



Imagerie scintigraphique

Pr. S.M. MEGHELLI

**Maitre de Conférences A
en Biophysique Médicale
Faculté de médecine de Tlemcen**

Objectifs du cours

- Connaitre les domaines d'applications de la médecine nucléaire
- Comprendre le principe de base de l'imagerie scintigraphique
- Savoir quels sont les médicaments radiopharmaceutiques les plus couramment utilisés en scintigraphie conventionnelle (TEMP) et en tomographie par émission de positons (TEP).
- Connaitre le principe de la TEMP
- Connaitre le principe de la TEP et ses domaines d'applications

PLAN

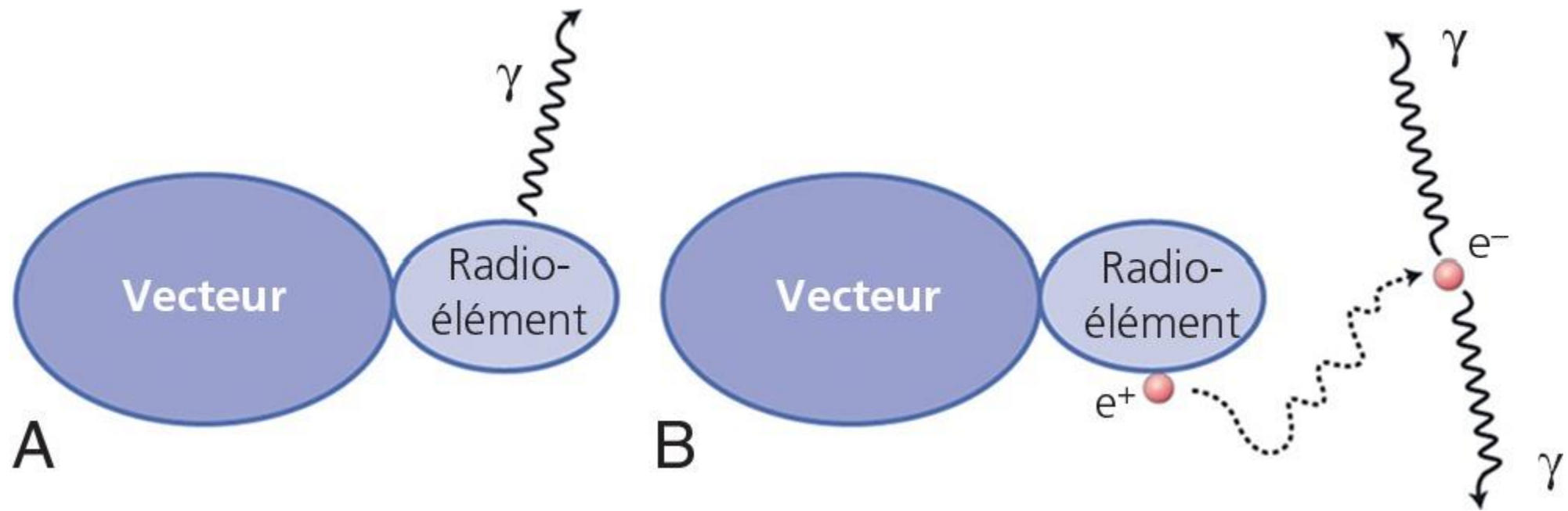
- Introduction à la médecine nucléaire
- Imagerie scintigraphique (isotopique)
- La scintigraphie et la tomographie par émission de simple photon (TEMP) = scintigraphie conventionnelle
- La tomographie par émission de positons (TEP)
- Indications de la TEP

I) Introduction à la médecine nucléaire

- La médecine nucléaire regroupe l'ensemble des applications médicales reposant sur l'administration au patient d'une substance radioactive (radionucléide).
- Elle comprend des **applications diagnostiques** qui se décomposent:
 - En techniques in-vivo (imagerie scintigraphique)
 - En techniques in-vitro (dosages biologiques)
- Des **applications thérapeutiques** (radiothérapie métabolique ou irathérapie par Iode 131 dans le traitement du cancer différencié de la thyroïde).

