

IMAGERIE SCINTIGRAPHIQUE

Formation Générale en Sciences Médicales – 2° année

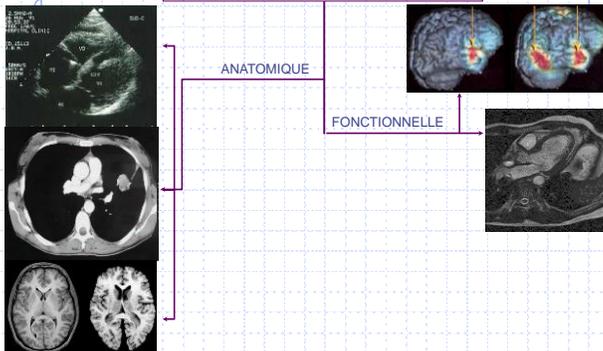
Module biopathologie-imagerie

Denis Mariano-Goulart
Faculté de médecine et CHRU de Montpellier
<http://scinti.edu.umontpellier.fr>

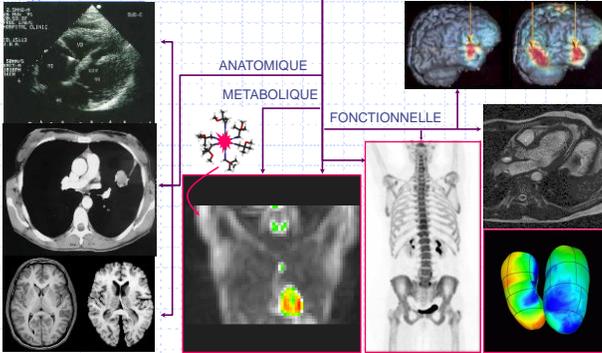
PLAN

- Médecine nucléaire & imagerie médicale
- Les traceurs radioactifs
- Les scintigraphies (TEMP et TEP)
- Principales indications diagnostiques
- Principales indications thérapeutiques
- Les dosages radio-immunologiques
- Dosimétrie

Imagerie médicale

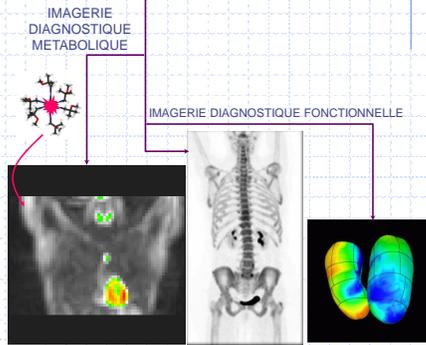


Imagerie médicale



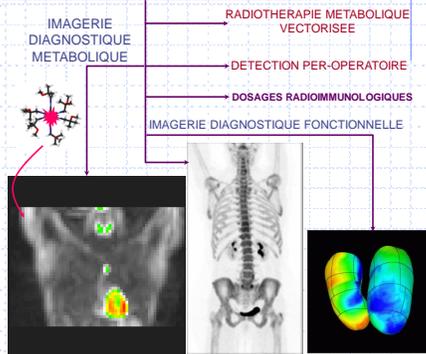
Médecine Nucléaire

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



Médecine Nucléaire

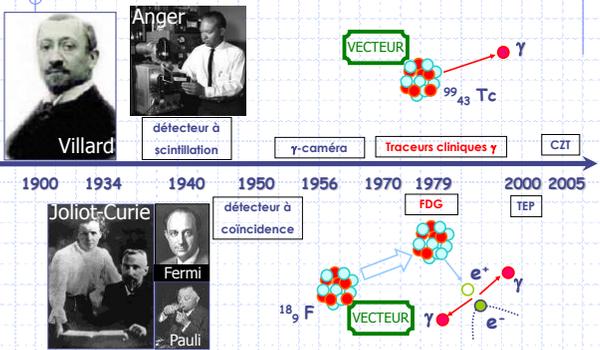
Utilisation de **marqueurs radioactifs** pour **tracer** le devenir d'un **vecteur** dans un but **diagnostique** ou **thérapeutique**



MEDECINE NUCLEAIRE

- IMAGERIE DIAGNOSTIQUE :
 - Moléculaire et fonctionnelle
 - Non invasive (faiblement irradiante)
 - Dans des conditions physiologiques
- DETECTION PER-OPERATOIRE
- DOSAGES BIOLOGIQUES
 - Forte sensibilité
- THERAPEUTIQUE : Radiothérapie métabolique
 - interne, sélective et prolongée

UN PEU D'HISTOIRE



LES TRACEURS RADIOACTIFS

- Quel marqueur radioactif ?
- Quelle molécule vectrice ?
- Comment les associer ?

VOCABULAIRE

- **Marqueur:** Atome détectable 
- **Vecteur:** Molécule / cellule d'intérêt 
- **Traceur:** Marqueur lié au vecteur 
- **Scintigraphie:**
Distribution 2 ou 3D d'un traceur radioactif



MARQUEURS RADIOACTIFS

	ISOTOPE	RADIO PROTECTION	PROPRIETES
DIAGNOSTIC IN VIVO ou DETECTION	EMETTEURS DE PHOTONS PENETRANTS PEU DIFFUSES ⇒ β ⁺ ou γ ⇒ IONISANTS	PEU IRRADIANTS ⇒ T courtes : sec - h ⇒ ISOTOPES ARTIFICIELS	(RENDUS) SPECIFIQUES D'UN METABOLISME ⇒ AFFINITE CHIMIQUE

MARQUEURS RADIOACTIFS

	ISOTOPE	RADIO PROTECTION	PROPRIETES
DIAGNOSTIC IN VIVO ou DETECTION	EMETTEURS DE PHOTONS PENETRANTS PEU DIFFUSES ⇒ β ⁺ ou γ ⇒ IONISANTS	PEU IRRADIANTS ⇒ T courtes : sec - h ⇒ ISOTOPES ARTIFICIELS	(RENDUS) SPECIFIQUES D'UN METABOLISME ⇒ AFFINITE CHIMIQUE
DIAGNOSTIC IN VITRO (RIA)	COMPTAGE ⇒ X ou γ d'énergie faible		AFFINITE POUR LE CORPS A DOSER ⇒ ¹²⁵ ₅₃ I, ¹⁴ ₆ C ...

