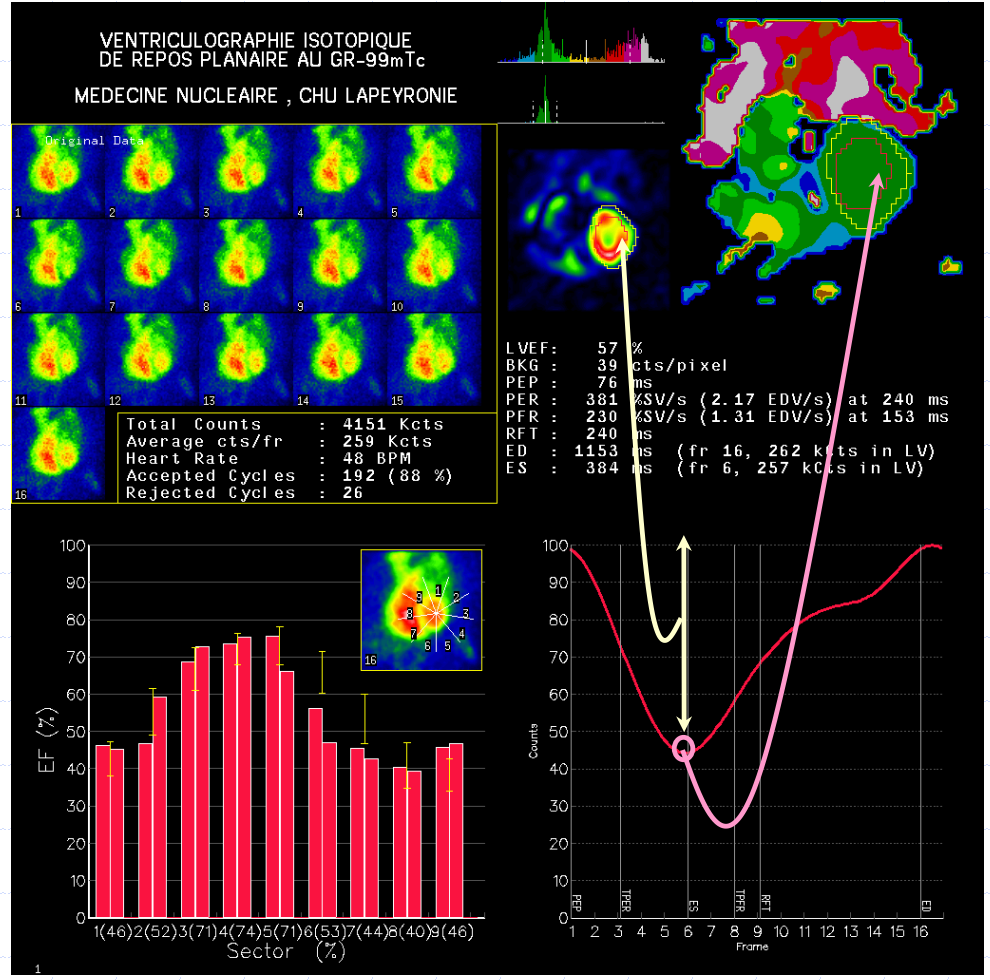
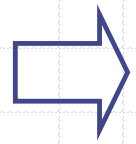
MIBG - <sup>123</sup>I  
Traceur des neurones adrénergiques viables