II) Imagerie scintigraphique (isotopique)

- Les images acquises en médecine nucléaire, en localisant **un médicament radiopharmaceutique (MRP) préalablement administré au patient**, sont le reflet de l'activité moléculaire, métabolique et fonctionnelle spécifique à l'organe étudié.
- La nature du radiopharmaceutique, qui a un statut de médicament, dépend de l'organe étudié.
- **On appelle radiopharmaceutique** la molécule résultant de l'association d'un traceur (vecteur) et d'un atome radioactif, injectable à l'homme ; la molécule est dite "marquée". Ce marquage permet de repérer le devenir du traceur après son incorporation dans le corps et ainsi d'étudier la physiologie des organes

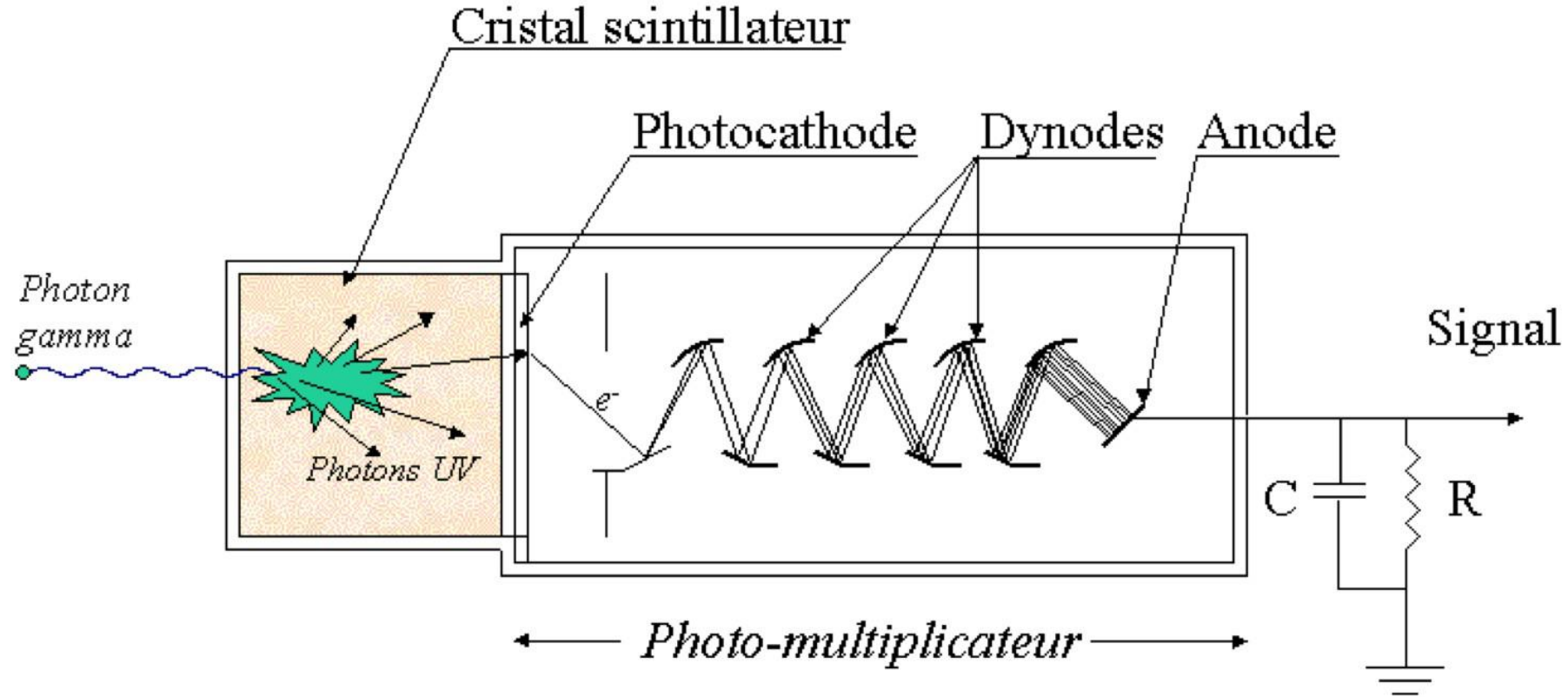


La scintigraphie conventionnelle utilise des émetteurs γ (A) = Tomographie par émission monophotonique (TEMP)
 la TEP utilise des émetteurs de positons qui s'annihilent avec un électron pour émettre une paire de photons γ (B)

- **La scintigraphie** appartient aux techniques **d'imagerie d'émission** (les photons sont émis par le patient), par opposition à l'imagerie de transmission dans laquelle les photons transmis sont ceux qui n'ont pas été absorbés par le patient et qui vont permettre de réaliser les images radiologiques rendant ainsi compte de la densité des milieux traversés.

