

IMAGERIE SCINTIGRAPHIQUE

**Formation Générale en Sciences
Médicales – 2^e 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

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

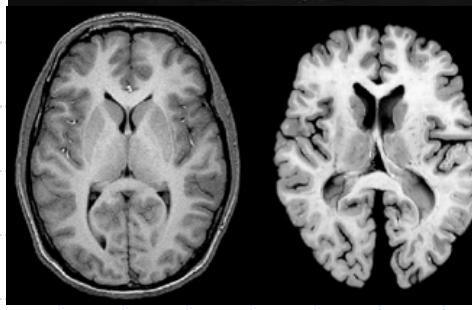
DIAGNOSTIC

THERAPIE

RIA

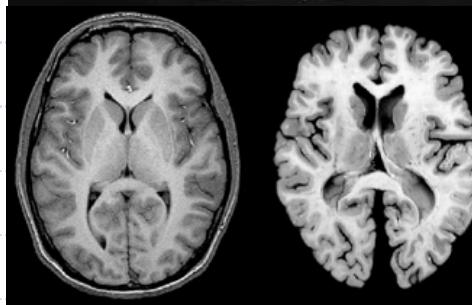
DOSIMETRIE

Imagerie médicale

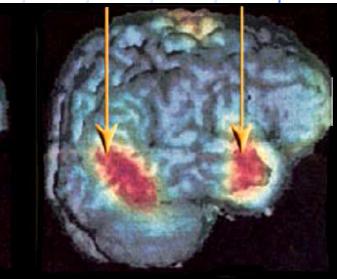
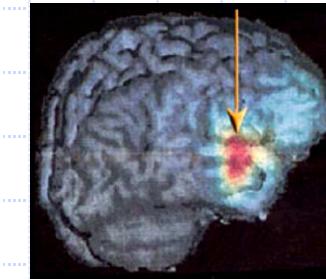


ANATOMIQUE

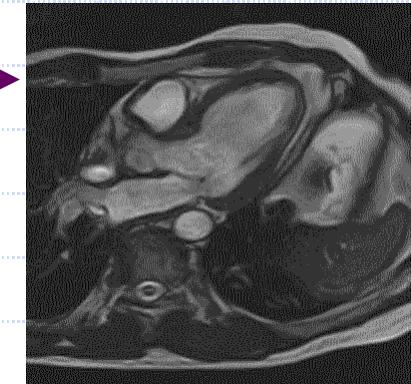
Imagerie médicale



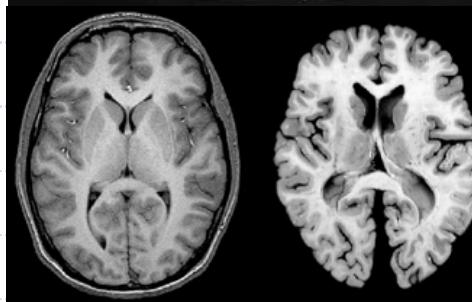
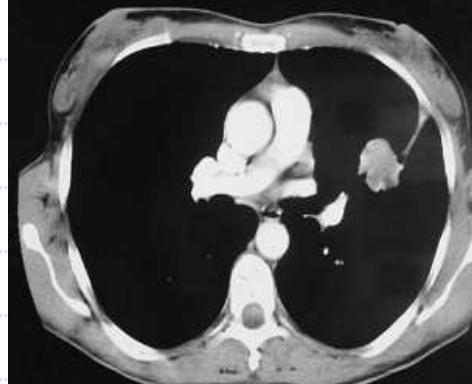
ANATOMIQUE



FONCTIONNELLE

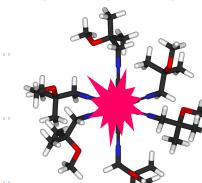


Imagerie médicale

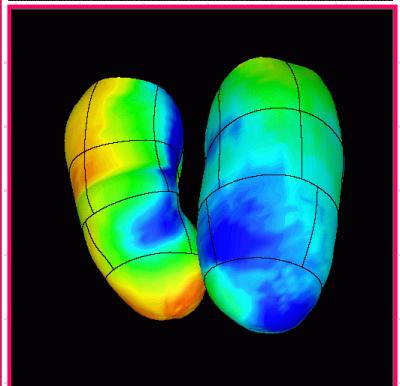
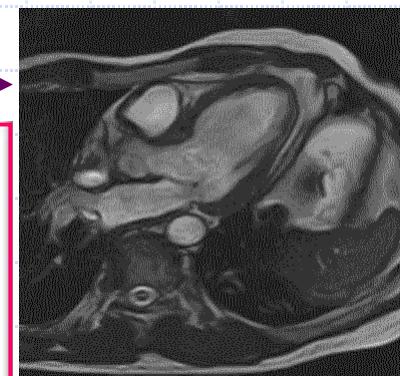
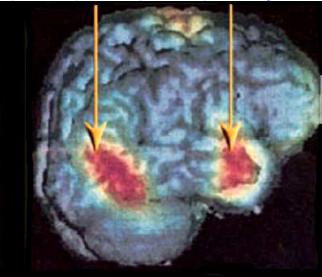
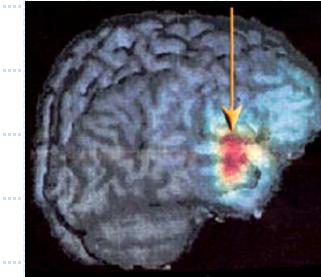
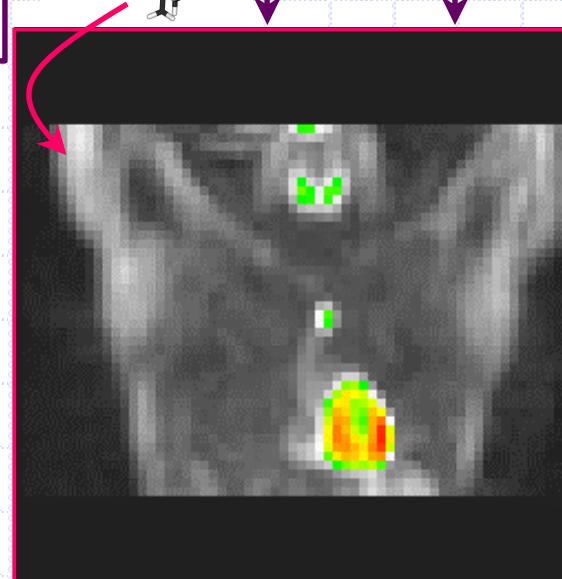


ANATOMIQUE

MÉTABOLIQUE



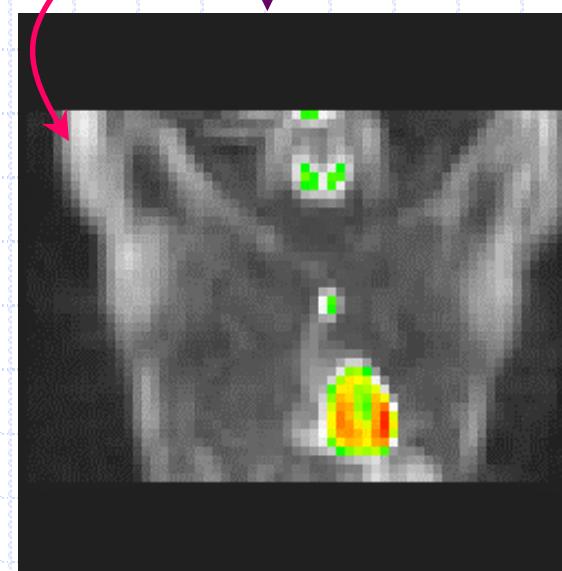
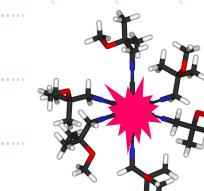
FONCTIONNELLE



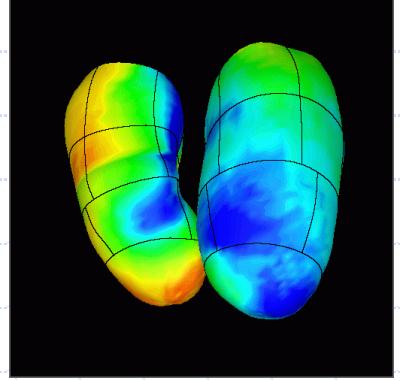
Médecine Nucléaire

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

IMAGERIE
DIAGNOSTIQUE
METABOLIQUE



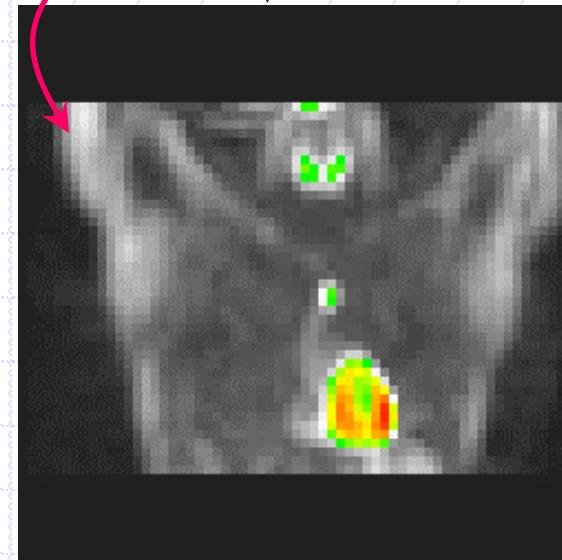
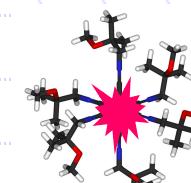
IMAGERIE DIAGNOSTIQUE FONCTIONNELLE



Médecine Nucléaire

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

IMAGERIE
DIAGNOSTIQUE
METABOLIQUE



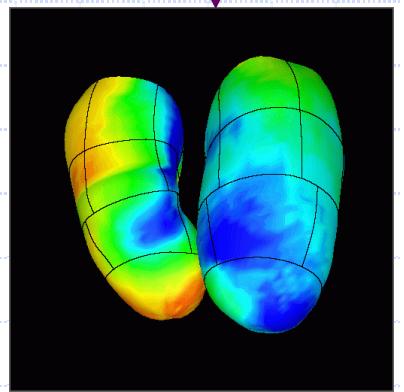
IMAGERIE DIAGNOSTIQUE FONCTIONNELLE



RADIOOTHERAPIE METABOLIQUE
VECTORISEE

DETECTION PER-OPERATOIRE

DOSAGES RADIOIMMUNOLOGIQUES



MEDECINE NUCLFAIRE

◆ 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

IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

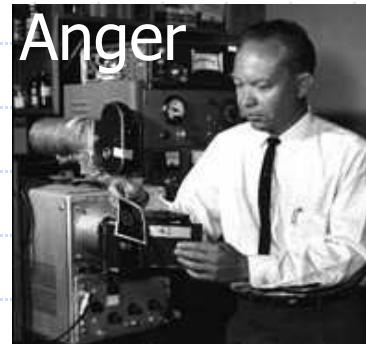
DIAGNOSTIC

THERAPIE

RIA

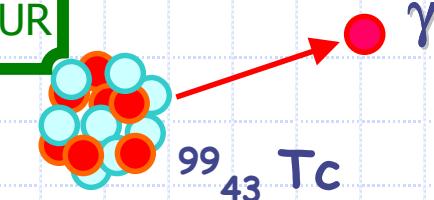
DOSIMETRIE

UN PEU D'HISTOIRE



détecteur à
scintillation

VECTEUR



γ -caméra

Traceurs cliniques γ

CZT

1900 1934

1940

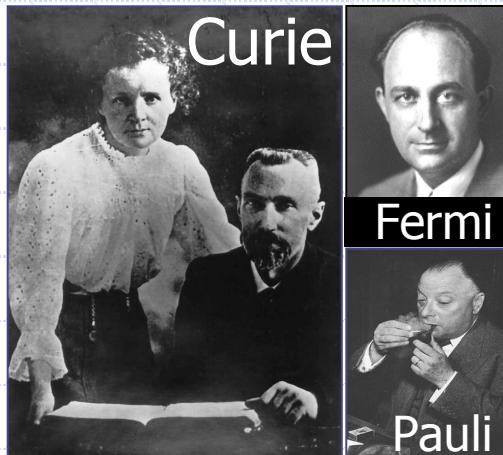
1950

1956

1970

1979

2000 2005



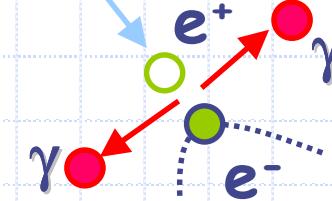
détecteur à
coïncidence

FDG

TEP

$^{18}_{9}\text{F}$

VECTEUR



LES TRACEURS RADIOACTIFS

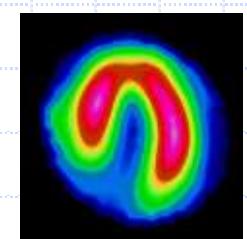
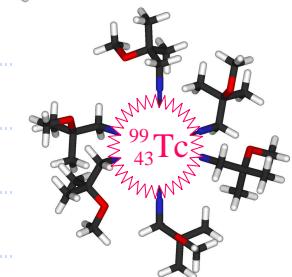
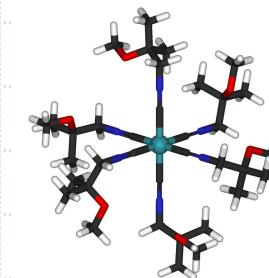
Quel marqueur radioactif ?

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 $\Rightarrow \beta^+$ ou γ \Rightarrow IONISANTS	PEU IRRADIANTS \Rightarrow T courtes : sec – h \Rightarrow ISOTOPES ARTIFICIELS	(RENDUS) SPECIFIQUES D'UN METABOLISME \Rightarrow AFFINITE CHIMIQUE

MARQUEURS RADIOACTIFS

	ISOTOPE	RADIO PROTECTION	PROPRIETES
DIAGNOSTIC IN VIVO ou DETECTION	<p>EMETTEURS DE PHOTONS PENETRANTS PEU DIFFUSES $\Rightarrow \beta^+$ ou γ \Rightarrow IONISANTS</p>	<p>PEU IRRADIANTS \Rightarrow T courtes : sec – h \Rightarrow ISOTOPES ARTIFICIELS</p>	<p>(RENDUS) SPECIFIQUES D'UN METABOLISME \Rightarrow AFFINITE CHIMIQUE</p>
DIAGNOSTIC IN VITRO (RIA)	<p>COMPTAGE $\Rightarrow X$ ou γ d'énergie faible</p>		<p>AFFINITE POUR LE CORPS A DOSER $\Rightarrow {}^{125}_{53}I$, ${}^{14}_{6}C$...</p>

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 ⇒ $^{125}_{53}\text{I}$, $^{14}_{6}\text{C}$...
THERAPIE	EMETTEURS DE PARTICULES IRRADIANTES	PARCOURS COURTS ⇒ α ou β ⇒ T assez courtes : jour ⇒ ISOTOPES ARTIFICIELS	(RENDUS) SPECIFIQUES D'UNE PATHOLOGIE ⇒ AFFINITE

VECTEURS

◆ Simples isotopes radioactifs (aérosols, colloïdes)

- ♦ Diagnostic (γ) : $^{99}_{43}\text{Tc}$, $^{201}_{81}\text{Tl}$, $^{123}_{53}\text{I}$, $^{133}_{54}\text{Xe}$, $^{81}_{36}\text{Kr}$, $^{67}_{31}\text{Ga}$
- ♦ Thérapie (β) : $^{32}_{15}\text{P}$, $^{169}_{68}\text{Er}$, $^{186}_{75}\text{Re}$, $^{90}_{39}\text{Y}$, $^{131}_{53}\text{I}$, $^{223}_{88}\text{Ra}$, ...

◆ 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

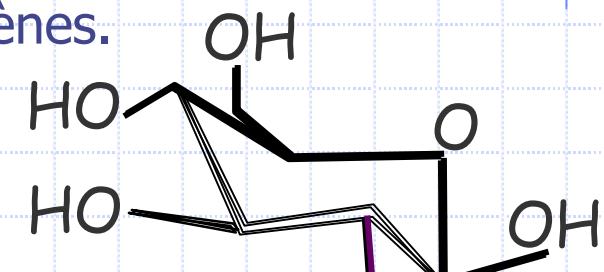
◆ Cellules

- ♦ 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^+ : $^{11}_6\text{C}$, $^{18}_9\text{F}$
- ◆ Marqueurs γ : $^{123}_{53}\text{I}$

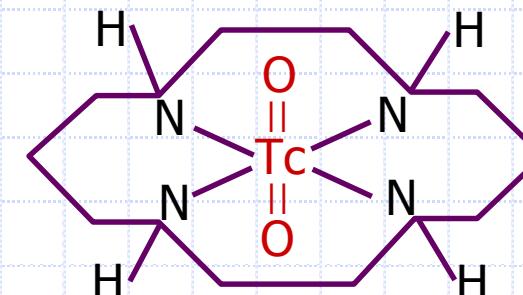


◆ marqueur métallique :

- ◆ 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

	Marqueur	T	Vecteur	Fonction
GENE-RATEUR	$^{99}_{43}\text{Tc}$	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	pentétréotide	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	Noriodocholéstérol	corticosurrénale

TRACEURS γ : A \uparrow , T \approx jour

	Marqueur	T	Vecteur	Fonction
GENE-RATEUR	$^{99}_{43}\text{Tc}$	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	pentétréotide	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	Noriodocholéstérol	corticosurrénale

TRACEURS β^+

Marqueur	T (min)	Vecteur	Fonction
$^{18}_{\text{F}}$	110	FDG	Cancer, cardio., neuro.
$^{15}_{\text{O}}$	2	$\text{O}_2, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{CO}$	Volémie, DSC
$^{11}_{\text{C}}$	20	Met, opiacés, BZD, D2, S2	Cancers, récepteurs
$^{13}_{\text{N}}$	10	NH_3	Perfusion myocardique
$^{82}_{\text{Rb}}$	1 $\frac{1}{4}$	-	Perfusion myocardique
$^{68}_{\text{Ga}}$	68	DOTA-Peptides -	Cancers Infections

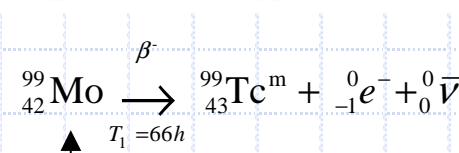
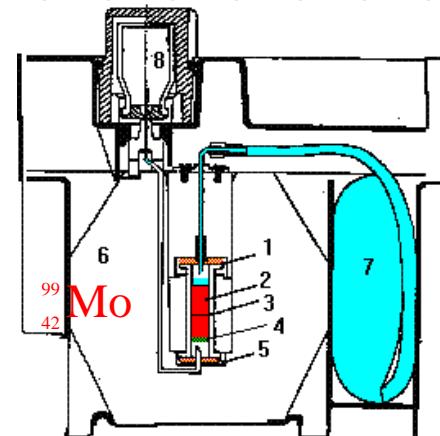
G E N E R A T E U R S

TRACEURS β^+ : $A \downarrow, T \approx \text{minute}$

Marqueur	T (min)	Vecteur	Fonction
$^{18}_9\text{F}$	110	FDG	Cancer, cardio., neuro.
$^{15}_8\text{O}$	2	$\text{O}_2, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{CO}$	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 $\frac{1}{4}$	-	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



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

IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

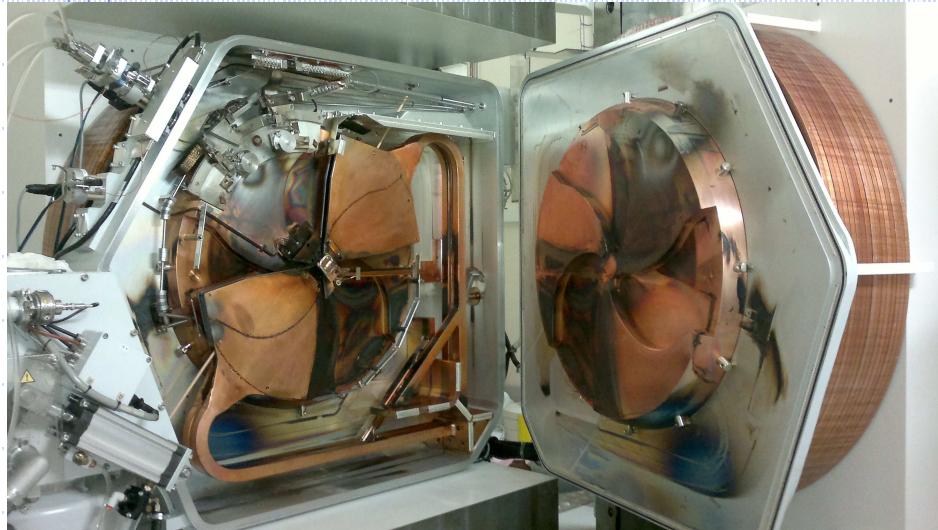
DIAGNOSTIC

THERAPIE

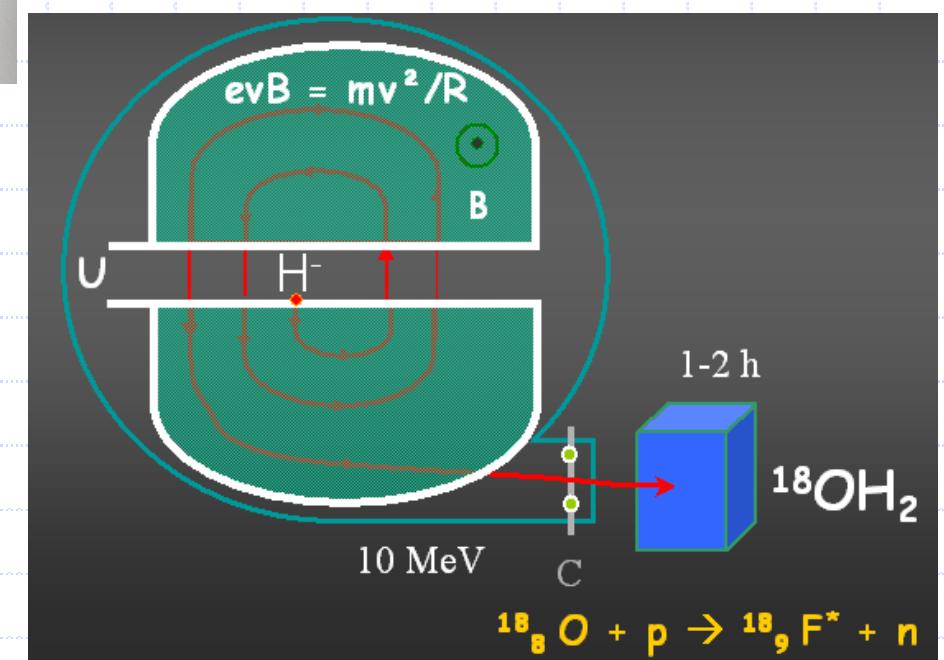
RIA

DOSIMETRIE

PRODUCTION DU ^{18}F



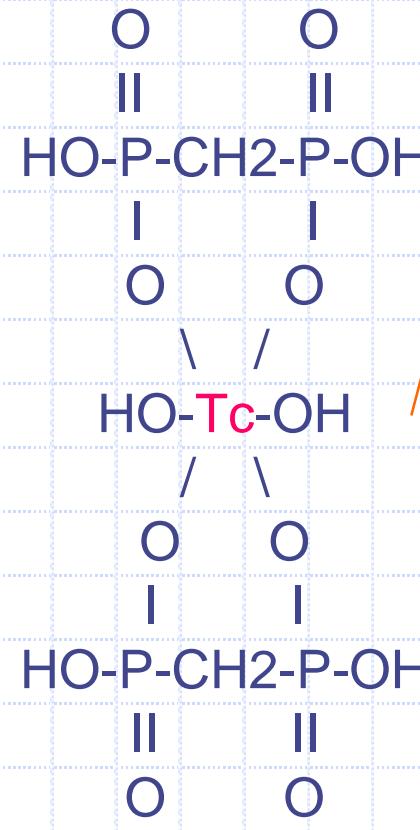
E. Lawrence
1930



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**



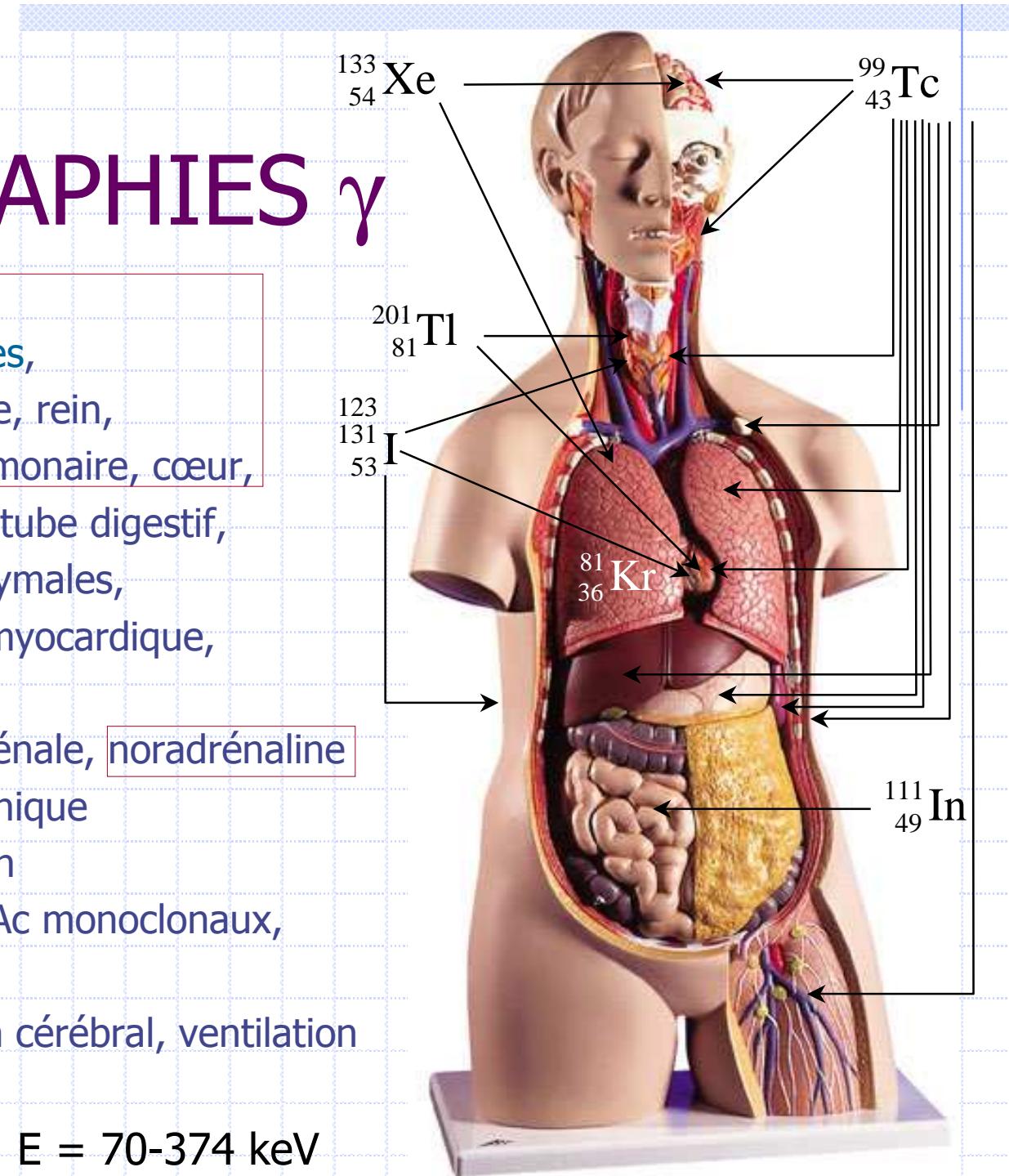
TRACEUR RADIOACTIF



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, noradrénaline
- ◆ Krypton : débit bronchique
- ◆ Gallium : inflammation
- ◆ Indium : plaquettes, Ac monoclonaux, somatostatine
- ◆ Xénon : débit sanguin cérébral, ventilation