MARQUEURS RADIOACTIFS

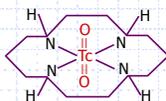
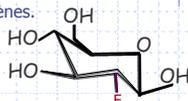
	ISOTOPE	RADIO PROTECTION	PROPRIETES
DIAGNOSTIC IN VIVO ou DETECTION	EMETTEURS DE PHOTONS PENETRANTS PEU DIFFUSES ⇒ β ⁺ ou γ ⇒ IONISANTS	PEU IRRADIANTS ⇒ T courtes : sec - h ⇒ ISOTOPES ARTIFICIELS	(RENDUS) SPECIFIQUES D'UN METABOLISME ⇒ AFFINITE CHIMIQUE
DIAGNOSTIC IN VITRO (RIA)	COMPTAGE ⇒ X ou γ d'énergie faible		AFFINITE POUR LE CORPS A DOSER ⇒ ¹²⁵ I, ¹⁴ C ...
THERAPIE	EMETTEURS DE PARTICULES IRRADIANTES	PARCOURS COURTS ⇒ α ou β ⇒ T assez courtes : jour ⇒ ISOTOPES ARTIFICIELS	(RENDUS) SPECIFIQUES D'UNE PATHOLOGIE ⇒ AFFINITE

VECTEURS

- **Simplex isotopes radioactifs (aérosols, colloïdes)**
 - Diagnostic (γ) : ⁹⁹Tc, ²⁰¹Tl, ¹²³I, ¹³³Xe, ⁸¹Kr, ⁶⁷Ga
 - Thérapie (β) : ³²P, ¹⁶⁹Er, ¹⁸⁶Re, ⁹⁰Y, ¹³¹I, ²²³Ra, ...
- **Molécules, dont la fixation est liée à :**
 - la **perfusion** : cérébrale, myocardique
 - un **métabolisme** : os, adrénaline, cholestérol, iode, glucose
 - Des **récepteurs** membranaires : somatostatine, dopamine
 - une **fonction** : tubulaire rénale, excrétrice biliaire, salivaire
- **Aérosols, microsphères, agrégats d'albumine**
 - Ventilation et perfusion pulmonaire
- **Cellules**
 - globules rouges : fonction cardiaque, hémorragies
 - polynucléaires : infection
 - Plaquettes : fonction splénique, séquestration

MARQUAGE DE VECTEURS

- **marqueur non métallique**, halo (F, I), chalcogène (O), N, P, C :
 - **Liaison directe sur C**, pour toute taille de vecteur.
 - Addition électrophile, échange d'halogènes.
 - Marqueurs β⁺ : ¹¹C, ¹⁸F
 - Marqueurs γ : ¹²³I
- **marqueur métallique** :
 - Les liaisons simples C-Métal sont instables dans l'eau
 - **Groupe complexant** avec plusieurs donneurs d'e⁻
 - Exemple : Tétradentate :
 - Seulement pour de grosses molécules vectrices.



TRACEURS γ

GENE-RATEUR	Marqueur	T	Vecteur	Fonction
	$^{99}_{43}\text{Tc}$	6 h	HDP, HMPAO, ECD, MIBI, TF, MAA, AERO, MAG3, GB, GR	Os, Cerveau, Myocarde Poumon, rein, infection, sang
	$^{111}_{49}\text{In}$	2,8 j	pentétérotide	somatostatine
	$^{133}_{54}\text{Xe}$	5,2 j	-	Volumes pulmonaires
	$^{81}_{36}\text{Kr}$	13 s	-	Débits bronchiques
	$^{67}_{31}\text{Ga}$	3,3 j	Citrate de gallium	inflammation
	$^{201}_{81}\text{Tl}$	3 j	-	Cancer, perfusion myocardique
	$^{123}_{53}\text{I}$	13 h	MIBG	Noradrénaline (cœur, médullosurrénale)
	$^{131}_{53}\text{I}$	8 j	Noriodocholestérol	corticosurrénale

TRACEURS γ : A \uparrow , T \approx jour

GENE-RATEUR	Marqueur	T	Vecteur	Fonction
	$^{99}_{43}\text{Tc}$	6 h	HDP, HMPAO, ECD, MIBI, TF, MAA, AERO, MAG3, GB, GR	Os, Cerveau, Myocarde Poumon, rein, infection, sang
	$^{111}_{49}\text{In}$	2,8 j	pentétérotide	somatostatine
	$^{133}_{54}\text{Xe}$	5,2 j	-	Volumes pulmonaires
	$^{81}_{36}\text{Kr}$	13 s	-	Débits bronchiques
	$^{67}_{31}\text{Ga}$	3,3 j	Citrate de gallium	inflammation
	$^{201}_{81}\text{Tl}$	3 j	-	Cancer, perfusion myocardique
	$^{123}_{53}\text{I}$	13 h	MIBG	Noradrénaline (cœur, médullosurrénale)
	$^{131}_{53}\text{I}$	8 j	Noriodocholestérol	corticosurrénale

TRACEURS β^+

GENE-RATEUR	Marqueur	T (min)	Vecteur	Fonction
	$^{18}_9\text{F}$	110	FDG, FNa F-Choline, F-DOPA	Cancer, cardio., neuro.
	$^{15}_8\text{O}$	2	O ₂ , CO ₂ , H ₂ O, CO	Volémie, DSC
	$^{11}_6\text{C}$	20	Met, opiacés, BZD, D2, S2	Cancers, récepteurs
	$^{13}_7\text{N}$	10	NH ₃	Perfusion myocardique
	$^{82}_{37}\text{Rb}$	1 ¼	-	Perfusion myocardique
	$^{68}_{31}\text{Ga}$	68	DOTA-Peptides -	Cancers Infections

TRACEURS β^+ : A ↓, T ≈ minute

Marqueur	T (min)	Vecteur	Fonction
$^{18}_9\text{F}$	110	FDG, FNa F-Choline, F-DOPA	Cancer, cardio., neuro.
$^{15}_8\text{O}$	2	O ₂ , CO ₂ , H ₂ O, CO	Volémie, DSC
$^{11}_6\text{C}$	20	Met, opiacés, BZD, D2, S2	Cancers, récepteurs
$^{13}_7\text{N}$	10	NH ₃	Perfusion myocardique
$^{82}_{37}\text{Rb}$	1 ¼	-	Perfusion myocardique
$^{68}_{31}\text{Ga}$	68	DOTA-Peptides -	Cancers Infections

- ⊗ Générateurs de rubidium et de gallium
- ⊗ Marquage des petites molécules de base de la biochimie,
- ⊗ mais gestion délicate des périodes très courtes