- Les radionucléides le plus souvent utilisés sont émetteurs de photons gamma (γ) : ces photons traversent l'organisme en interagissant peu avec les tissus avant d'être détectés à l'extérieur du patient.
- La détection repose sur **un phénomène de scintillation** (détecteur à scintillation), on parle de scintigraphie pour désigner l'imagerie effectuée en médecine nucléaire.
- On peut aussi utiliser des émetteurs β^+ qui donnent secondairement naissance à des photons γ (principe de la tomographie par émission de positons: TEP)

Principe de base du détecteur à scintillation



Le passage d'un rayonnement incident dans un matériau scintillant (NaI (Tl), permet la production et l'émission de la lumière visible ou UV (les photons de luminescence ou scintillation) Le photomultiplicateur (PM) convertit la lumière de scintillation en signal électrique.

Les principaux Isotopes utilisés en imagerie nucléaire en TEMP et TEP

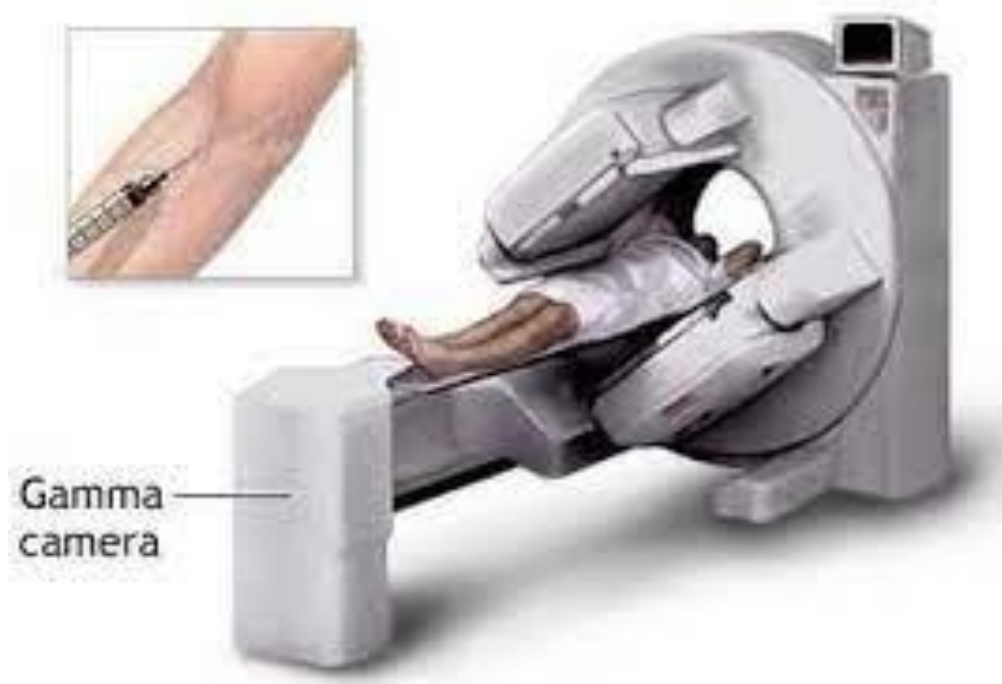
Isotope	Energie	Période
Emetteurs de photons γ (TEMP)		
Technétium 99m (le plus utilisé en TEMP)	140 keV	6 heures
Iode 123	159 keV	13 heures
Thallium 201	71 keV	73 heures
Emetteurs de positons β^+ (TEP)		
Oxygène 15	511 keV	2 minutes
Azote 13	511 keV	10 minutes
Carbone 11	511 keV	20 minutes
Fluor 18 (le plus utilisé en TEP)	511 keV	110 minutes
Brome 76	511 keV	978 minutes

