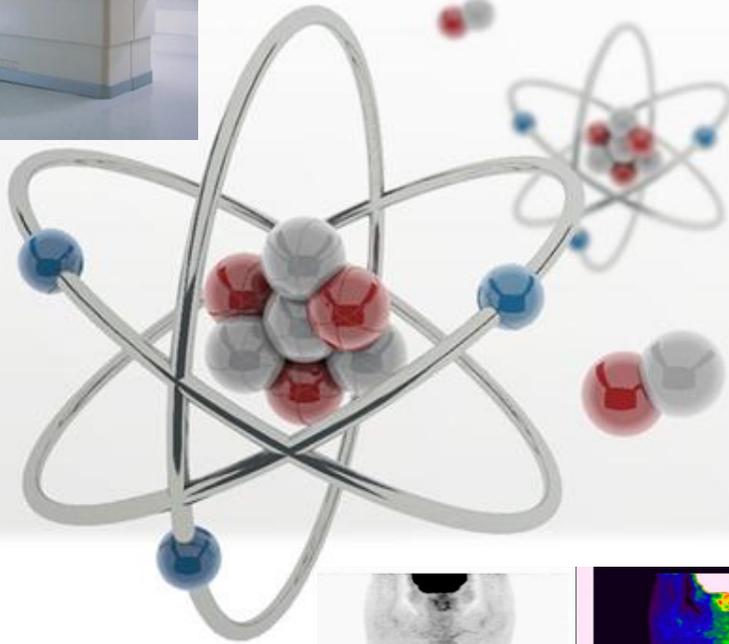


Physique appliquée: Science Radiologie et imagerie
Laboratoire LAAR

*Analyse spectrale du
faisceau de positon avec
un organe humain :
PET*



Presenté par:

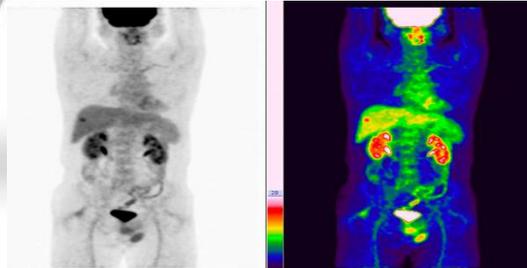
▪ *Ikram MEDJADJI*

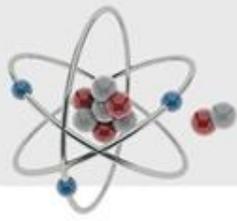
Encadré par les Professeurs:

Anis Samy DIB

Dan MIHAILESCU

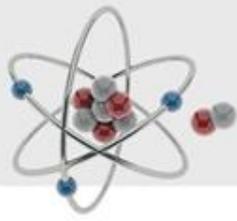
Liviu STANISOR





Plan

- La tomographie d'émission
- L'imagerie TEP/CT
- Produits radiopharmaceutiques
- Phénomènes physiques affectant le signal PET
- Partie Expérimentale
- Conclusion

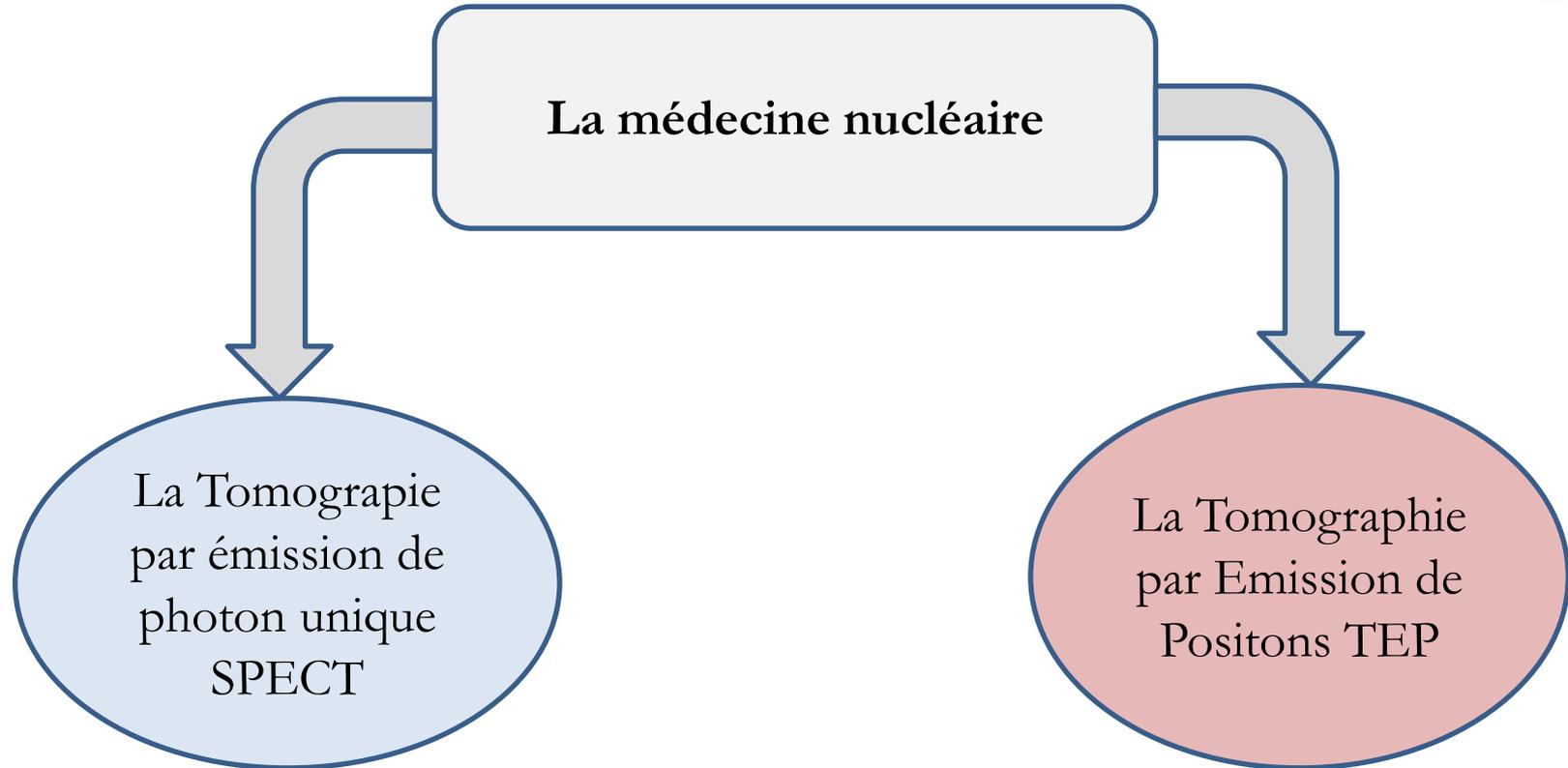
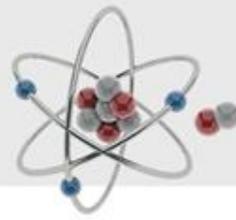