PRODUCTION DU ^{99m}Tc

$^{99}_{42}\text{Mo} \xrightarrow{T_{1/2} = 66 \text{ h}} ^{99m}_{43}\text{Tc} + e^- + \bar{\nu}$

Réacteur nucléaire (activation neutronique du ^{98}Mo ou fission de ^{235}U)

PRODUCTION DU ^{18}F

CARTOGRAPHIE DU RÉSEAU TEP EN FRANCE

$^{18}\text{O} + p \rightarrow ^{18}\text{F} + n$

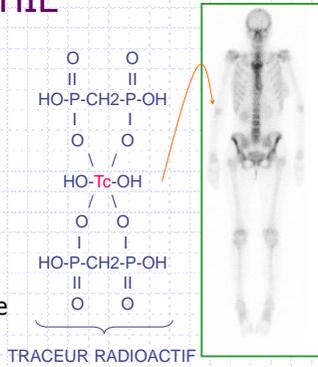
E. Lawrence 1930

10 MeV

1-2 h

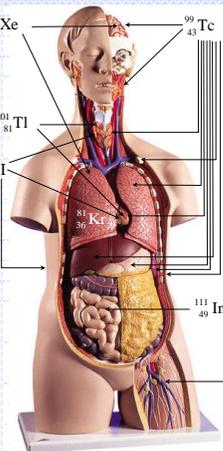
SCINTIGRAPHIE

Le **marqueur** est utilisé pour rendre radioactive une molécule **vectrice** spécifique d'un métabolisme d'intérêt. La cartographie de radioactivité mesurée est appelée **scintigraphie**



SCINTIGRAPHIES γ

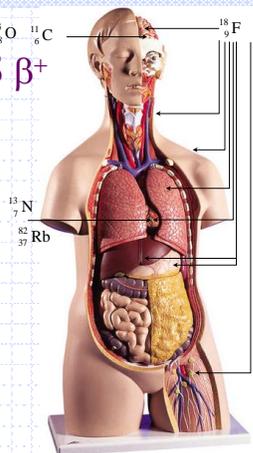
- **Technétium** :
 - hématies et polynucléaires,
 - Métabolisme: os, thyroïde, rein,
 - Perfusion: cérébrale, pulmonaire, cœur,
 - rate, foie, voies biliaires, tube digestif,
 - Glandes salivaires et lacrymales,
 - **Thallium** : perfusion myocardique,
 - tumeurs, parathyroïdes
- **Iodes** : thyroïde, surrénale, **horadrénaline**
- **Krypton** : débit bronchique
- **Gallium** : inflammation
- **Indium** : plaquettes, Ac monoclonaux, **somatostatine**
- **Xénon** : débit sanguin cérébral, ventilation



T = (13 sec) 6 h – 8 jours; E = 70-374 keV

SCINTIGRAPHIES β^+

- **Fluor** : cancer, infection, hypoxie, inflammation, métabolisme cérébral
- **Azote** : perfusion myocardique (NH_3)
- **Carbone** : cancer, méthionine, opiacés, benzodiazépines, récepteurs à la dopamine, à la sérotonine.
- **Oxygène** : débit sanguin cérébral, volémie: O_2 , CO_2 , H_2O , CO
- **Rubidium** : perfusion myocardique
- **Gallium** : peptides (cancers), infection



T = 1 – 110 min; E = 511 keV

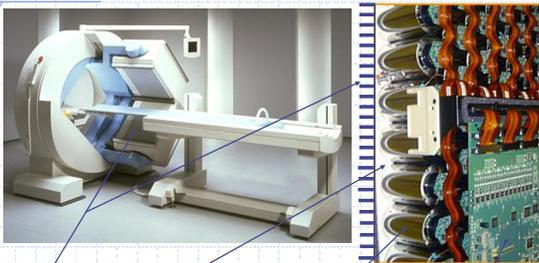
SYNTHESE 1

- 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
- Groupe complexant pour les métaux

DU TRACEUR A L'IMAGE

- Scintigraphie γ
- Scintigraphie β^+
- Corrections des artefacts

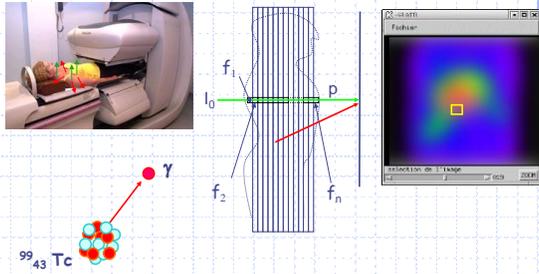
GAMMA-CAMERA TEMP*



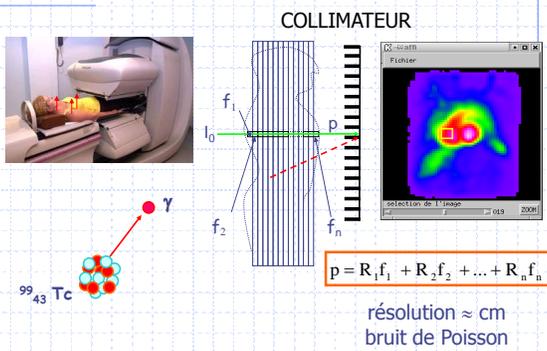
Collimateur Scintillateur Photo-multiplicateur Localisation

* Tomographie par Emission de Mono Photonique γ = SPECT

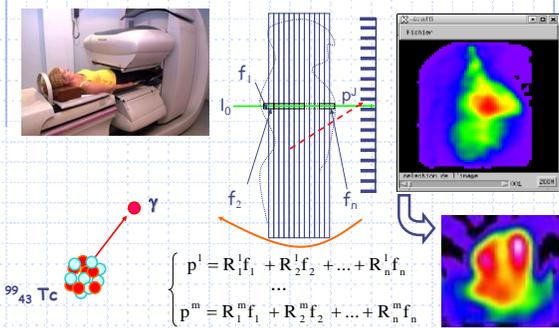
SCINTIGRAPHIE γ



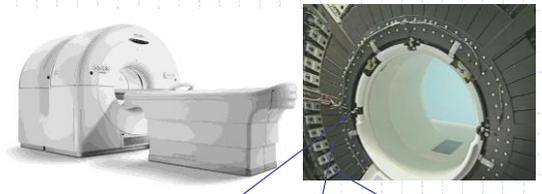
SCINTIGRAPHIE γ



SCINTIGRAPHIE γ (TEMP)