III) La scintigraphie et la tomographie par émission de simple photon (TEMP) = scintigraphie conventionnelle

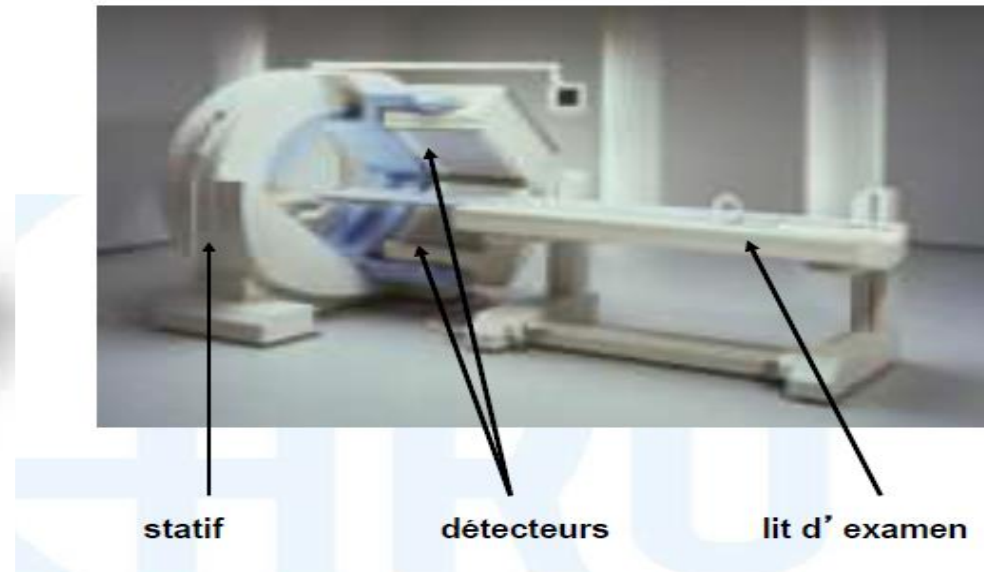
- Pour réaliser une scintigraphie monophotonique (SPECT de l'anglais : Single photon emission computed tomography), une petite quantité de traceur radioactif est injectée au patient.
- Ce traceur se distribue dans l'ensemble du corps grâce à la circulation sanguine, puis s'accumule progressivement dans les organes qui le métabolisent.
- Il se fixe spécifiquement sur l'organe que l'on cherche à analyser.
- La désintégration des radio-isotopes produit des rayonnements dans toutes les directions, les photons émis sont récoltés par une gamma-caméra (Caméra d'Anger) qui peut tourner autour du patient.

1957

H. Anger, ingénieur et biophysicien américain, invente la première gamma-caméra de scintigraphie, produisant des images du fonctionnement des organes.



GAMMA CAMERA



RADIO-ISOTOPES ÉMETTEURS DE PHOTONS GAMMA UNIQUES

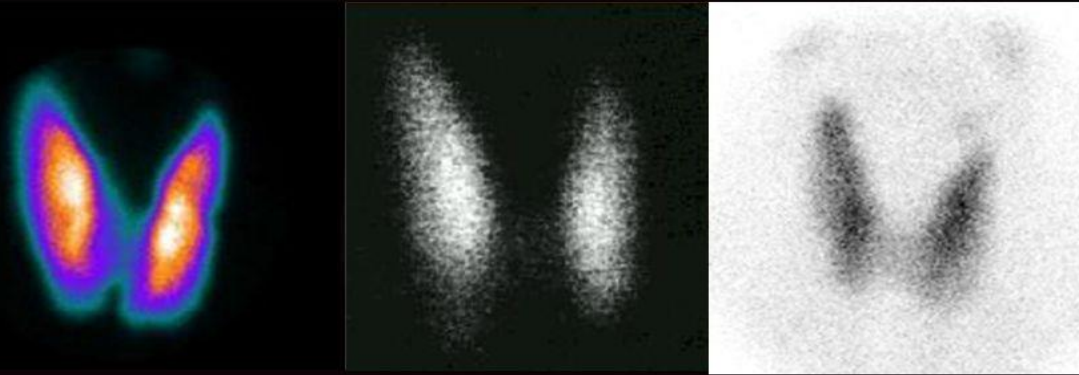
isotope	$^{99}\text{Tc}^m$	^{111}In	^{123}I	^{133}Xe	^{201}Tl
période	6,01 h	67,31 h	13,21 h	125,86 h	72,98 h