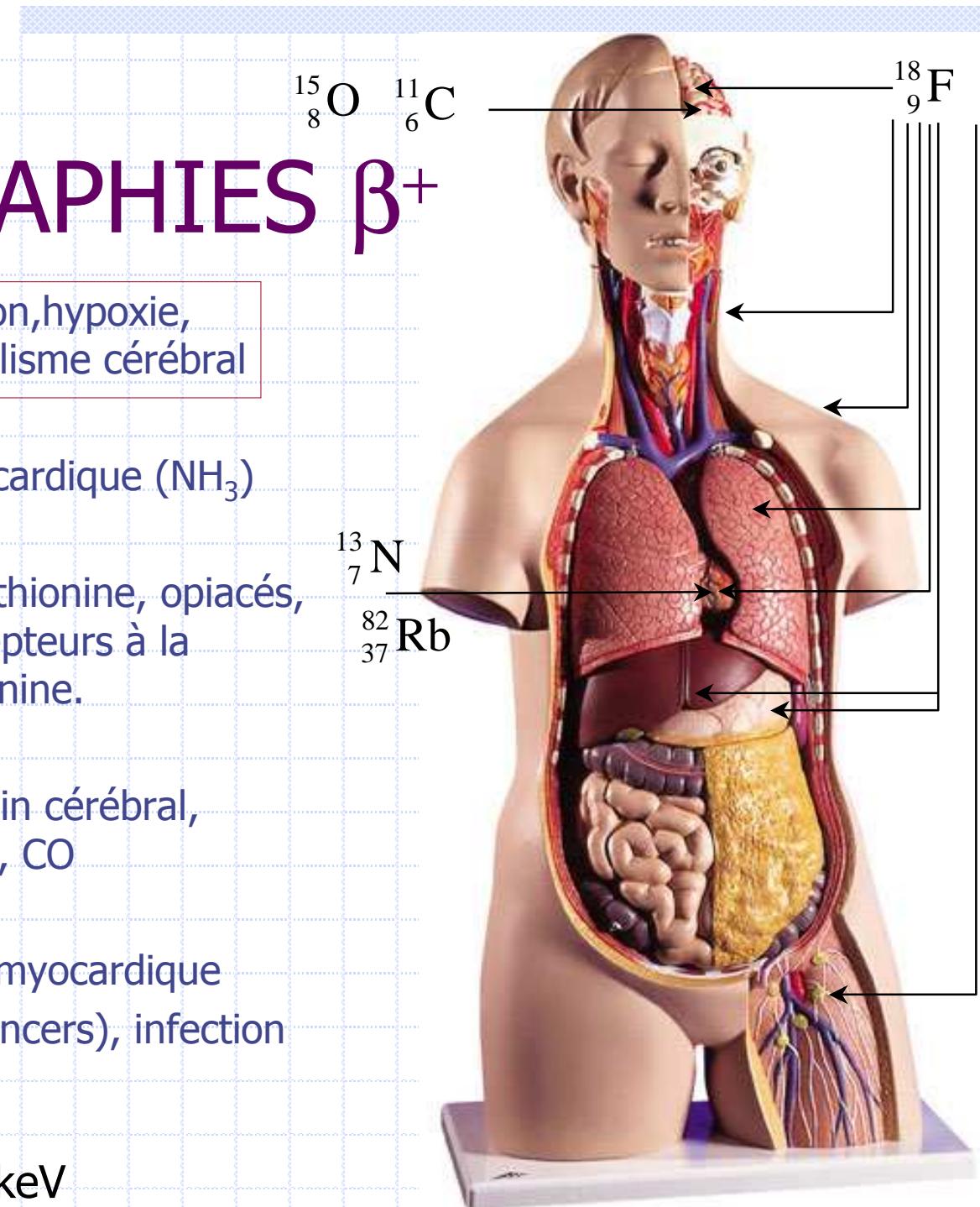
$$T = (13 \text{ sec}) 6 \text{ h} - 8 \text{ jours}; E = 70-374 \text{ keV}$$



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

$T = 1 - 110 \text{ min}$; $E = 511 \text{ keV}$



SYNTHESE 1

- ◆ Imagerie moléculaire et fonctionnelle
- ◆ Détection per-opératoire, thérapie et RIA
- ◆ Marqueur radio-isotope artificiel :
 - ◆ γ (TEMP), β^+ (TEP), β (Thérapi.)
- ◆ Vecteur: atome, molécule(s), cellule
- ◆ Liaison facile halo-chalcogènes
- ◆ Groupe complexant pour les métaux

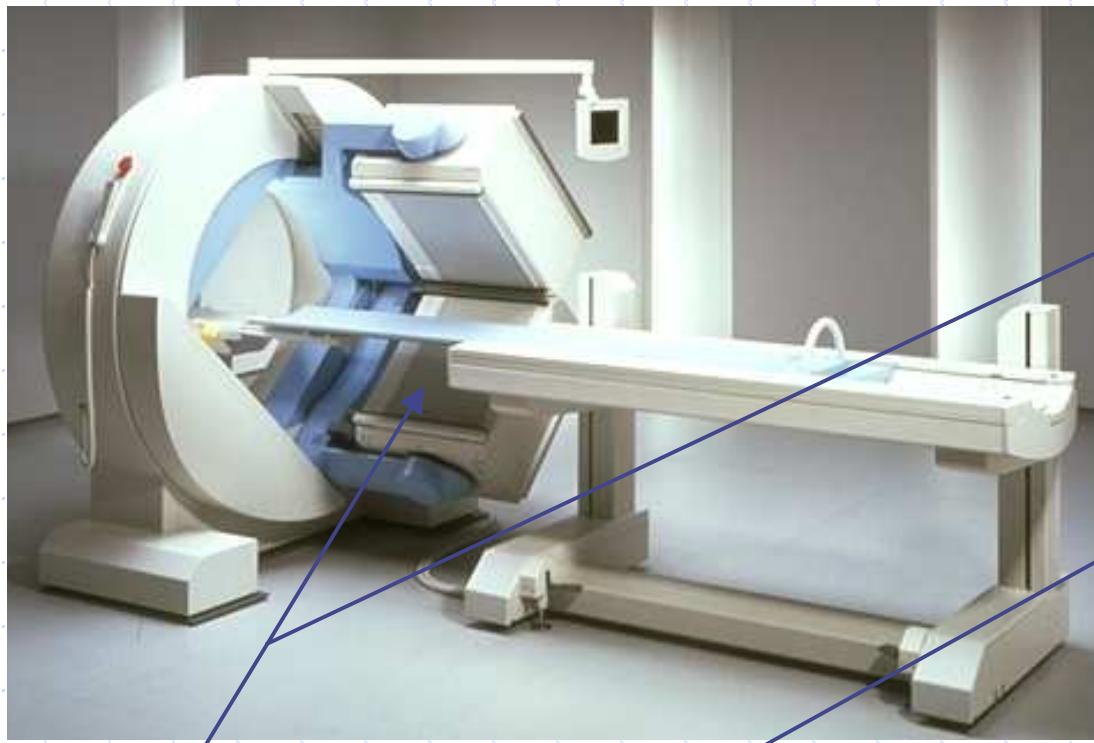
DU TRACEUR A L'IMAGE

Scintigraphie γ

Scintigraphie β^+

Corrections des artefacts

GAMMA-CAMERA TEMP*



Collimateur

Scintillateur

Photo-multiplicateur

Localisation



* Tomographie par Emission de Mono Photonique γ = SPECT

IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

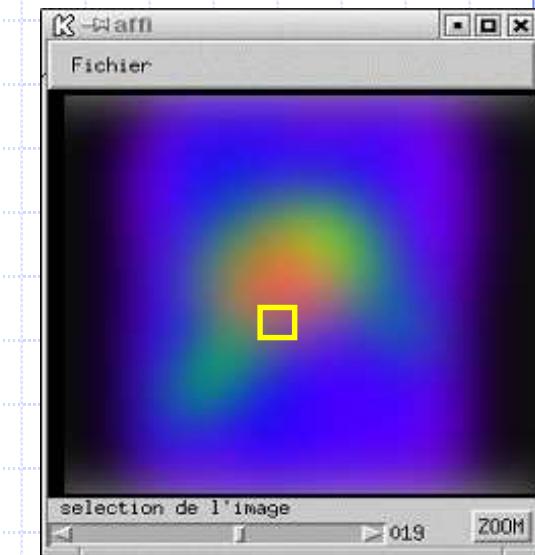
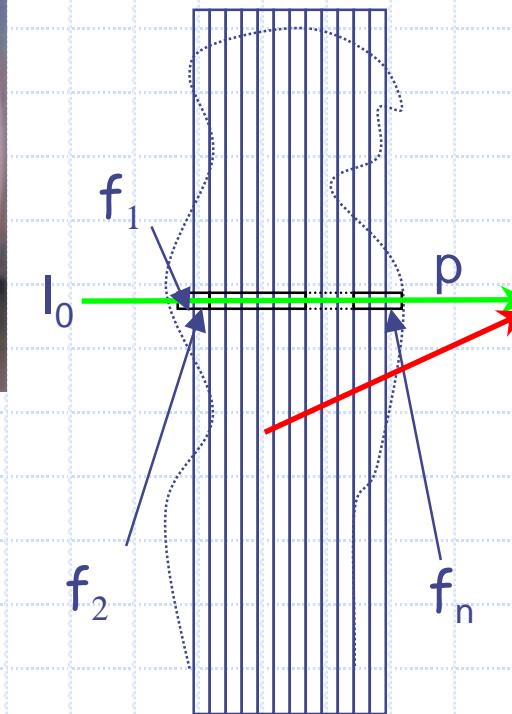
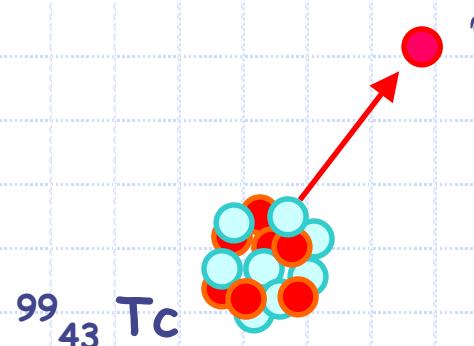
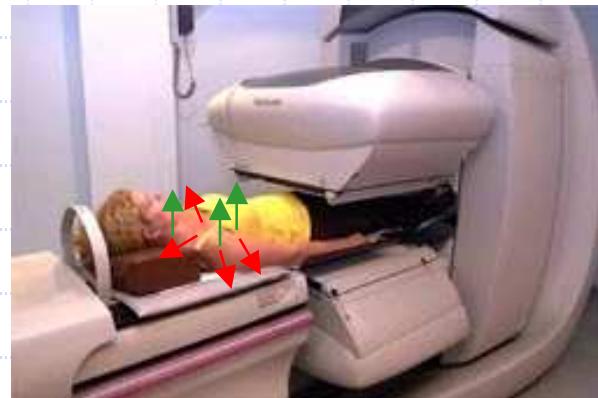
DIAGNOSTIC

THERAPIE

RIA

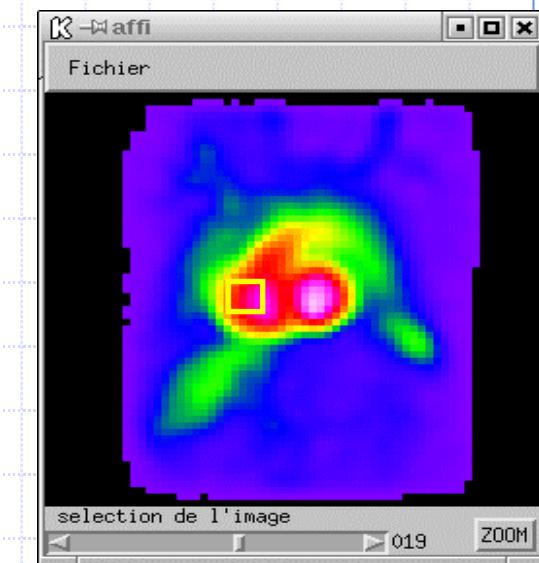
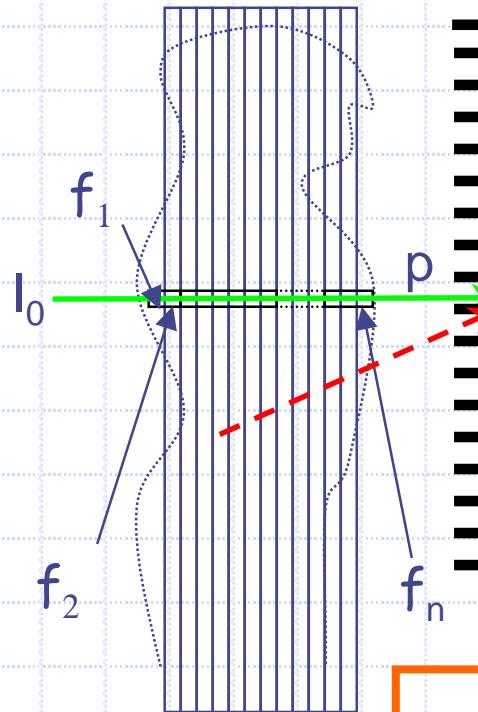
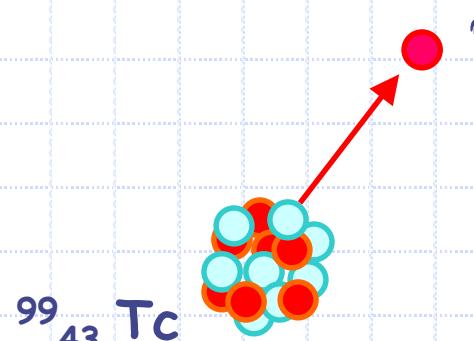
DOSIMETRIE

SCINTIGRAPHIE γ



SCINTIGRAPHIE γ

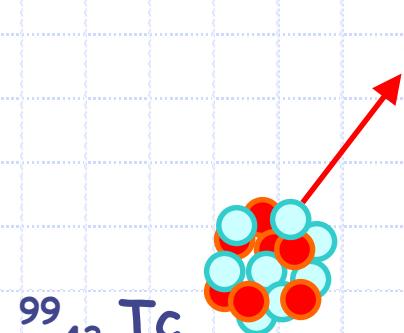
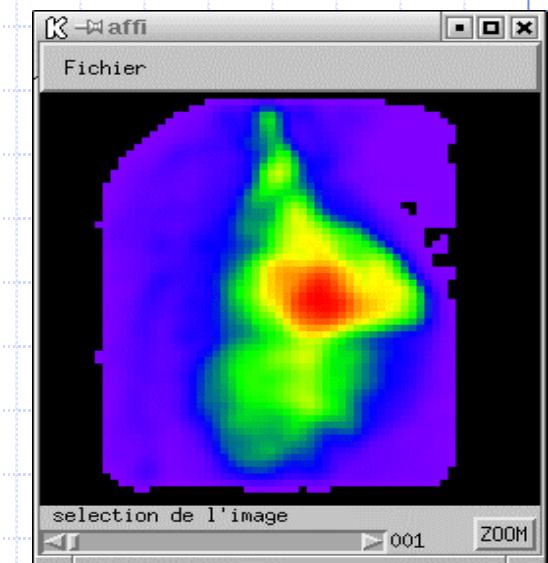
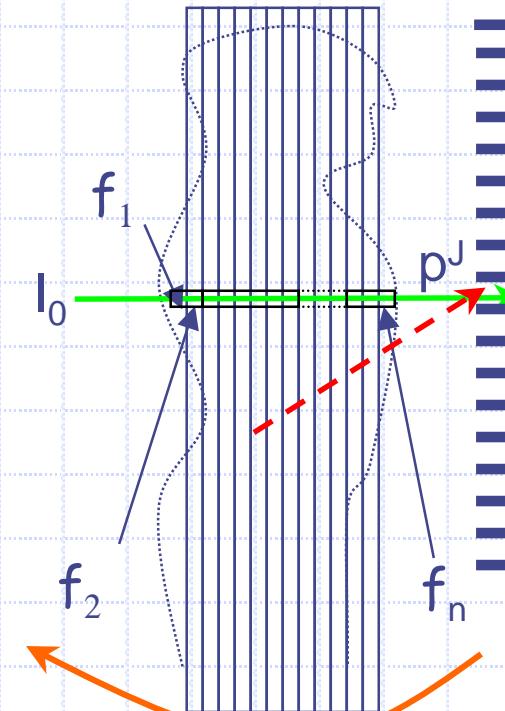
COLLIMATEUR



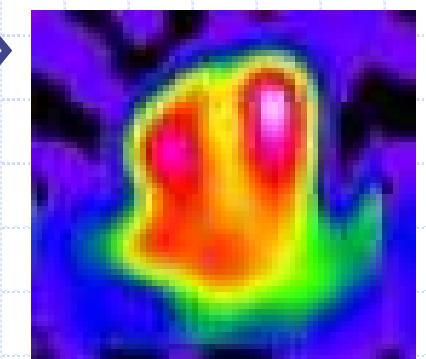
$$p = R_1 f_1 + R_2 f_2 + \dots + R_n f_n$$

résolution \approx cm
bruit de Poisson

SCINTIGRAPHIE γ (TEMP)



$$\left\{ \begin{array}{l} p^1 = R_1^1 f_1 + R_2^1 f_2 + \dots + R_n^1 f_n \\ \dots \\ p^m = R_1^m f_1 + R_2^m f_2 + \dots + R_n^m f_n \end{array} \right.$$



IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

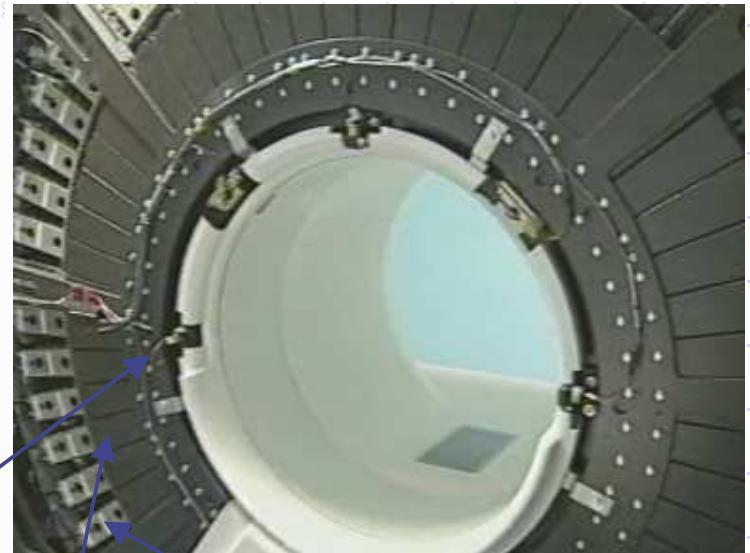
DIAGNOSTIC

THERAPIE

RIA

DOSIMETRIE

GAMMA-CAMERA TEP*



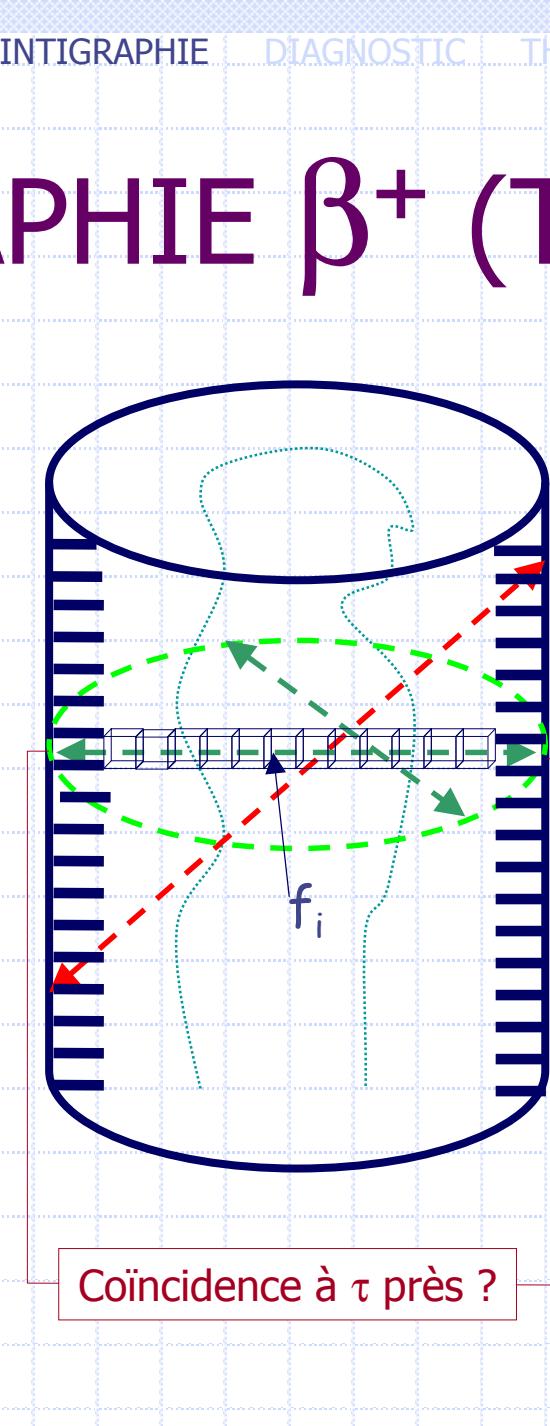
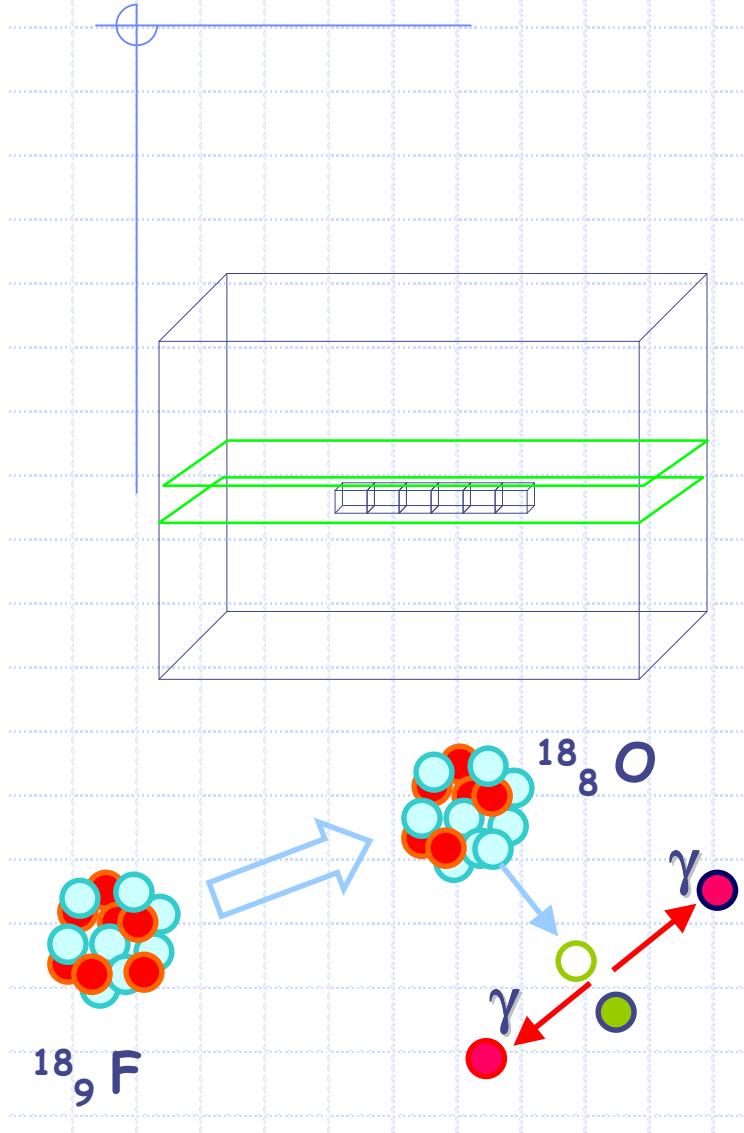
Scintillateur

