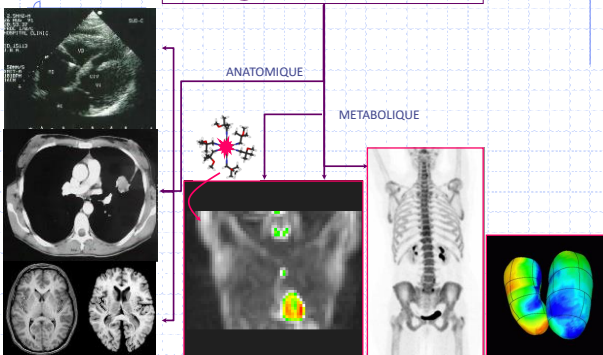


IMAGERIE SCINTIGRAPHIQUE MÉDECINE NUCLEAIRE



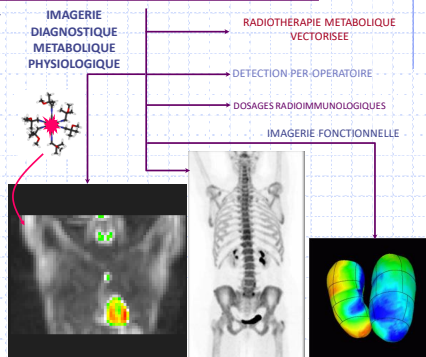
UE BIOPHYSIQUE ET BASES D'IMAGERIE
denis.mariano-goulart@umontpellier.fr
<http://scinti.edu.umontpellier.fr>