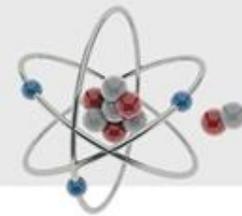
Objectif

L'objectif principal consisté en la réalisation en médecine nucléaire, pour

- ✓ assister l'étude et le développement de systèmes d'imagerie
- ✓ optimiser leur exploitation et contribuer à l'analyse de leurs données expérimentales et à les à reproduire et les interpréter sous forme images à des spectres correspond à l'intensité lumineuse des photons obtenu par l'annihilation du positon.
- ✓ convertir ces images à des courbes et de voir l'activité pour chaque organe.
- ✓ Les mesures permettent de différencier entre un spectre d'un organe qui a une tumeur et un organe sain.

La médecine nucléaire





~Il ya 15 ans ...

TIME
MARCH 16, 2003

INVENTORS & INVENTIONS

INVENTIONS

INVENTORS **1+1=3**
As always plus back, the
sum of inventions is
greater than the parts
BY JAMES HANCOCK

INVENTIONS

OF THE YEAR

INSIDE VIEW: A FIRST

THE PROCESS OF INVENTION IS AN ENDLESS CHAIN OF ACTIVITY that has little respect for the calendar. But in an effort to celebrate what has become a litany of industrial and scientific creativity around the world, the editors of TIME have looked the creative achievements of the year 2002 into a freeze-frame and selected three Inventions of the Year. They are from the areas of **CONSUMER TECHNOLOGY, MEDICAL SCIENCE** and **BASIC INDUSTRY**.

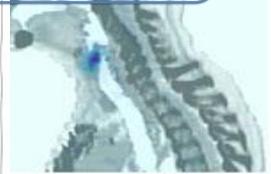
We define an invention as something new, created by human ingenuity. It is not discovery of a natural phenomenon that already exists. It is not merely a product of convergent, technology's latest buzz word, used to describe the combining of existing technologies. Yet as our first two choices illustrate, the art of making two or more technologies work together often requires a new invention—**even if it is just a complex line of computer code.**

The course of invention, from concept to commercial use, almost always runs over many years, so we limited our list of candidates to products that have become available to their ultimate users during the substantial year 2002. Many of these were granted patents several or more years ago. Some fascinating products that we already demonstrably successful nonetheless missed the cut because they won't reach consumers until early 2003. Because the jolt from our survey was far more than these three inventions, we are including a gallery featuring dozens of other products, devices and ideas. Some are science in their infancy, some are just fun. Most are available now, but others are still just a few steps short of making their debut.

Which is all the more reason for us to do this again next year.

—By **Berett Scamozzi**

Image SNM de l'année



University of Pittsburgh Medical Center

PET/CT scanner



BASIC SCIENCE INVESTIGATIONS

A Combined PET/CT Scanner for Clinical Oncology

Thomas Bejar, David W. Townsend, Tony Brusa, Paul E. Kinahan, Maria Charrin, Raymond Kubik, Jeff Arns, John Young, Larry Bryan, and Ronald Post

PET Facility and Division of Nuclear Medicine, Department of Radiology, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania; PET PET Systems, Knoxville; and Biostat Consulting, Oak Ridge, Tennessee

The availability of accurately aligned, whole-body anatomical (CT) and functional (PET) images could have a significant impact on diagnosing and staging malignant disease and on identifying and locating metastases. Computer algorithms to align CT and PET images acquired on different scanners are generally successful for the brain, whereas image alignment in other regions of the body is more problematic. **Methods:** A combined PET/CT tomograph with the unique capability of acquiring accurately aligned functional and anatomical images for any part of the human body

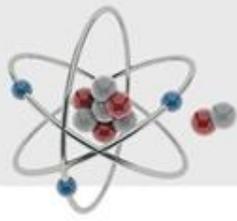
anatomical-based modalities, such as x-ray CT and MR. Malignant cells have increased facilitated glucose transport and upregulation of hexokinase activity, and hence tumors can be identified by regions of increased glucose utilization (1). The PET tracer FDG, a glucose analog, is used to image glucose metabolism in patients. Focal areas of abnormally increased FDG uptake are considered suspicious for malignant disease, particularly so metabolic changes often precede the morphological changes associated with disease (2).

Invention de l'année

JNM Outstanding Basic Science paper 2000

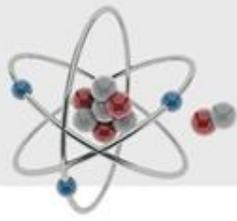
PET / CT est une évolution technique qui a conduit à une révolution médicale (Johannes Czernin, UCLA, 2003)

Problème !!