Photo-multiplicateur

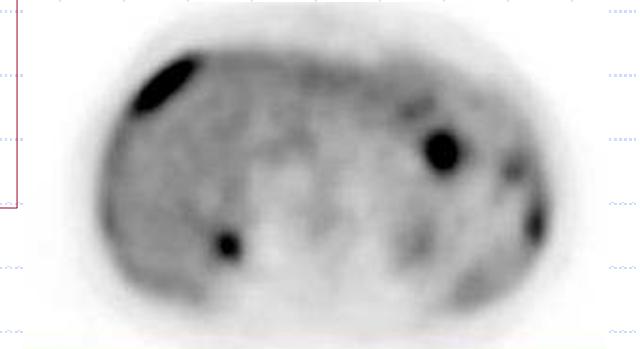
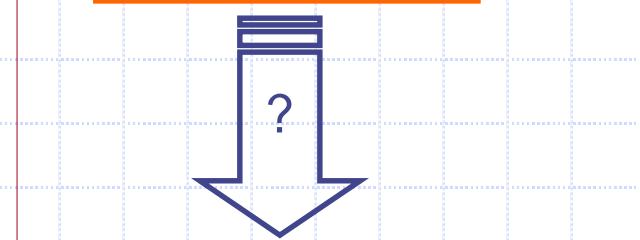
Localisation

* Tomographie par Emission de Positons = PET

SCINTIGRAPHIE β^+ (TEP 2D)

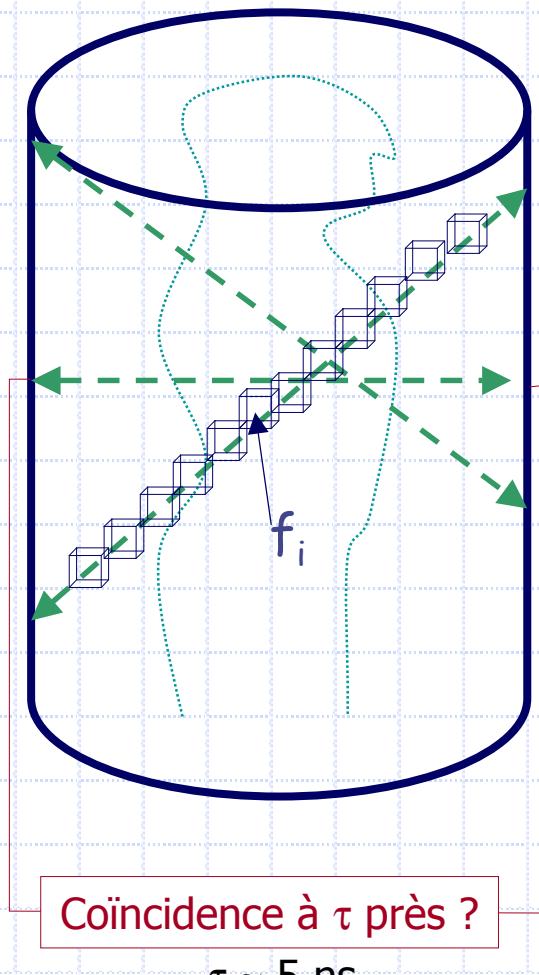
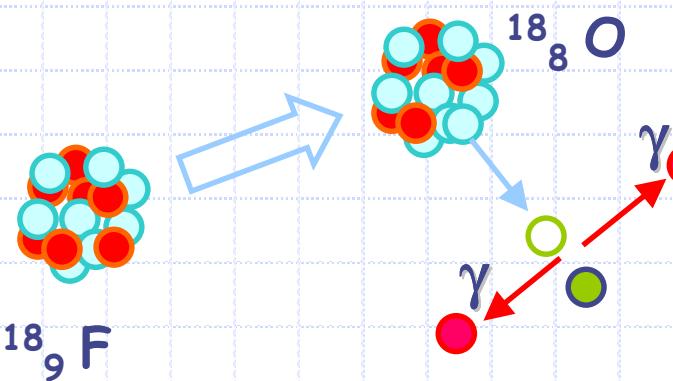
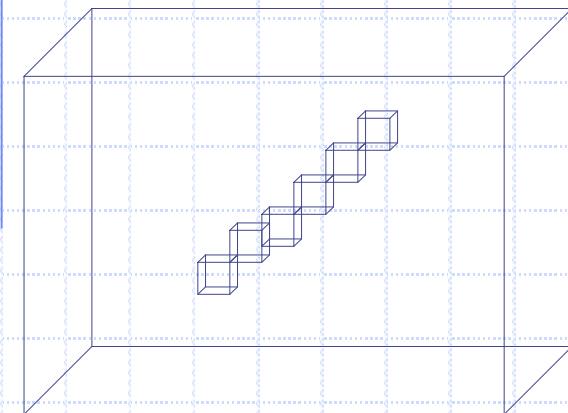


$$p^j = \sum R_i^j f_i$$

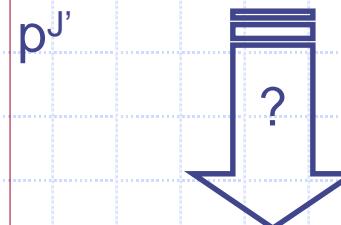


SCINTIGRAPHIE β^+ (TEP 3D)

TEP sans collimateur

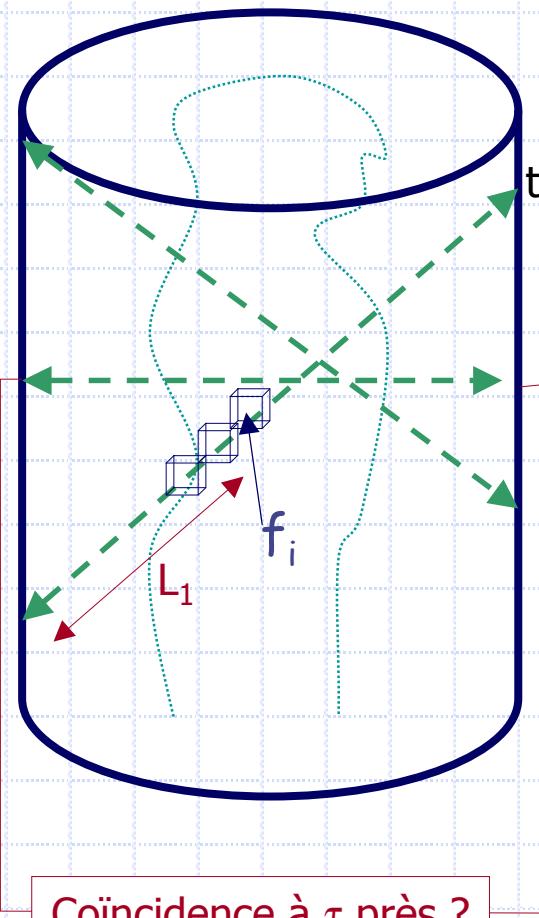
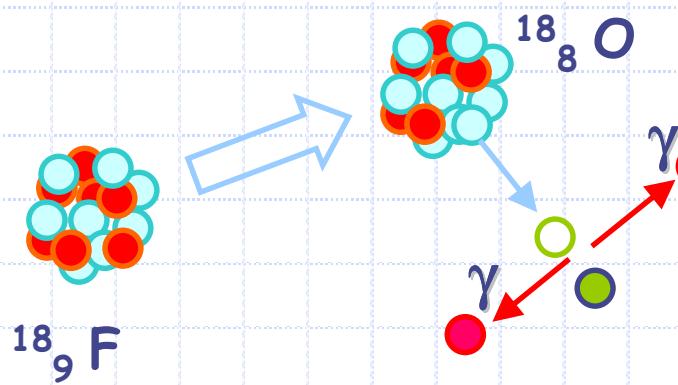
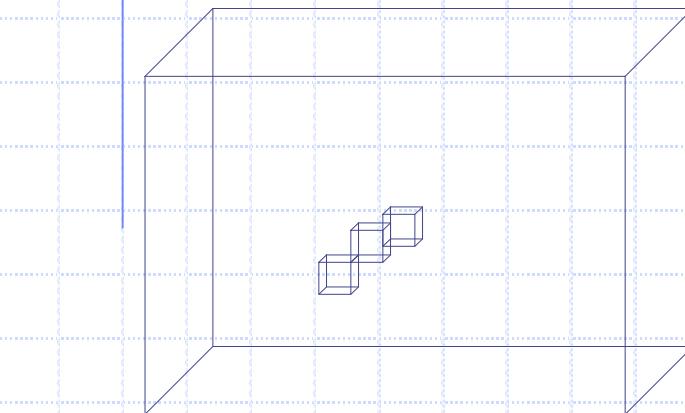


$$p_j = \sum R_i^j f_i$$



SCINTIGRAPHIE β^+ (TEP 3D-TOF)

TEP en temps de vol



$$p^j = \sum R_i^j f_i$$



IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

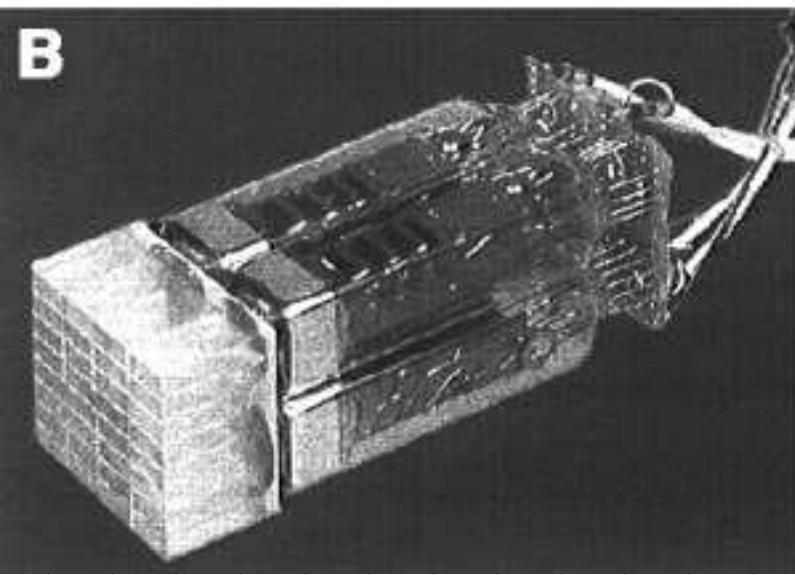
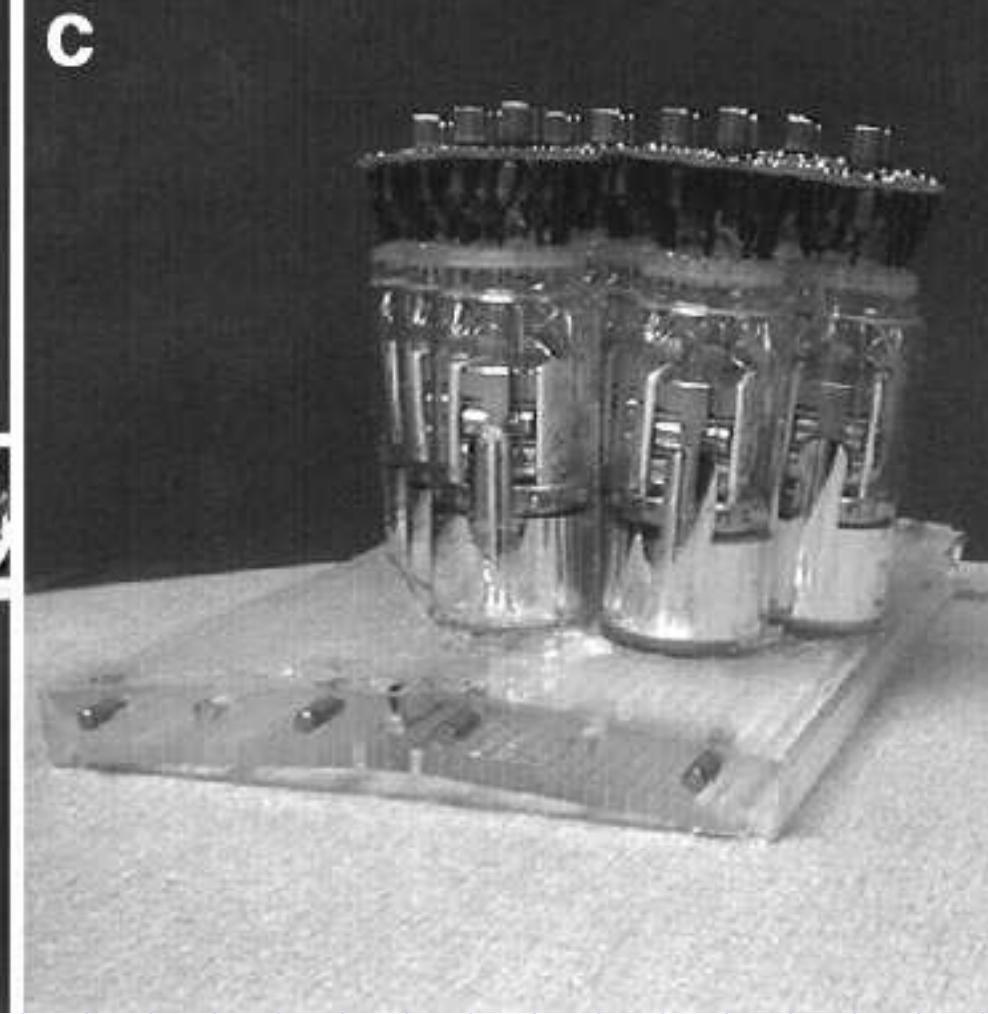
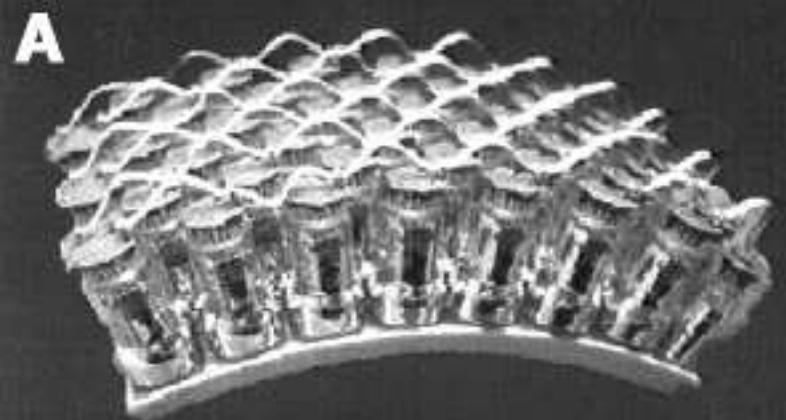
DIAGNOSTIC

THERAPIE

RIA

DOSIMETRIE

DETECTEURS ANGER TEP (1956)



IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

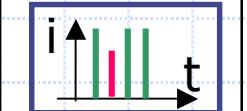
SCINTIGRAPHIE

DIAGNOSTIC

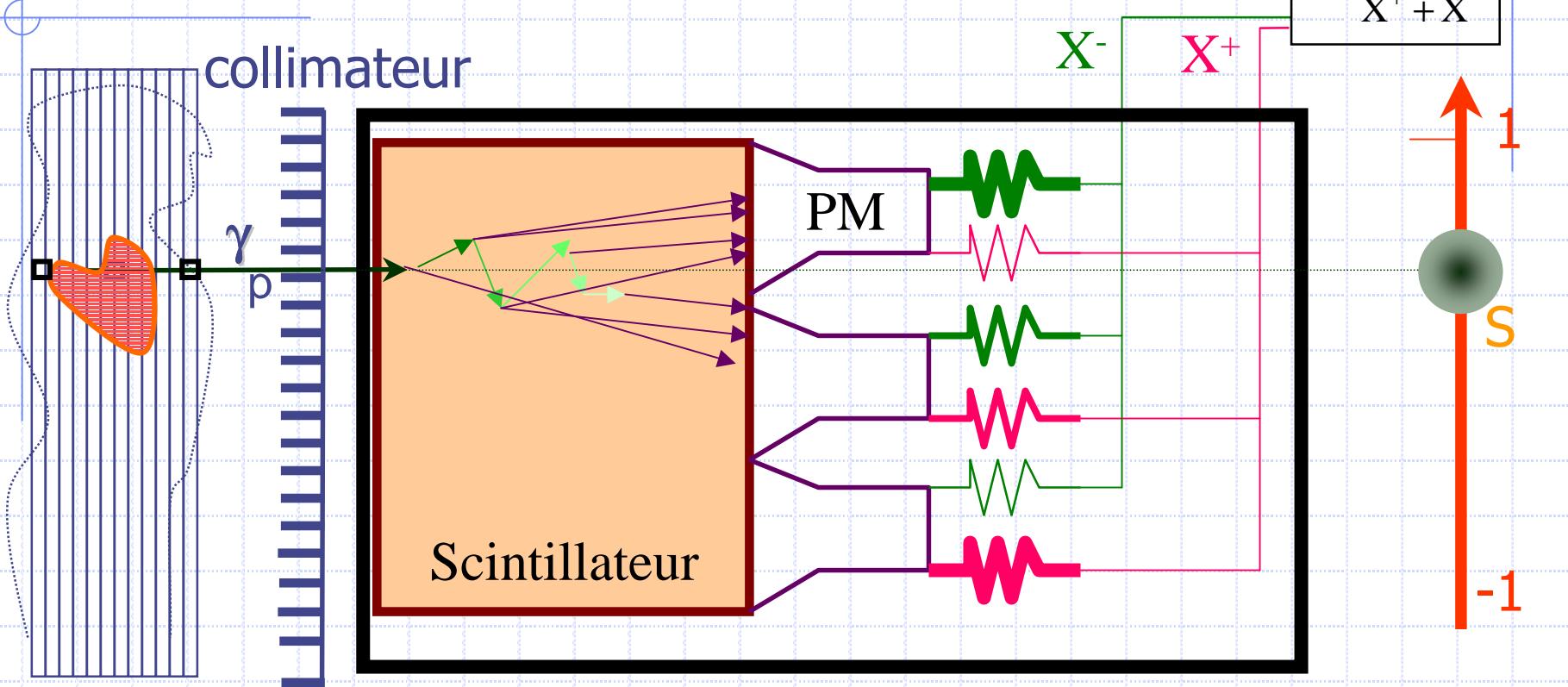
THERAPIE

RIA

DETECTEURS ANGER DE γ



$$X = \frac{X^+ - X^-}{X^+ + X^-}$$



Localisation

IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

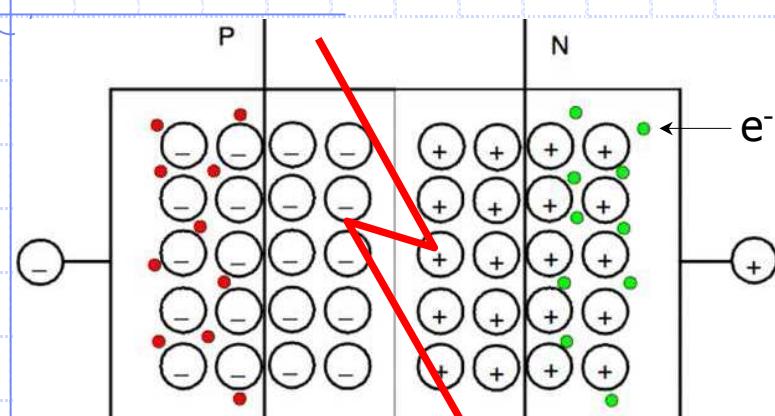
SCINTIGRAPHIE

DIAGNOSTIC

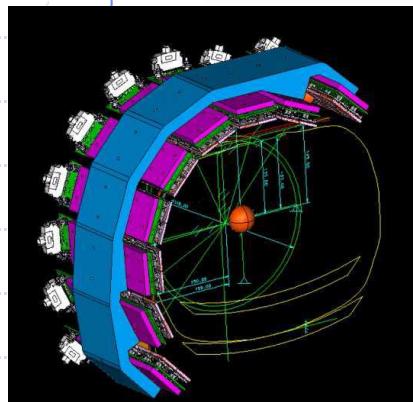
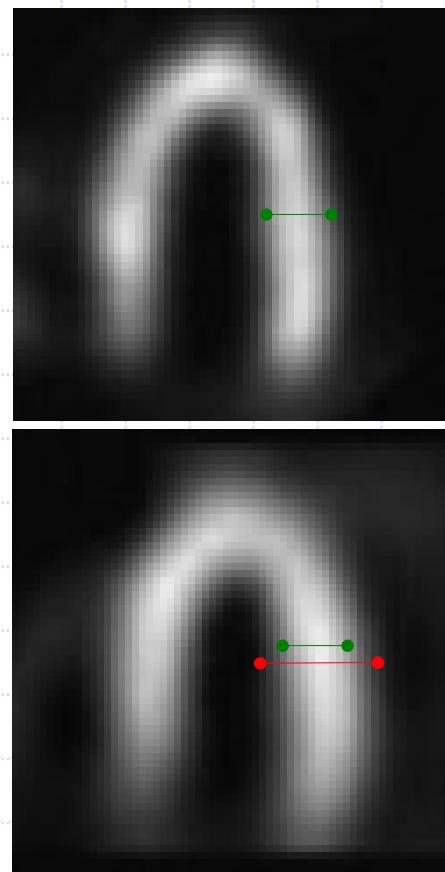
THERAPIE

RIA

DETECTEURS Cadmium Zinc Telluride



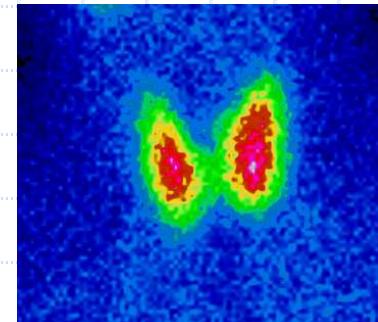
SENSIBILITE x 5-10
RESOLUTION x 2



MODES D'ACQUISITION

◆ Planaire

◆ 5'

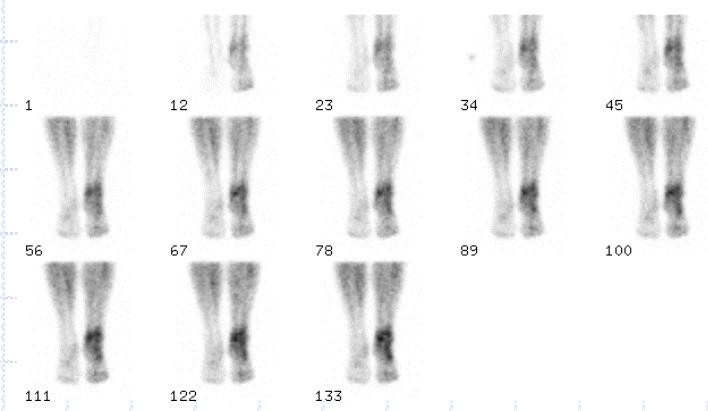


◆ Balayage corps entier

◆ 15'

◆ Dynamique

◆ 1'

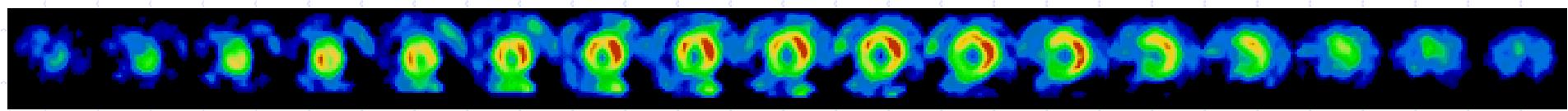
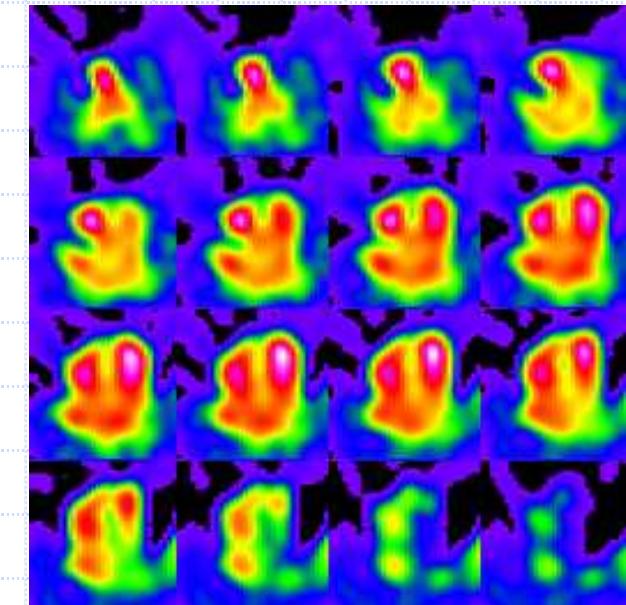
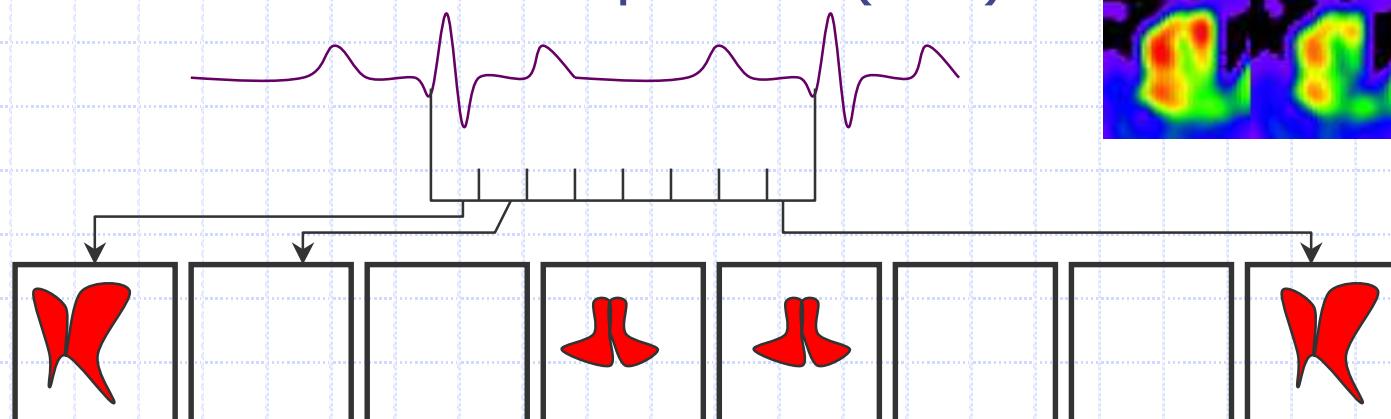