Exemples d'examens scintigraphiques (TEMP)

Scintigraphie thyroïdienne

■ Thyroïde normale

- Deux lobes symétriques, homogènes, séparés par un isthme plus ou moins fixant

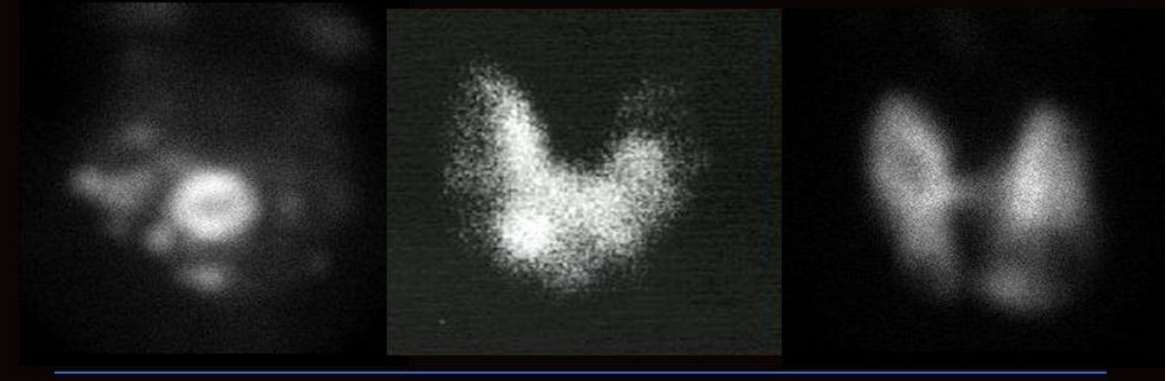


Scintigraphie thyroïdienne

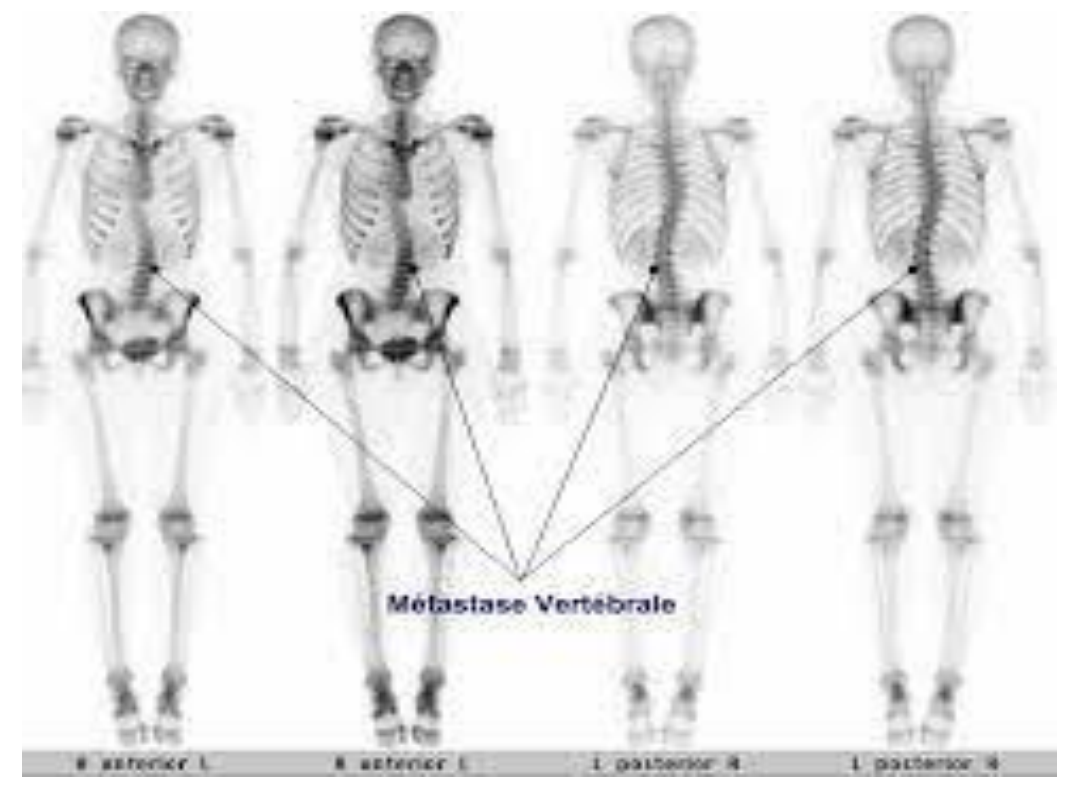
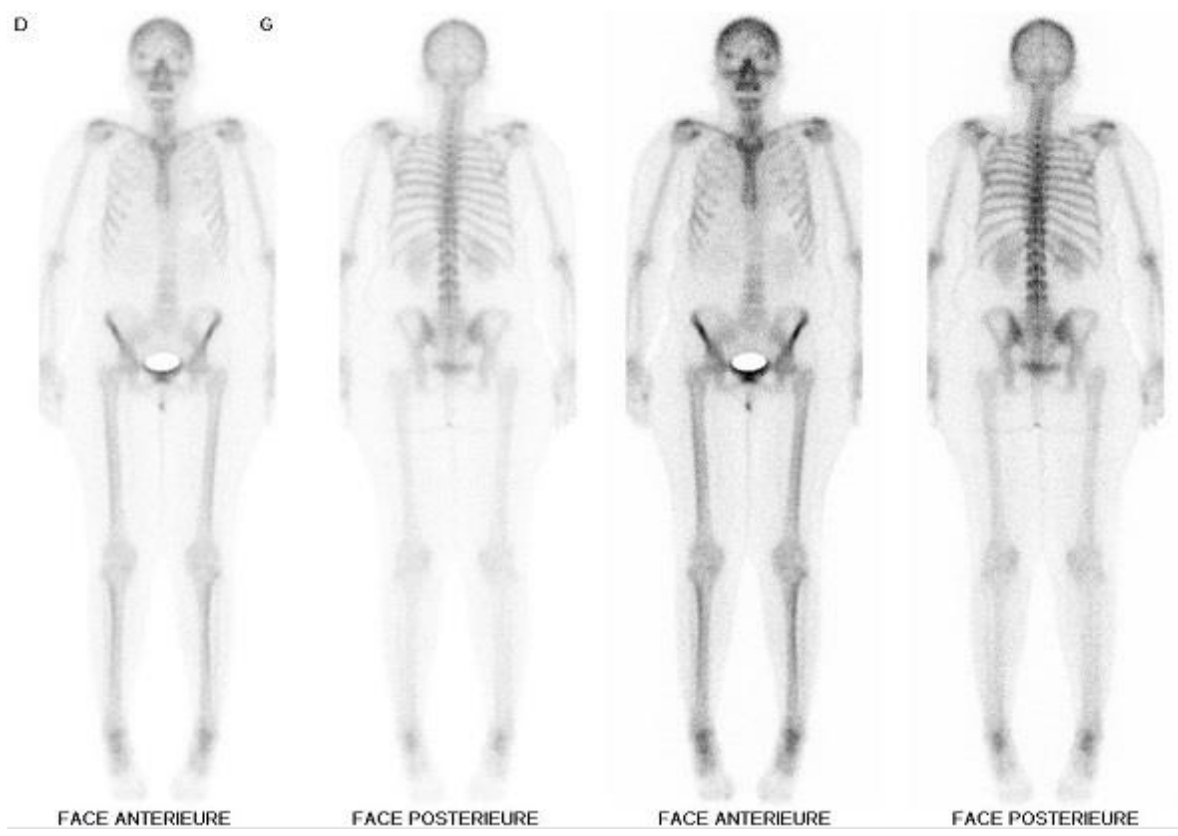
2) *Goitre*