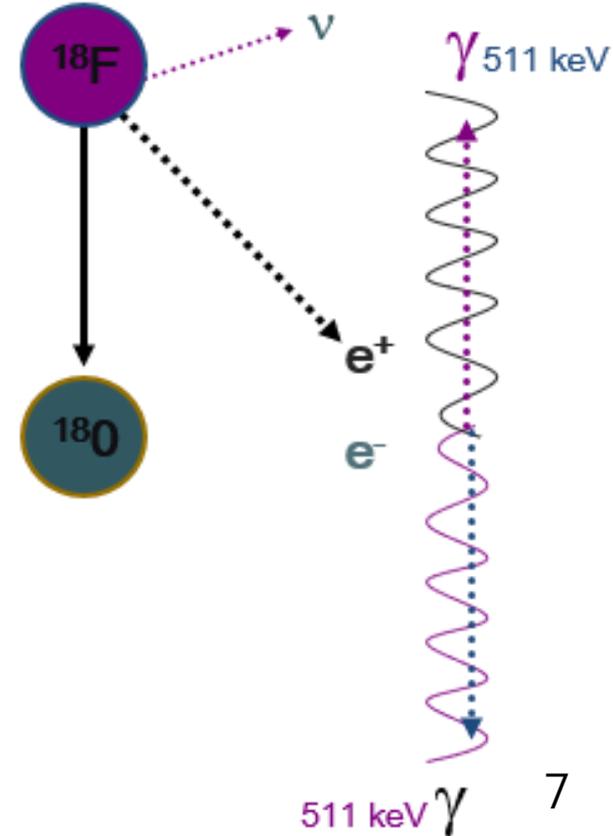


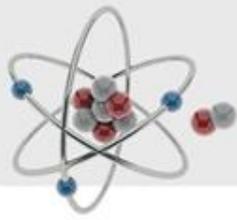
comment peut-on augmenter leurs durées de vie ?

La désintégration des bêta plus



- Noyau portée des protons
- Le proton est transformé en neutron
- Emission de positron et de neutrino
- ^{18}F à ^{18}O
- Positron vit seulement quelques ms
- Annihilation de la matière
- Interaction de l'électron et du positron
- Rayons gamma
- 2 quanta E - 511 keV
- Une énergie unique
- Angle 180°





Cyclotron

❑ Accélérateur de particules chargé.

❑ Accélère les p
ent de l'énerg



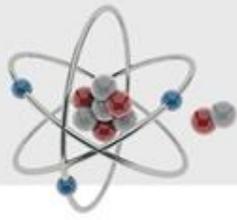
le et ces particules gagn

❑ Les particules
bées par le no

ériau cible et sont absor
rentes espèces.

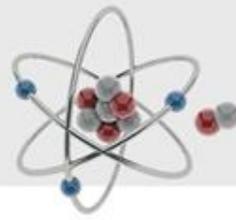
❑ Par exemple, un proton d'hydrogène, lorsqu'il frappe $^{18}_6\text{O}$ -eau le convertit en fluorure-18F avec émission d'un neutron d'autres particules subatomiques in significantes pour équilibrer l'équilibre énergétique.

Les traceurs



- ❑ Les radio-isotopes utilisés dans les scanners TEP sont des isotopes du carbone, de l'azote, de l'oxygène, du gallium et du ^{18}F utilisés comme substitut de l'hydrogène.
- ❑ Seules les formes radioactives d'éléments naturels qui traverseront votre corps en toute sécurité et seront détectées par le scanner.
- ❑ Le type de scanner utilisé dépend de ce que votre médecin veut mesurer. Par exemple, si votre médecin examine la tumeur, il pourrait utiliser du glucose radiomarqué (FDG) et observer comment il est métabolisé par la tumeur.

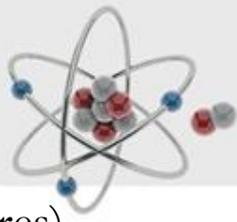
Produits radiopharmaceutiques



- ◆ **18F temps de demi vie 110 min**
 - ◆ 18FDG – fluorodeoxyglucose
 - ◆ 18FLT – fluorothymidine
 - ◆ Na18F
 - ◆ 18F-Estradiol, 18F-methionin, 18F-DOPA, 18F-cholin
- ◆ **68Ga temps de demi vie 68 min**
 - ◆ DOTA derivatives
 - ◆ somatostatine analoga
- ◆ **11C temps de demi vie 20 min**
 - ◆ 11C-acetate, 11C-cholin
- ◆ **13N (9 min), 15O (123 s), 82Rb (78 s)**