Imagerie médicale

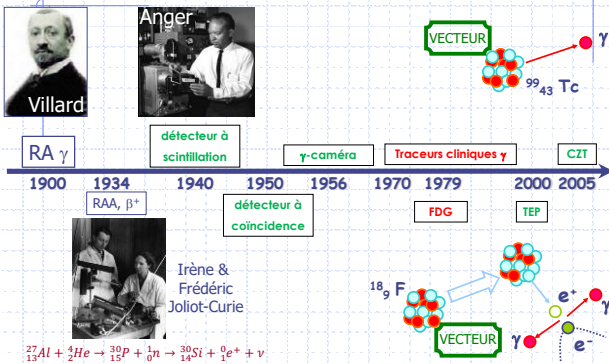


Médecine Nucléaire

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

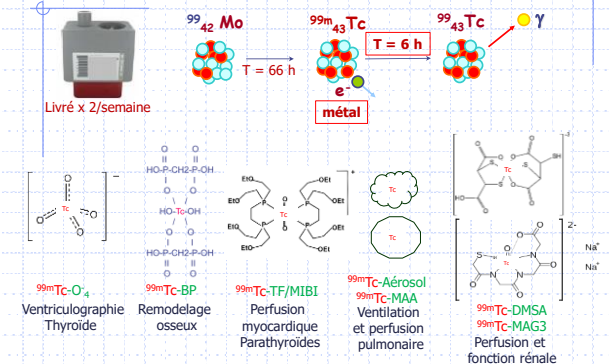


UN PEU D'HISTOIRE

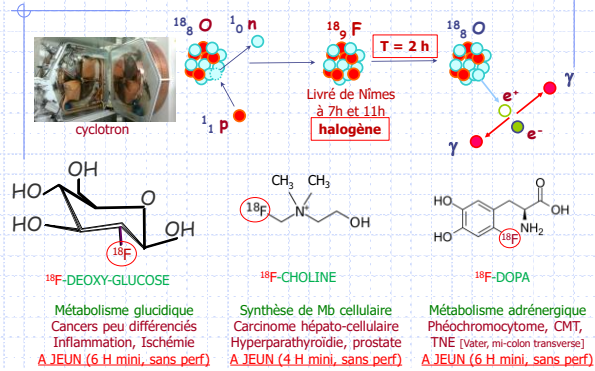


TRACEUR = MARQUEUR + VECTEUR

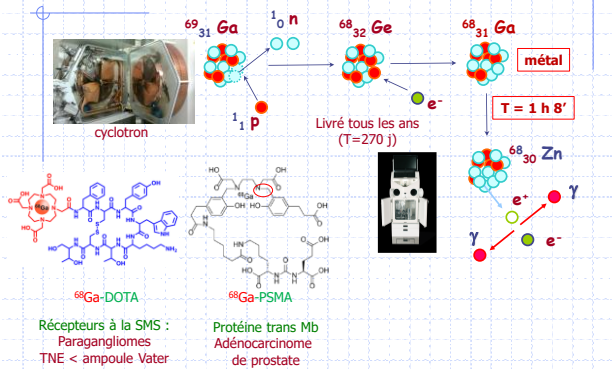
- Marqueur:** Isotope radioactif artificiel ($T_{1/2}$):
 - Diagnostic: détectable (traverse le corps, peu diffusé) $\Rightarrow \gamma$ ou β^+ .
 - Thérapie: irradiant à parcours court $\Rightarrow \alpha$ ou β^- .
- Vecteur:** $\emptyset$, molécule, aérosols, verre, cellule
 - Affinité chimique avec 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 : ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$ 

2 MARQUEURS en TEP : ^{18}F Fluor

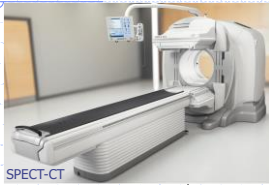


2 MARQUEURS en TEP : ^{68}Ga Gallium

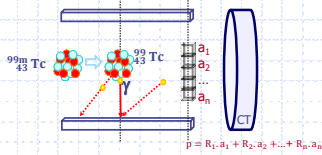


SYNTHESE 1

- 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*

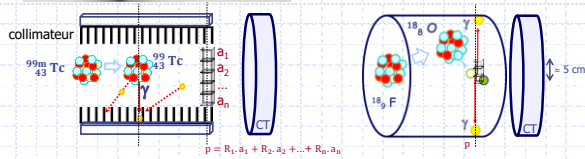
SPECT-CT

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

SPECT-CT



PET-CT



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

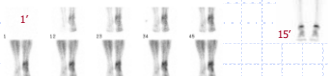
MODES D'ACQUISITION

- Planaire (statique, projection : γ)



- Corps entier

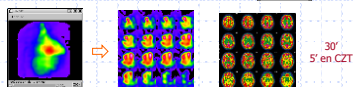
- Dynamique



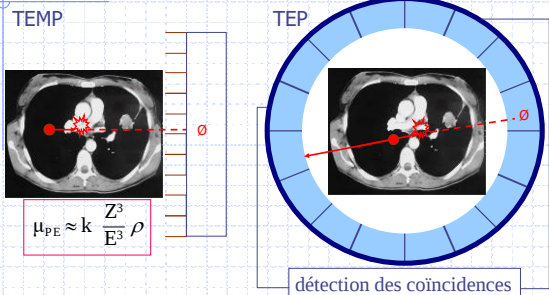
- Synchronisé (ECG, respiration)



- Tomographique
(TEMP, TEP)

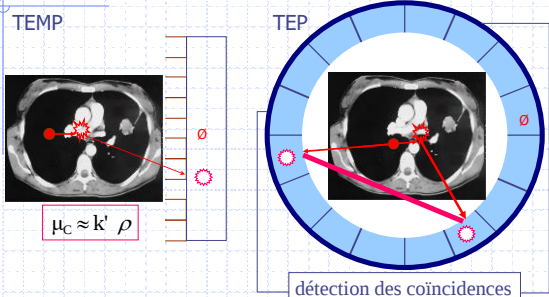


ATTENUATION PHOTO-ELECTRIQUE



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

ATTENUATION COMPTON



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 %

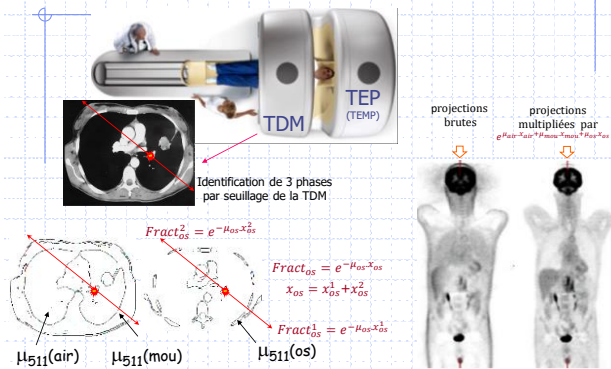
Flou

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'ATTÉNUATION



IMAGERIE MULTIMODALE CORRIGÉE

- 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



IMAGERIE TRACES SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPEUTIQUE

Annale 2° session 2021-2022

TEP ¹⁸F-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 => coef. Linéaire d'atténuation = ?