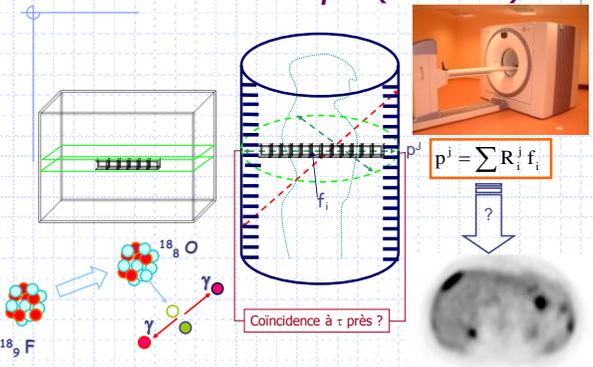
GAMMA-CAMERA TEP*



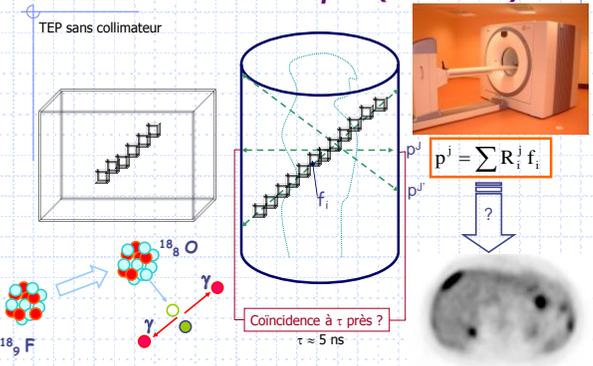
Scintillateur Photo-multiplieur Localisation

* Tomographie par Emission de Positons = PET

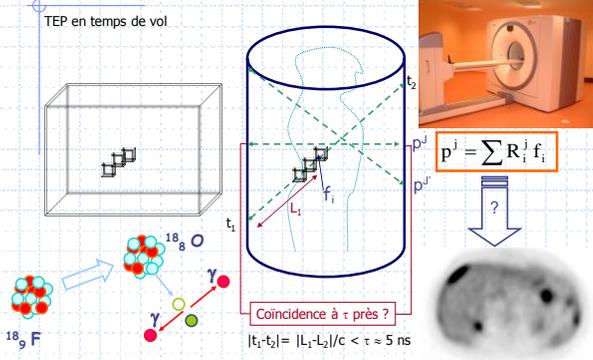
SCINTIGRAPHIE β⁺ (TEP 2D)



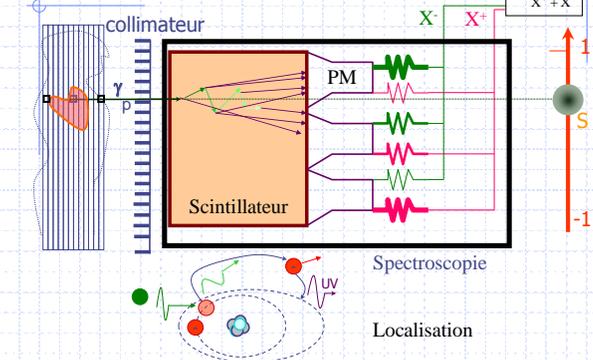
SCINTIGRAPHIE β⁺ (TEP 3D)



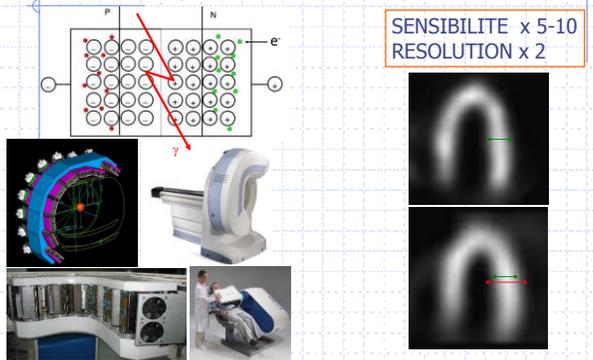
SCINTIGRAPHIE β^+ (TEP 3D-TOF)



DETECTEURS ANGER DE γ

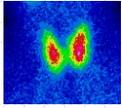


DETECTEURS Cadmium Zinc Telluride

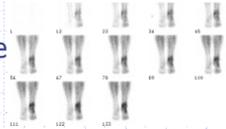


MODES D'ACQUISITION

- Planaire
 - 5'
- Balayage corps entier
 - 15'

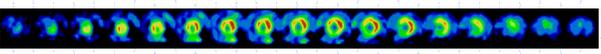
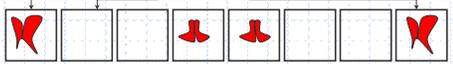
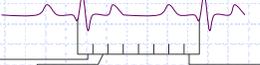
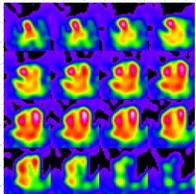


- Dynamique
 - 1'



MODES D'ACQUISITION

- Tomographique
- Synchronisé à l'ECG
 - ou à la respiration (TEP)

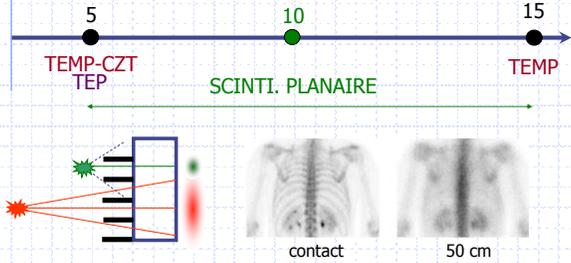


ARTEFACTS D'ACQUISITION

- Résolution et effet de volume partiel
 - Possibilité de corriger en partie la réponse impulsionnelle par traitement du signal
- Atténuations
 - par absorption photo-électrique
 - par diffusion Compton
- Coïncidences fortuites (TEP seulement)

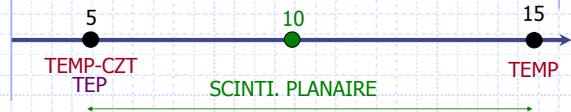
RESOLUTION

- Ordres de grandeur des LMH (mm)

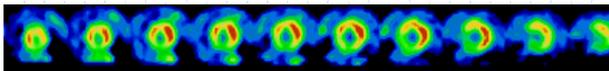


EFFET DE VOLUME PARTIEL

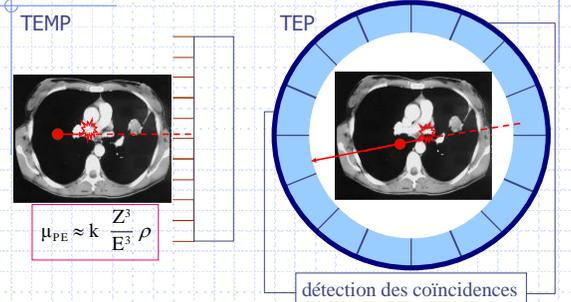
- Ordres de grandeur des LMH (mm)