Les atouts et limites de la médecine nucléaire

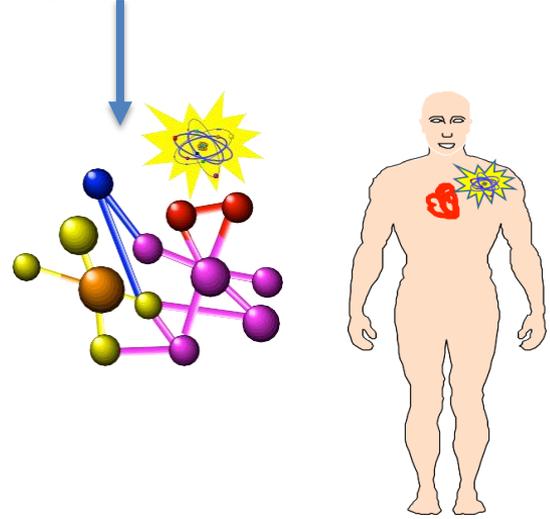
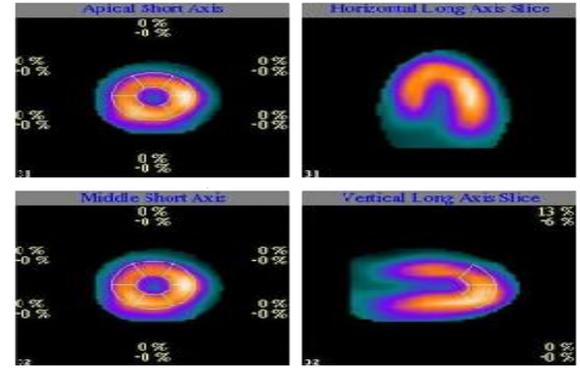
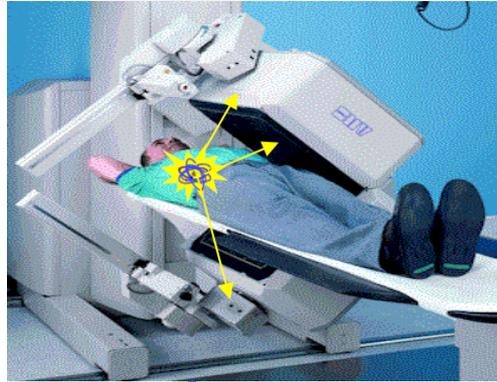
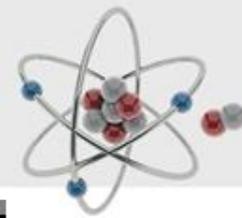


- Pas de limite théorique au concept de traceurs (pharmacophores)
- Sensibilité inégalée par les autres modalités (nano à pico molaire)



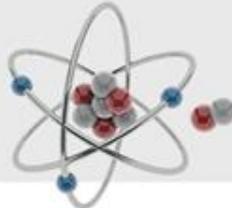
- Législation liée à l'usage de la radioactivité
- Pas de contrôle du marqueur non fixé à sa cible