6- % de γ issus de F non atténués ?

7- % de désintégrations en F détectées sans atténuation ?

8- Quelle imagerie / paramètre utiliser pour corriger ?

F18 / déoxyglucose
γ 511 keV en coïncidence
Photo électrique / Compton
Compton ; masse volumique
 $\mu = \ln 2 / CDA = 0,7 / 7 = 0,1 / \text{cm} = 10\% / \text{cm}$
 $14 \text{ cm} = 2 \times CDA \Rightarrow N = N_0 \times 2^{-CDA} = N_0 / 4 = 0,25$, soit 25%
Coïncidence : $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = 1/16 = 6,3 \%$
CT ; masse volumique

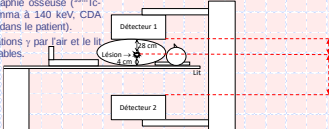
Donnée : $\ln 2 = 0,7$

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

IMAGERIE TRACES SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPEUTIQUE

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 li négligeables.



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

2- Résolution détecteurs 1 = 2 ?

3- I2/I1 = ?

4- Tomographie : comment ?

5- Signification physiologique d'une hyperfixation ?

Compton > Photo-électrique
Non : collimateur => R dépend de la distance lésion-détecteurs, qui est différente.
 $I = I_0 \times 2^{-CDA} \Rightarrow I_1 = I_0 / 128$ et $I2 = I_0 / 2$: $I2/I1 = 64$
En faisant tourner les détecteurs sur au moins 180°
Activation des osteoblastes/remodelage osseux ∇ cause

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

IMAGERIE TRACES SCINTIGRAPHIE DIAGNOSTIC THERAPEUTIQUE

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

7

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

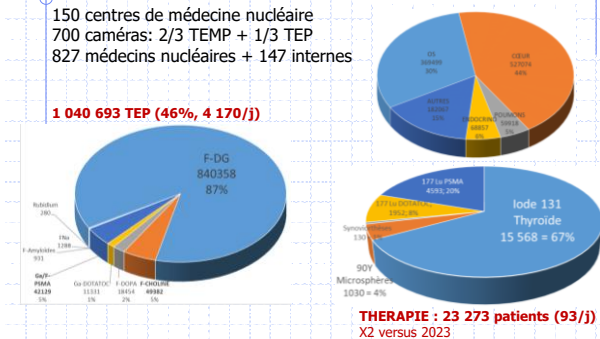
Catégorie : Attendu d'apprentissage

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)

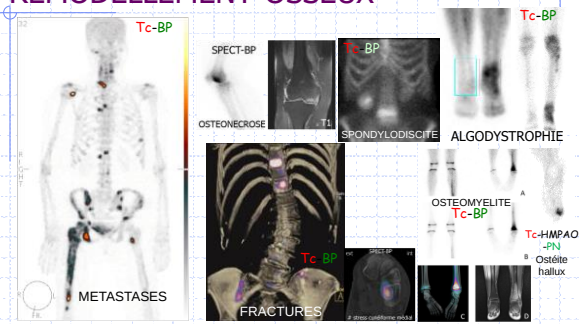


https://www.cnp-mn.fr/sfmrn-accueil/enquete_nationale_annuelle/

DEROULEMENT DE L'EXAMEN

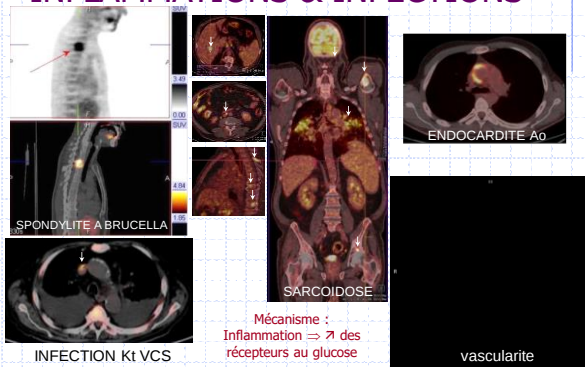
- ACCUEIL, INFORMATION ET PERFUSION DU PATIENT
- ADMINISTRATION DU RADIOTRACEUR
 - Parfois sensibilisée par une épreuve d'effort, une médication...
- SOUVENT ATTENTE DE LA METABOLISATION DU TRACEUR
 - Sans délai : perfusion myocardique, excrétion tubulaire rénale, scintigraphies pulmonaires, ...
 - 15' (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 : REMDELLEMENT OSSEUX