MODES D'ACQUISITION

◆ 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)

5

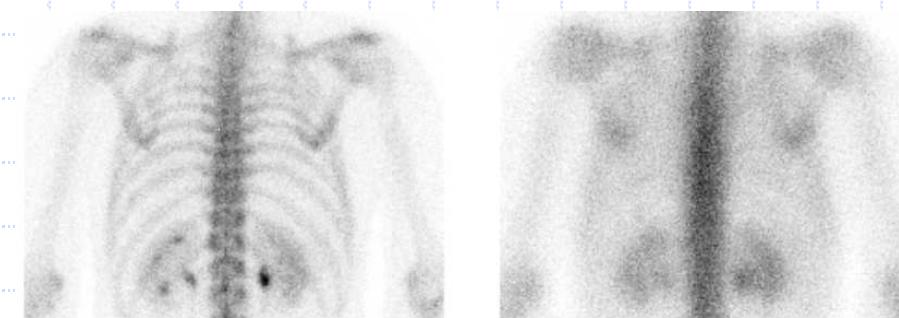
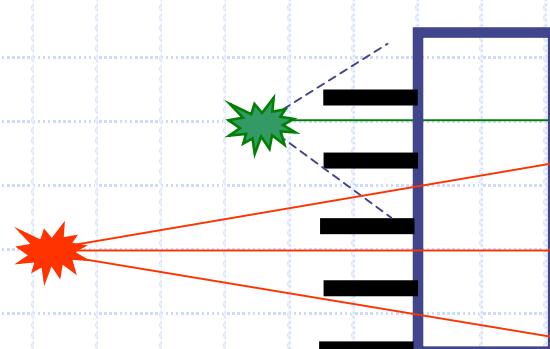
10

15

TEMP-CZT
TEP

SCINTI. PLANaire

TEMP

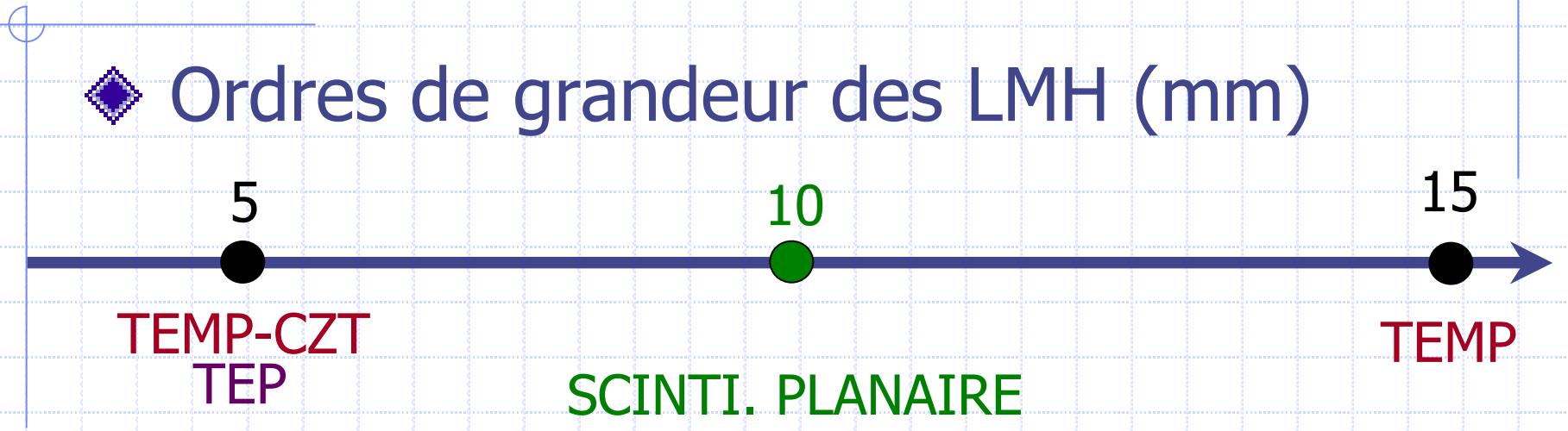


contact

50 cm

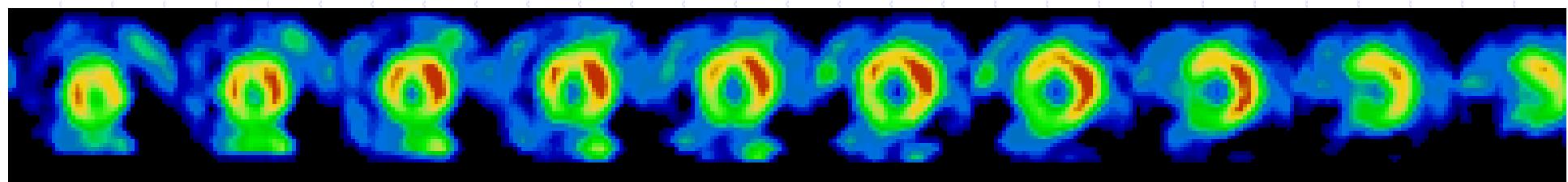
EFFET DE VOLUME PARTIEL

- ◆ Ordres de grandeur des LMH (mm)



- ◆ Activité maximale sous estimée pour des objets de dimension d si $d < 2 \cdot \text{LMH}$

- ◆ donc si $d < 1 \text{ cm}$ en TEMP-CZT et si $d < 3 \text{ cm}$ TEMP



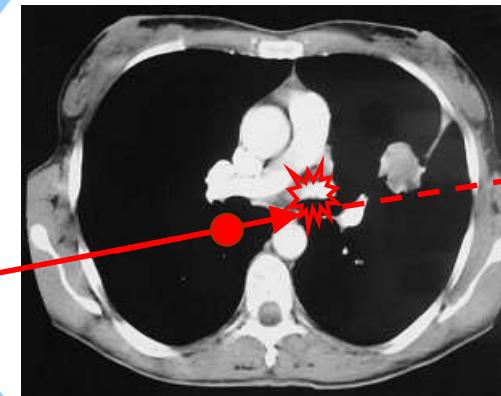
ATTENUATION PHOTO-ELECTRIQUE

TEMP



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

TEP

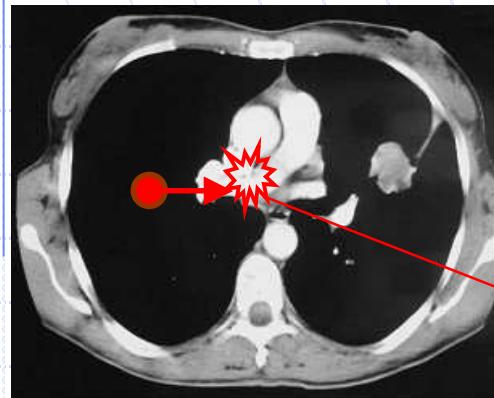


détection des coïncidences

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

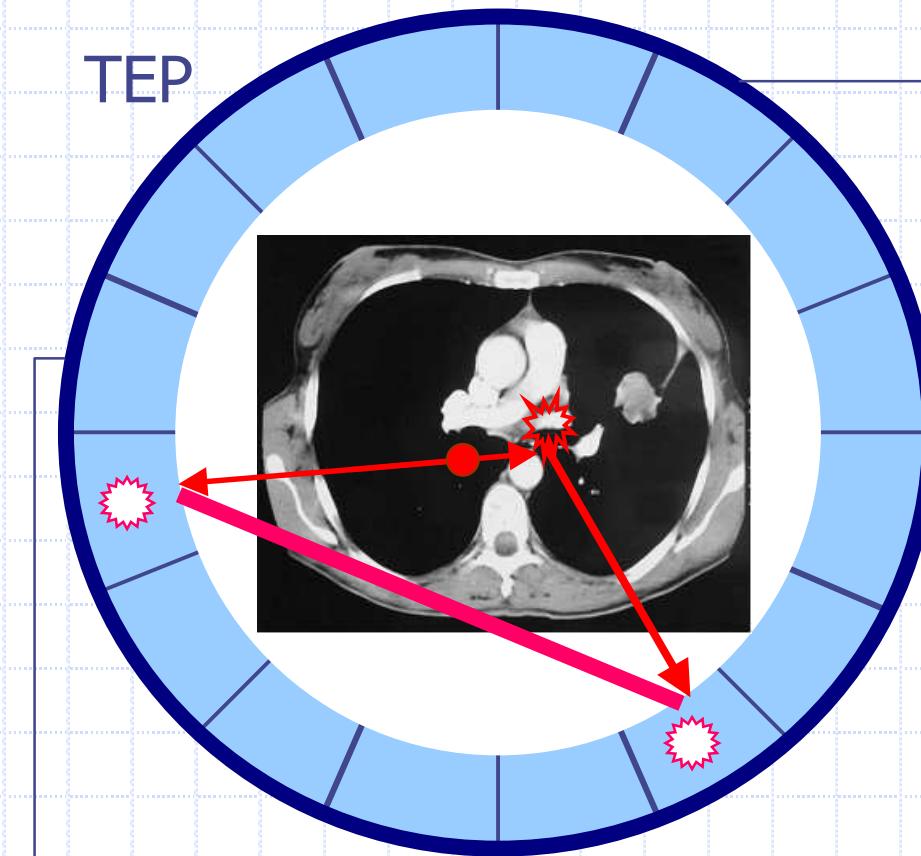
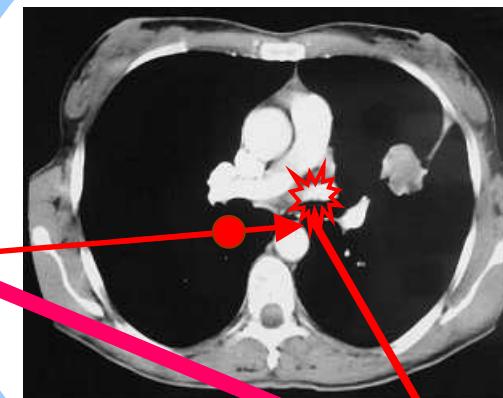
ATTENUATION COMPTON

TEMP



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

TEP



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

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

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

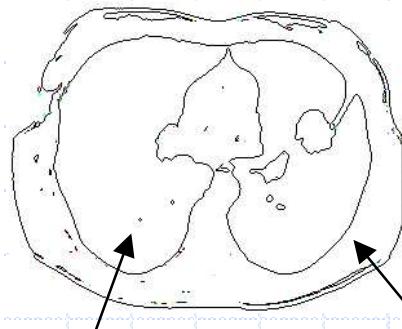
} La correction
nécessite la
connaissance
des ρ traversés



CORRECTION DE L'ATTENUATION



Identification de 3 phases par seuillage de la TDM



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

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

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



imagerie
multi-modale

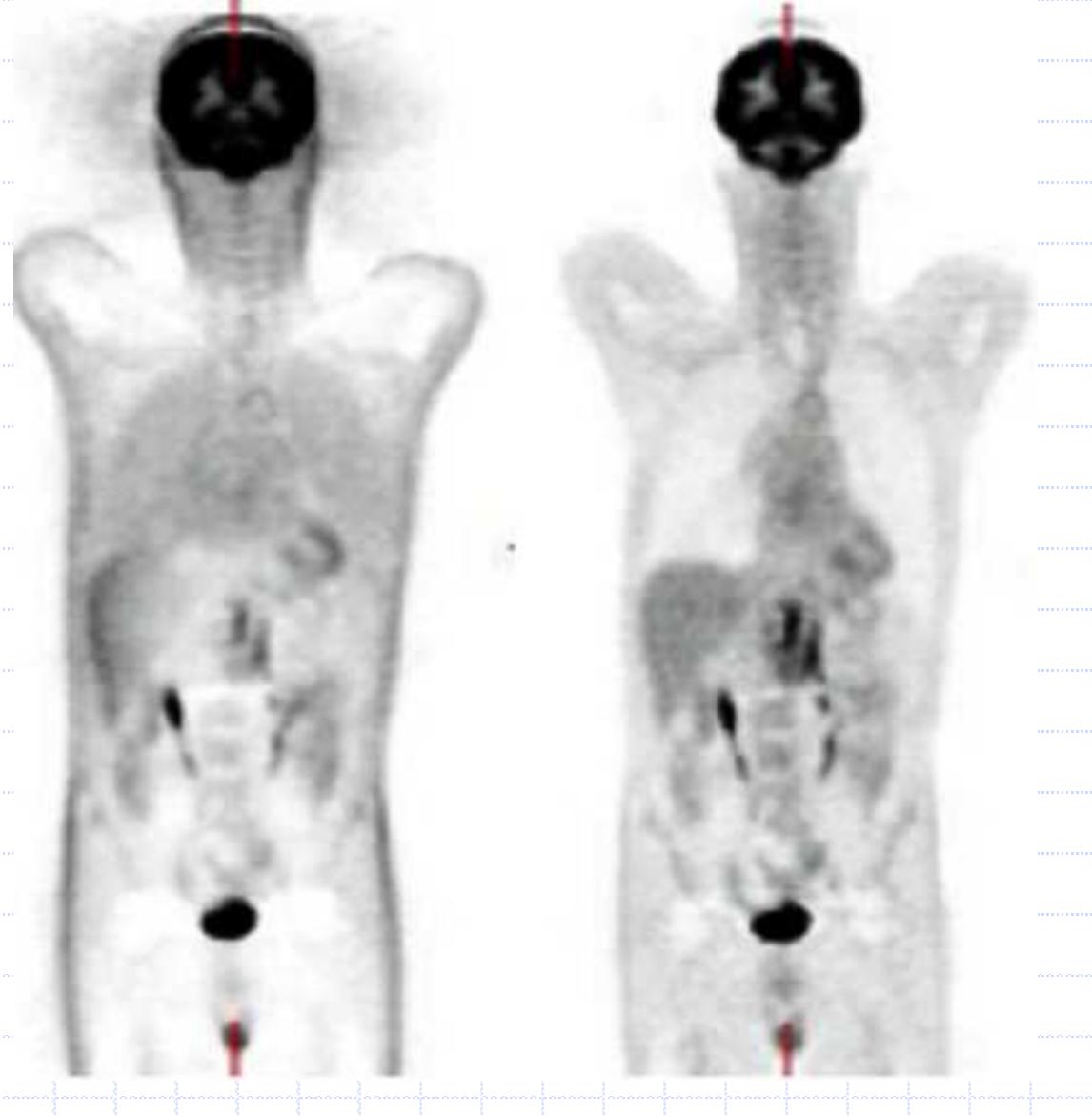
Correction par un facteur

$$\exp(\mu_{\text{os}}x_{\text{os}} + \mu_{\text{mou}}x_{\text{mou}} + \mu_{\text{air}}x_{\text{air}})$$

Plus facile à mettre en œuvre
 (donc plus précise) en TEP qu'en TEMP

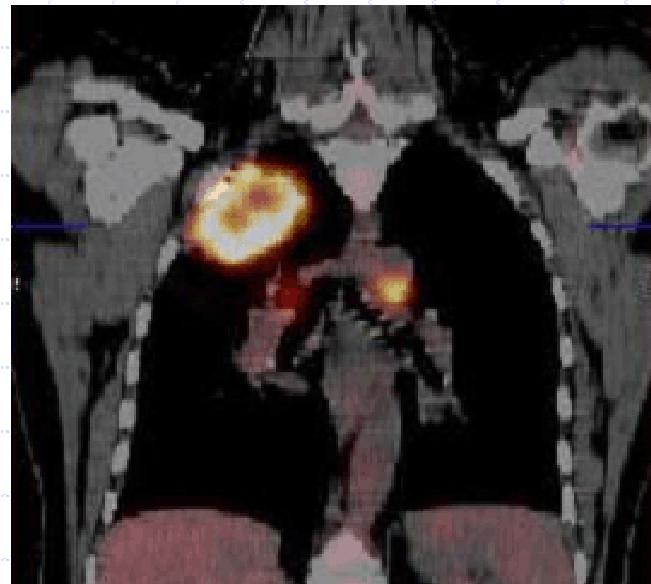
RESULTATS

- Correction d'artefacts



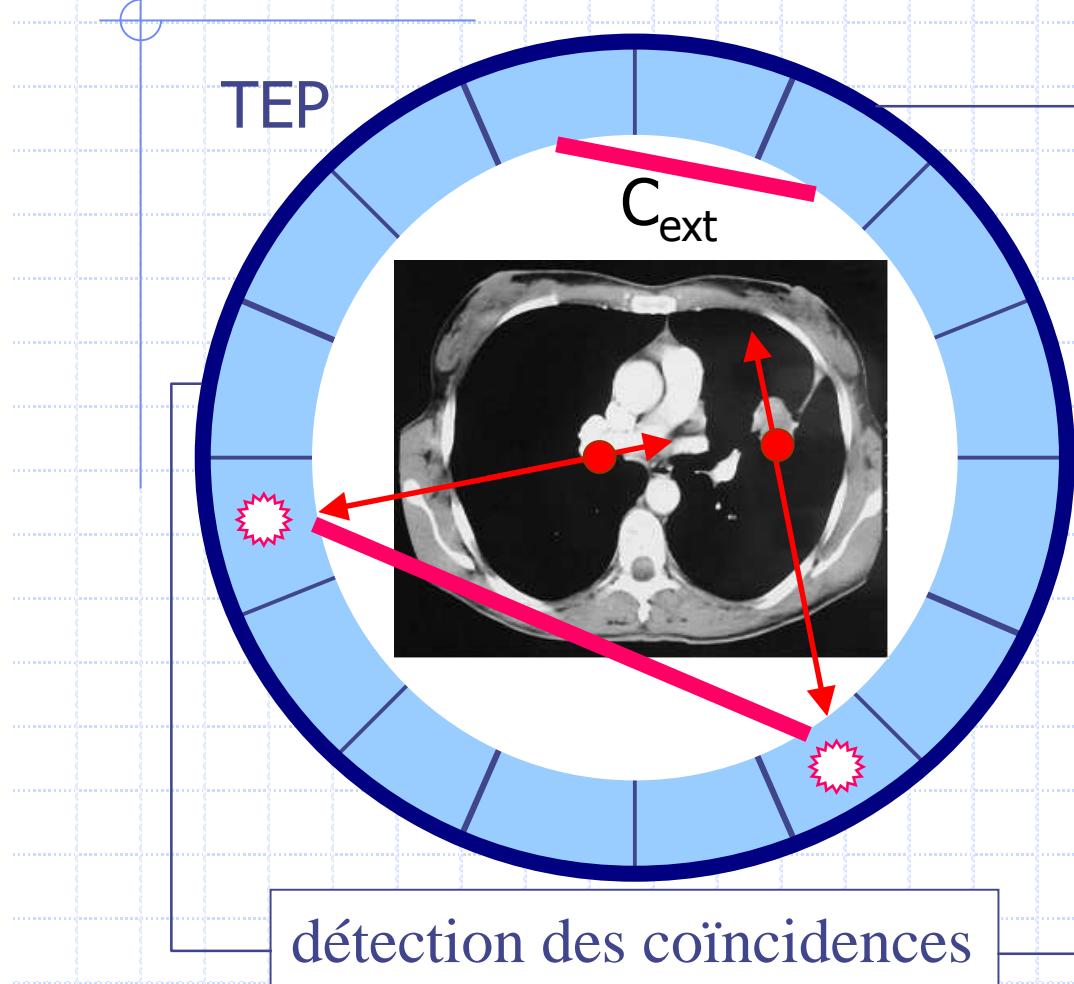
RESULTATS

- Correction d'artefacts
- Localisation anatomique



- Interprétation multimodale

COINCIDENCES FORTUITES



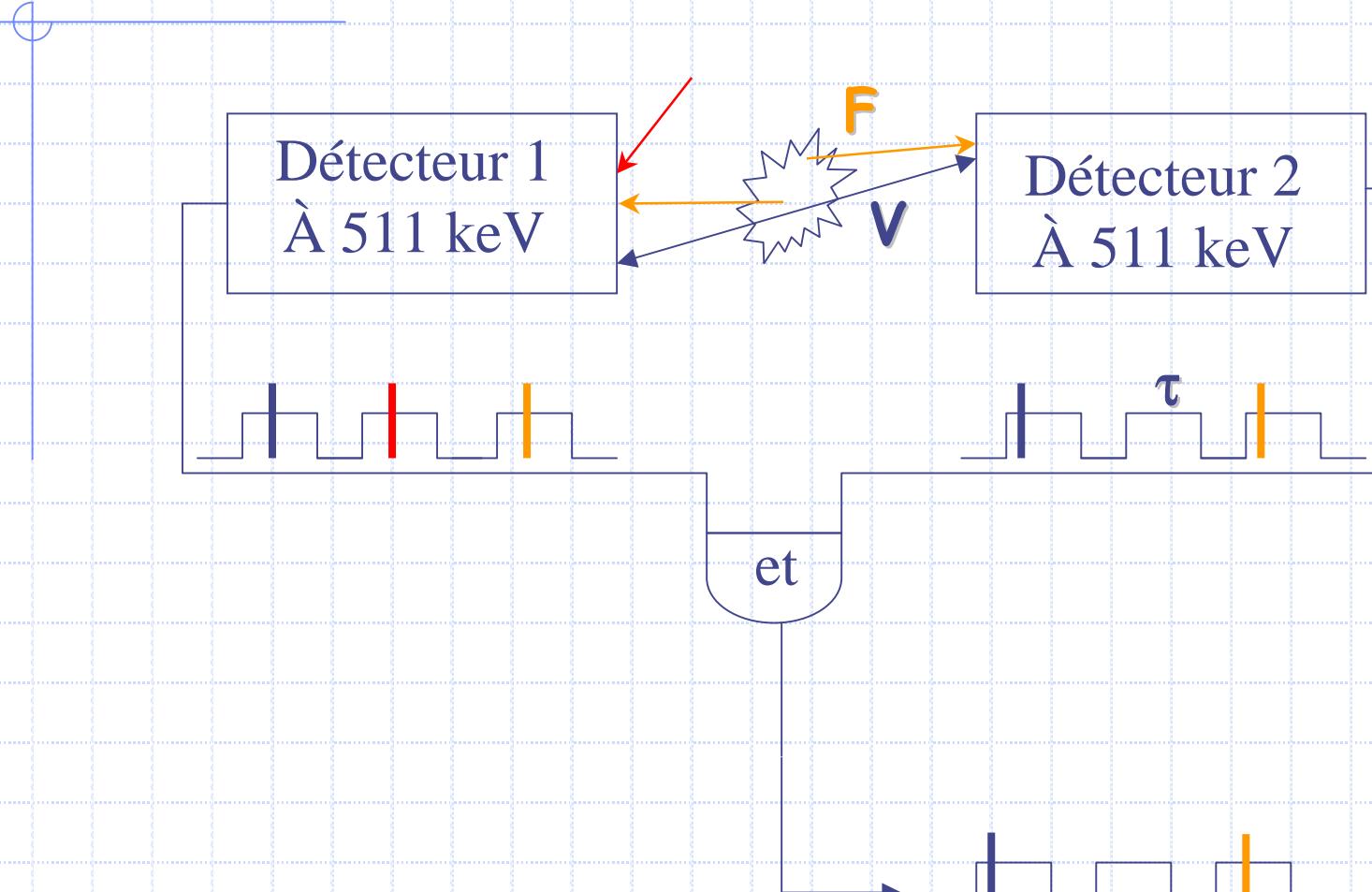
Corrections possibles :

- 1- en retranchant C_{ext}
- 2- A partir des comptages totaux T :
$$F = 2 \cdot \tau \cdot T(d_1)T(d_2) \propto A^2$$
- 3- Par fenêtre décalée