La tomographie d'émission

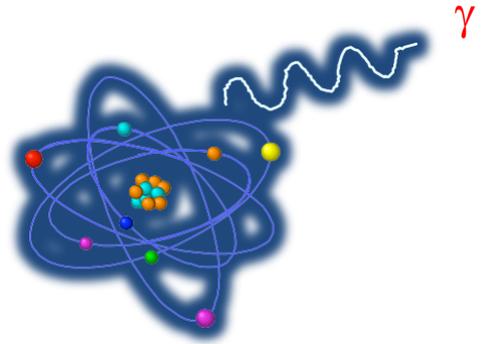


perfusion métabolisme fonction
récepteurs transporteurs
anticorps

Deux types de tomographie d'émission

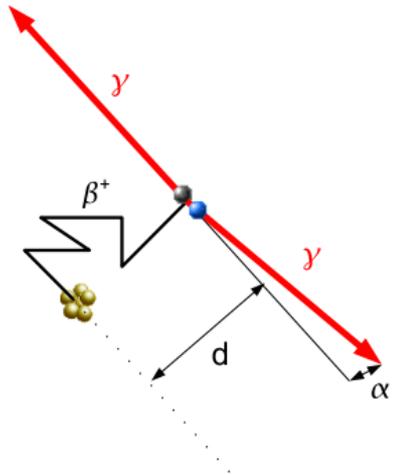


SPECT ou TEMP

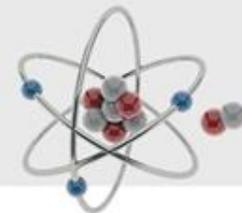


70 keV à 365 keV

PET ou TEP

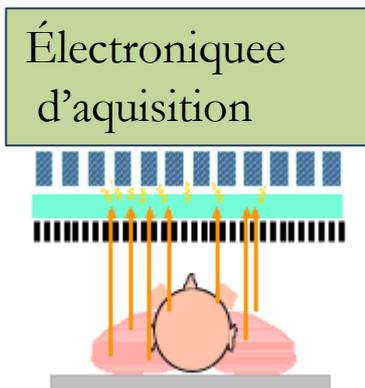


511 keV



Deux principes de détection

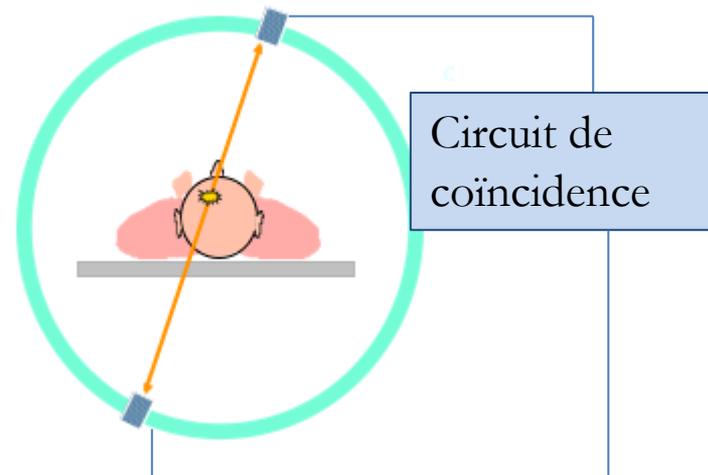
SPECT ou TEMP



Efficacité géométrique $\sim 0,01\%$

Résolution spatiale imposée par le collimateur :
 ~ 10 mm

PET ou TEP

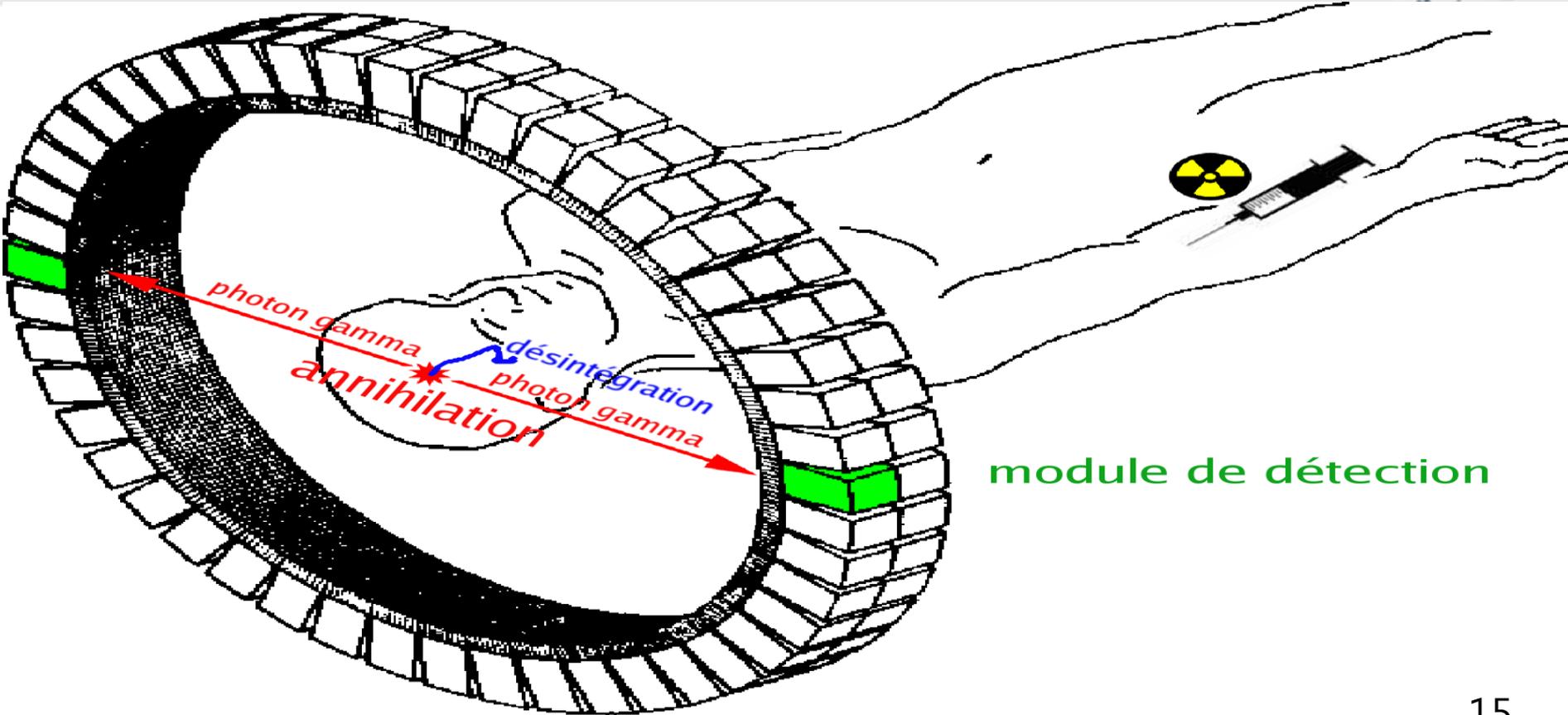
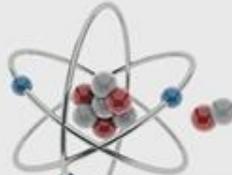


Efficacité géométrique $\sim 1\%$

Résolution spatiale limitée par le parcours du positon et taille des cristaux détecteurs : ~ 4 mm

Imagerie TEP

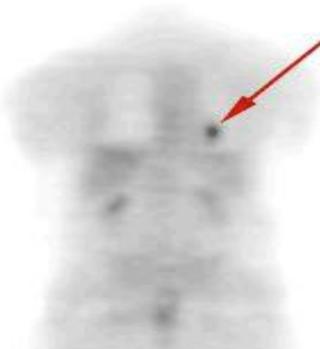
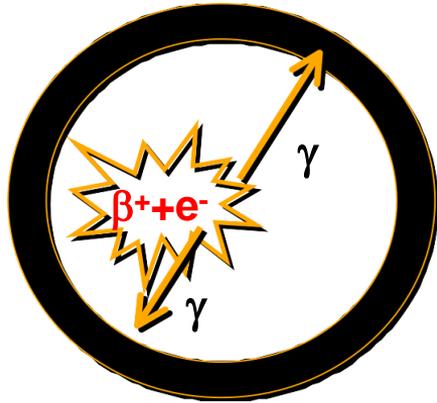
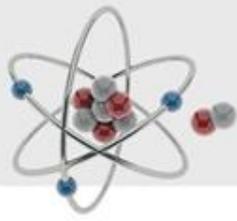
Principes physiques de la TEP



couronne de détection

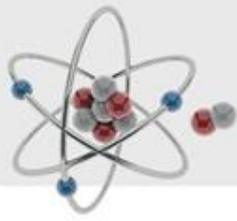
module de détection

Formation des images PET: détection des coïncidences



1. Émission de β^+
2. Annihilation avec un e^- e^+ émission de 2 photons γ à 180°
3. Détection des lignes de réponse formées par les paires de photons γ
4. Reconstruction tomographique à partir des lignes de réponse détectées, estimation de la distribution volumique du radiotracer dans l'organisme.

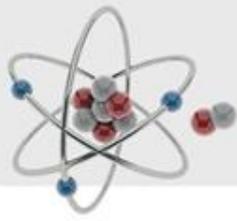
les usages du TEP



- ✓ Détecter le cancer
- ✓ Déterminer si un cancer s'est propagé dans le corps.
- ✓ Évaluer l'efficacité d'un plan de traitement, tel que le traitement du cancer.
- ✓ Déterminer si un cancer est revenu après le traitement.
- ✓ Déterminer le flux sanguin vers le muscle cardiaque.
- ✓ Évaluer les anomalies du cerveau, telles que les tumeurs, les troubles de la mémoire et les convulsions et autres troubles du système nerveux central.
- ✓ Pour cartographier la fonction normale du cerveau et du cœur humain.