# VENTRICULOGRAPHIE ISOTOPIQUE AU <sup>99m</sup>Tc-HEMATIES

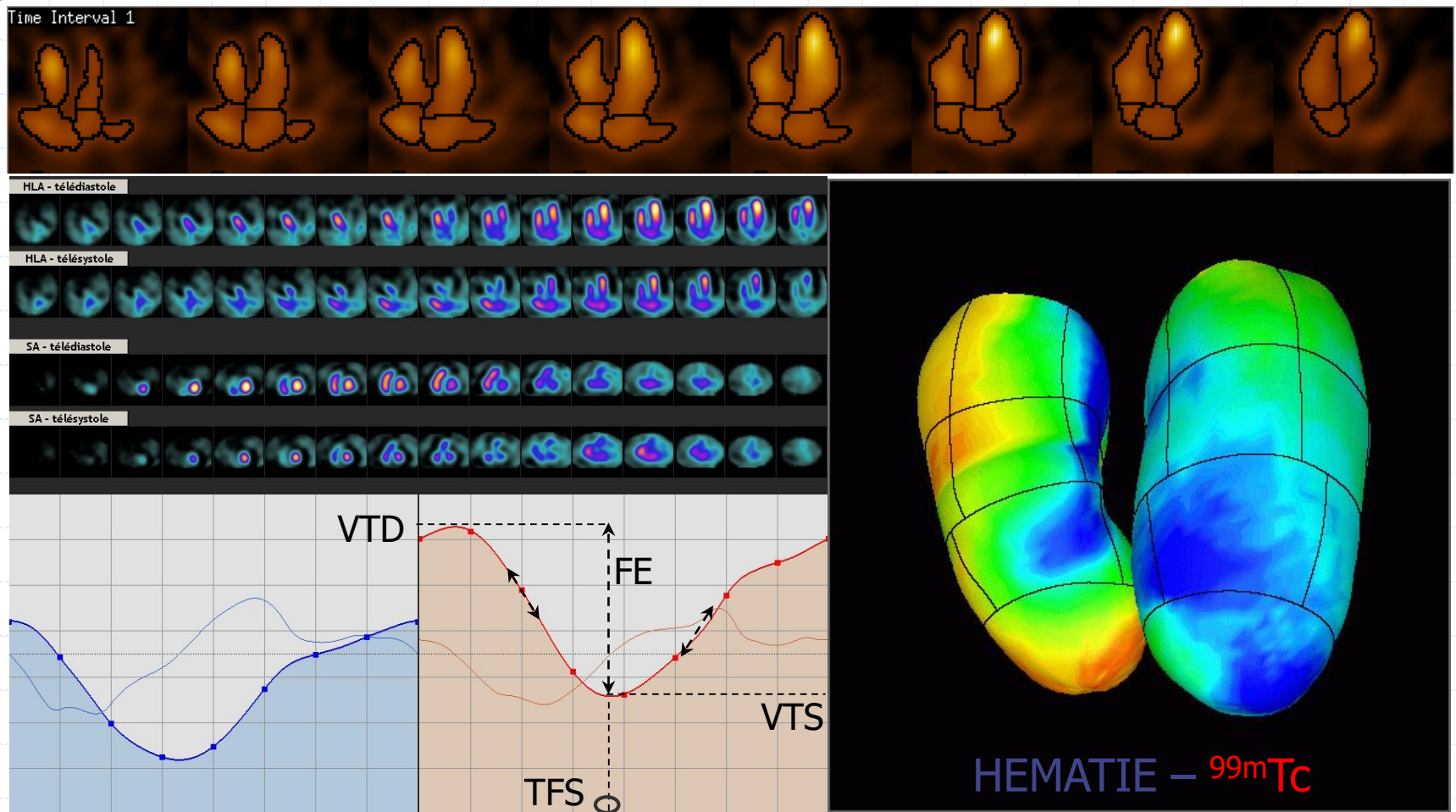


HEMATIE – <sup>99m</sup>Tc  
Traceur du volume sanguin



Indications : insuffisance cardiaque

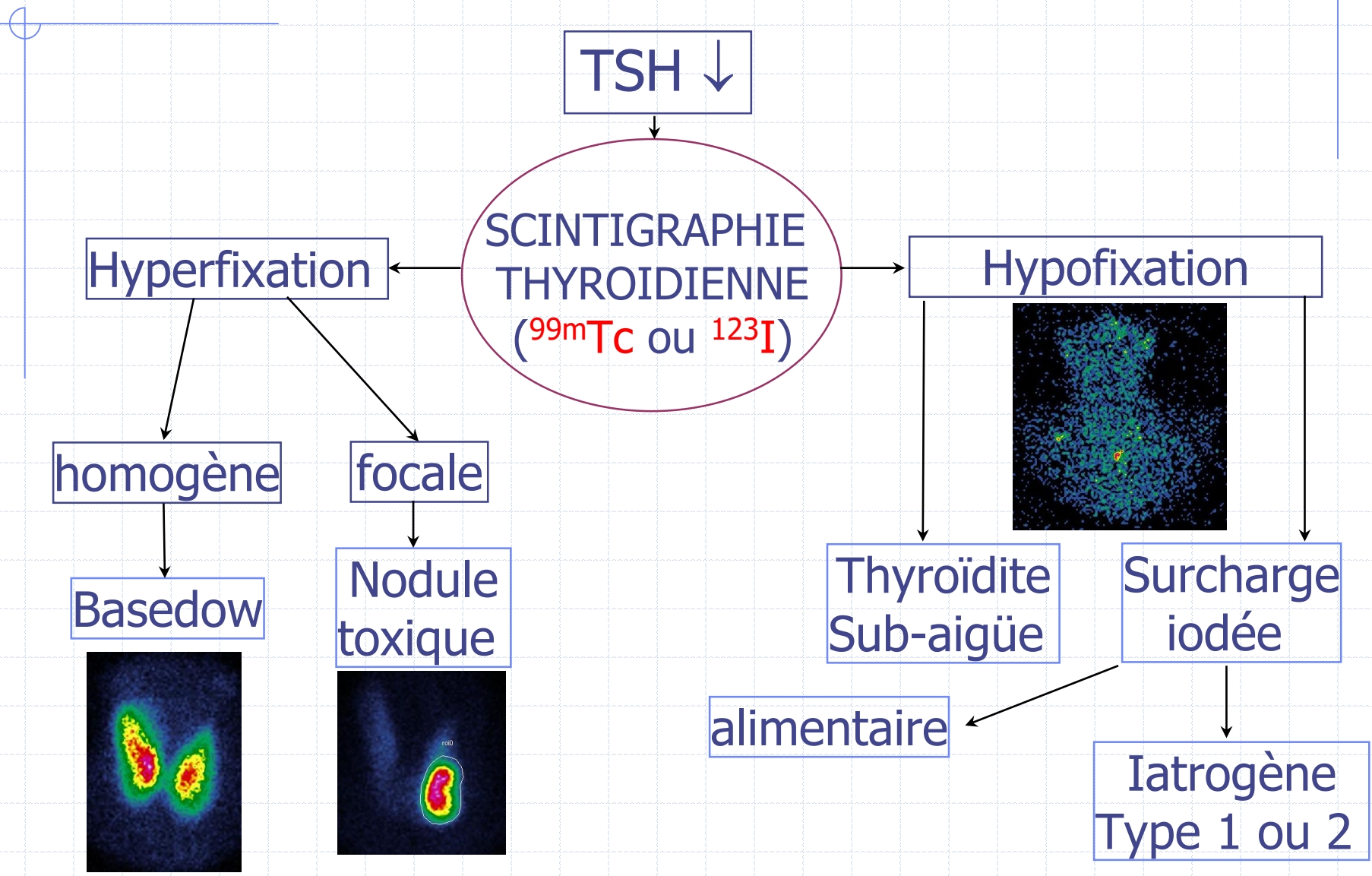
# TOMOVENTRICULOGRAPHIE ISOTOPIQUE AU $^{99m}\text{Tc}$ -HEMATIES



Indications : insuffisance cardiaque

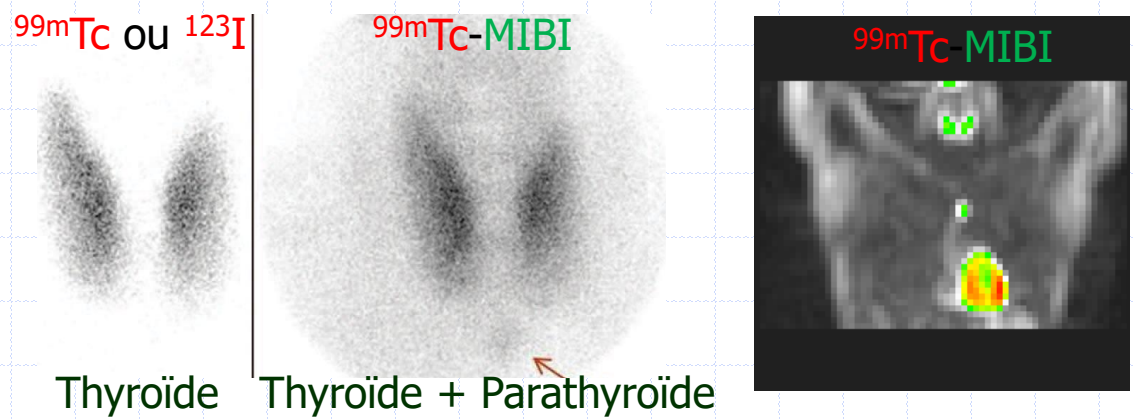


# SCINTIGRAPHIE THYROIDIENNE AU $^{99m}\text{Tc}$ : ETIOLOGIE D'UNE HYPETHYROIDIE

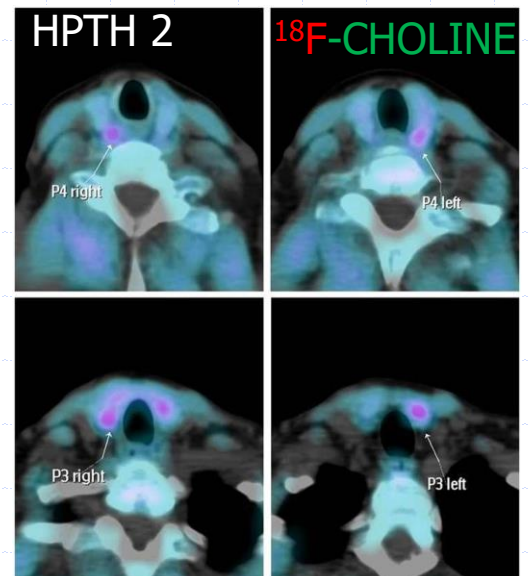
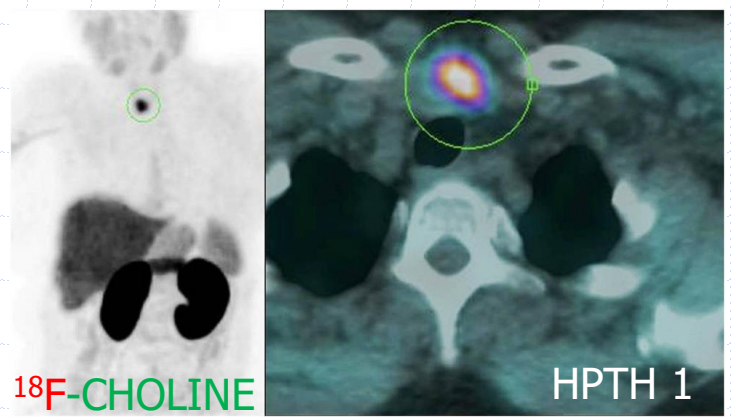