- Activité maximale sous estimée pour des objets de dimension d si $d < 2.LMH$
 - donc si $d < 1\text{ cm}$ en TEP-CZT et si $d < 3\text{ cm}$ TEMP

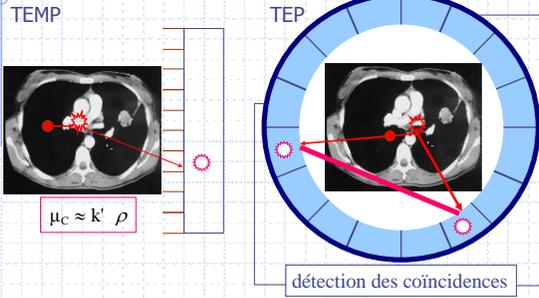


ATTENUATION PHOTO-ELECTRIQUE



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

ATTENUATION COMPTON



Mode d'atténuation **majeur** à 70-511 keV en biologie

ATTENUATIONS

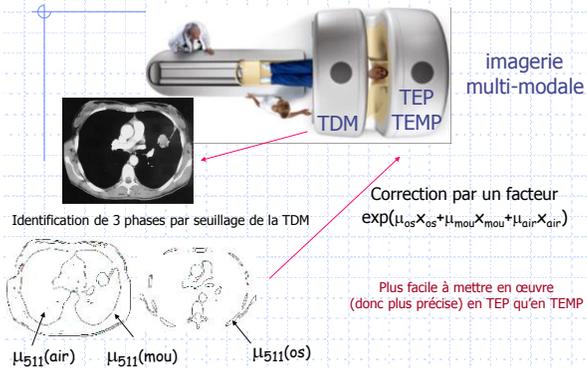
E (keV)	CDA _{eau} (cm)
70	3
511	7



Flou
Sous-estimation des activités profondes

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

CORRECTION DE L'ATTENUATION



RESULTATS

- Correction d'artefacts



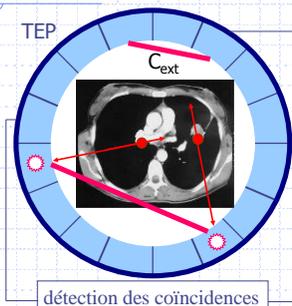
RESULTATS

- Correction d'artefacts
- Localisation anatomique



- Interprétation multimodale

COINCIDENCES FORTUITES



Corrections possibles :

- 1- en retranchant C_{ext}
- 2- A partir des comptages totaux T :

$$F = 2 \cdot \tau \cdot T(d1)T(d2) \propto A^2$$
- 3- Par fenêtre décalée

Cet artefact ne concerne que l'imagerie en coïncidence TEP

SYNTHESE 2

- Détecteurs de γ : Anger et CZT
- 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 petites structures
- Couplage à une TDM (scanner X) :
 - Pour correction des artefacts d'atténuation
 - Pour localisation anatomique
 - Pour interprétation multimodale

SYNTHESE 2 bis

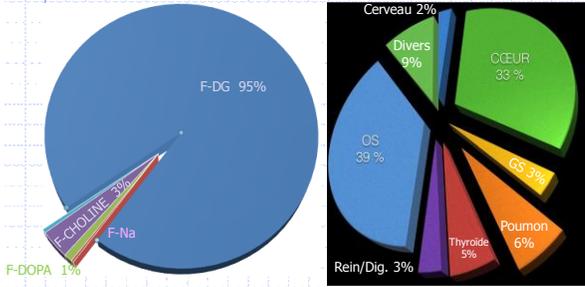
	TEMP γ	TEMP-CZT γ	TEP β^+
Marqueur	A \uparrow T \approx h	A \uparrow T \approx h	A \downarrow T \approx min
Marquage	complexe $^{99}_{43}\text{Tc}$	complexe $^{99}_{43}\text{Tc}$	$^{18}_9\text{F}$
Nb. traceurs	$\uparrow\uparrow$	$\uparrow\uparrow$	\uparrow
Images	2D, 3D, \pm CA, TDM	3D, \pm CA, TDM	3D, CA, TDM
Résolution	10 mm	5 mm	5 mm
Sensibilité	\uparrow	$\uparrow\uparrow$	$\uparrow\uparrow$
Quantification	relative	relative \pm absolue	absolue
Irradiation	1-20 mSv	1-20 mSv	1-20 mSv

Exemple de scintigraphies diagnostiques

Os, thyroïde, cœur, poumon, rein, cerveau, cancers, infections...

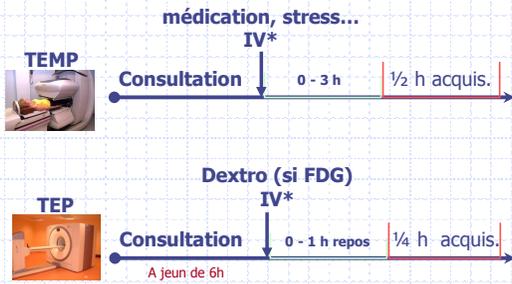
SCINTIGRAPHIES FREQUENTES

France, 2015: 10⁶ SPECT + 335 000 TEP (33 10⁶ monde)

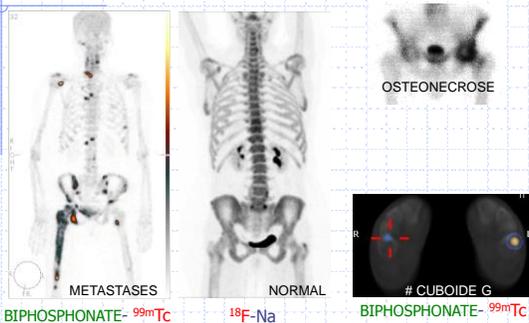


http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html
http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/radioprotection/IRSN_INVIS_Rapport_Expri_032010.pdf