Cet artefact ne concerne que l'imagerie en coïncidence TEP

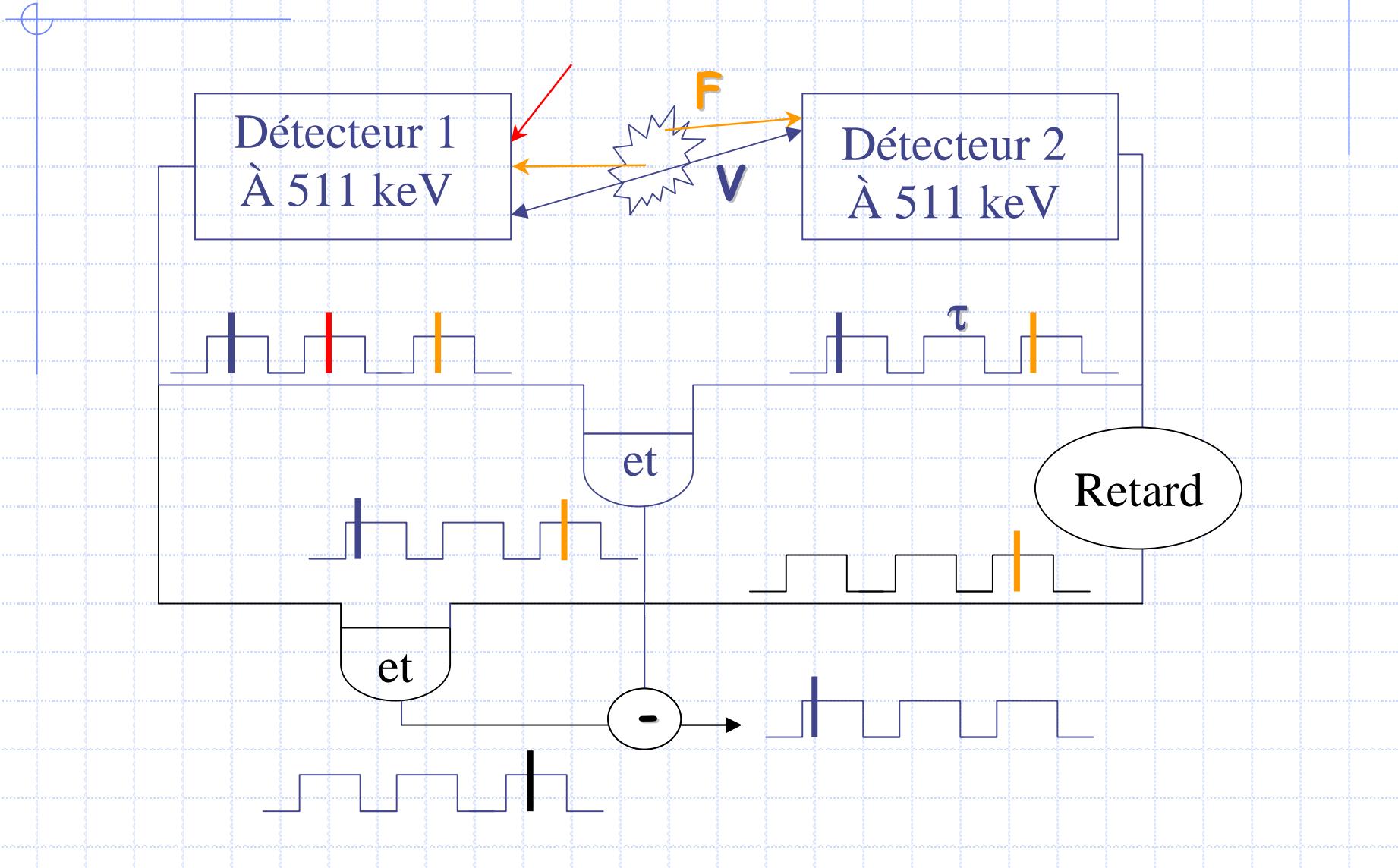
Diapositive
masquée

COINCIDENCES FORTUITES



COINCIDENCES FORTUITES

Diapositive
masquée



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

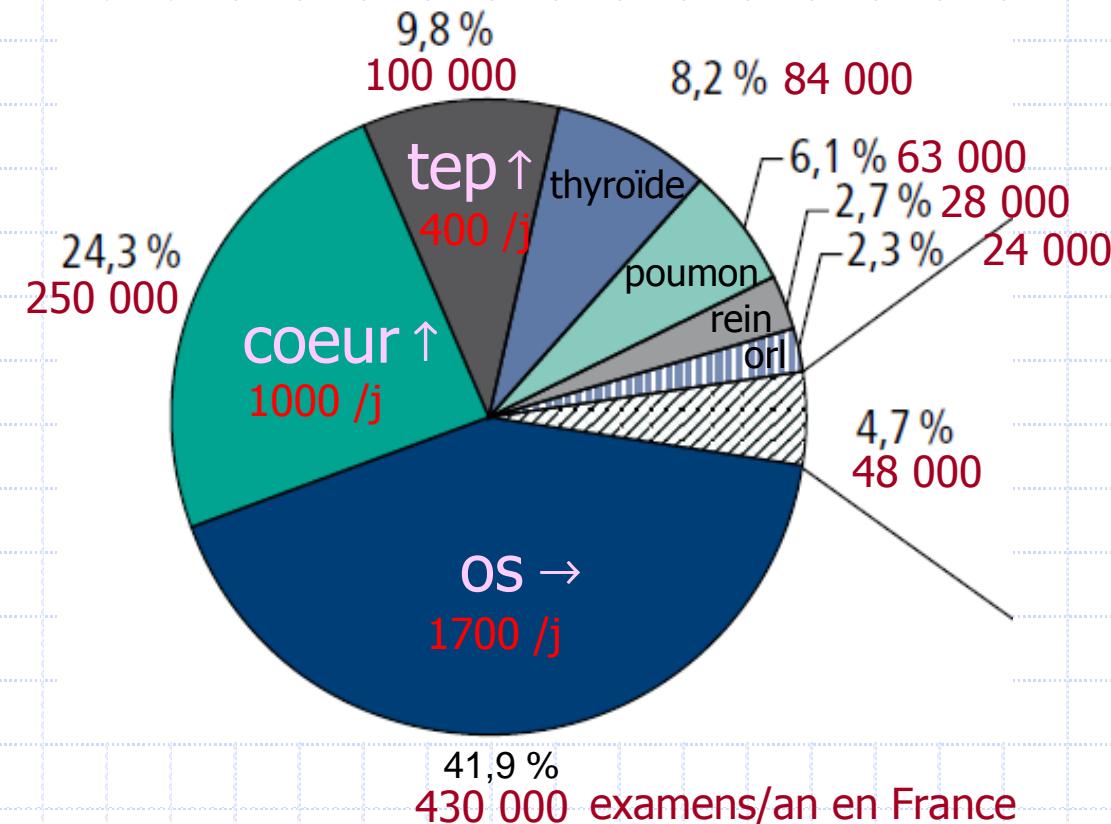
	TEMP γ	TEMP-CZT γ	TEP β^+
Marqueur	A \uparrow T \approx h	A \uparrow T \approx h	A \downarrow T \approx min
Marquage	complexe $^{99}_{43}\text{Tc}$	complexe $^{99}_{43}\text{Tc}$	$^{18}_{9}\text{F}$
Nb. traceurs	↑↑	↑↑	↑
Images	2D, 3D, ±CA, TDM	3D, ±CA, TDM	3D, CA, TDM
Résolution	10 mm	5 mm	5 mm
Sensibilité	↑	↑↑	↑↑
Quantification	relative	relative ± 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, 2007: 1 million de scintigraphies (33 millions monde)



DERROULEMENT D'UN EXAMEN

médication, stress...

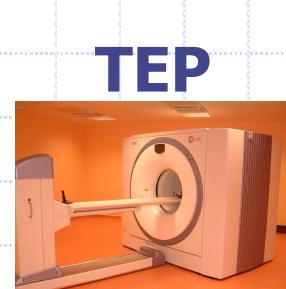


Consultation

IV*

0 - 3 h

1/2 h acquis.



Consultation

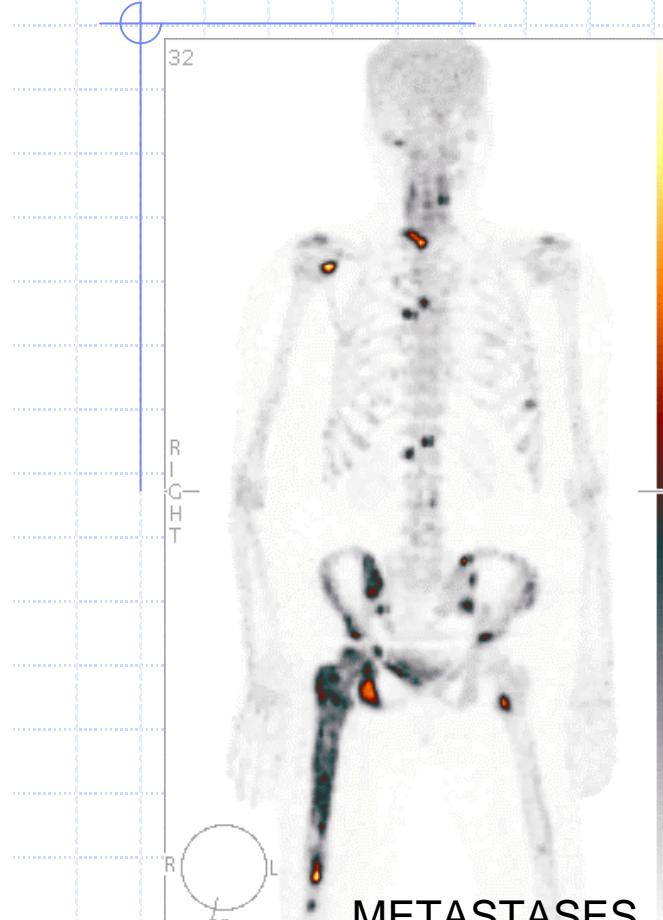
Dextro
IV*

0 - 1 h repos

1/2 h acquis.

A jeun de 6h

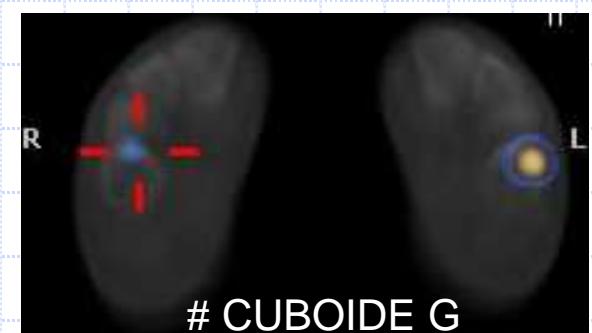
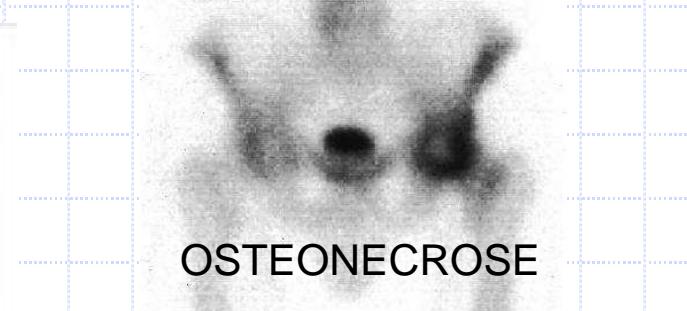
REMODELLEMENT OSSEUX



BIPHOSPHONATE- ^{99m}Tc



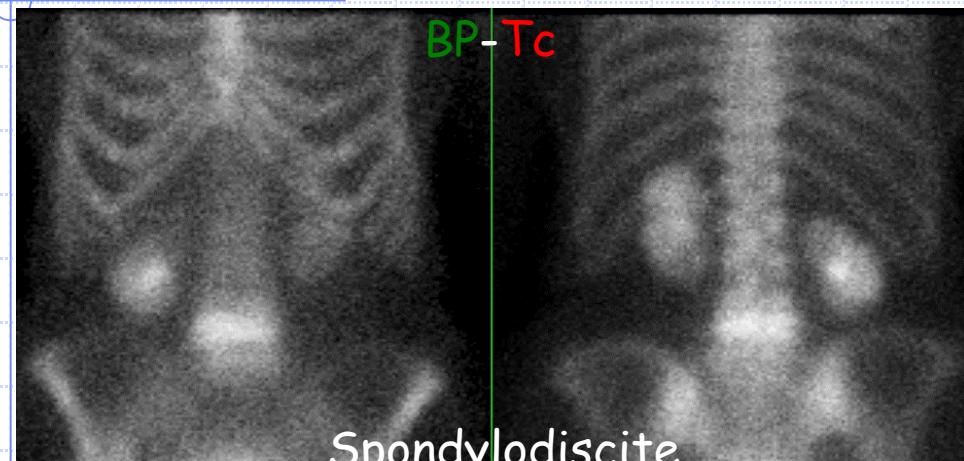
$^{18}\text{F-Na}$



BIPHOSPHONATE- ^{99m}Tc

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

PATHOLOGIES INFECTIEUSES

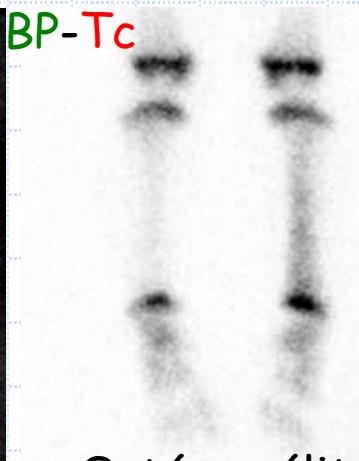


Spondylodiscite

CORONAL

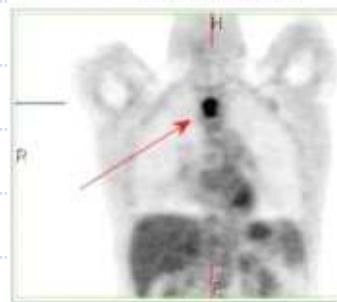
TRANSVERSE

SAGITTAL

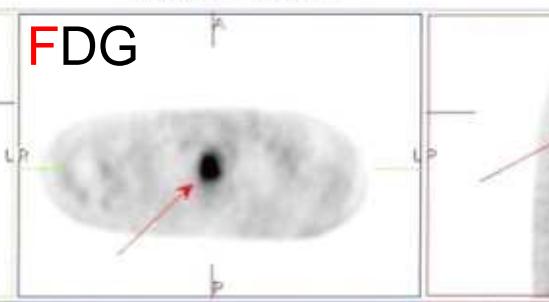


Ostéomyélite

PN-HMPAO-Tc Ostéite hallux



Spondylite à brucella



FDG



Infection VCS sur cathéter

IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

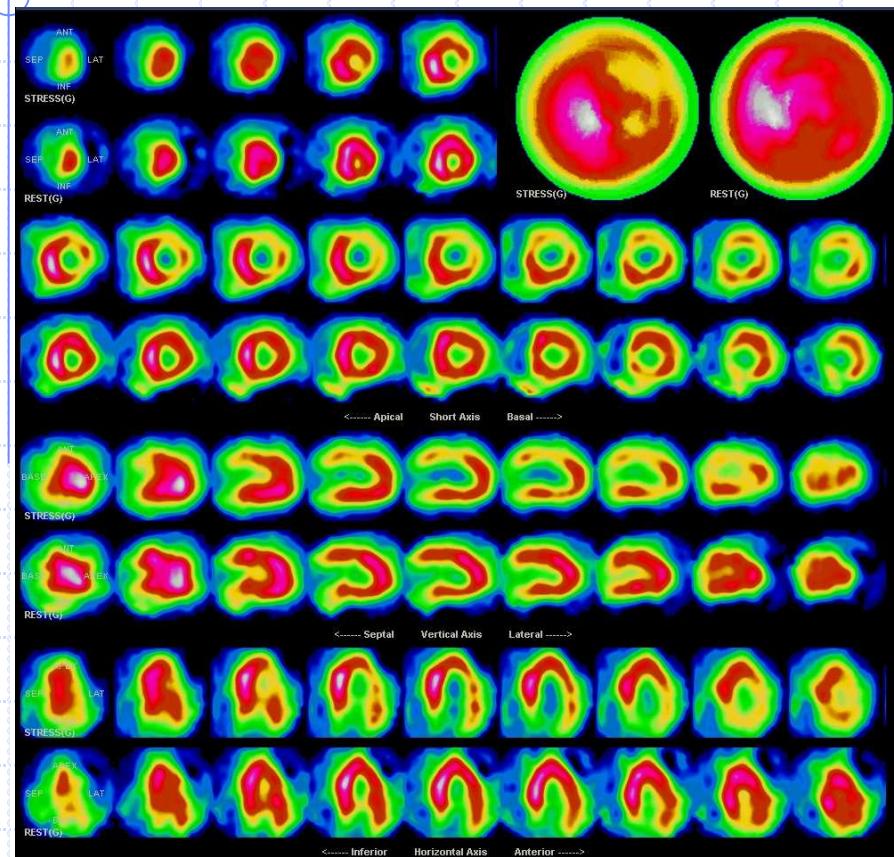
DIAGNOSTIC

THERAPIE

RIA

DOSIMETRIE

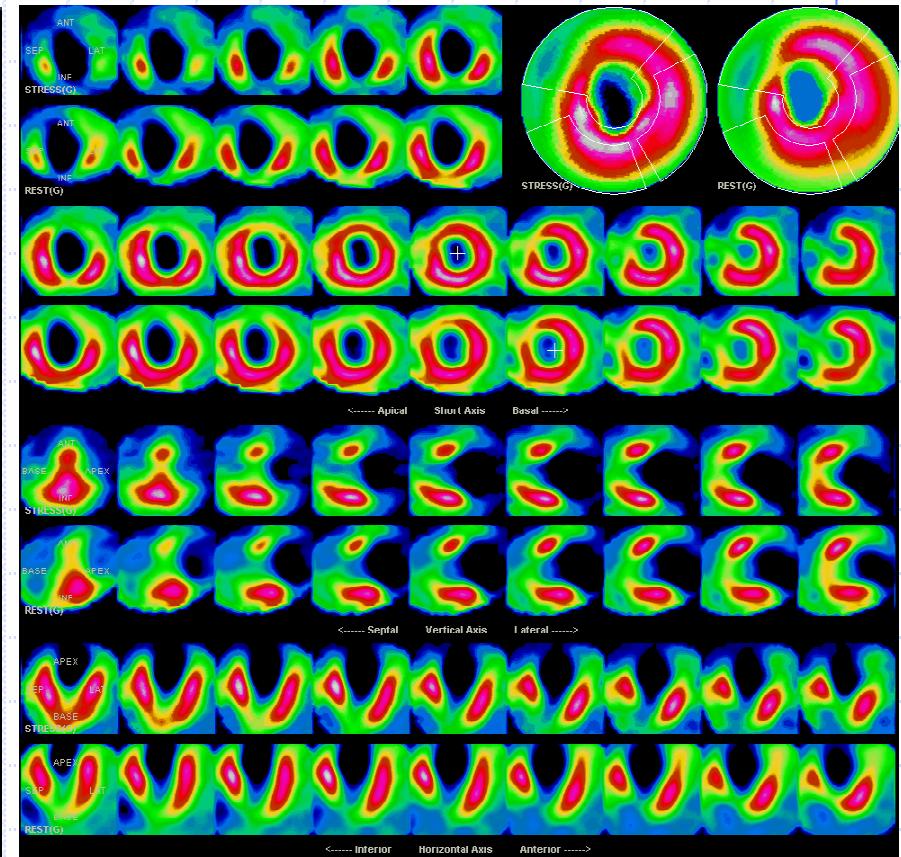
PERFUSION MYOCARDIQUE



ISCHEMIE ANTERO-LATERALE

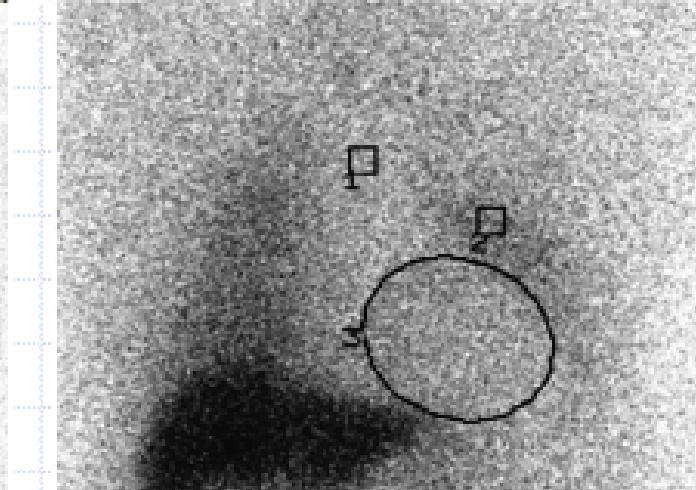
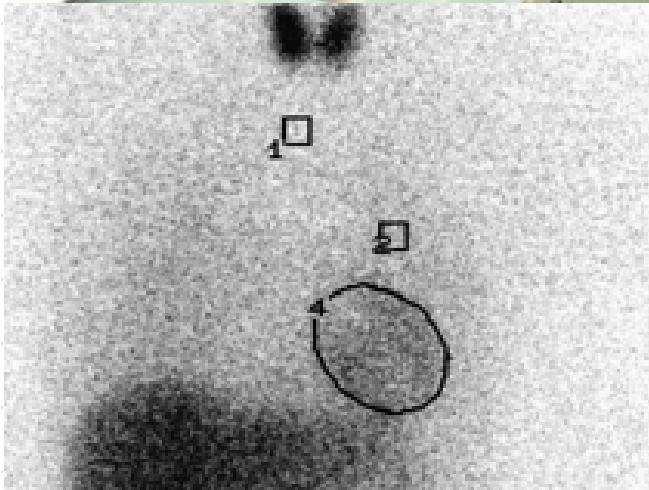
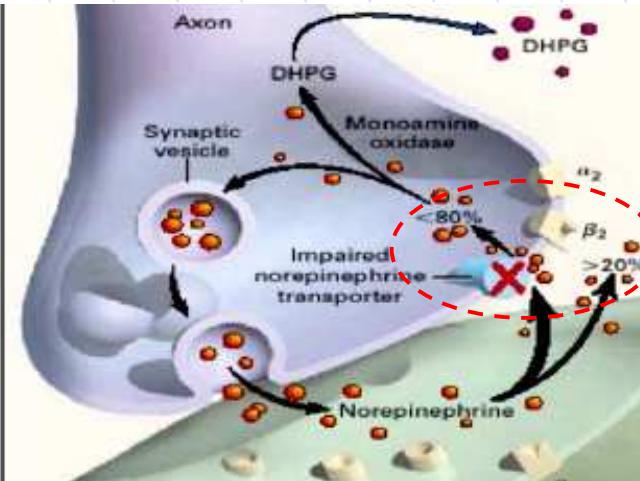
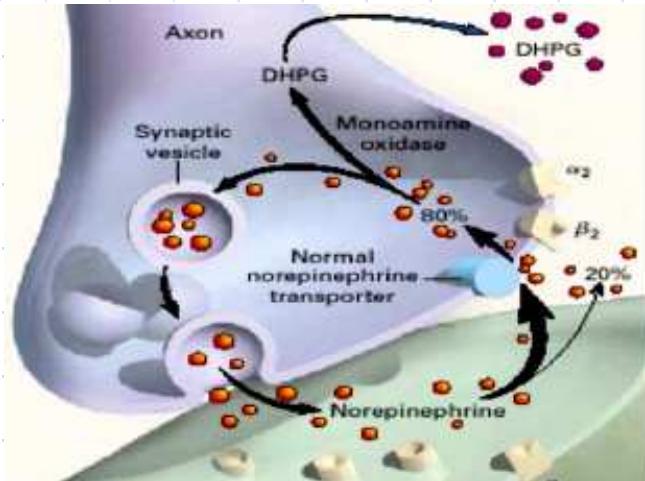
CATION LIPOPHILE – ^{99m}Tc ou ^{201}TI