# SCINTIGRAPHIE PARATHYROIDIENNE : ETIOLOGIE D'UNE HYPEPARATHYROIDIE

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



- PET à la  $^{18}\text{F}$ -CHOLINE

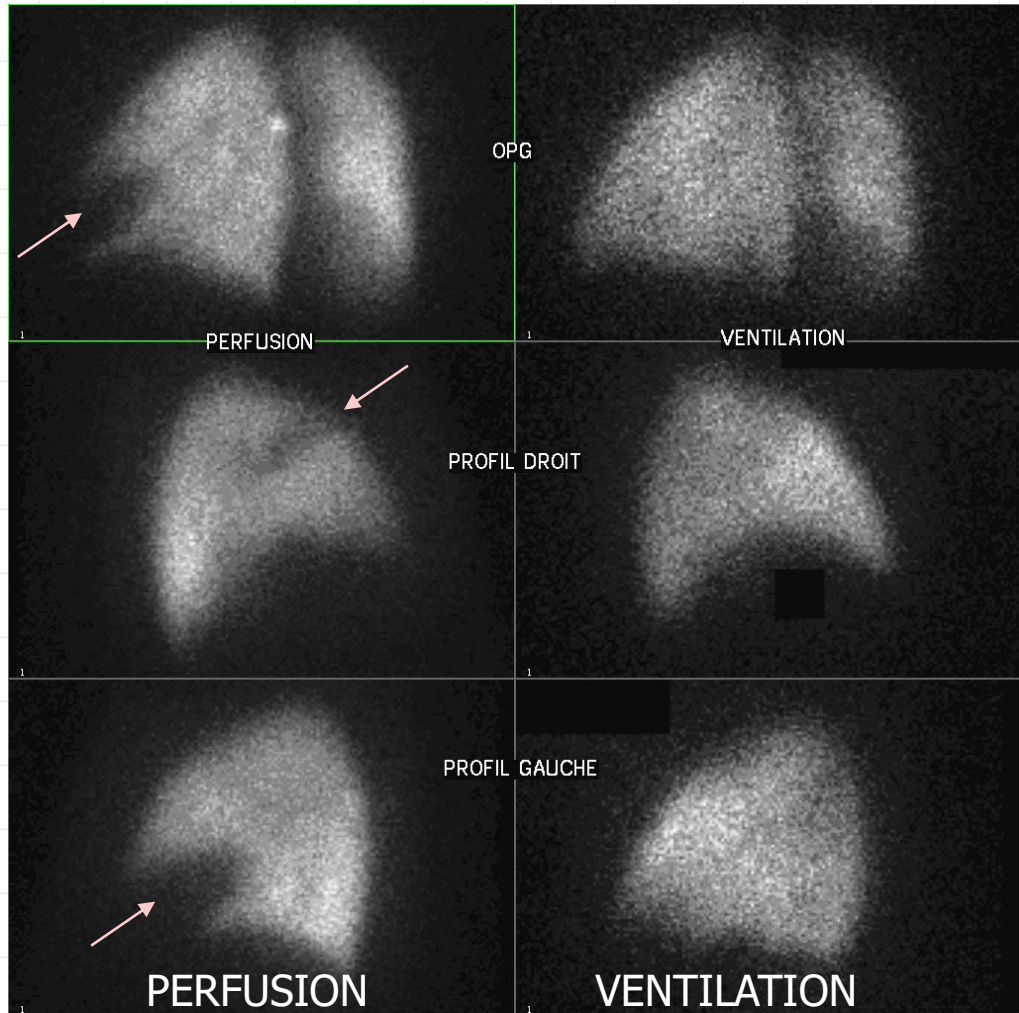


# SCINTIGRAPHIE PULMONAIRE :

## EMBOLIE PULMONAIRE, HTAP

$^{99m}\text{Tc}$  – Albumine

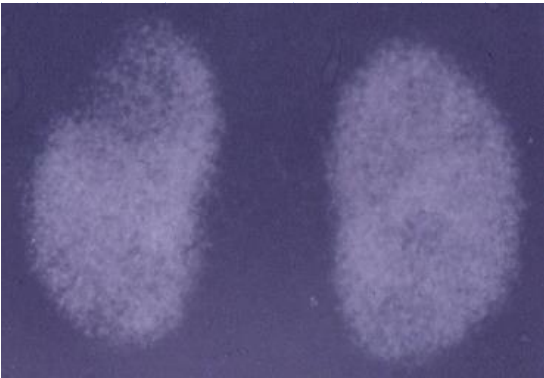
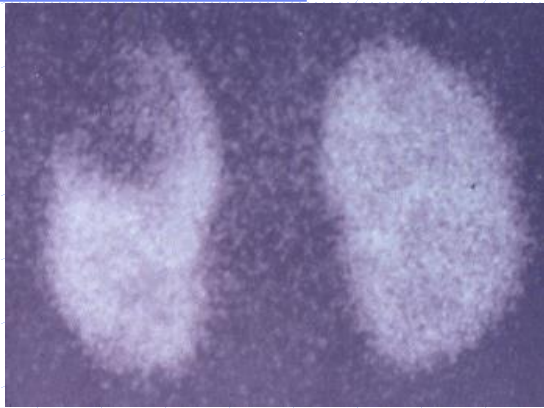
$^{99m}\text{Tc}$  – C-Aérosol



EMBOLIE PULMONAIRE  
(Lingula et segment  
antérieur du LSD)

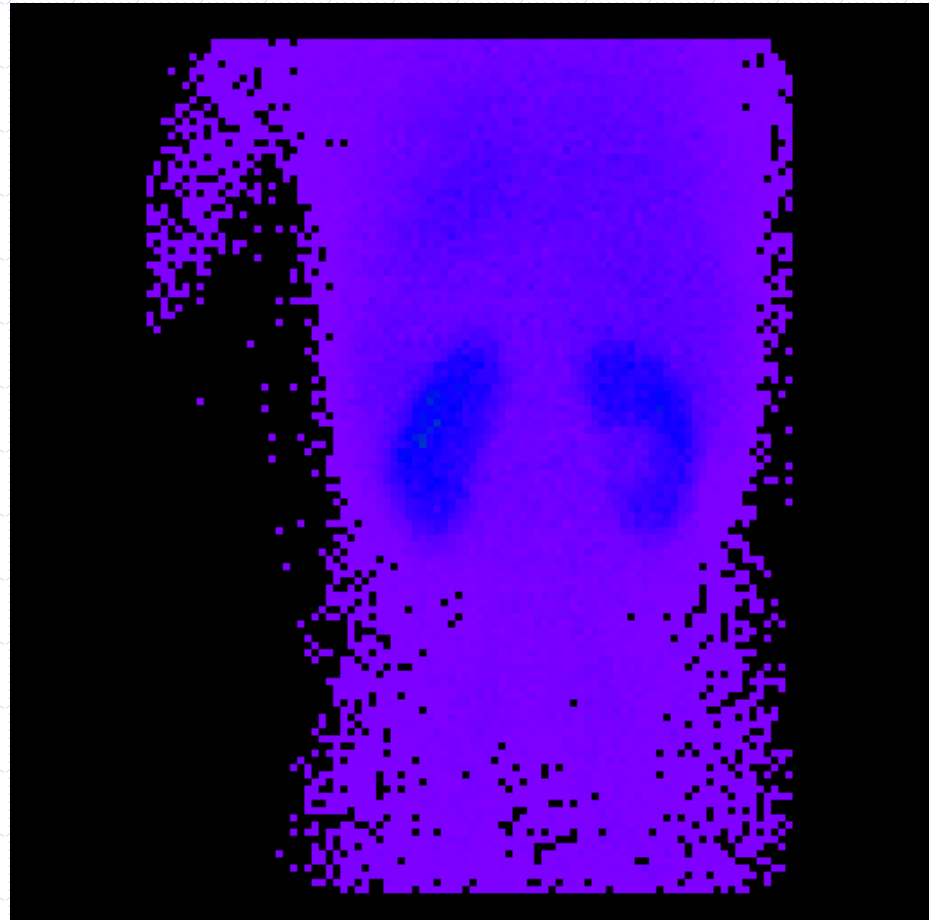
# SCINTIGRAPHIE RENALE :

## PYELONEPHRITE, OBSTACLE, HTA



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

Perfusion corticale : Pyélonéphrite

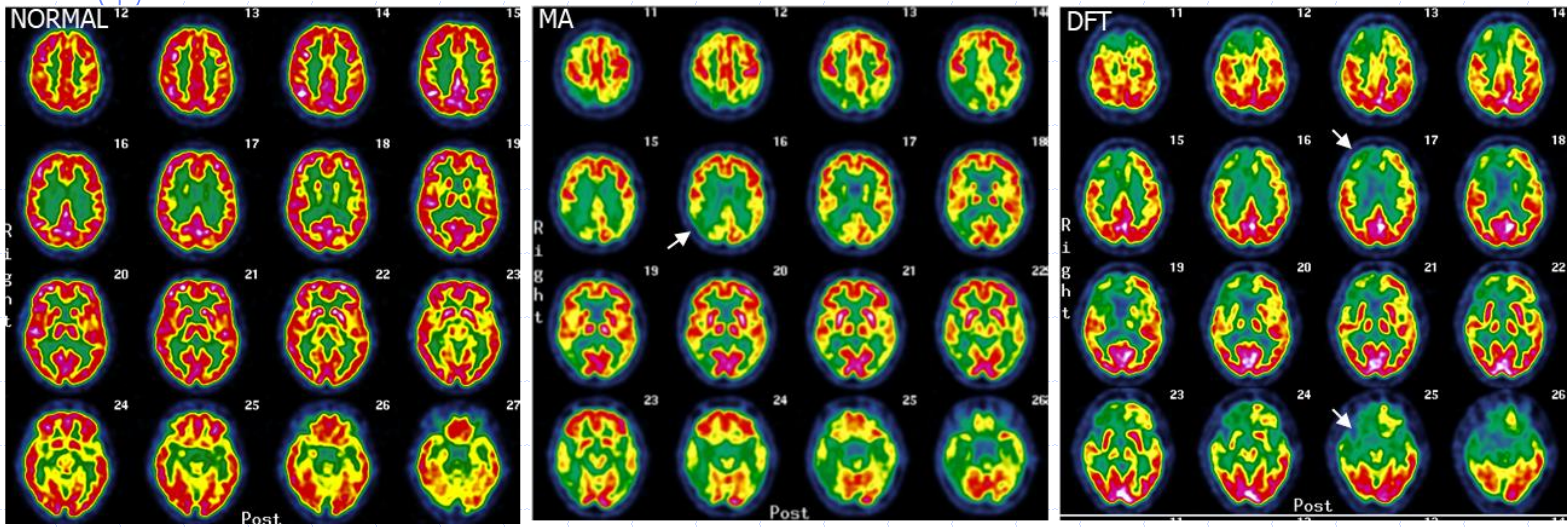


$^{99m}\text{Tc}$ -MAG 3

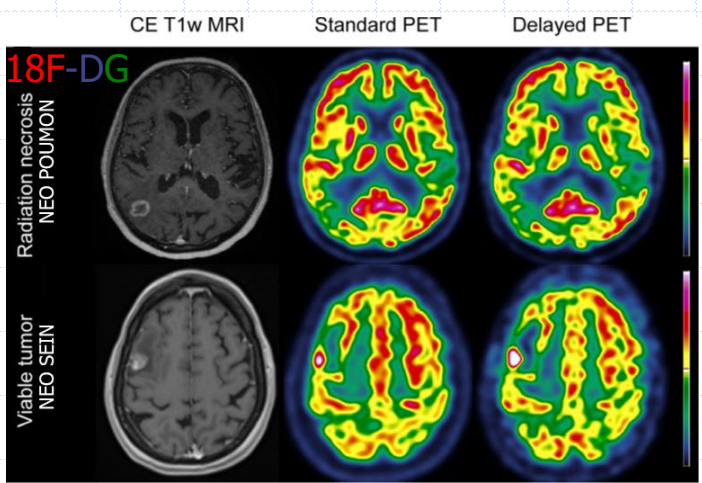
Sécrétion tubulaire : obstacles à l'excrétion urinaire,  
HTA réno-vasculaire...