DEROULEMENT D'UN EXAMEN

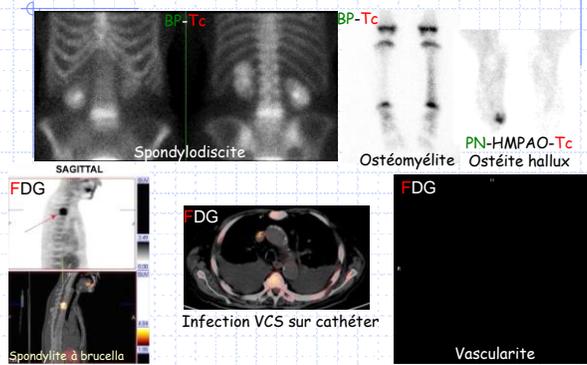


REMODELLEMENT OSSEUX

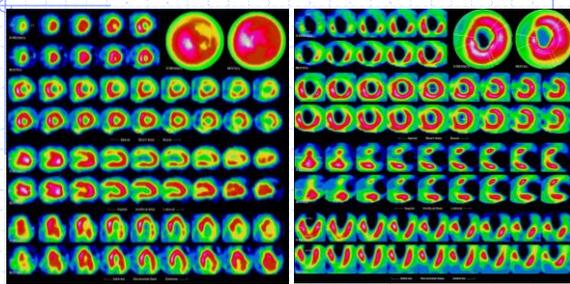


Indications: fracture, algodystrophie, tumeur, infection, nécrose, arthrite...

INFECTIONS et INFLAMMATIONS



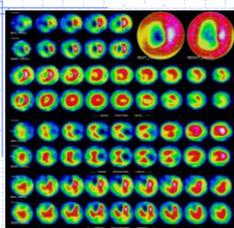
PERFUSION MYOCARDIQUE



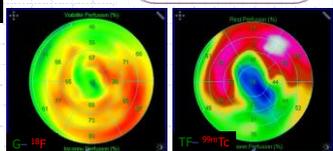
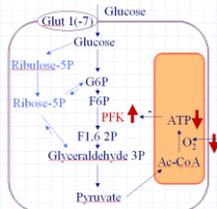
Tracés de perfusion myocardique: CATION LIPOPHILE – ^{99m}Tc ou ^{201}Tl

Indications : coronaropathies

VIABILITE MYOCARDIQUE

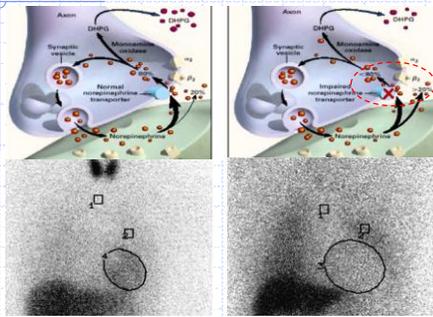


^{201}Tl : Repos / Redistribution à 3h



Tracés d'ischémie viable: Glu – ^{18}F

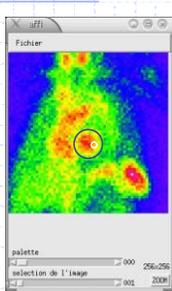
INNERVATION MYOCARDIQUE



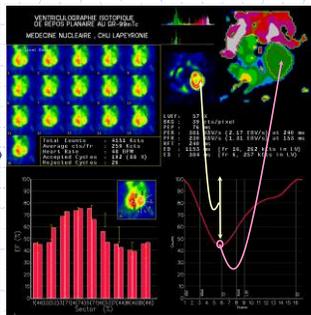
MIBG - ^{123}I
 Traceur des neurones
 adrénergiques
 viables

Indications : insuffisance cardiaque

CONTRACTION CARDIAQUE

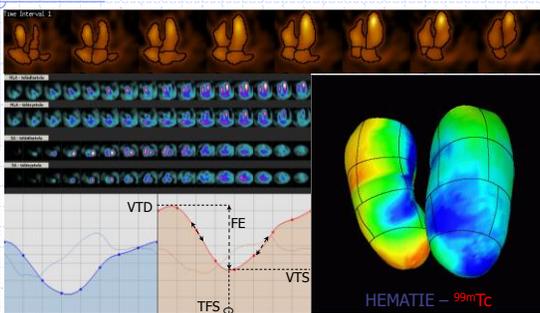


HEMATIE - ^{99m}Tc
 Traceur du volume
 sanguin



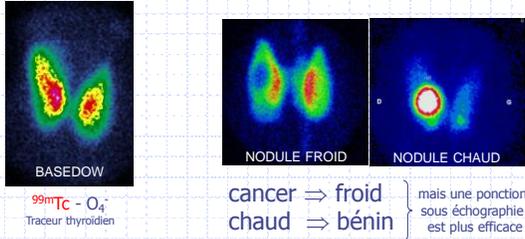
Indications : insuffisance cardiaque

CONTRACTION CARDIAQUE



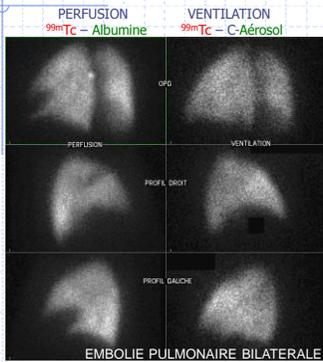
Indications : insuffisance cardiaque

NODULES THYROIDIENS



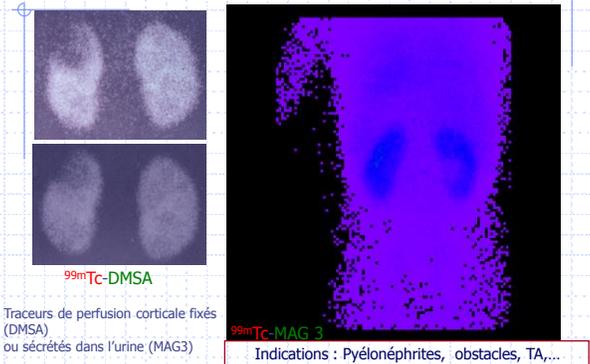
Indications : hyperthyroïdie (iodo-induite, toxique, Basedow), bilan de goitre