Indications : coronaropathies



NECROSE APICALE

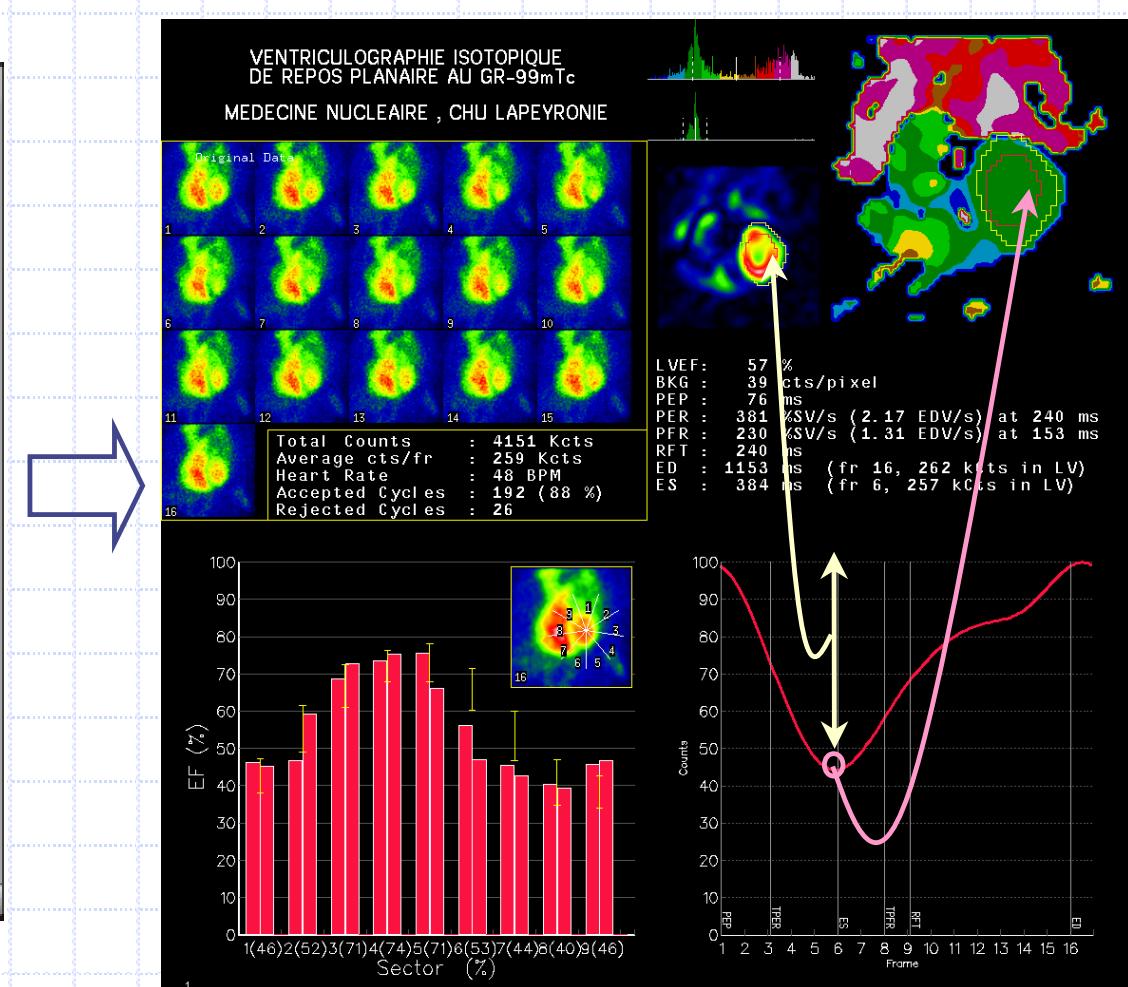
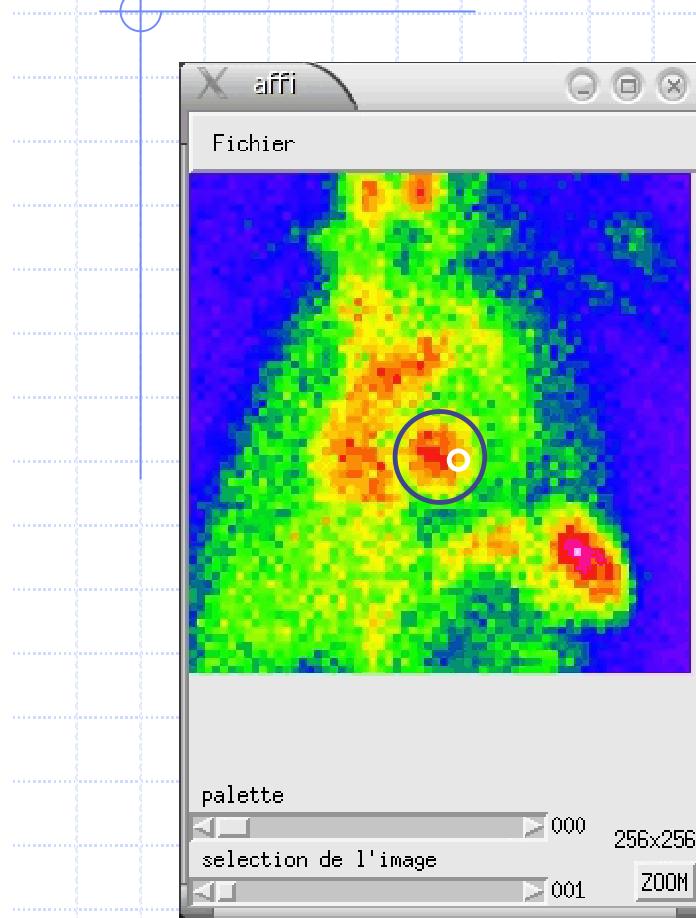
INNERVATION MYOCARDIQUE



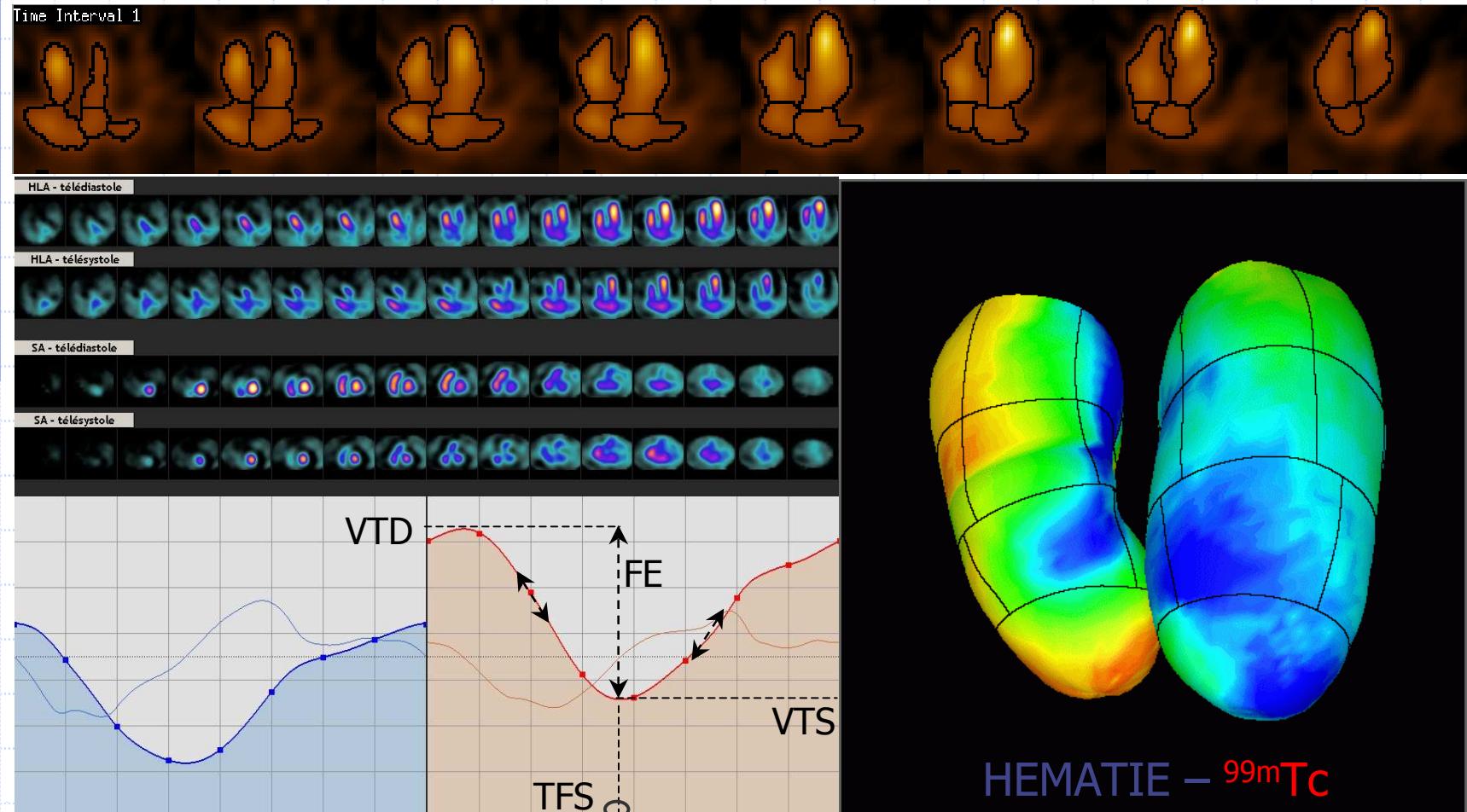
Indications : insuffisance cardiaque

MIBG - ^{123}I

CONTRACTION CARDIAQUE

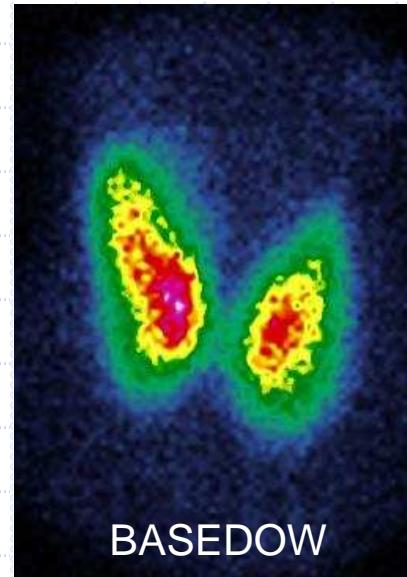


CONTRACTION CARDIAQUE

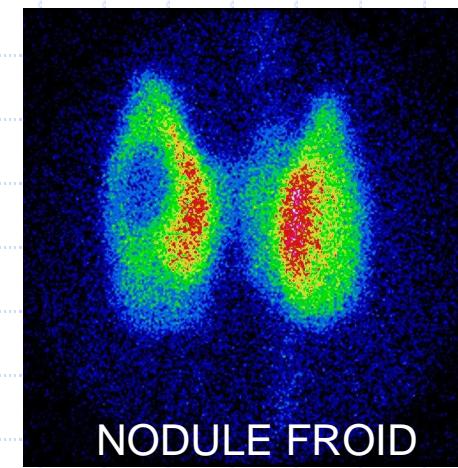


Indications : insuffisance cardiaque

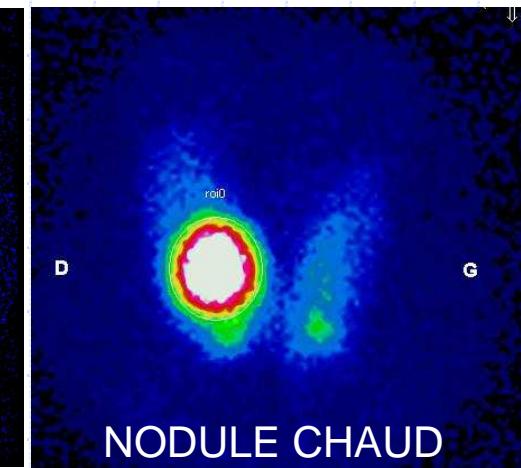
NODULES THYROIDIENS



BASEDOW



NODULE FROID



NODULE CHAUD

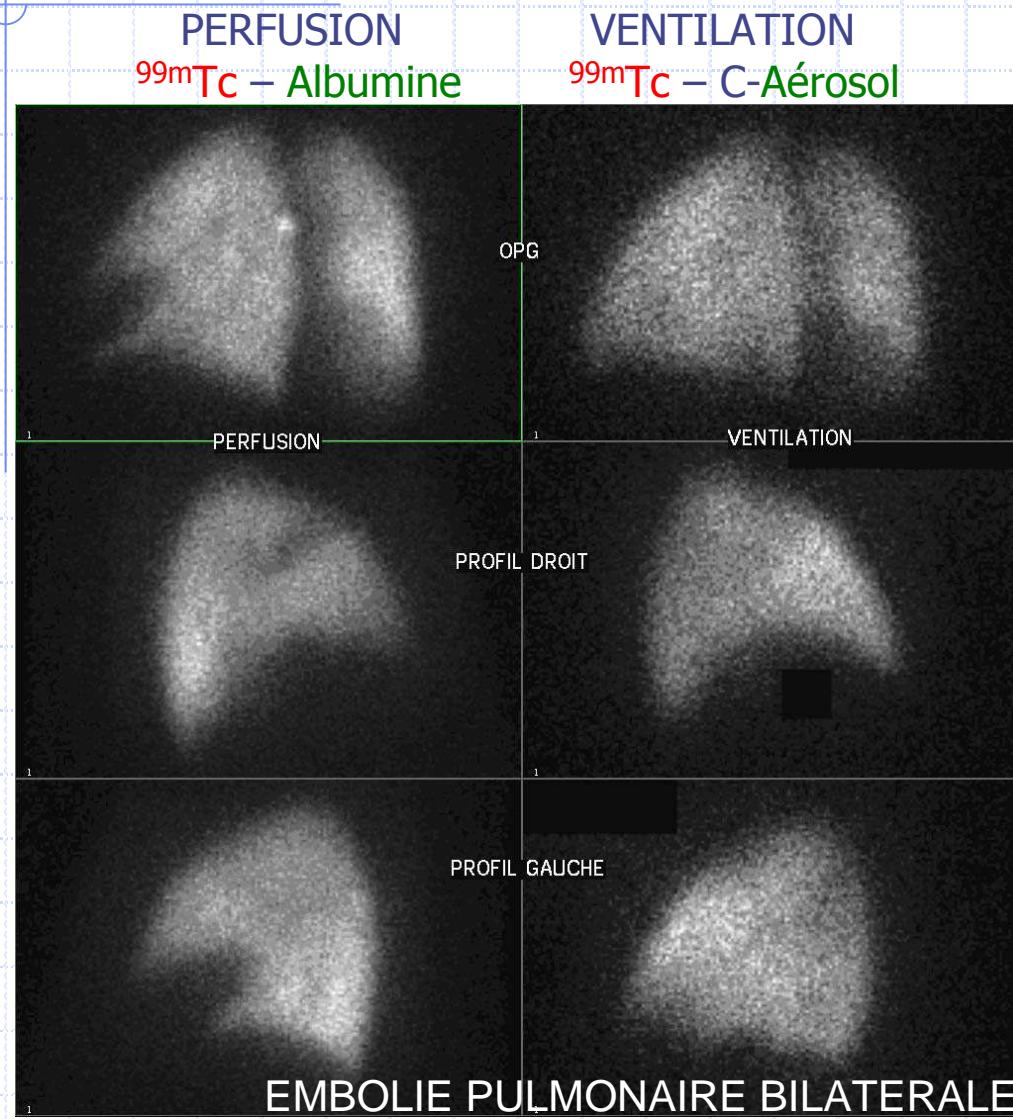
 $^{99m}\text{Tc} - \text{O}_4^-$

cancer \Rightarrow froid
chaud \Rightarrow bénin

mais une ponction
sous échographie
est plus efficace

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

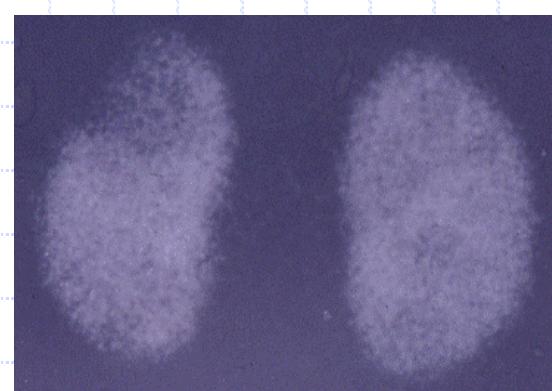
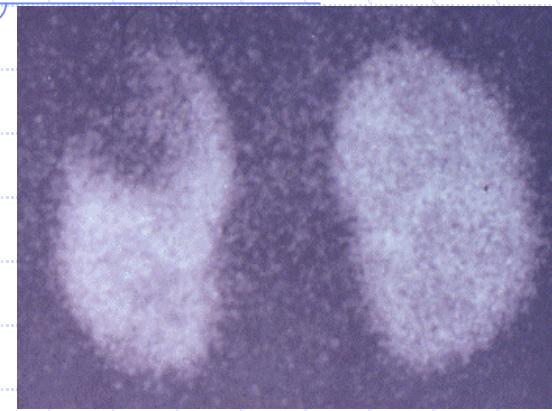
VENTILATION ET PERFUSION PULMONAIRES



Indications :

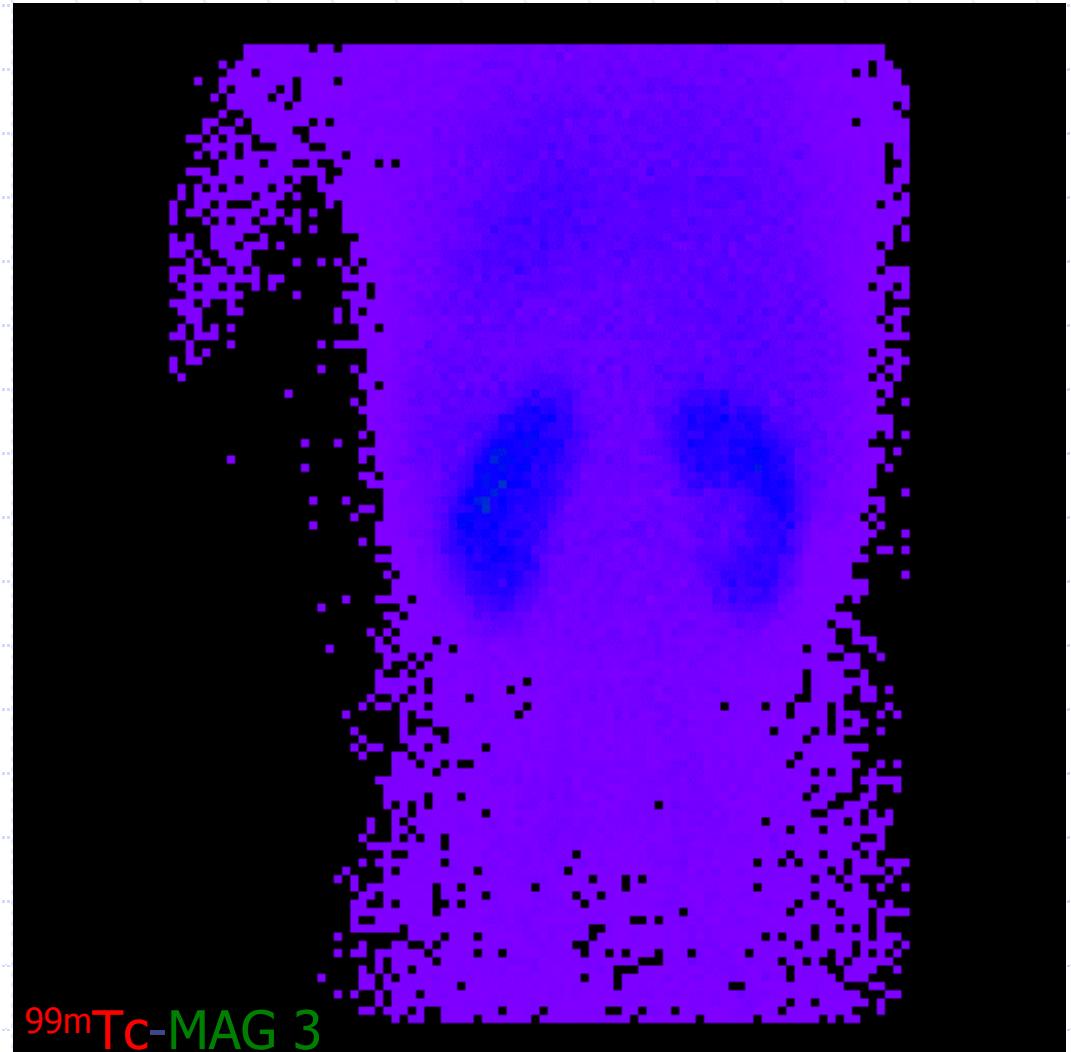
Embolie pulmonaire,
HTAP,
Pré-lobectomie,
Malformations

SCINTIGRAPHIES RENALES



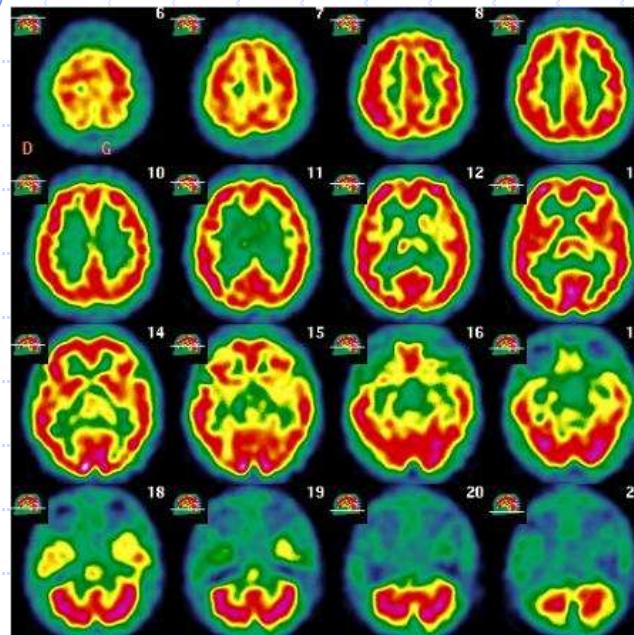
^{99m}Tc -DMSA

Indications :
Pyélonéphrites,
obstacles, HTA,...

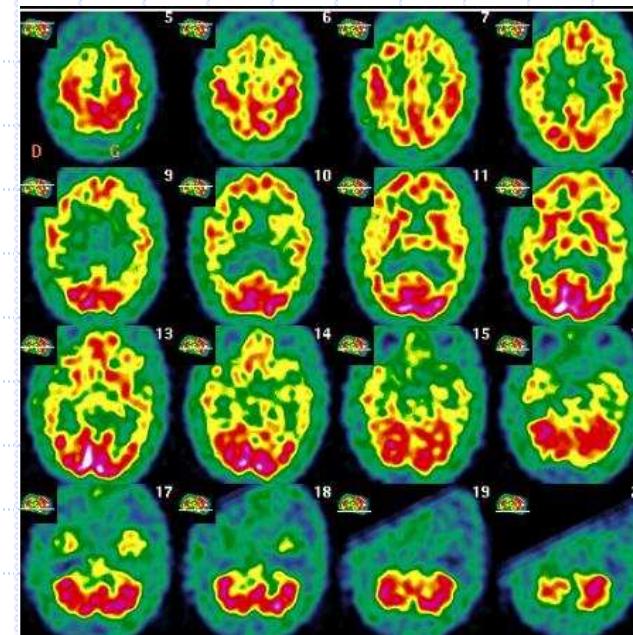


^{99m}Tc -MAG 3

SCINTIGRAPHIES CEREBRALES

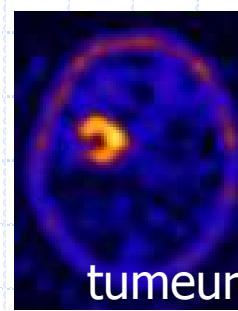


normal



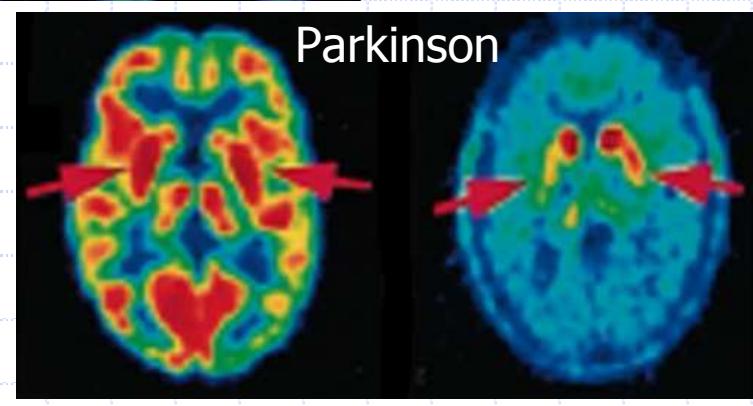
m99Tc-ECD

Alzheimer



tumeur

201 TI



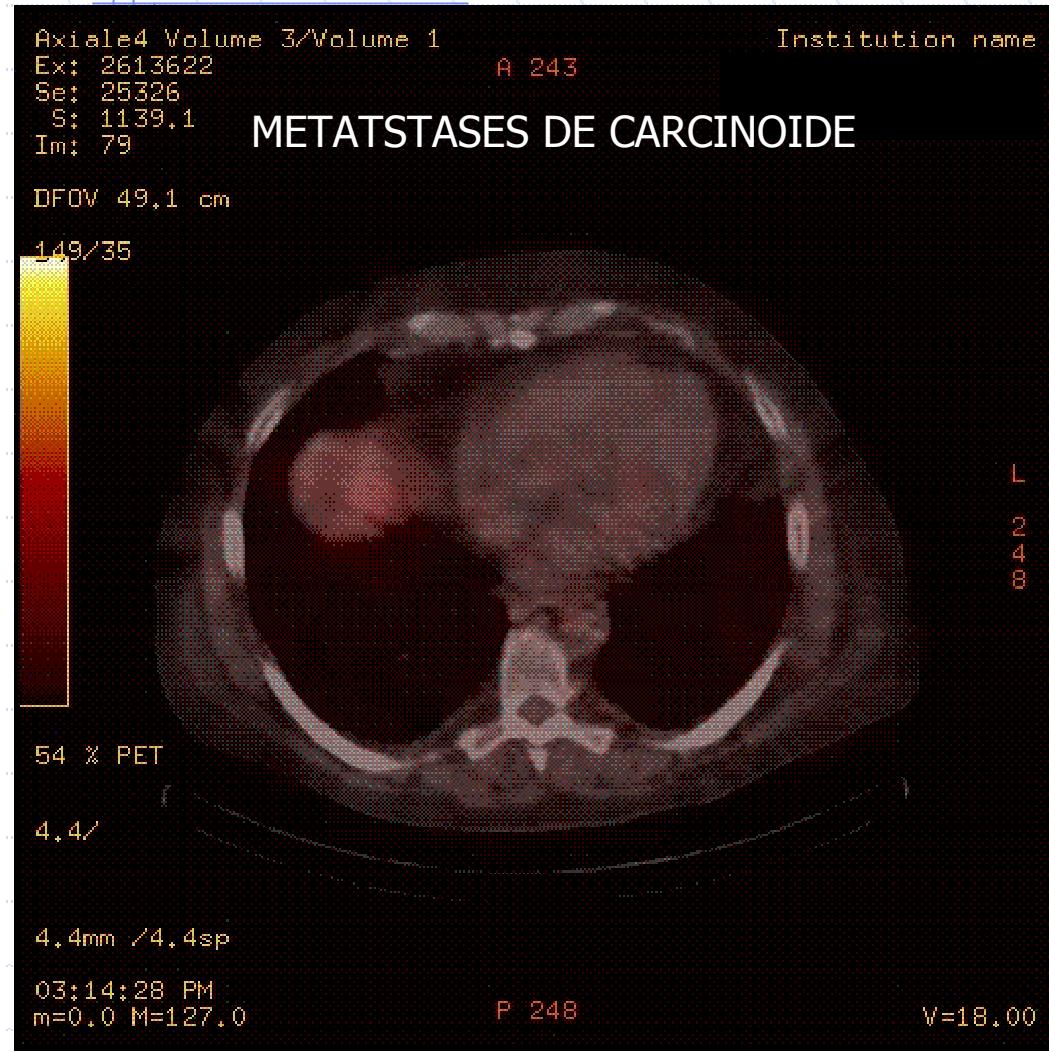
18F-DG

18F-DOPA

Indications :

Démences, Parkinson
épilepsies, tumeurs.