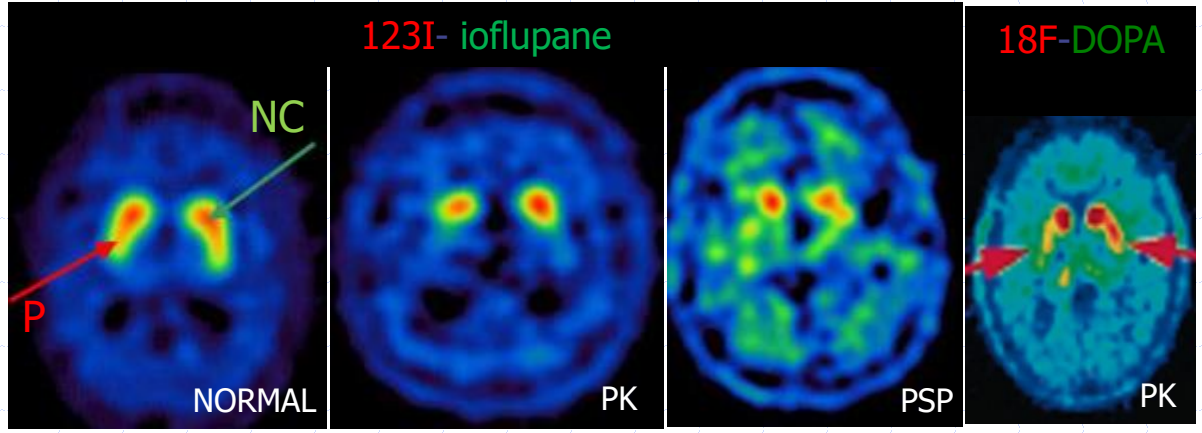
# TEP et TEMP CEREBRALES



Démences  
neuro-  
Dégénératives  
**18F-DG**

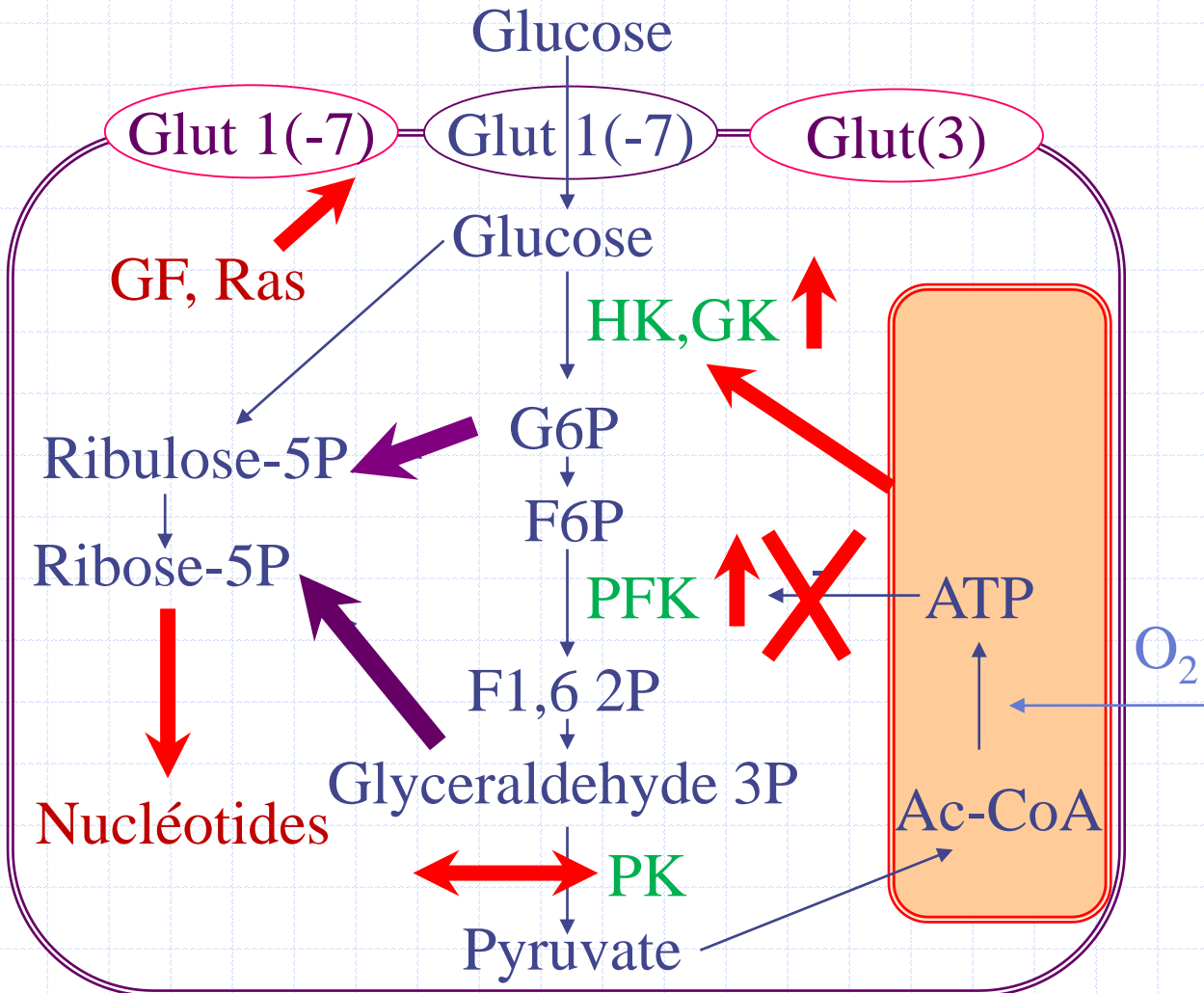


Séquelle de RT vs récive



Parkinson

# TEP au <sup>18</sup>F-DG : Dic, BE, SUIVI DES CANCERS PEU DIFFERENCIÉS



**HYPERFIXATION**  
du <sup>18</sup>FDG si :

- Hypoxie
- Inflammation
- Cancer peu différencié

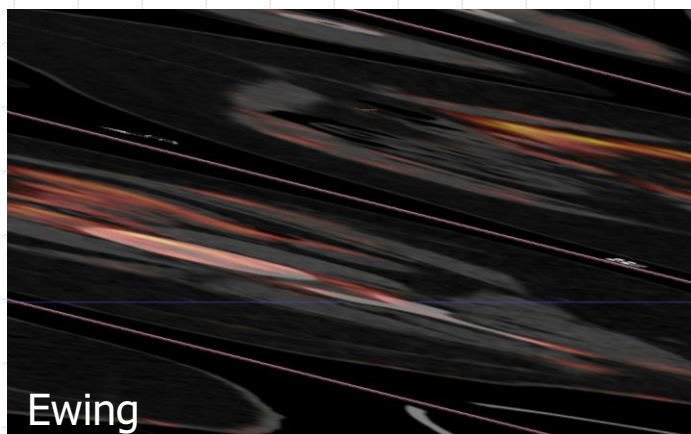
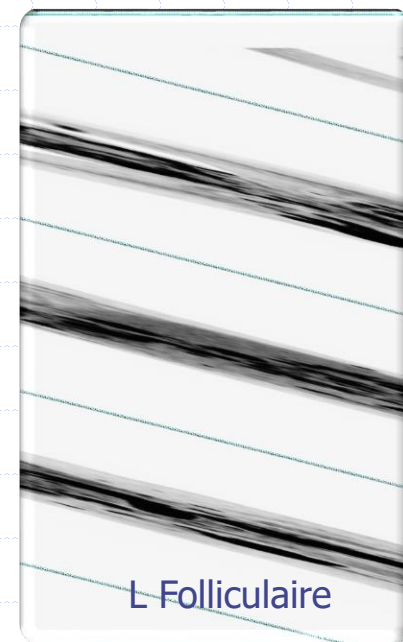
$$SUV = \frac{C_{pixel}(Bq/L)}{A_{inj}(Bq)/V(L)}$$