VENTILATION ET PERFUSION PULMONAIRES

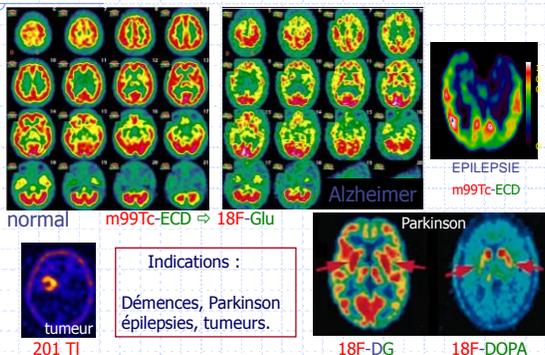


Indications :
Embolie pulmonaire,
HTAP,
Pré-lobectomie,
Malformations

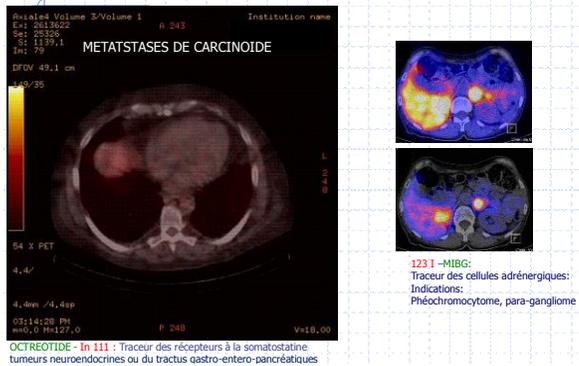
SCINTIGRAPHIES RENALES



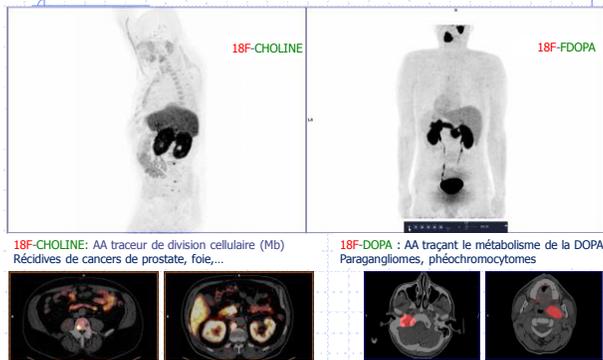
SCINTIGRAPHIES CEREBRALES



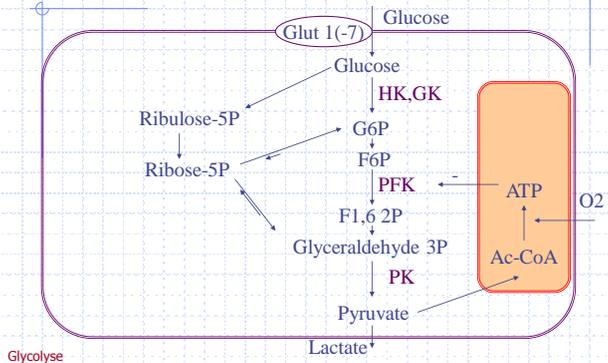
CANCERS TRES DIFFERENCIES



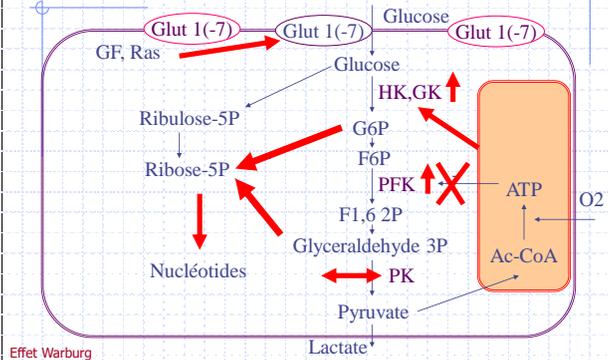
CANCERS TRES DIFFERENCIES



CANCERS PEU DIFFERENCIES



METABOLISME CELLULAIRE DU GLUCOSE



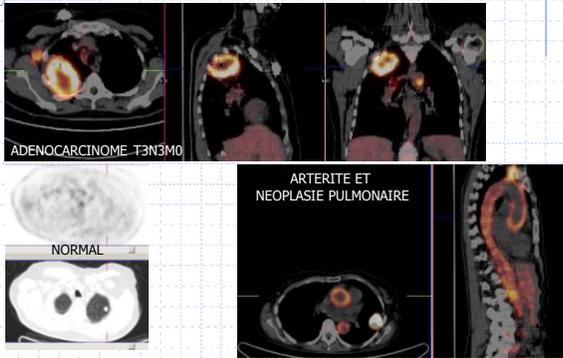
Métabolisme du ¹⁸FDG

- Hyperfixation en cas de :
 - Cancer (peu différencié)
 - Hypoxie
 - Inflammation ou infection (risque de FP)
- Risque de faux négatifs si cancer :
 - très différencié, pauci-cellulaire
 - infra-centimétriques (volume partiel)
- Indications de la TEP-¹⁸FDG :

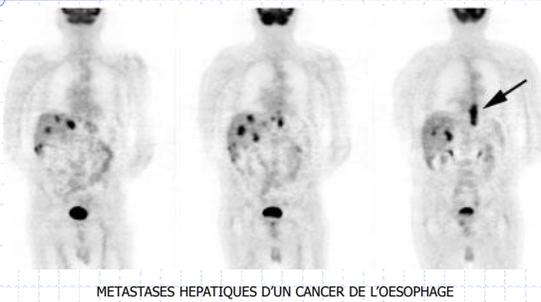


- **Diagnostic, bilan d'extension, suivi de cancers**
 - Pleuro-pulmonaires, lymphomes, ORL, mélanome, digestifs, thyroïde, sarcome, gynécologique, sarcome; Suivi 3 mois après radioT., 3 semaines post chimioT
- **Cardiologie (viabilité), neurologie (démences, épilepsie), infection/inflammation (fièvres, vascularites,...)**