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

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



Annale 2^o session 2020-2021

- 1- Quel vecteur/marqueur en scintigraphie osseuse gamma ? $\text{BP} / ^{99m}\text{Tc}$
- 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° 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

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)

ISCHEMIE ANTERO-LATERALE

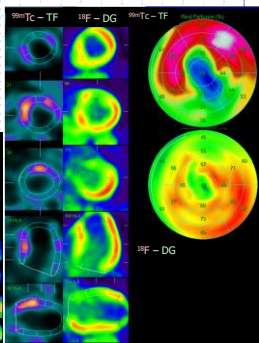
NECROSE APICALE

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

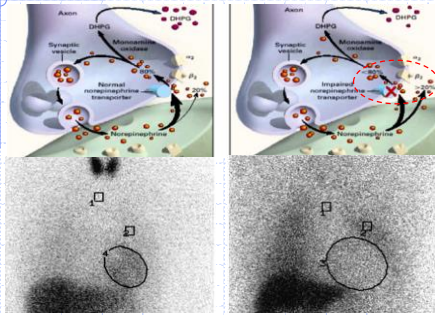
Indications : coronaropathies (dépistage DNID, HIV, diagnostic, suivi, pré-op...)

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

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



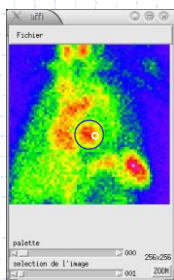
SCINTIGRAPHIE D'INNERVATION MYOCARDIQUE A LA ^{123}I -MIBG



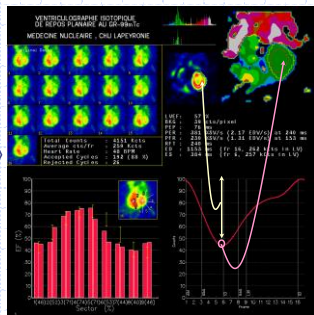
Indications : insuffisance cardiaque

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

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

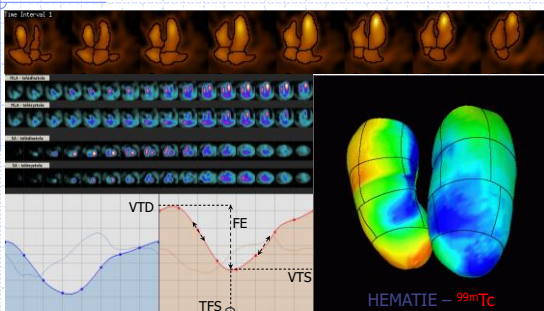


HEMATIE - $^{99\text{m}}\text{Tc}$
Traceur du volume sanguin



Indications : insuffisance cardiaque

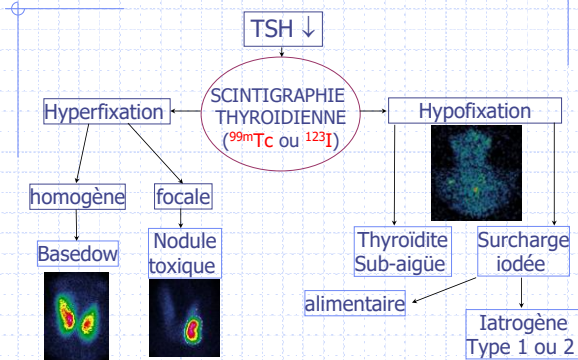
TOMOVENTRICULOGRAPHIE ISOTOPIQUE AU $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HEMATIES



Indications : insuffisance cardiaque

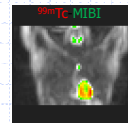
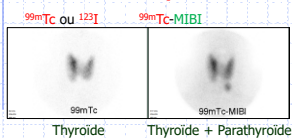
HEMATIE - $^{99\text{m}}\text{Tc}$