# TEP au $^{18}\text{F}$ -DG :

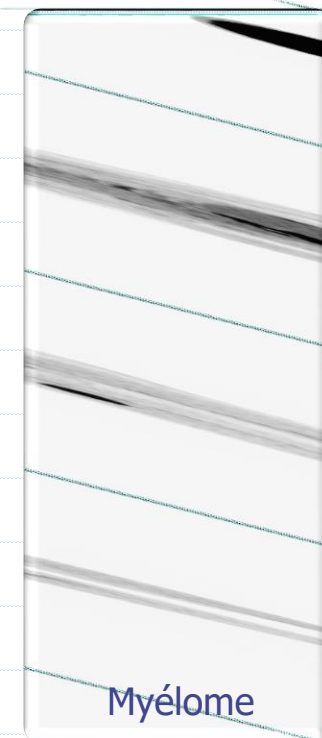
## ONCO-HEMATOLOGIE

- **Lymphomes (H,F,BDGC,M,T)**
  - Hodgkin, folliculaire, B, T, manteau

- **Myélomes**



- **Sarcomes**
  - Osseux (Ewing, ostéosarcome, chordome)
  - Tissus mous (Rhabdomyosarcome, endomètre)

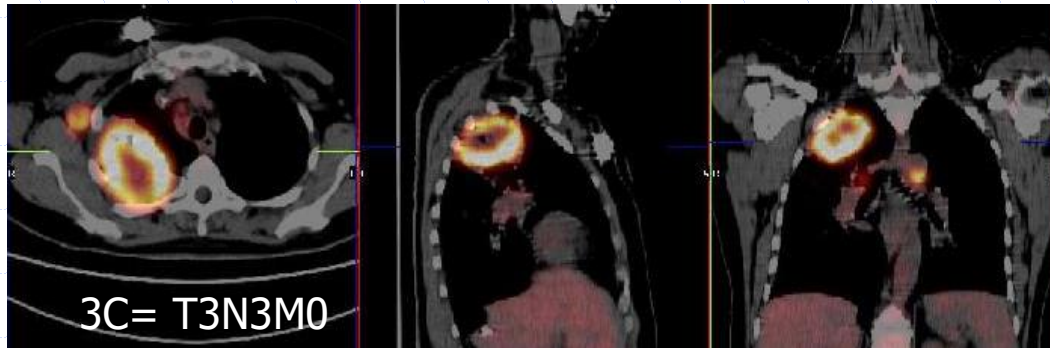




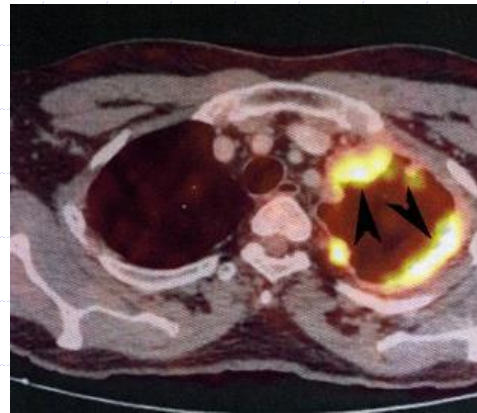
# TEP au $^{18}\text{F}$ -DG :

## ONCO-PNEUMOLOGIE ET THYMUS

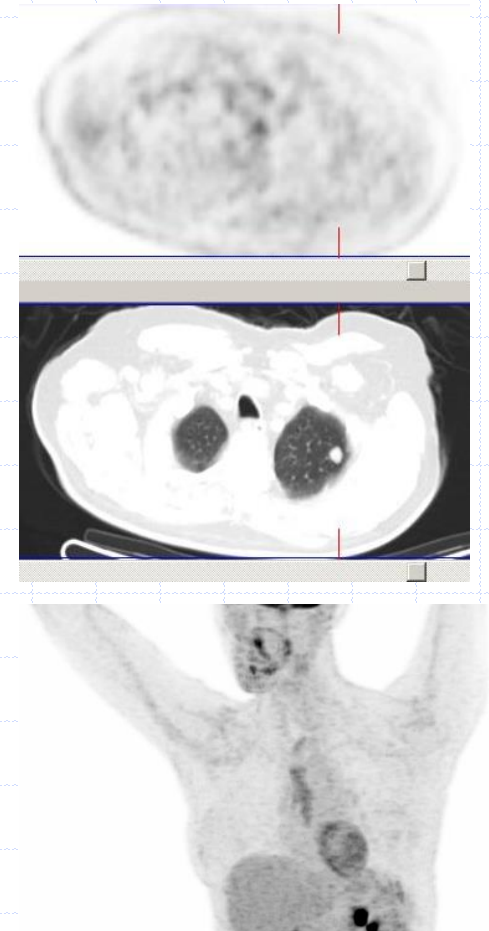
- Carcinomes bronchiques (NPC, PC, GC)