CANCERS TRES DIFFERENCIES



Indications :

Tumeurs neuro-endocrines ou du
tractus gastro-entéro-pancréatique

IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

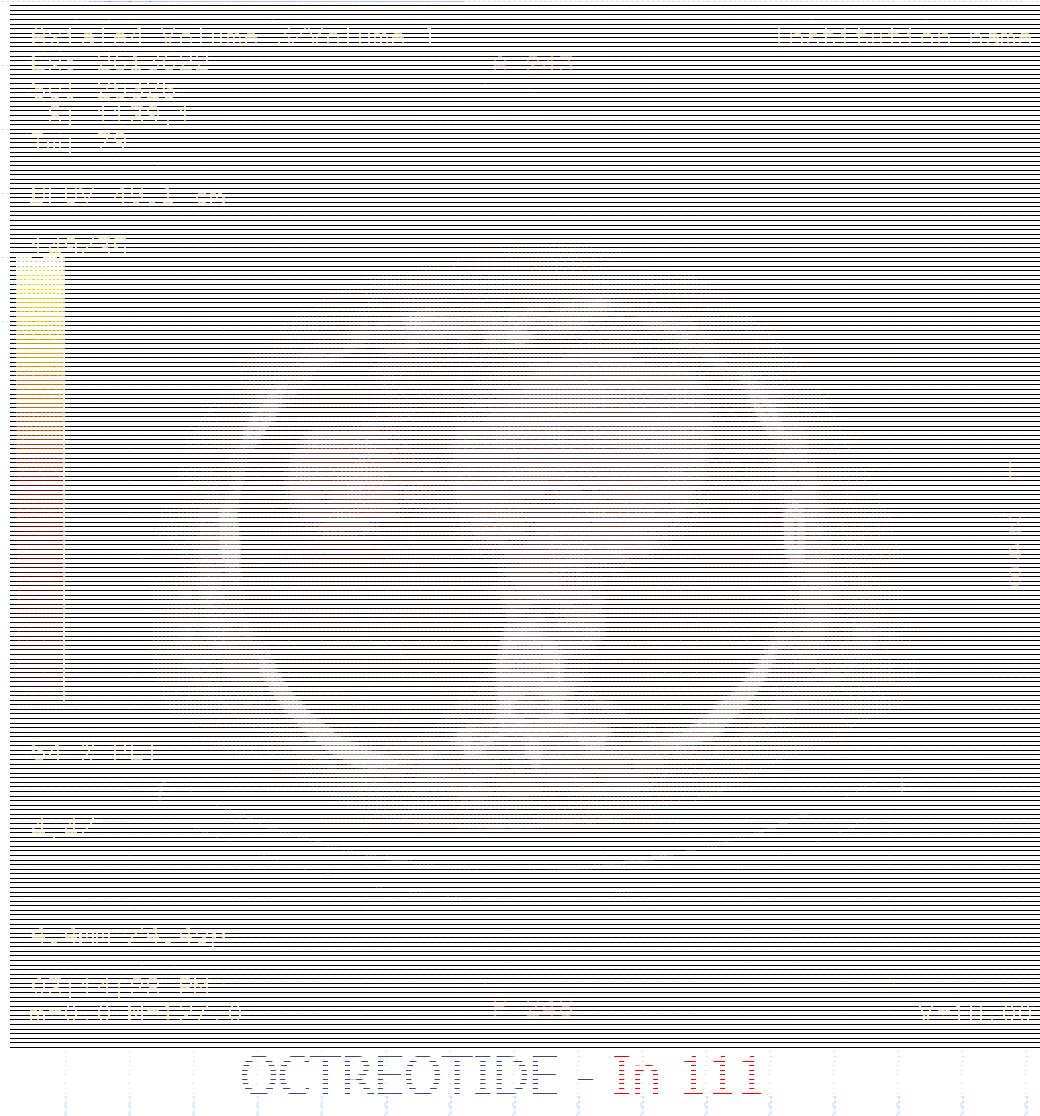
DIAGNOSTIC

THERAPIE

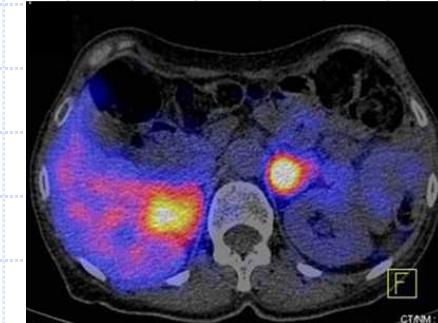
RIA

DOSIMETRIE

CANCERS TRES DIFFERENCIES



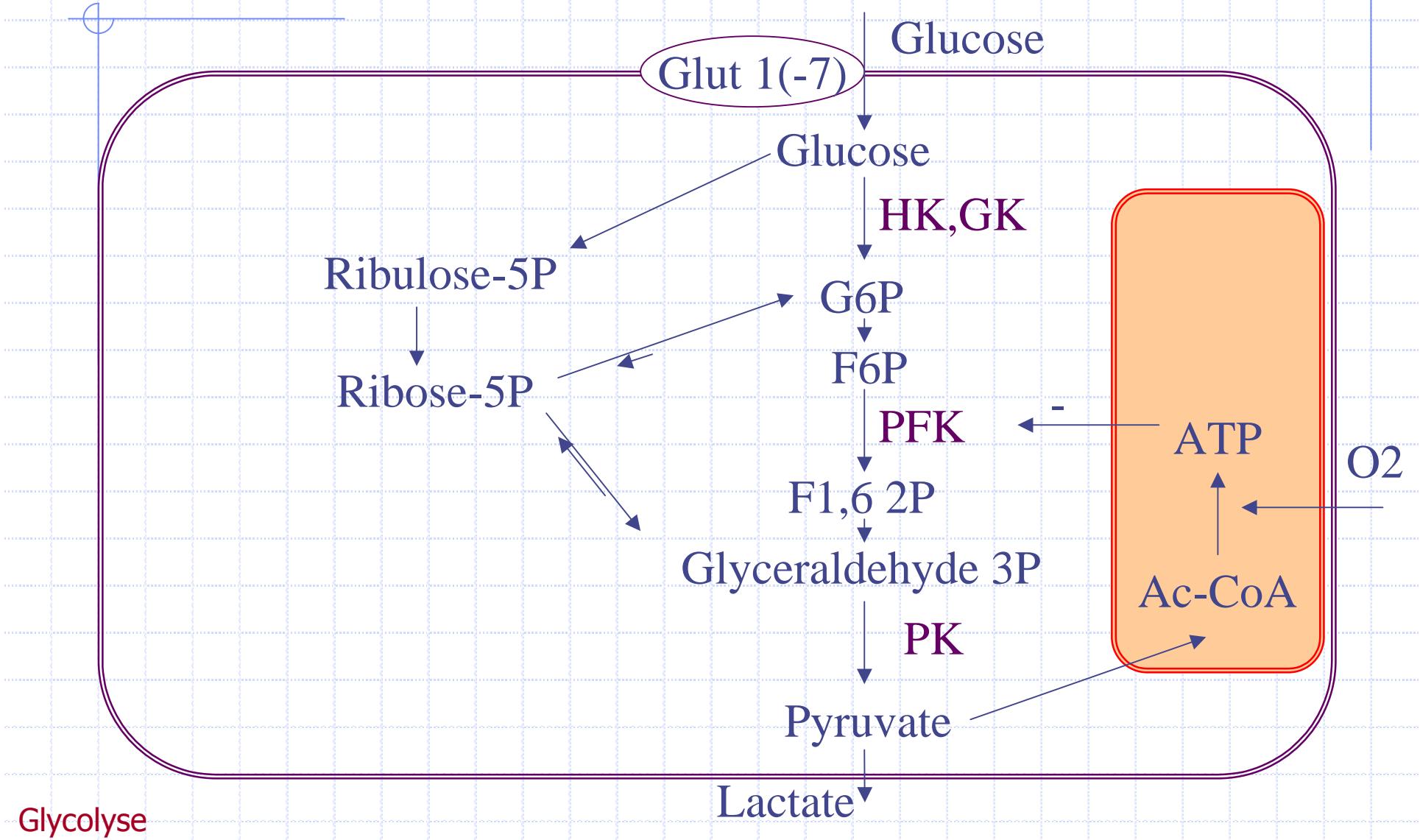
123 I –MIBG



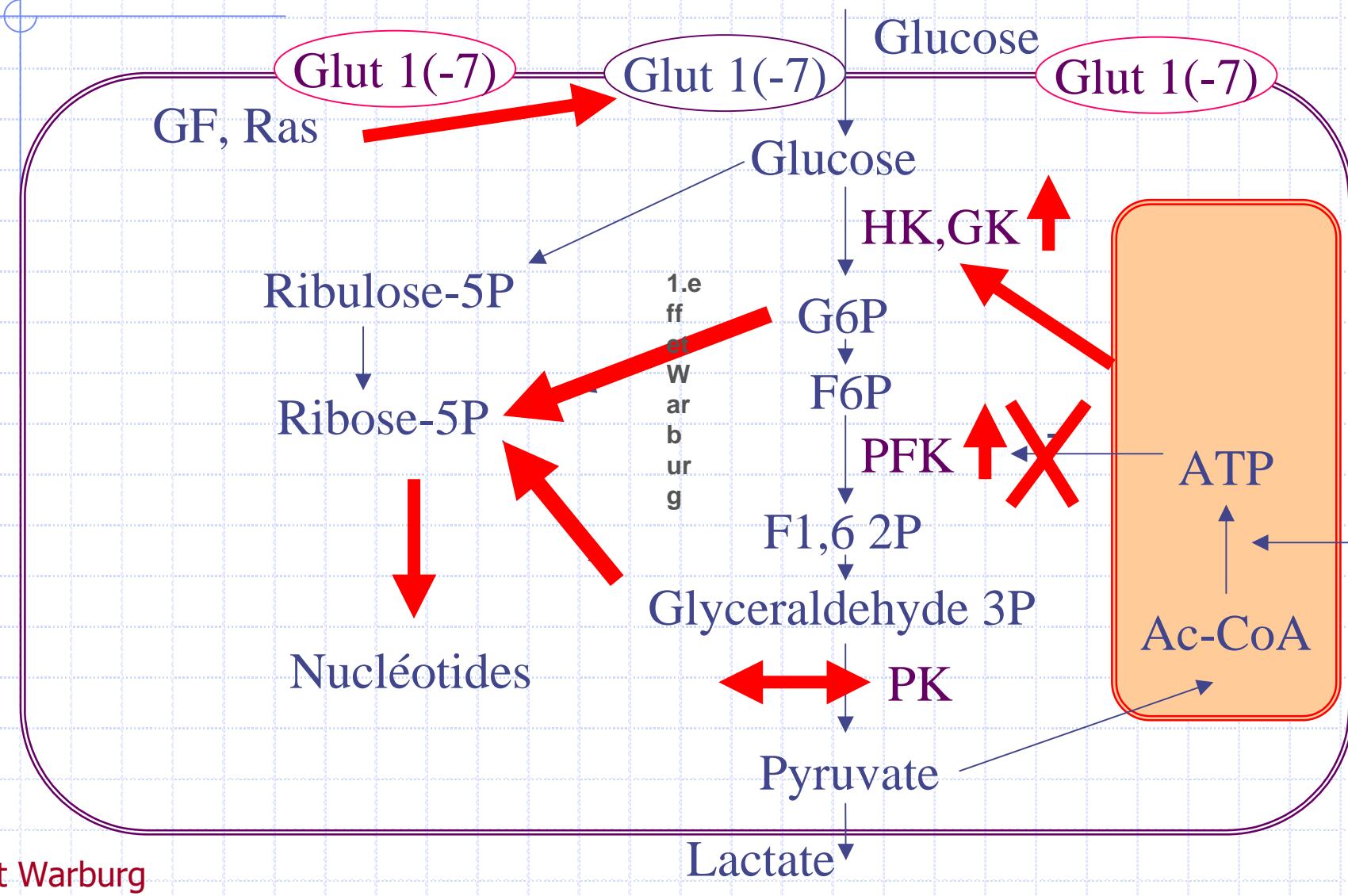
Indications :

**Phéochromocytome
para-gangliome**

CANCERS PEU DIFFÉRENCIES



MÉTABOLISME CELLULAIRE DU GLUCOSE



Effet Warburg

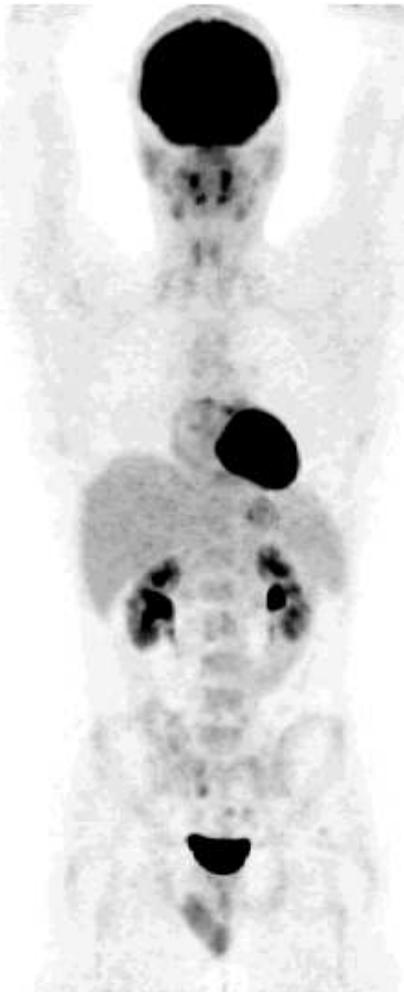
Métabolisme du ^{18}FDG

◆ Hyperfixation en cas de :

- ◆ Cancer
- ◆ Hypoxie
- ◆ Inflammation ou infection
(risque de faux positif)

◆ Risque de faux négatifs si cancer :

- ◆ très différencié
- ◆ pauci-cellulaire
- ◆ infra-centimétriques (volume partiel)



INDICATIONS DE LA TEP ^{18}FDG



Diagnostic, bilan d'extension, suivi de cancers

- ◆ Pleuro-pulmonaires, lymphomes, ORL, mélanome
- ◆ Digestifs, thyroïde, gynécologique, sarcome.
- ◆ Suivi 3 mois après radiothérapie, 3 semaines après chimiothérapie



Cardiologie

- ◆ Viabilité myocardique
- ◆ Perfusion myocardique



Neurologie

- ◆ Epilepsies pharmaco-résistantes
- ◆ Démences



Pathologies infectieuses

- Fièvre prolongée d'origine indéterminée, tuberculose



Pathologies inflammatoires

- Vascularites, sarcoïdose

IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

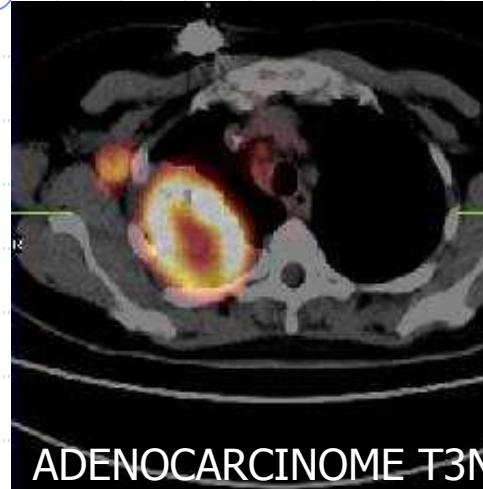
DIAGNOSTIC

THERAPIE

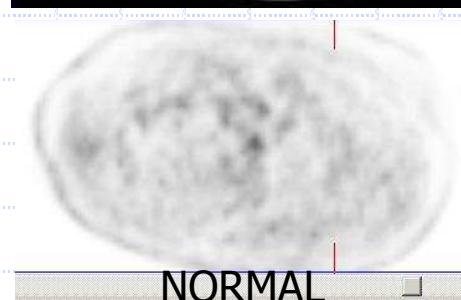
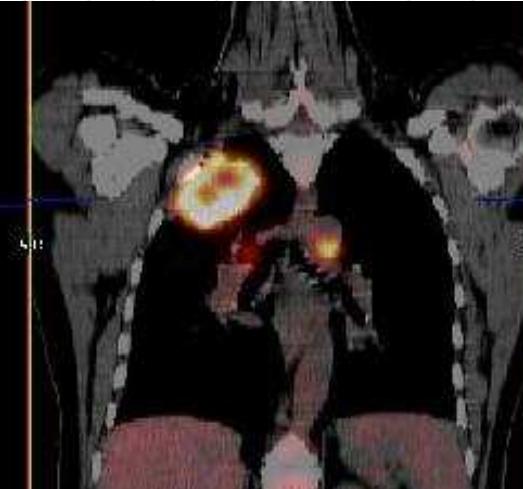
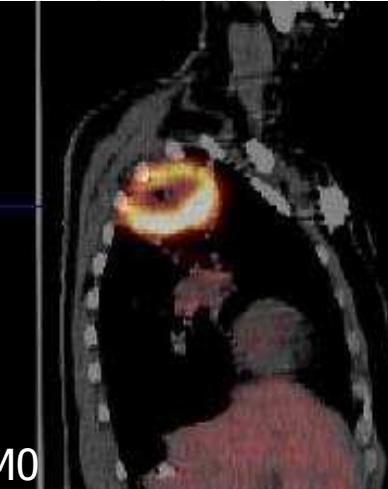
RIA

DOSIMETRIE

EXEMPLES DE TEP ^{18}FDG

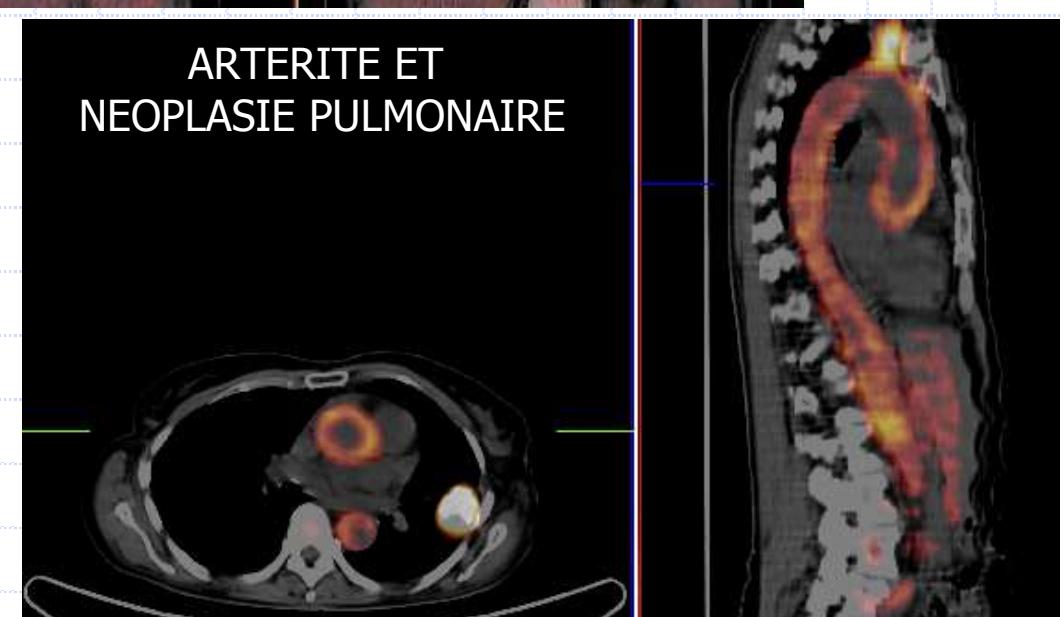


ADENOCARCINOME T3N3M0



NORMAL

ARTERITE ET
NEOPLASIE PULMONAIRE



IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

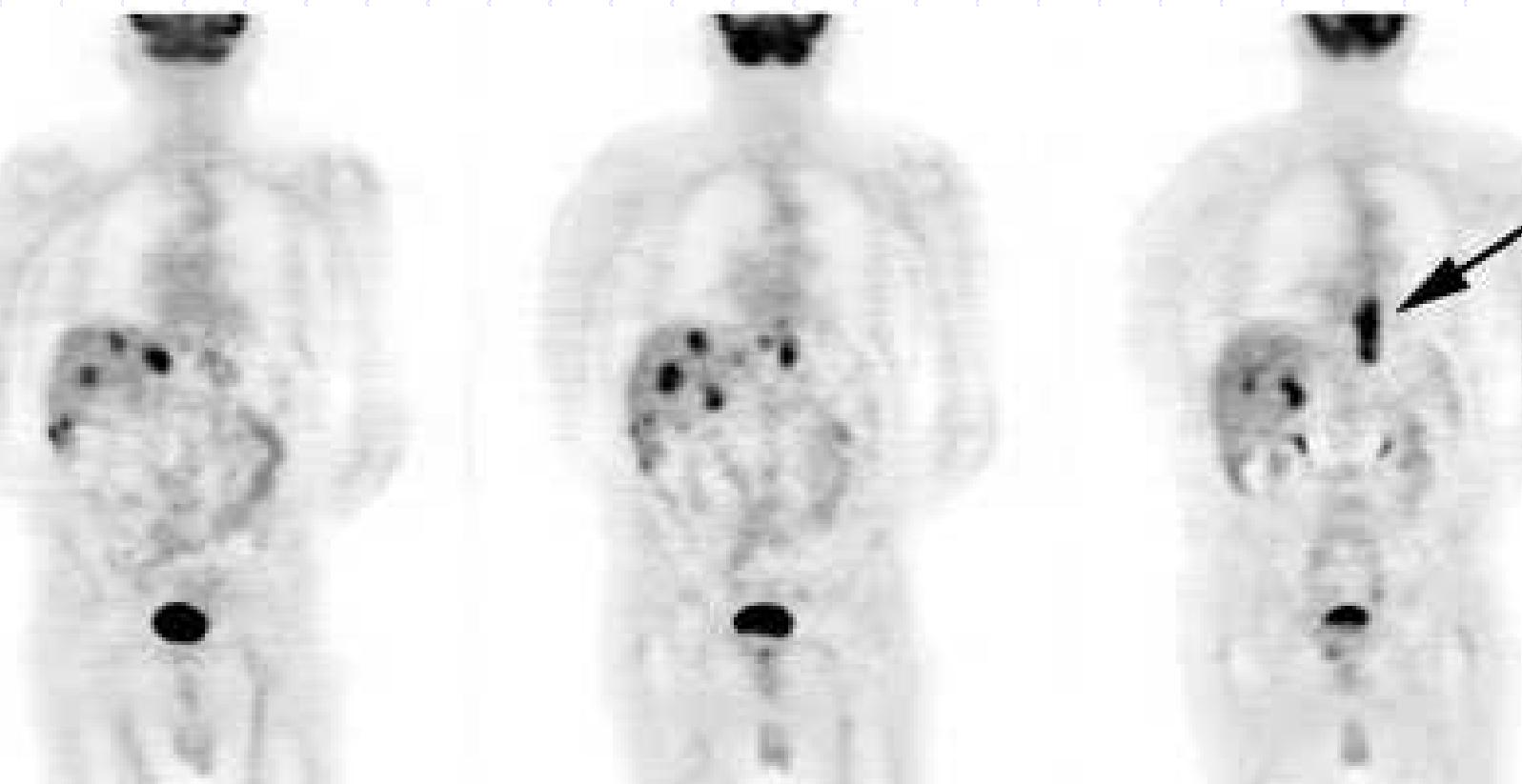
DIAGNOSTIC

THERAPIE

RIA

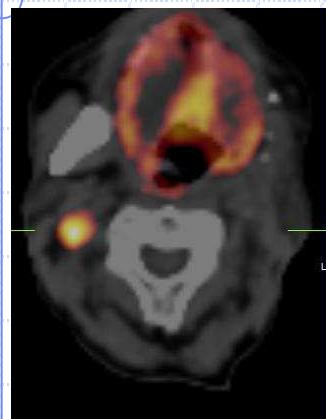
DOSIMETRIE

EXEMPLES DE TEP ^{18}FDG

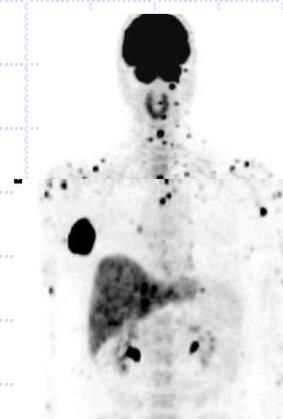
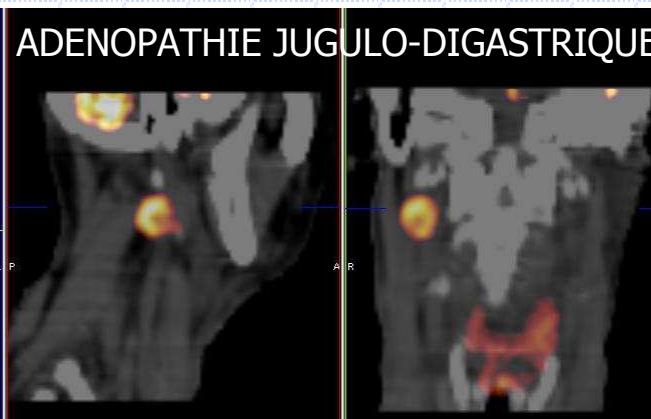