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

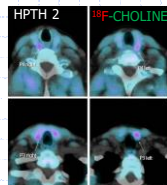
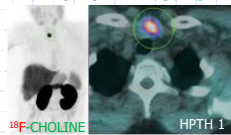


SCINTIGRAPHIE PARATHYROIDIENNE : ETIOLOGIE D'UNE HYPEPARATHYROIDIE

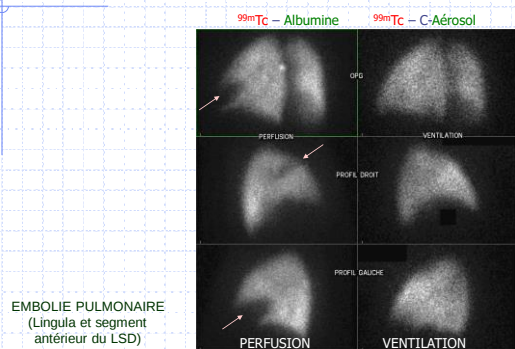
- SPECT au (^{99m}Tc ou ^{123}I) versus ^{99m}Tc -MIBI



- PET à la ^{18}F -CHOLINE



SCINTIGRAPHIE PULMONAIRE : EMBOLIE PULMONAIRE, HTAP



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)

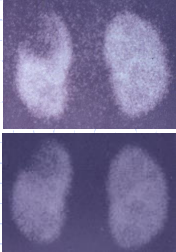
Moyenne : 9,7/20 (51% < 10/20) à Montpellier (283 candidats) et 7,4/20 (87% < 10/20) à Nîmes (138 candidats)

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.

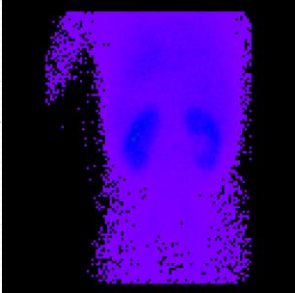
- 1- Dose efficace CE au fœtus, qu'est-ce-que cela mesure ?
- 2- Mode d'acquisition scintigraphique ? Planaire (ou en projection)
- 3- Nombre de pixels par côté pour les scintigraphies ? $d = FWHM/2 = 5 \text{ mm}$; $500/5 = 100 \text{ pixels}$
- 4- Déterminant du contraste en échographie des membres 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



99mTc-DMSA

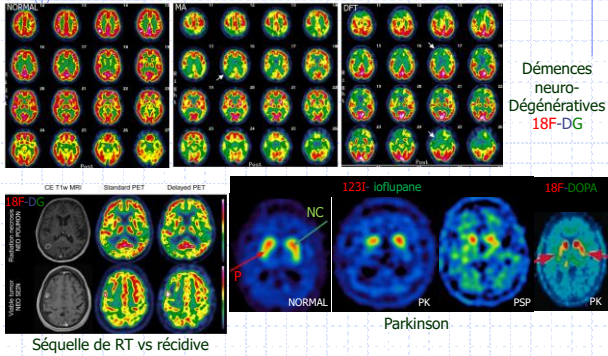
Perfusion corticale : Pyélonéphrite



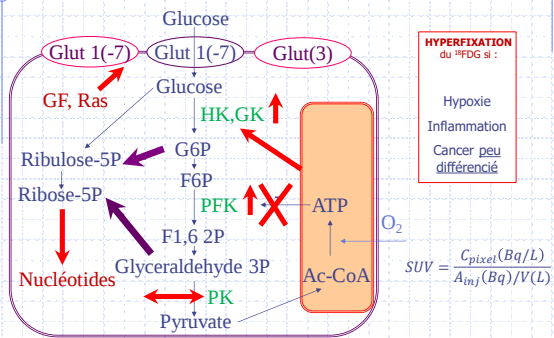
99mTc-MAG 3

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

TEP et TEMP CÉRÉBRALES

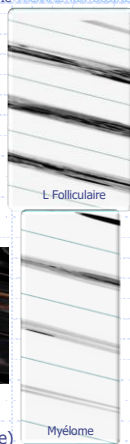


TEP au ^{18}F -DG : Dic, BE, SUIVI DES CANCERS PEU DIFFÉRENCIES



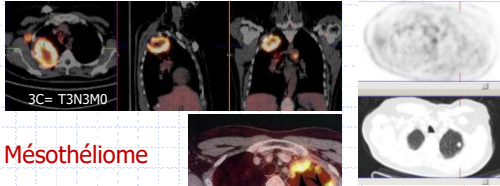
TEP au ^{18}F -DG : ONCO-HEMATOLOGIE

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

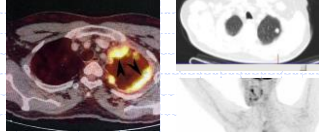


TEP au ^{18}F -DG : ONCO-PNEUMOLOGIE ET THYMUS

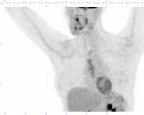
- Carcinomes bronchiques (NPC, PC, GC)