- Mésothéliome

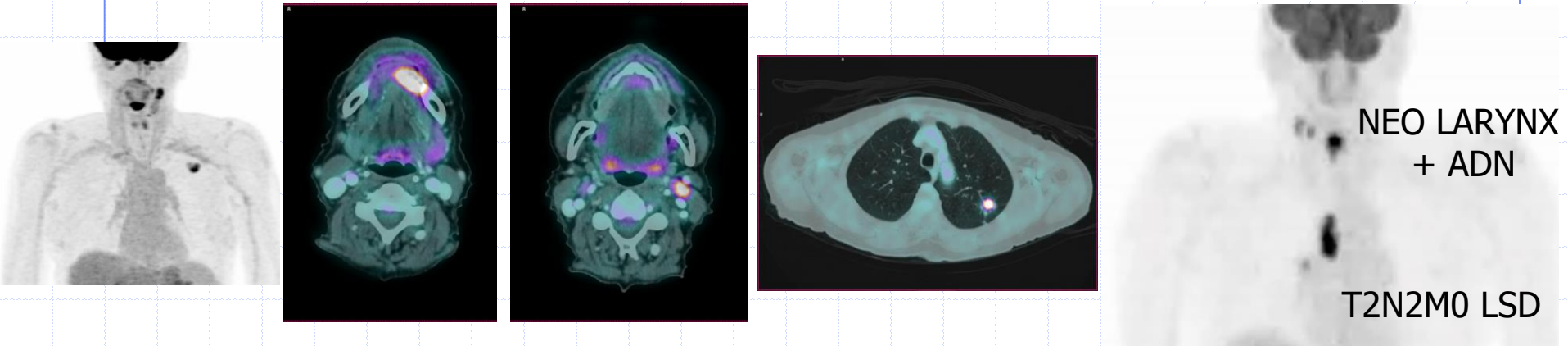


- Tumeurs thymiques

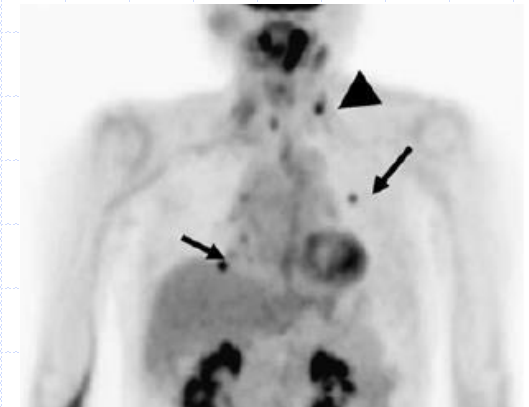


# TEP au $^{18}\text{F}$ -DG : ONCO-ORL

- VADS (cancers synchrones) et GG sans I



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

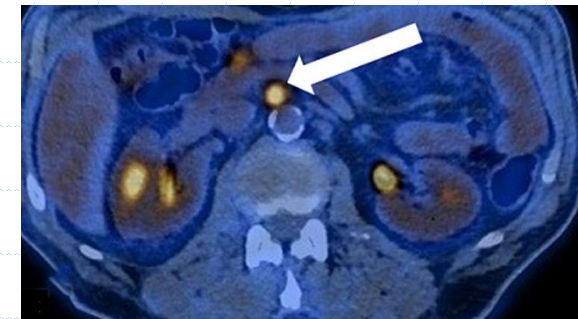
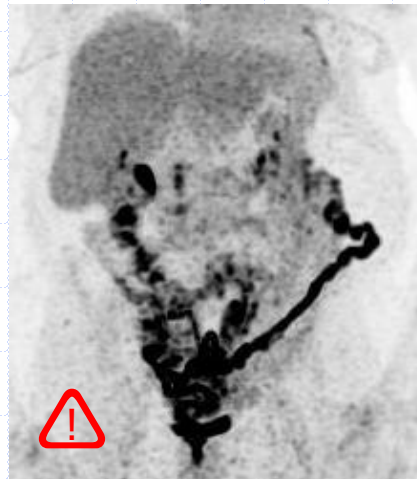
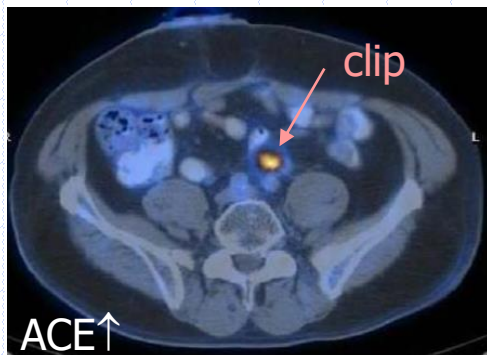
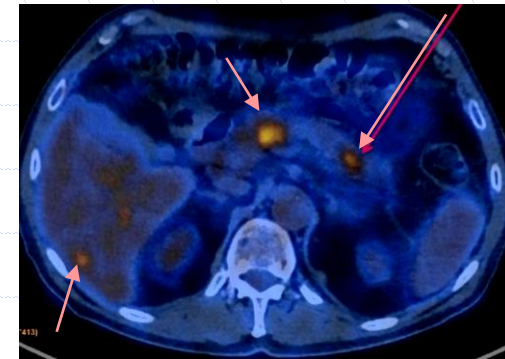
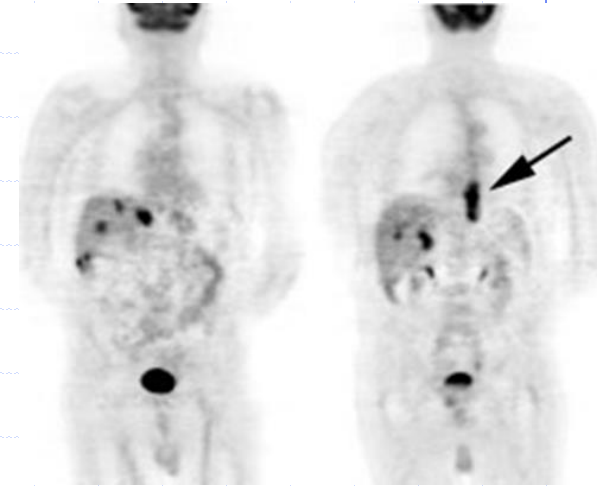


Post  $^{131}\text{I}$  sur C. papillaire  
T3N1 opéré, Scinti  $^{131}\text{I}$  N

# TEP au $^{18}\text{F}$ -DG :

## ONCO-DIGESTIF

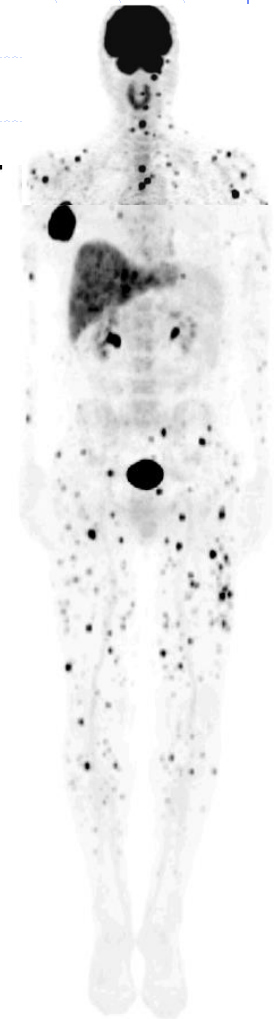
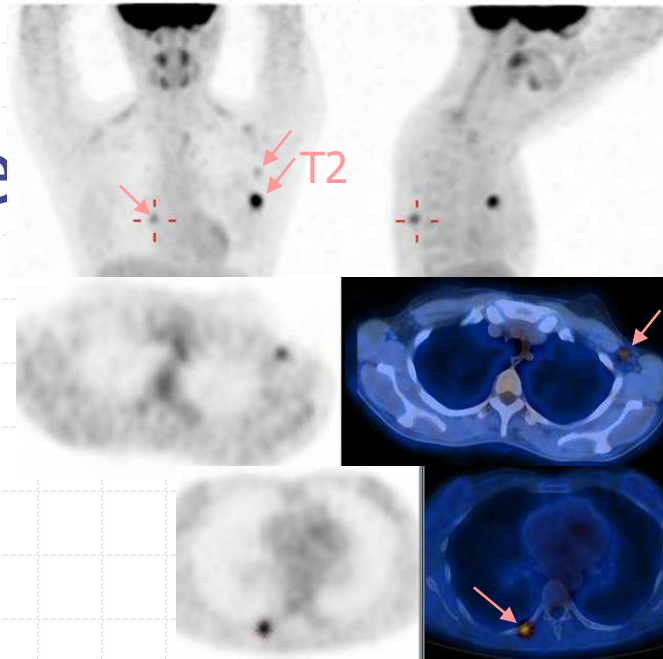
- Œsophage et estomac
- ADK Pancréas
- Hépato & cholangio-K,VB
  - TEP à la  $^{18}\text{F}$  – Choline
- Colo-rectal, anal



# TEP au $^{18}\text{F}$ -DG :

## ONCO-GYNECOLOGIE & DERMATOLOGIE

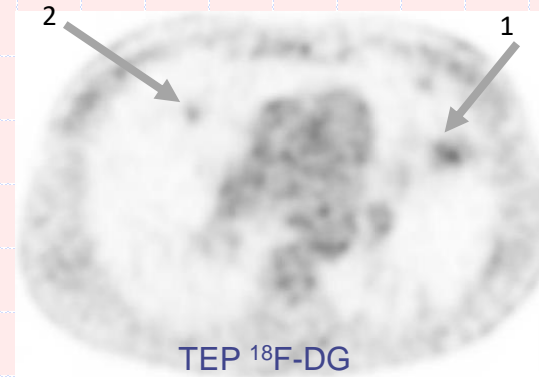
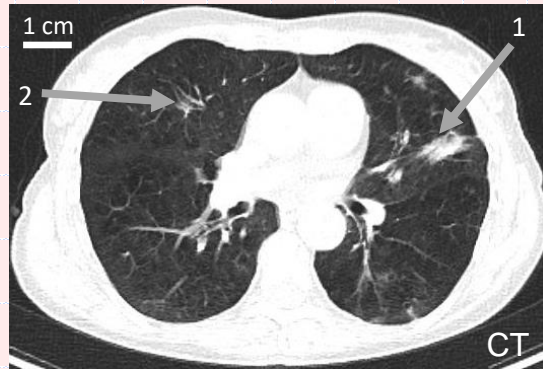
- Sein
- Col, endomètre
- Vulve
- Ovaire



- Mélanomes
- Tumeurs de Merckel

# Annale 1<sup>o</sup> 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  $\Rightarrow$  ?



# Annale 1<sup>o</sup> session 2021-2022

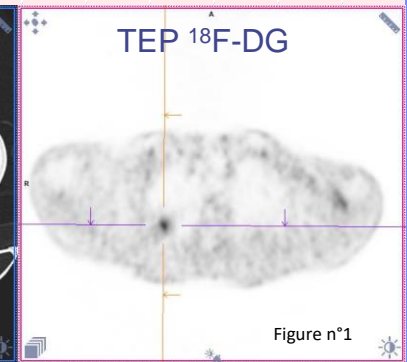


Figure n°1

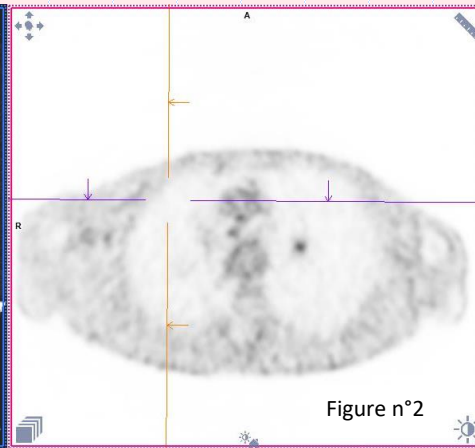
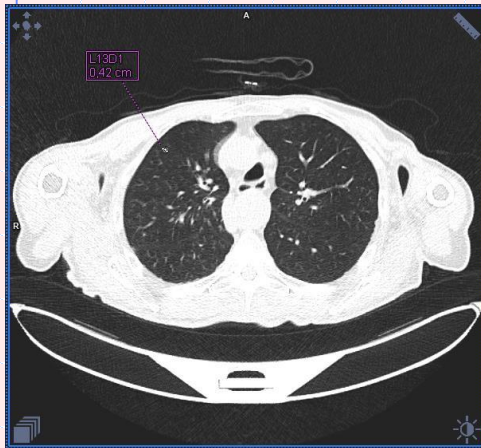


Figure n°2

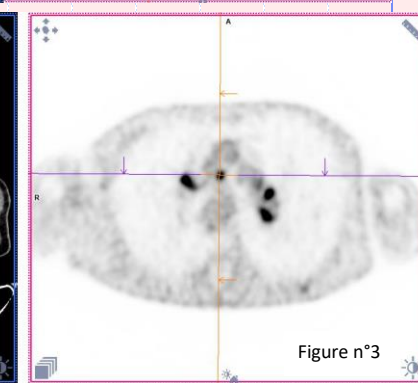
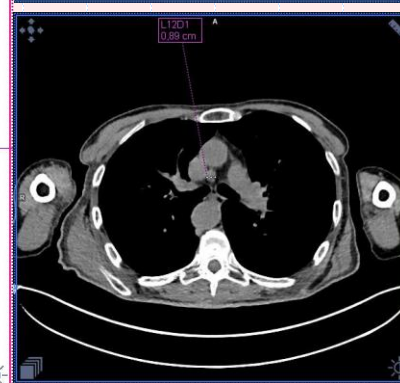


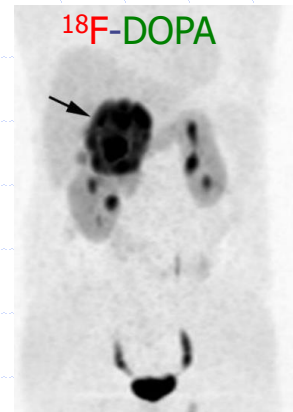
Figure n°3

- 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 ⇒ ?
- 6- Fig 3: nodule ciblé pathologique ?