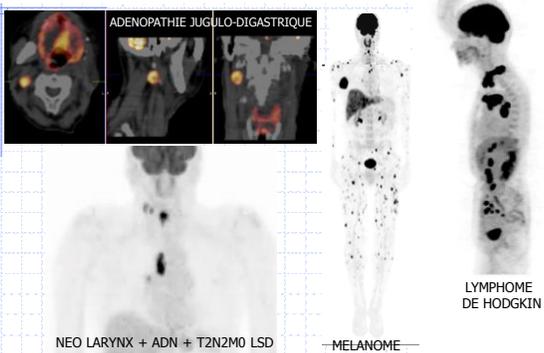
EXEMPLES DE TEP ¹⁸FDG



EXEMPLES DE TEP ¹⁸FDG



EXEMPLES DE TEP ¹⁸FDG



DETECTION PEROPERATOIRE



SYNTHESE 3

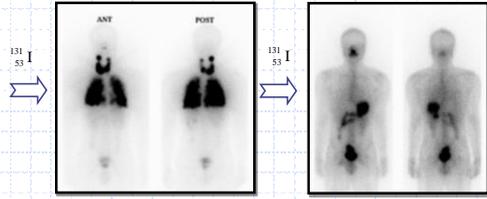
- Rhumatologie : BP, ostéoblastose (sensibilité ↑↑)
 - i = fractures, tumeurs, nécrose, arthrites...
- Infections : Polynucléaires, BP, FDG, Gallium...
- Cardiologie : perfusion et fonction systolique
 - Coronaropathies et insuffisance cardiaque (MIBG, ventriculographie)
- Thyroïde : hyperthyroïdie et bilan de goitres
- Pneumologie : perfusion et ventilation
 - Embolie pulmonaire, HTAP, pré-opératoire, malformations
- Néphrologie : infection et fonction excrétrice
- Neurologie : Perfusion (démences, épilepsie), tumeur, PK
- Cancérologie
 - Différenciée: somatostatine (neuroendocrine) & MIBG (paragangliome)
 - Indifférenciée : FDG pour diagnostic, BE et suivi de cancers
 - pulmonaires, lymphomes, ORL, digestif, mélanome...
 - Ganglions sentinelles : sein, ORL, mélanome, prostate...

THERAPIE METABOLIQUE

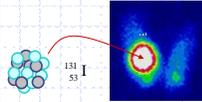
Cancers thyroïdiens, hyperthyroïdie,
 Synoviorthèses,
 Métastases osseuses,
 Lymphomes, tumeurs cérébrales...

RADIOTHEAPIE METABOLIQUE β^-

❖ Néoplasies thyroïdiennes



❖ Hyperthyroïdies



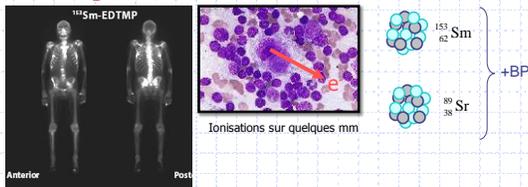
RADIOTHEAPIE METABOLIQUE β^-

❖ Synoviorthèses

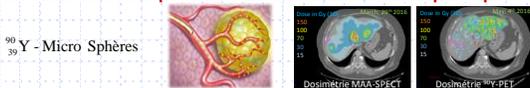
- ❖ injection intra-articulaire sous scopie
- ❖ irradiation de l'hyperplasie synoviale
- ❖ indications : monoarthrites inflammatoires non aiguës
- ❖ 3 radioisotopes β^- : erbium, rhénium et yttrium
 - ❖ $^{169}_{68}\text{Er}$ (parcours moyen des e^- : 0,5 mm)
 - ❖ doigts
 - ❖ $^{186}_{75}\text{Re}$ (parcours moyen des e^- : 1,0 mm)
 - ❖ épaules, coudes, poignets, chevilles
 - ❖ $^{90}_{39}\text{Y}$ (parcours moyen des e^- : 3,5 mm)
 - ❖ hanches, genoux

RADIOTHEAPIE METABOLIQUE β^-

❖ Antalgie de métastases osseuses

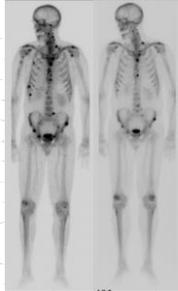


❖ Radiothérapie interne vectorisée hépatique



RADIOTHÉRAPIE MÉTABOLIQUE α

- ❖ Traitement des métastases de cancers de prostate par le ^{223}Ra (α)



DOSAGES DE LABORATOIRE

Radio Immuno Analyse (RIA)

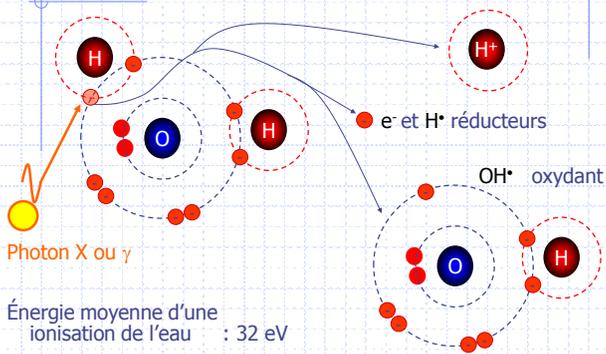
DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES

- Liaison Récepteur-Ligand* : spécifique
- Sensibilité < picomole
- 10-20 % des dosages :
 - Hormones (ACTH et cortisol, rénine et aldostérone, gastrine, PTH, ostéocalcine)
 - Vitamines (D), peptides, marqueurs tumoraux



RISQUE DOSIMÉTRIQUE

RAYONNEMENTS IONISANTS



DOSIMÉTRIE

Quelques références :

Irradiation naturelle moyenne :
2,5 mSv / an

France : 1-6 mSv
Ramsar (Iran) : 250 mSv/an

Vol Paris-New-York : 0,05 mSv

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 %)

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
UV	2,5
Déglutition baryte	1,5
TOGO (transit oeso-gastro-duodénal)	3
Transit du grêle	3
Lavage baryte	7
TDM crânienne	2,3
TDM thoracique	8
TDM abdominale ou pelvienne	10
TDM TAP non diagnostique	7
Scintigraphie 0,3 – 20 mSv	
Ventilation pulmonaire (Xe-133)	0,3
Perfusion pulmonaire (Tc-99m)	1
Rein (Tc-99m)	1
Thyroïde (Tc-99m)	1
Os (Tc-99m)	4
Expiration dynamique cardiaque (Tc-99m), MIBG	6
TEP pour crâne (18F-FDG)	5
OCTREOSCAN	12
Thallium, rubidium	20

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.

SYNTHESE 4

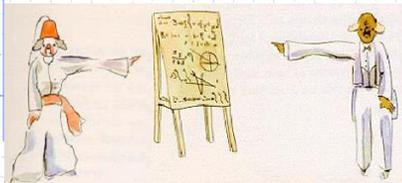
- Radiothérapie métabolique vectorisée :
 - Cancers thyroïdiens différenciés, hyperthyroïdies
 - Antalgie de métastases osseuses ostéocondensantes
 - Traitement anti-inflammatoire de monoarthrites
 - Traitements spécifiques: lymphomes, craniopharyngiomes...
- RIA : sensibilité \approx picomole
- Dosimétrie
 - 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 essentiel 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 :
 - 200 centres, 600 médecins en France
 - + 5% de patients pris en charge / an en moyenne
- Usage civil des technologies nucléaires



MERCI POUR VOTRE ATTENTION



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