- Mésothéliome

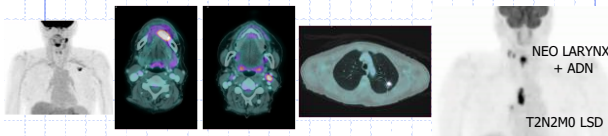


- Tumeurs thymiques



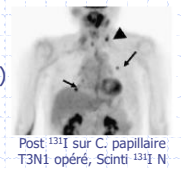
TEP au ^{18}F -DG : ONCO-ORL

- VADS (cancers synchrones) et GG sans I



- Thyroïde

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



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

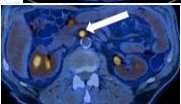
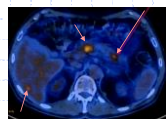
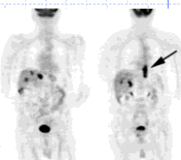
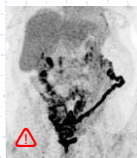
- Œsophage et estomac

- ADK Pancréas

- Hépat & cholangio-K, VB

- TEP à la ^{18}F - Choline

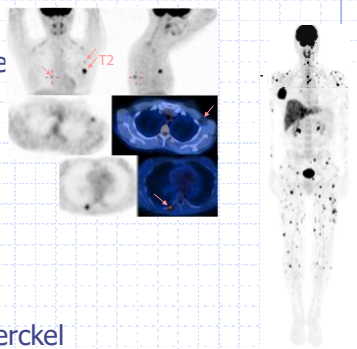
- Colo-rectal, anal



TEP au ¹⁸F-DG :

ONCO-GYNECOLOGIE & DERMATOLOGIE

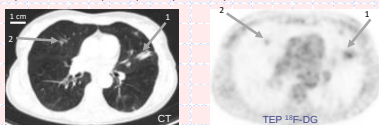
- Sein
- Col, endomètre
- Vulve
- Ovaire



- Mélanomes
- Tumeurs de Merckel

Annale 1^o session 2020-2021

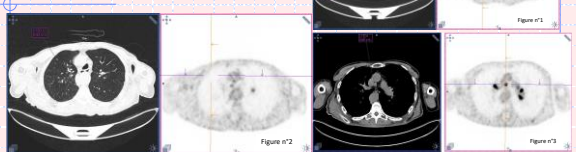
PET-CT au ¹⁸F-DG pour évaluation d'opacités parenchymateuses pulmonaires :



- 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 l'algo de tomographie ?
- 5- Opacité n°1 ⇒ 2 hypothèses ?
- 6- Hyper n°2 < hyper n°1 ⇒ ?

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

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

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 ⇒ ?
- 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

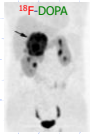
353 candidats ; Moyenne : 9/20 à Montpellier et à Nîmes

CANCERS TRES DIFFERENCIES :

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

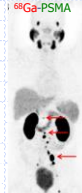
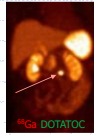
- DOPA → cellules adrénergiques :

- phéochromocytome, carcinome médullaire de la thyroïde, neuroblastome, hyperinsulinisme.



- OCTREOTIDE → Récepteurs à la somatostatine

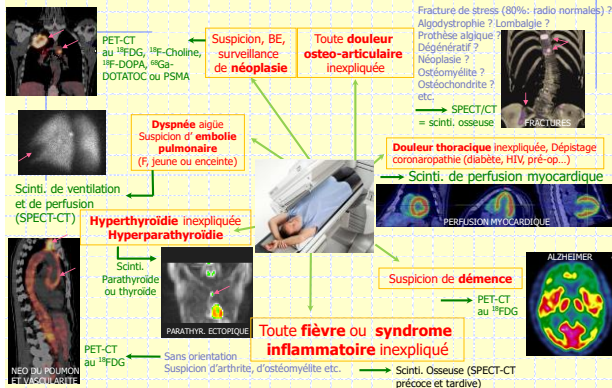
- tumeurs neuroendocrines
 - thymique, bronchique, digestive,
- Paragangliomes non surrénaliens,
- Méningiomes.