# CANCERS TRES DIFFERENCIES :

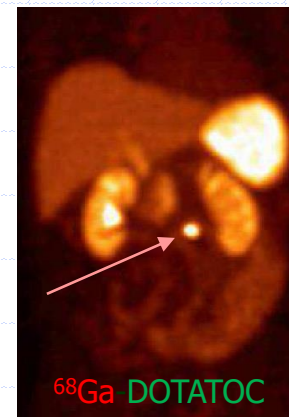
## TEP au $^{18}\text{F}$ -DOPA, $^{68}\text{Ga}$ -PSMA, $^{68}\text{Ga}$ -DOTATOC

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

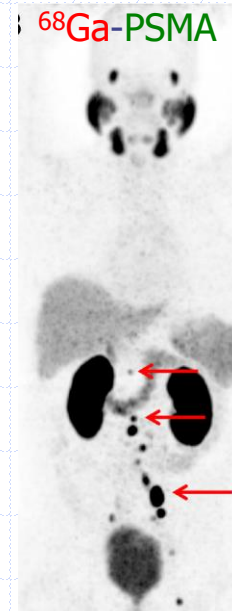


- **OCTREOTIDE** → **Récepteurs à la somatostatine**

- tumeurs neuroendocrines
  - thymique, bronchique, digestive,
- Paragangliomes non surrenaliens,
- Méningiomes.

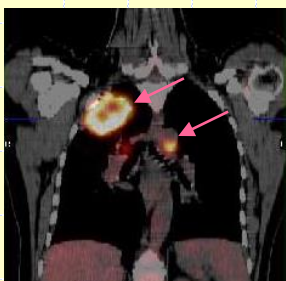


- **PSMA** → **ADK de prostate**
  - PSA ↑,, BEI si haut risque, avant RIV.





# SYNTHESE 3

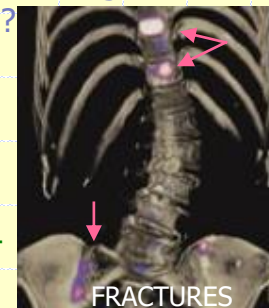


PET-CT  
au  $^{18}\text{F}$ FDG,  $^{18}\text{F}$ -Choline,  
 $^{18}\text{F}$ -DOPA,  $^{68}\text{Ga}$ -  
DOTATOC ou PSMA

Suspicion, BE,  
surveillance  
de **néoplasie**

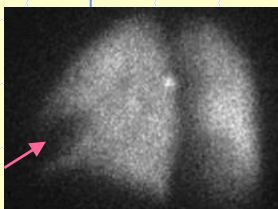
Toute **douleur**  
**osteo-articulaire**  
inexpliquée

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



FRACTURES

→ SPECT/CT  
= scinti. osseuse

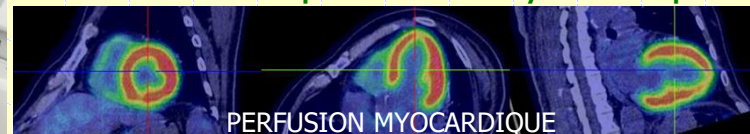


**Dyspnée aigüe**  
Suspicion d'**embolie**  
**pulmonaire**  
(F, jeune ou enceinte)

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

→ Scinti. de perfusion myocardique

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



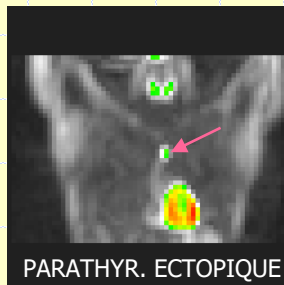
PERFUSION MYOCARDIQUE

**Hyperthyroïdie** inexpliquée  
**Hyperparathyroïdie**

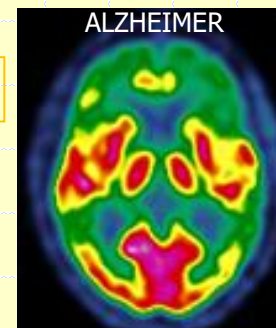
Suspicion de **démence**

→ PET-CT  
au  $^{18}\text{F}$ FDG

Scinti.  
Parathyroïde  
ou thyroïde



PARATHYR. ECTOPIQUE



ALZHEIMER

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

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

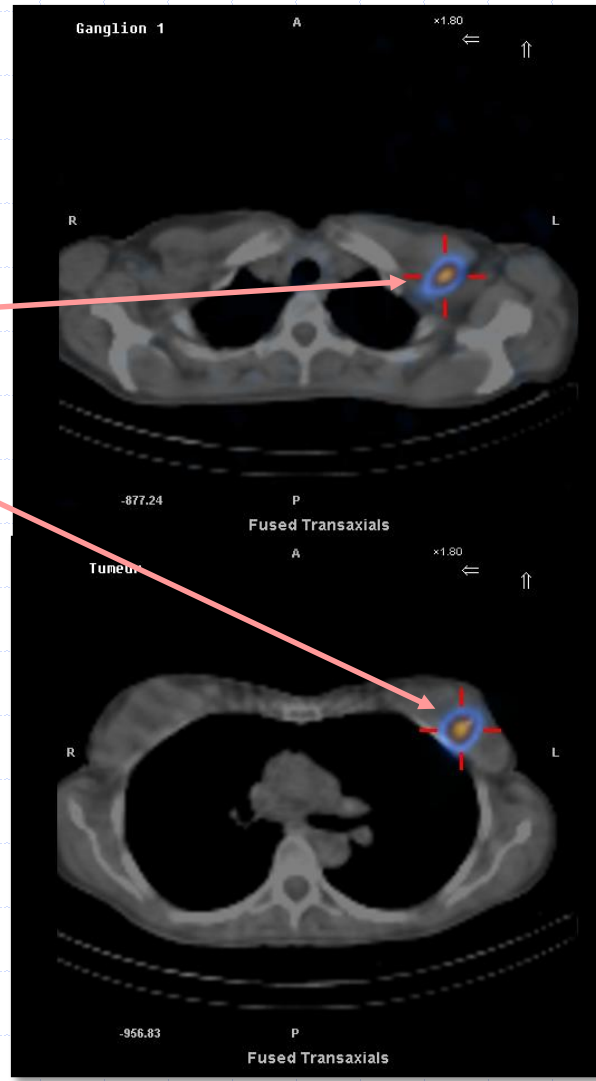
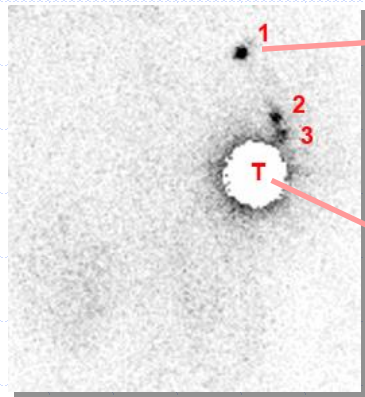
PET-CT  
au  $^{18}\text{F}$ FDG