Imagerie TEP/TDM (PET/CT)

Imagerie multi-modalité et fusion



Scanner à rayons X (TDM) et scanner TEP avec un seul lit d'examen

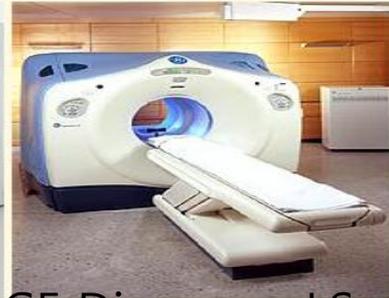
- ✓ Pour détecter la structure et la fonction simultanément.
- ✓ Plus de détails avec un plus haut niveau de précision; parce que les deux balayages sont effectués en même temps sans que le patient doive changer de position, il y a moins de place pour l'erreur.
- ✓ Plus de commodité pour le patient qui subit deux examens (CT & PET) en une seule séance, plutôt qu'à deux moments différents.



Philips GEMINI

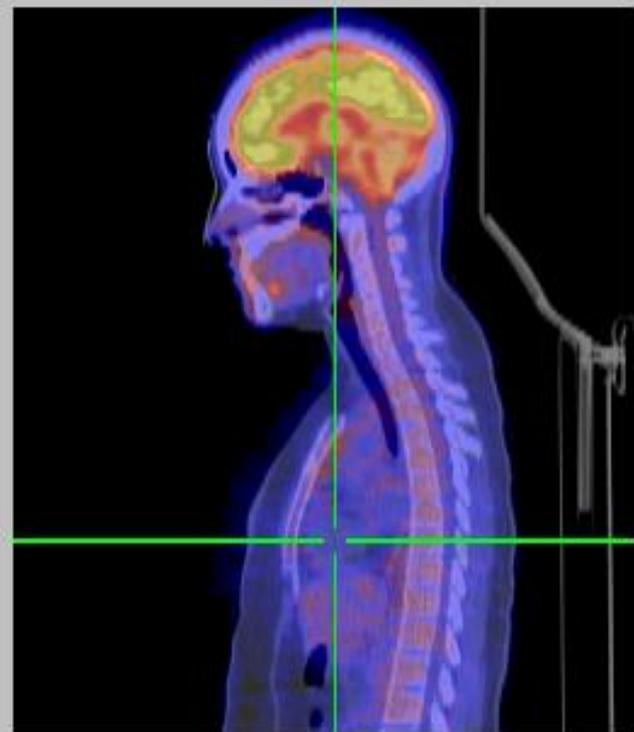
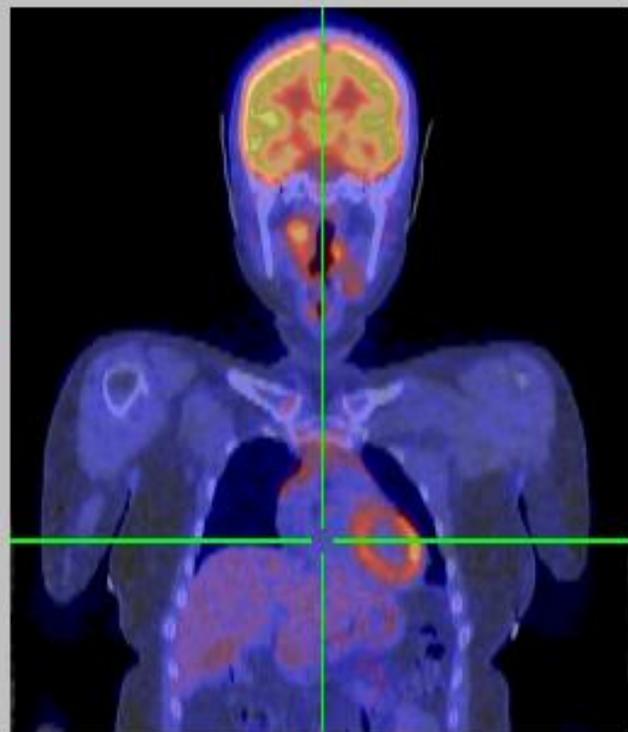
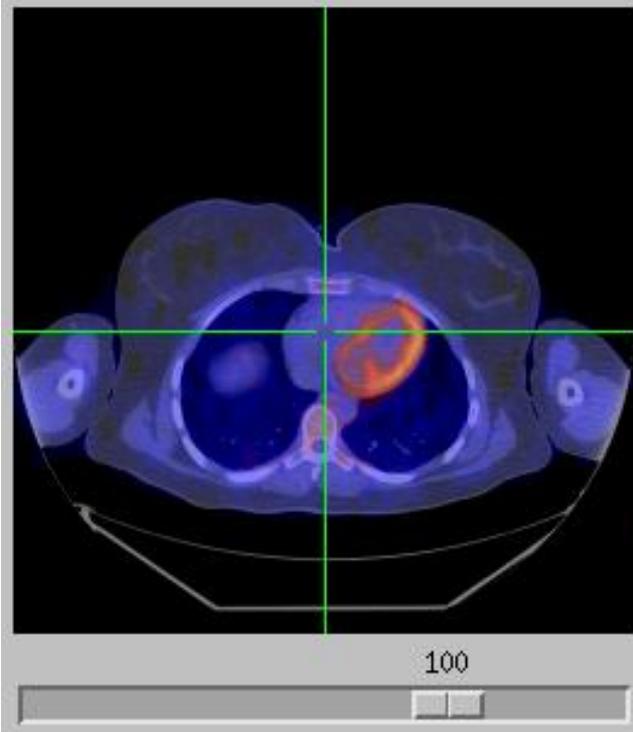
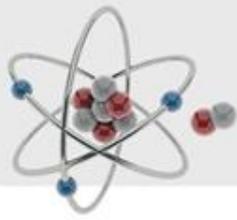