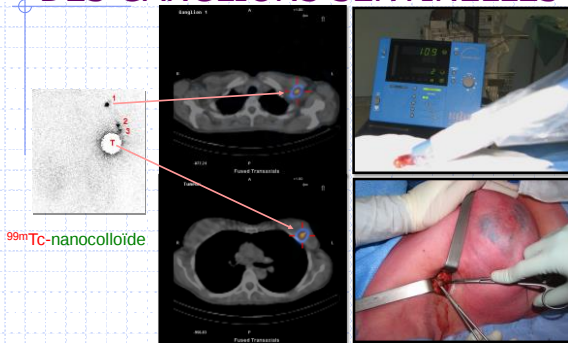
- PSMA → ADK de prostate

- PSA ≥ 7, BEI si haut risque, avant RIV.

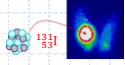
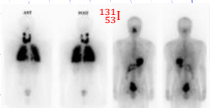
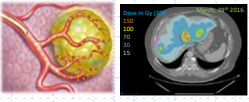
SYNTHESE 3



DETECTION PEROPERATOIRE DES GANGLIONS SENTINELLES



RADIOTHEAPIE METABOLIQUE β^-

- Hyperthyroïdies 
- Cancers différenciés de la thyroïde 
- Mono-arthrites inflammatoires chroniques : Synoviorthèses au ^{169}Er , ^{186}Re , ^{90}Y 
- Cancers neuroendocrines : ^{177}Lu – DOTATE
- Cancers de prostate ^{177}Lu – PSMA 
- Cancers hépatiques ^{90}Y – MICROSPHERES
- Antalgie des métas osseuses : ^{89}Sr ou ^{153}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}Er , énergie moyenne de la particule bêta moins : 100 keV), le rhénium 186 (^{186}Re , énergie moyenne de la particule bêta moins : 320 keV) et l'yttrium 90 (^{90}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 $P(\text{mm}) = E(\text{keV})/200$.

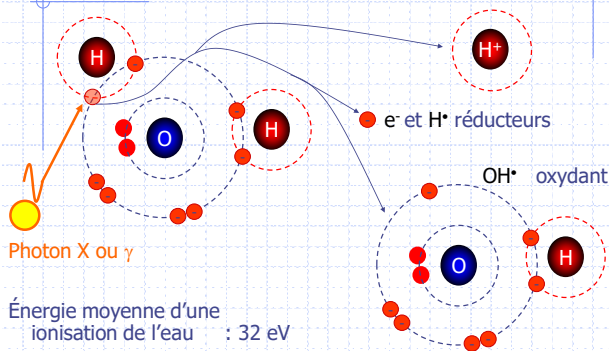
- 1- Trajectoire de l'électron ? Ligne brisée
- 2- Portée d'une bêta moins: Définition ? Distance maximale parcourue par les électrons dans la direction initiale
- 3- Portée moyenne des divers isotopes ? Er : $100/200 = 0,5$ mm ; Re : $320/200 = 1,6$ mm ; Y : $900/200 = 4,5$ mm
- 4- Dose absorbée au 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

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

DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

- Emetteurs X/ γ basse énergie, affinité : ^{125}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

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

Procédé	Dose efficace (mSv)
Rayons X: 0,01 – 10 mSv	
Membres et articulations (sauf hanche)	<0,01
Thorax (vue PA simple)	0,02
Côtes	0,07
Rachis dorsal	0,7
Rachis lombaire	1,3
Hanche	0,3
Bassin	0,7
Abdomen	1,0
UV	2,5
Déglutition baryte	1,5
TOGD (transit oeso-gastro-duodénal)	3
Transit du grêle	3
Lavement baryte	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

SYNTHÈSE 4

- Radiothérapie métabolique vectorisée :
 - IRA-thérapie des cancers thyroïdiens différenciés, hyperthyroïdies
 - Synoviothèse 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/>