■ Goitre Multinodulaire

- Augmentation du volume thyroïdien association nodules chauds et froids



SCINTIGRAPHIE OSSEUSE



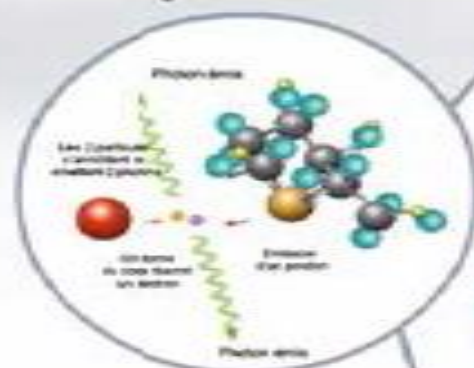
IV) La tomographie par émission de positons (TEP)

- Les examens de tomographie par émission de positons (TEP) utilisent principalement le fluor 18 et le carbone 11.
- Les positons émis se combinent avec des électrons environnants et s'annihilent en émettant deux photons dans des directions diamétralement opposées.
- Une couronne de détecteurs, situés de part et d'autre de la région cible, captent ces photons.
- Après traitement informatique, les paires de photons détectées, pendant un intervalle de temps donné, permettent de reconstruire les images de la zone explorée, par "tranches" de quelques millimètres d'épaisseur.

La Tomographie par émission de positons



L'ordinateur va calculer l'endroit exact où a eu lieu l'annihilation. C'est le traitement informatique des données qui va permettre de reconstituer une image 2D ou 3D.



Le traceur radioactif Fluor 18 émet des positons qui s'annihilent avec les électrons environnant. Cette réaction émet deux photons qui partent dans des directions diamétralement opposées.



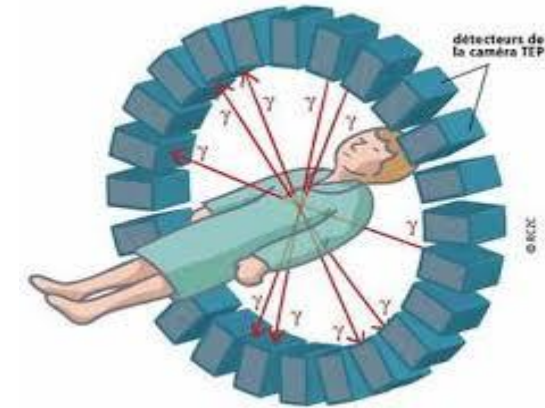
Production d'un isotope radioactif (Fluor 18) incorporé au glucose puis administré au patient

Le Fluor 18 est un substitut du glucose consommé en grande quantité par les cellules cancéreuses. Le marquage au Fluor 18 va permettre de visualiser les zones où est assimilé ce sucre.

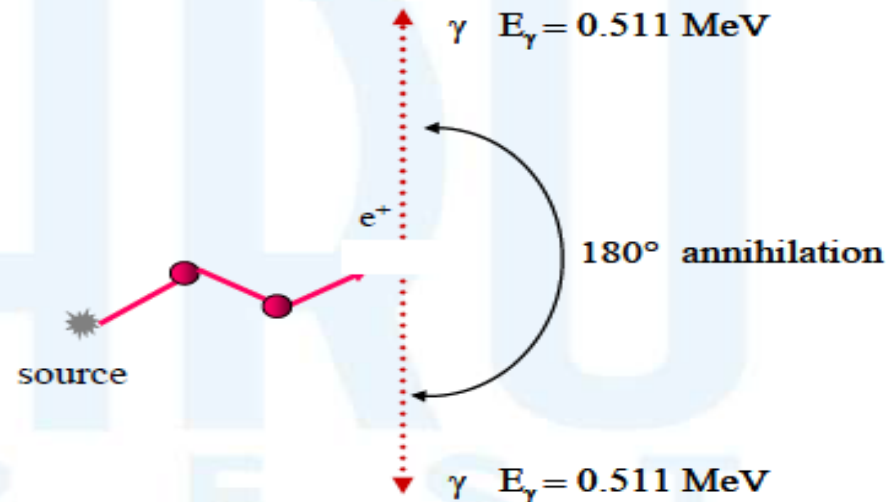


Principe

- Emission d'un positon (l'anti-particule de l'électron)
- Parcours de 1 à 3 millimètres dans la matière
- Rencontre un électron : réaction d'annihilation
- 2 photons de 511keV émis à 180°