METASTASES HEPATIQUES D'UN CANCER DE L'OESOPHAGE

EXEMPLES DE TEP ^{18}FDG



ADENOPATHIE JUGULO-DIGASTRIQUE



LYMPHOME
DE HODGKIN

NEO LARYNX + ADN + T2N2M0 LSD

MELANOME

IMAGERIE

TRACEURS RADIACTIFS

SCINTIGRAPHIE

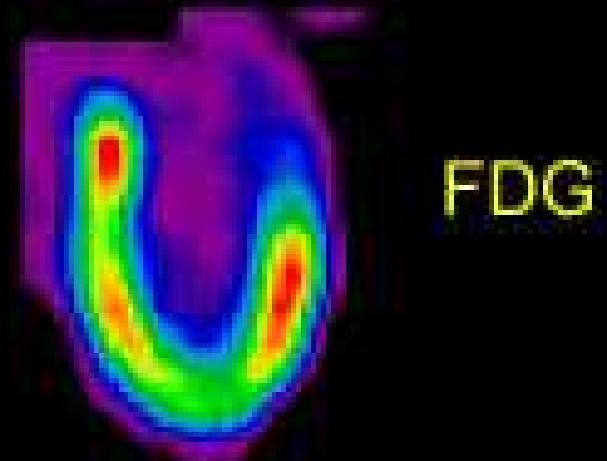
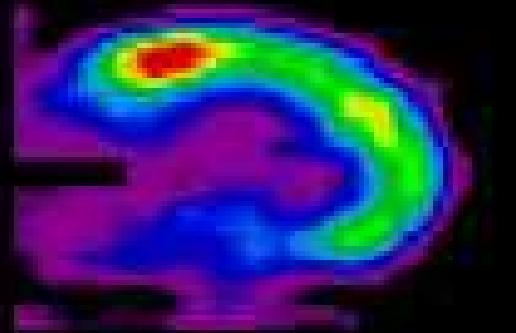
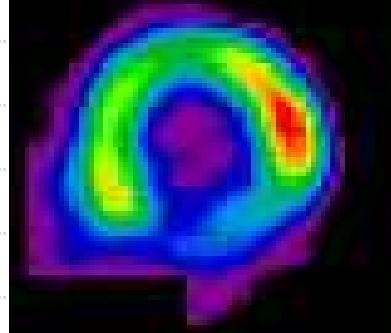
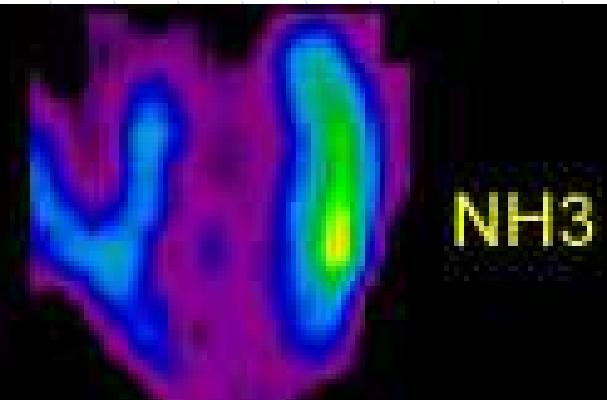
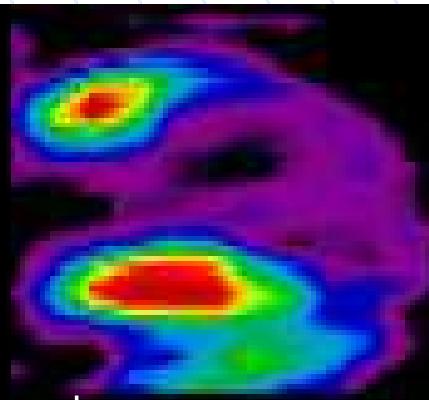
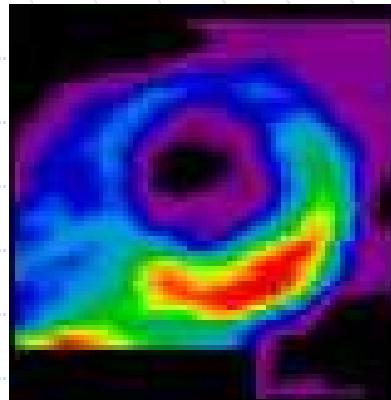
DIAGNOSTIC

THERAPIE

RIA

DOSIMETRIE

EXEMPLES DE TEP ^{18}FDG



ischémie viable

HIBERNATION ANTERO-SEPTO-APICALE

IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

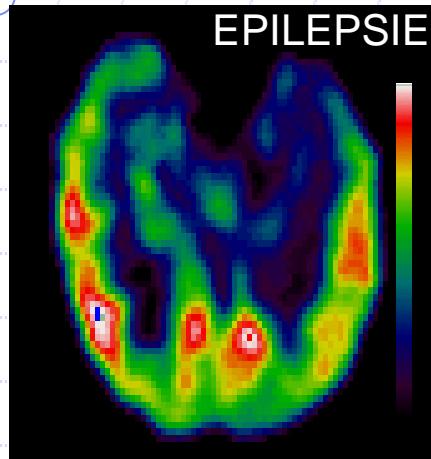
DIAGNOSTIC

THERAPIE

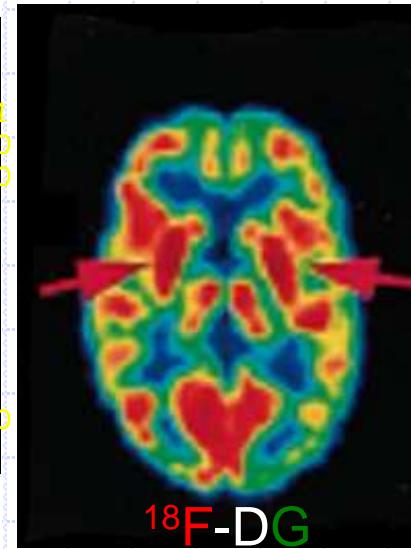
RIA

DOSIMETRIE

EXEMPLES DE TEP ^{18}FDG

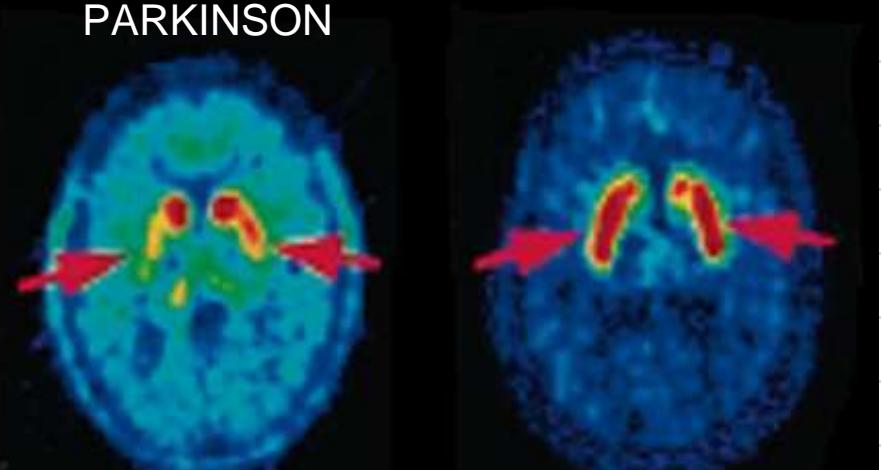


EPILEPSIE



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

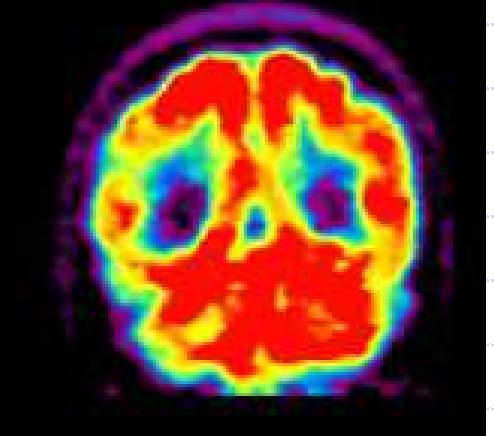
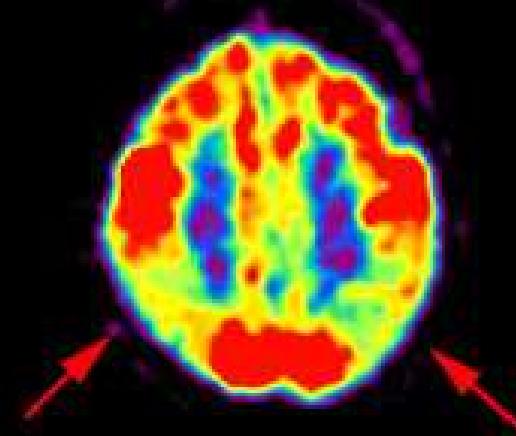
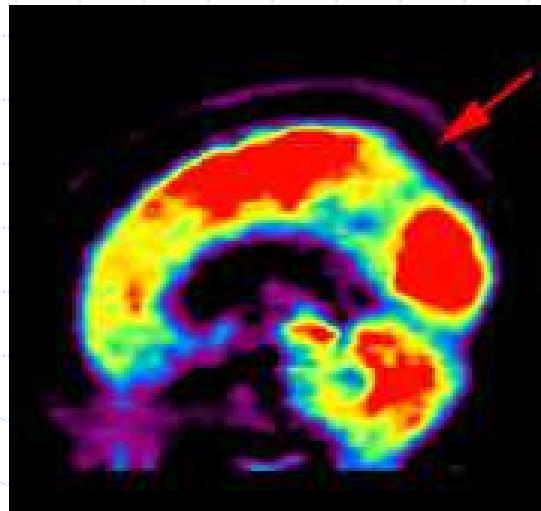
PARKINSON



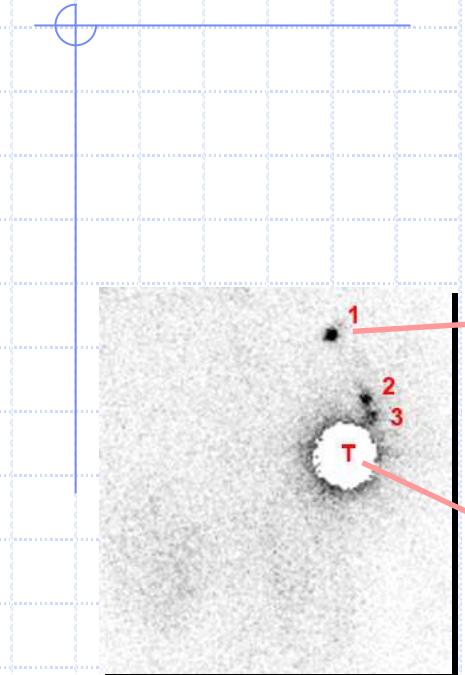
$^{18}\text{F-DOPA}$

$^{18}\text{F-Ethyl-Spiрrone}$

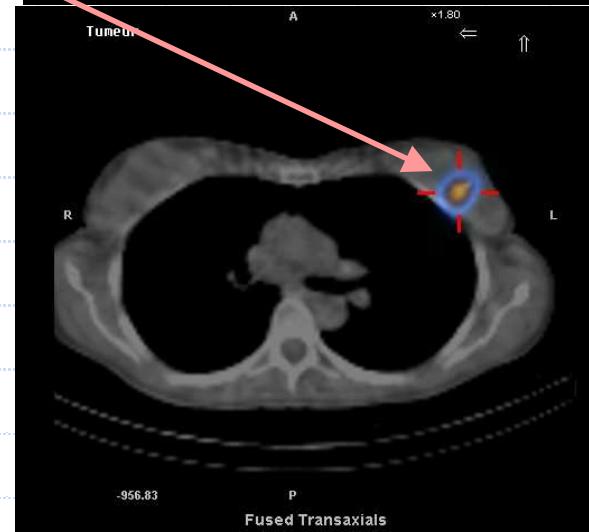
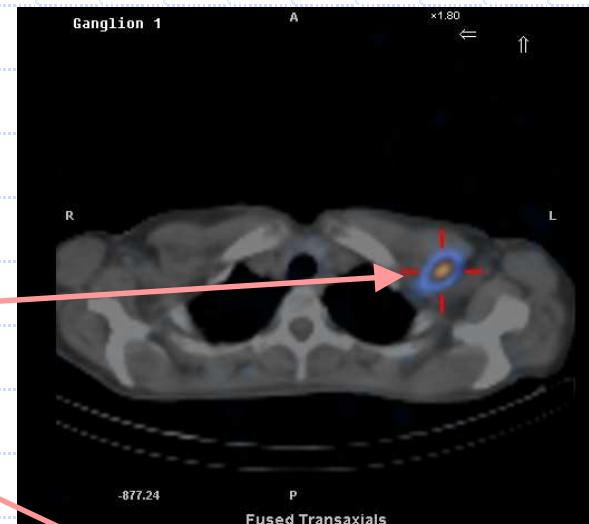
ALZHEIMER



DETECTION PEROPÉRATOIRE



^{99m}Tc -nanocolloïde



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...

IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

DIAGNOSTIC

THERAPIE

RIA

DOSIMETRIE

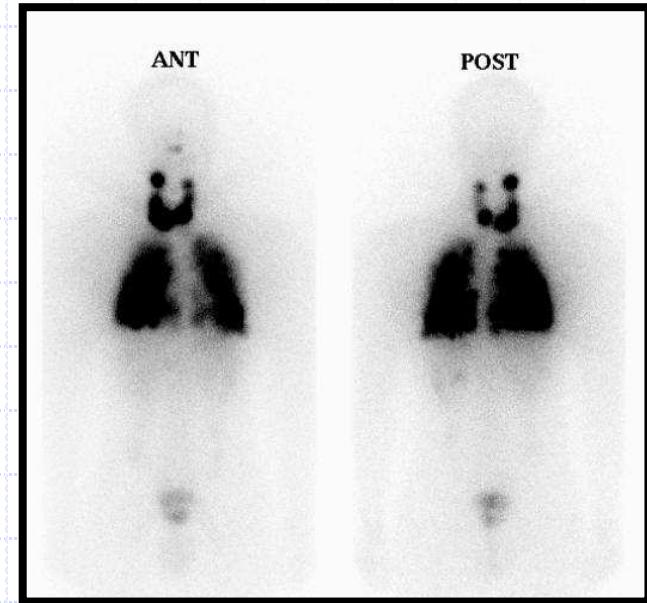
THERAPIE METABOLIQUE

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

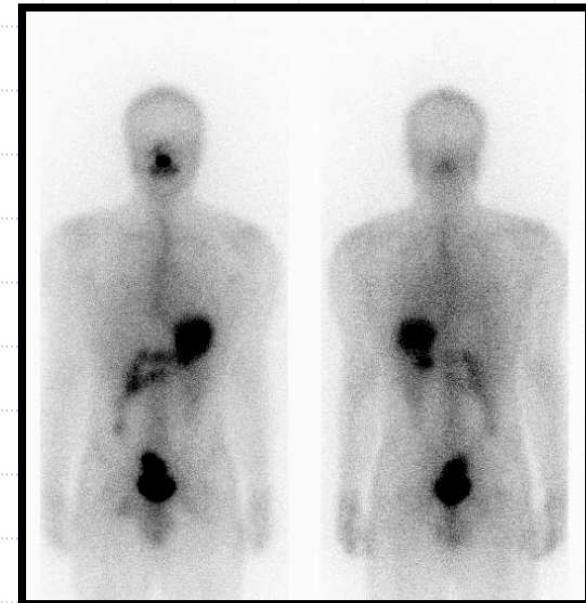
RADIOTHEAPIE METABOLIQUE β^-

❖ Néoplasies thyroïdiennes

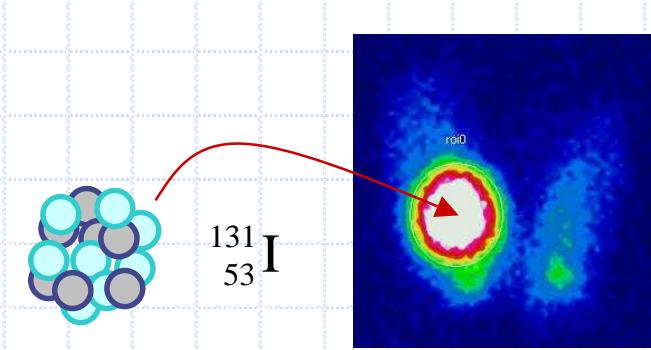
^{131}I
 $_{53}$



^{131}I
 $_{53}$



❖ Hyperthyroidies



RADIOTHEAPIE METABOLIQUE β^-

❖ Synoviorthèses

- ❖ injection intra-articulaire sous scopie
- ❖ irradiation de l'hyperplasie synoviale
- ❖ indications : monoarthrites inflammatoires non aigües
- ❖ 3 radioisotopes β^- : erbium, rhénium et yttrium

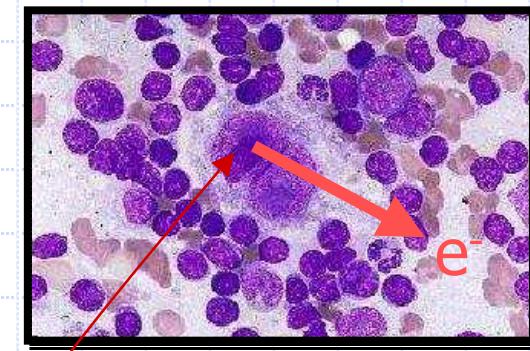
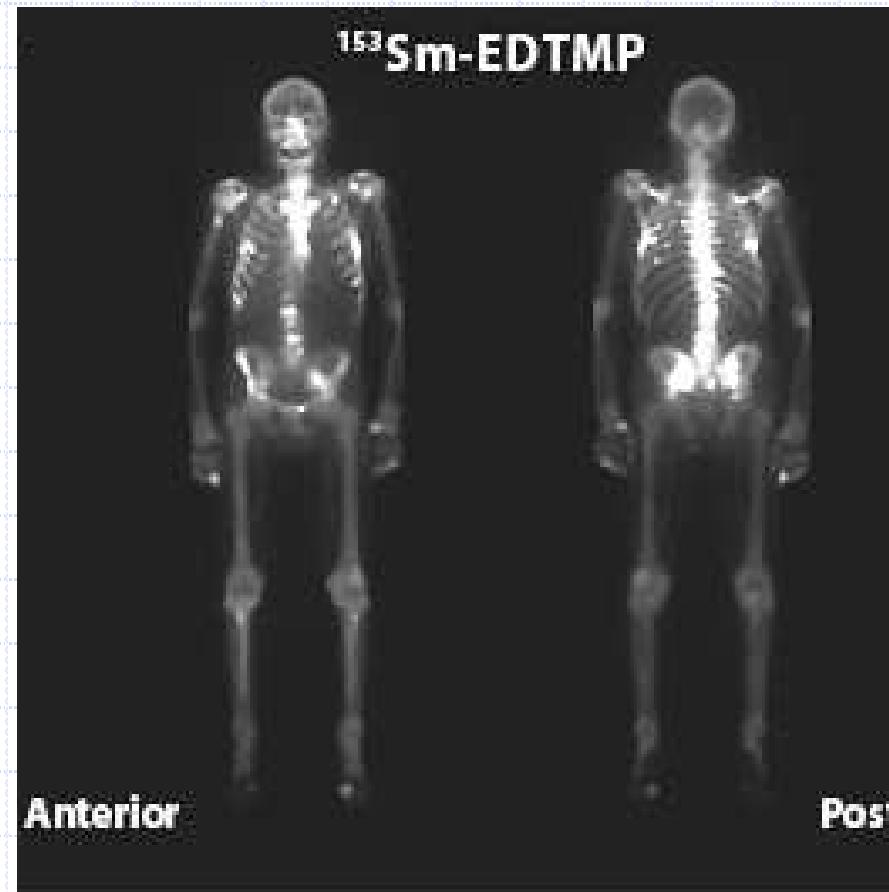
❖ $^{169}_{68}\text{Er}$ (parcours moyen des e^- : 0,5 mm)
❖ doigts

❖ $^{186}_{75}\text{Re}$ (parcours moyen des e^- : 1,0 mm)
❖ épaules, coudes, poignets, chevilles

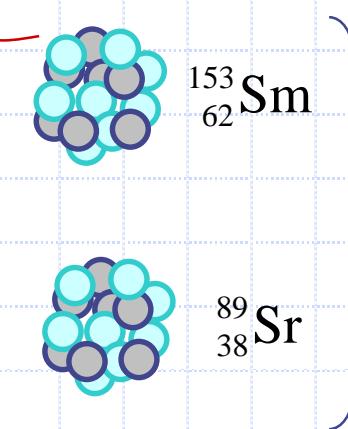
❖ $^{90}_{39}\text{Y}$ (parcours moyen des e^- : 3,5 mm)
❖ hanches, genoux

RADIOTHEAPIE METABOLIQUE β^-

❖ Antalgie de métastases osseuses



Ionisations sur quelques mm



RADIOTHEAPIE METABOLIQUE α

❖ Traitement des métastases de cancers de prostate par le $^{223}_{88}\text{Ra}$ (α)



IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

DIAGNOSTIC

THERAPIE

RIA

DOSIMETRIE

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



IMAGERIE

TRACEURS RADIOACTIFS

SCINTIGRAPHIE

DIAGNOSTIC

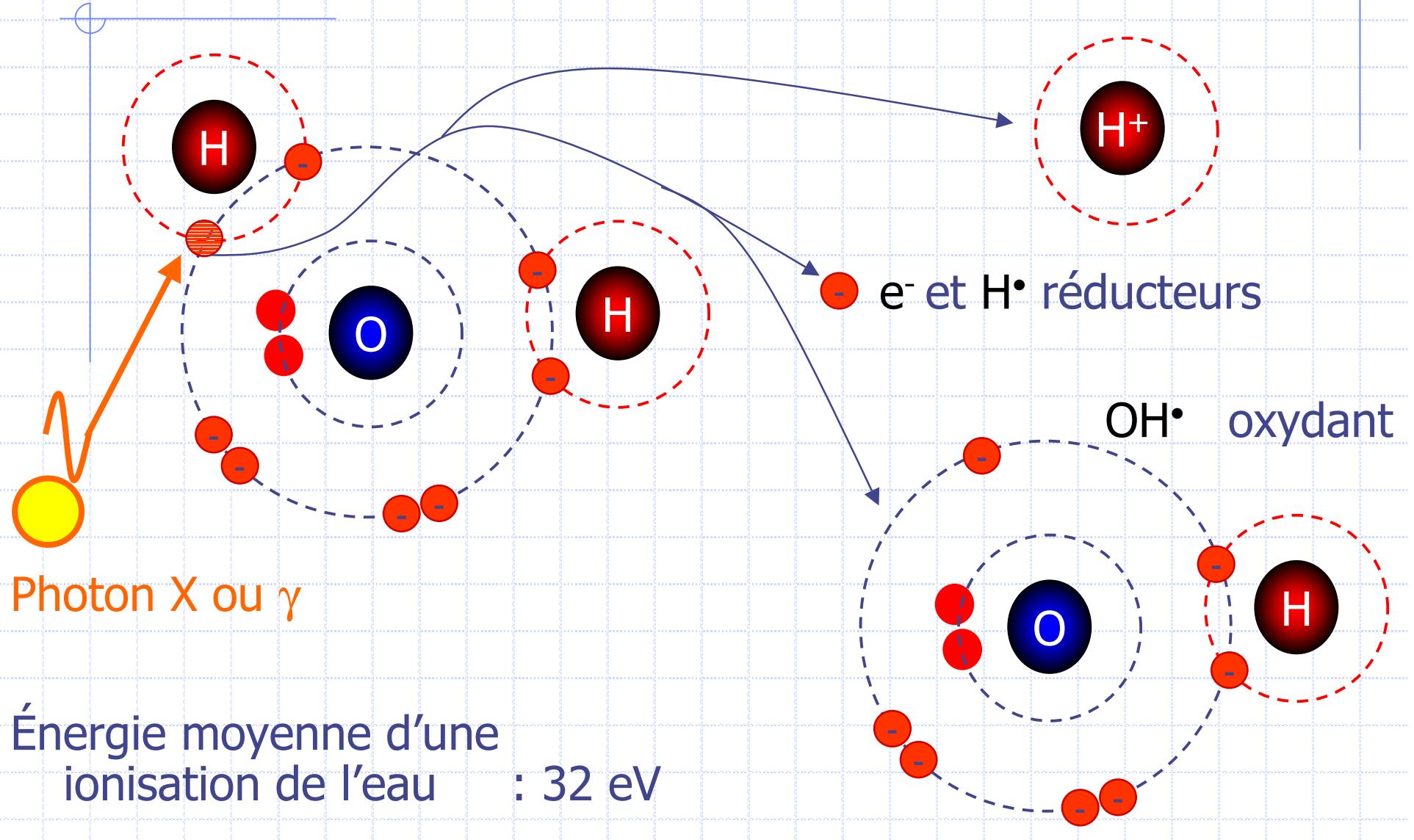
THERAPIE

RIA

DOSIMETRIE

RISQUE DOSIMETRIQUE

RAYONNEMENTS IONISANTS



DOSIMETRIE

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 :

$202 \cdot 10^3$ homme.Sv pour $33 \cdot 10^6$ scintigraphies (5 %)
 $4000 \cdot 10^3$ homme.Sv pour $3600 \cdot 10^6$ 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
UIV	2,5
Déglutition barytée	1,5
TOGD (transit oeso- gastro-duodénal)	3
Transit du grêle	3
Lavement baryté	7
TDM crânienne	2,3
TDM thoracique	8
TDM abdominale ou pelvienne	10
TDM TAP non diagnostique	7

Scintigraphie:	0,3 – 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
Exploration dynamique cardiaque (Tc-99m), MIBG	6
TEP pour crâne (18F-FDG)	5
OCTREOSCAN	12
Thallium, rubidium	20

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 ≈ 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