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



NEO DU POUMON  
ET VASCULARITE

# DETECTION PEROPERATOIRE DES GANGLIONS SENTINELLES

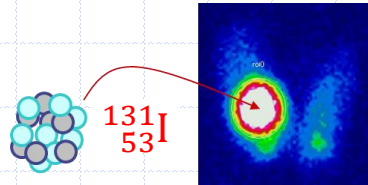


$^{99m}\text{Tc}$ -nanocolloïde

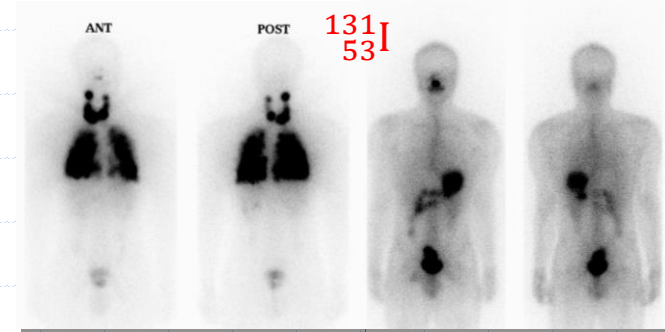


# RADIOTHERAPIE METABOLIQUE $\beta^-$

- Hyperthyroïdies



- Cancers différenciés de la thyroïde

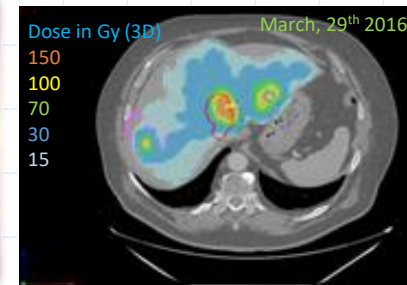
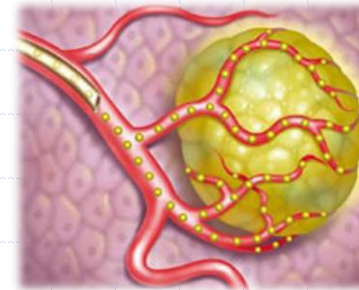


- Mono-arthrites inflammatoires chroniques : Synoviorthèses au  $^{169}_{68}\text{Er}$ ,  $^{186}_{75}\text{Re}$ ,  $^{90}_{39}\text{Y}$

- 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<sup>o</sup> 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 radiotracer). 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 ?
- 2- Portée d'une bêta moins: Définition ?
- 3- Portée moyenne des divers isotopes ?
- 4- Dose absorbée au foie ?
- 5- Mécanisme de destruction du tissu synovial ?
- 6- Quel isotope pour un genou ?

# DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

- Emetteurs X/ $\gamma$  basse énergie, affinité :  $^{125}_{53}\text{I}$

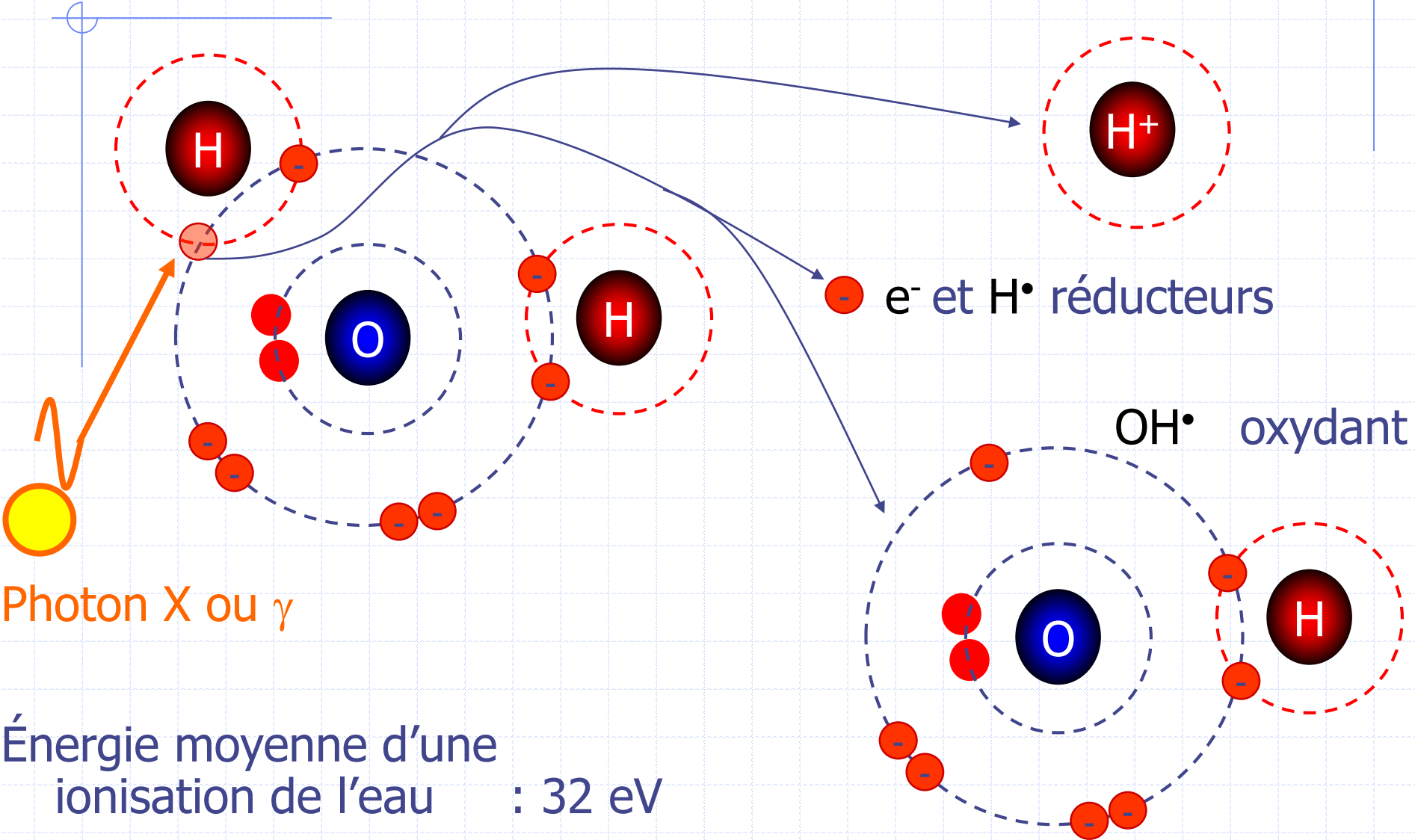
- Sensibilité < picomole



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



# RISQUE RADIQUE



Photon X ou  $\gamma$

e<sup>-</sup> et H<sup>•</sup> réducteurs

OH<sup>•</sup> oxydant

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

# DOSIMETRIE

Quelques références <sup>1</sup> :

Irradiation naturelle moyenne :

France : 1-6 mSv/an ( $\bar{E} = 2,5$ )

Ramsar (Iran) : 250 mSv/an

CT injecté <sup>2</sup> : 20 mSv

Procédé	Dose efficace (mSv)
<b>Rayons X: 0,01 – 10 mSv</b>	
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
<b>TDM TAP non diagnostique</b>	<b>7</b>
<b>Scintigraphie:</b>	<b>0,3 – 6 mSv</b>
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 %)

<sup>1</sup> [http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008\\_1.html](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.

<sup>2</sup> Rapport DRPH/SER n°2010-12 ; Rapport DRPH/SER n°2010-12



# SYNTHESE 4

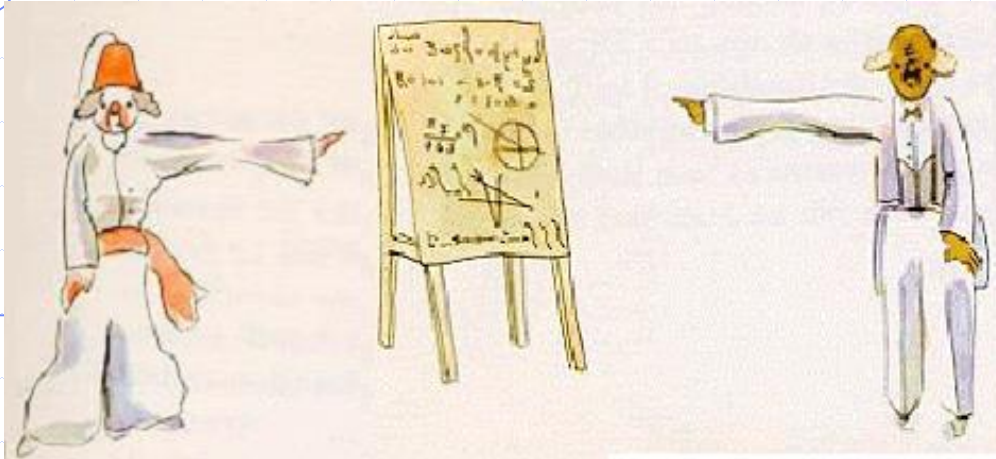
- Radiothérapie métabolique vectorisée :
  - IRA-thérapie des cancers thyroïdiens différenciés, hyperthyroïdies
  - Synoviorthèse des monoarthrites
  - RIV des tumeurs neuroendocrines, hépatiques, prostatiques
- RIA : sensibilité  $\approx$  picomole : peu utilisée
- Dosimétrie
  - En général de 0,5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



Imagerie médicale. Radiologie et médecine nucléaire. Réussir son DFASM - Connaissances clés 3 édition. Elsevier Masson.

Collège des enseignants de radiologie de France, CNEBMN Collège National des Enseignants de Biophysique et de Médecine Nucléaire