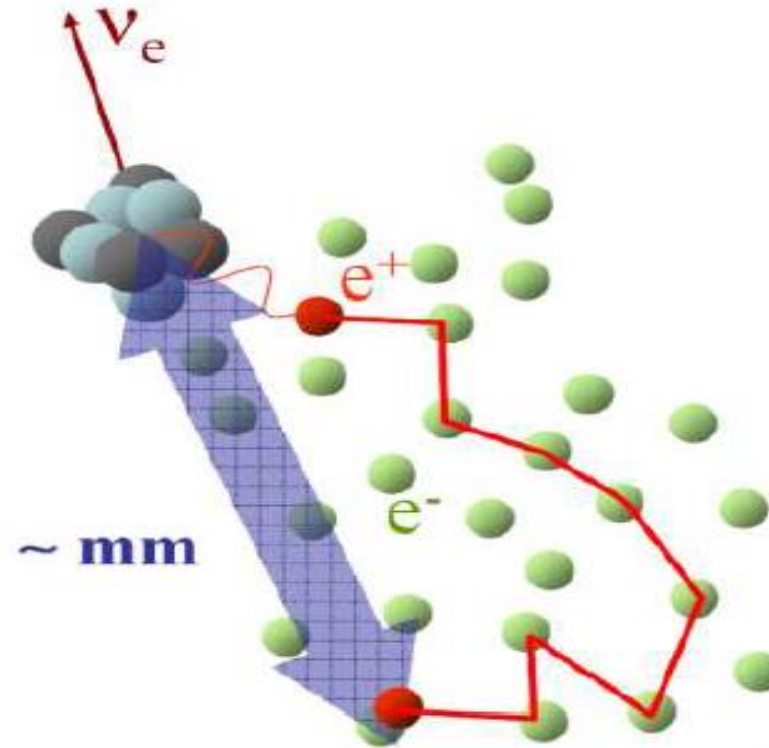
Principe de la TEP : détection simultanée (en coïncidence) de ces deux photons.



Principe

Le positon, en traversant de la matière, va perdre toute son **énergie cinétique** par une succession de collisions ionisantes.

	Énergie cinétique moyenne [keV]	Parcours moyen dans l'eau [mm]
^{18}F	250	0,6
^{11}C	386	1,1
^{13}N	492	1,5
^{15}O	735	~2,5
^{82}Rb	1418	~4,7



V) Indications de la TEP

- La TEP est la technique d'imagerie de référence aujourd'hui en oncologie, elle permet d'étudier les différents métabolismes des glucides, des acides gras et des acides aminés.
- Sa bonne sensibilité permet de détecter des tumeurs de petite taille et l'exploration peut être menée sur le corps entier.
- Toutefois, de par la nature moléculaire et fonctionnelle de la TEP, ces images contiennent très peu de repères anatomiques.

- Aussi, depuis les années 2000, des équipements multimodaux sont conçus, associant un scanner TEP avec une technique d'imagerie ayant une meilleure résolution spatiale comme les rayons X ou l'IRM.
- La détection des foyers cancéreux, métastases incluses, exploite le fait que les tumeurs consomment beaucoup de glucose pour se développer.
- Ce qui explique que le radiopharmaceutique le plus utilisé pour localiser les foyers cancéreux soit le fluorodésoxyglucose (^{18}F -FDG) un analogue du glucose marqué au fluor 18.

- Une fois la tumeur détectée, les images TEP permettent de la suivre avant, pendant et après traitement, et donc de changer ou d'adapter celui-ci en fonction de son évolution.
- Les indications de ce radiotraceur concernent les cancers pulmonaires, les mélanomes, les cancers du tube digestif, de la zone ORL et du sein.



- ✦ Haut : Examen TEP. En oncologie, l'acquisition des images peut durer de 30 minutes, à plusieurs heures lorsque le corps entier est examiné, pour la recherche de métastases par exemple.
- Bas : Examen TEP lors d'un bilan d'extension.