Siemens Biograph



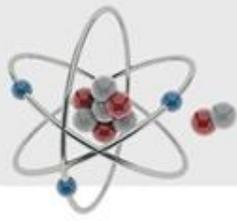
GE Discovery LS

Fusion TEP/TDM



TDM TEP

Le scanner PET/CT

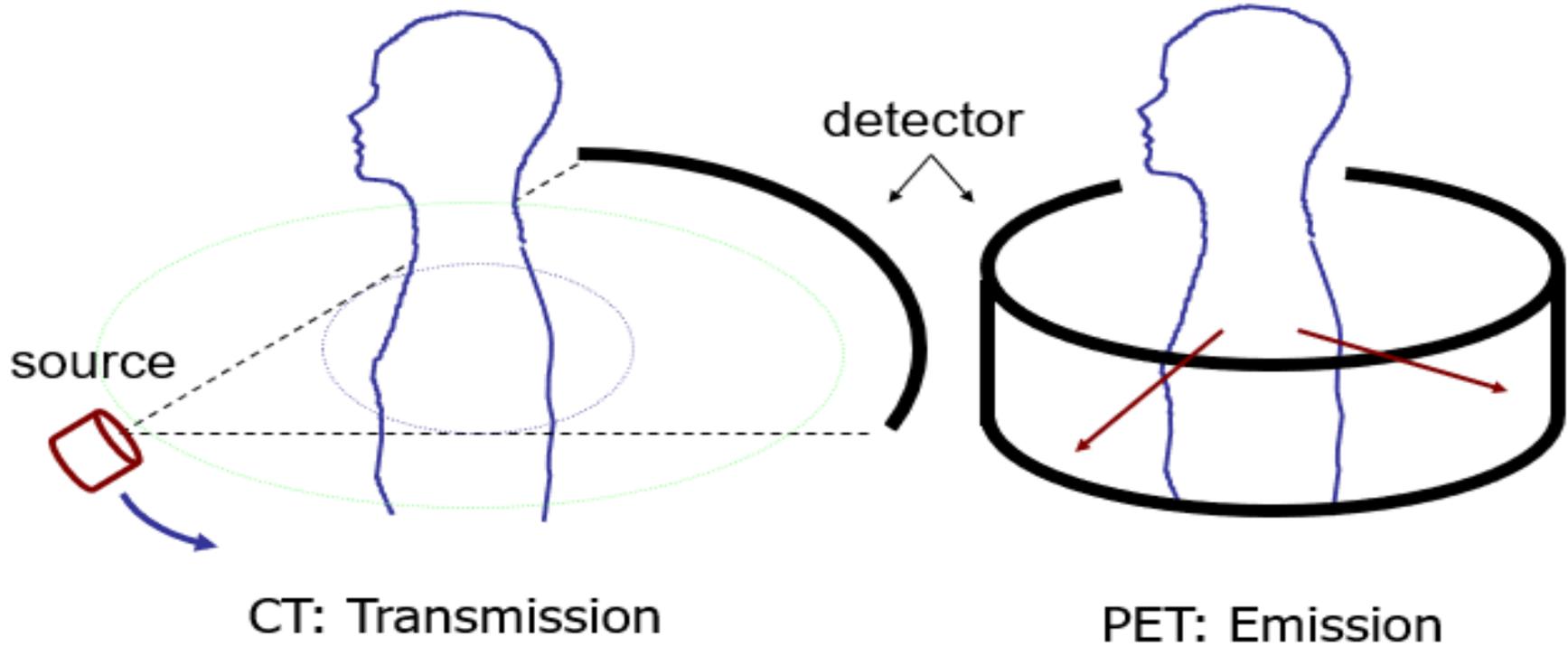


L'unité de CT

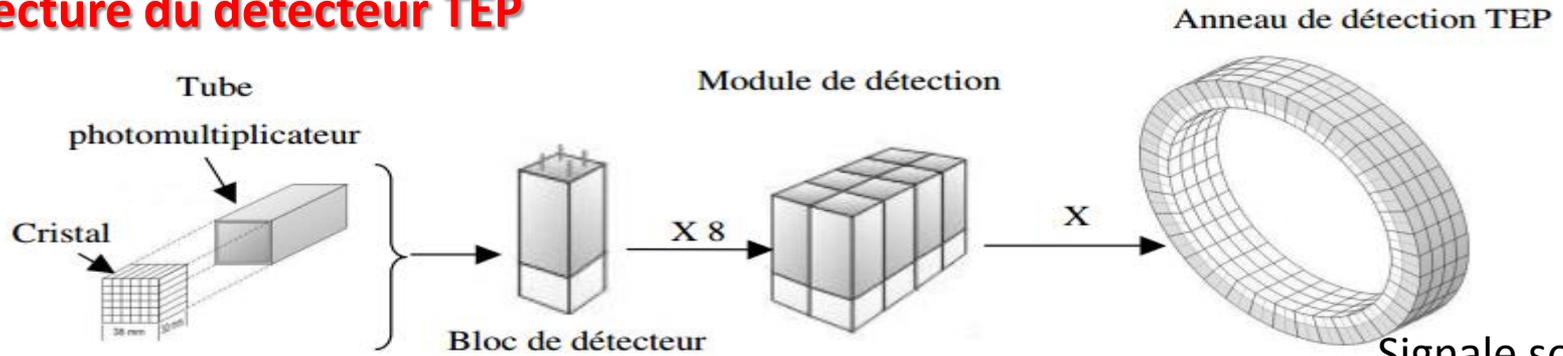


Le scanner PET

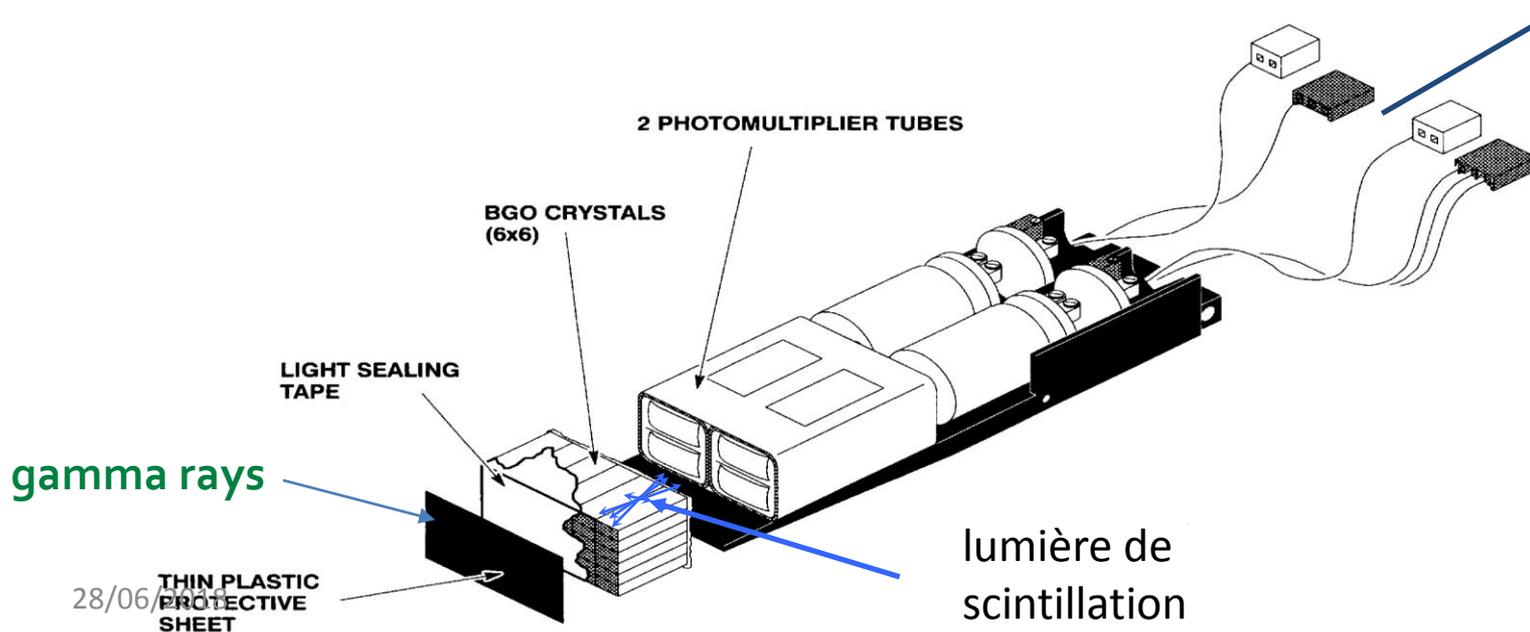
Deux types de tomographie



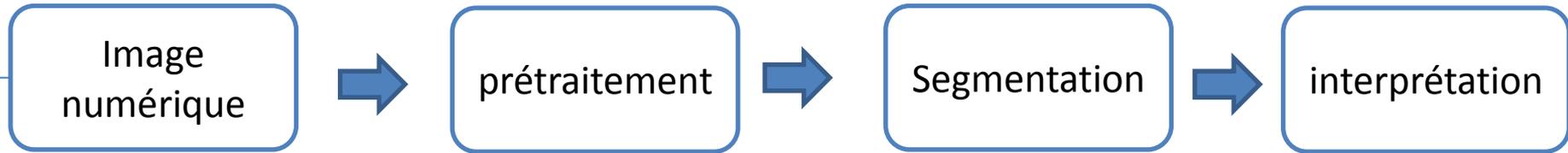
Architecture du détecteur TEP



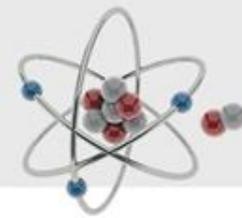
Signale sortant pour traitement



L'analyse de l'image



Imagerie TEP/TDM (PET/CT)

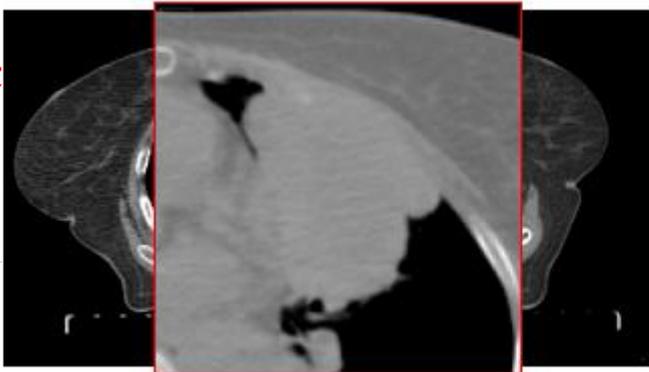


Multi-modalité: bénéfices et inconvénients

- +Utilisation de l'information anatomique pour corriger la fonctionnelle
- +Combinaison de l'information anatomique et fonctionnelle dans un même statif
- +Permet de localiser anatomiquement les fixations détectées sur l'image TEP
- Recalage parfois incorrect et introduction d'erreurs

-Absences

-Différences



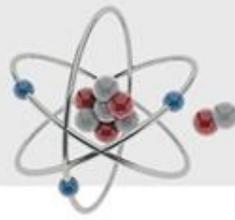
Coupe axial TDM



fonctionnelle

Coupe axial TEP

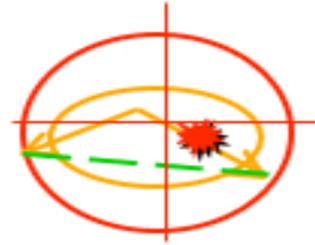
Phénomènes physiques affectant le signal PET



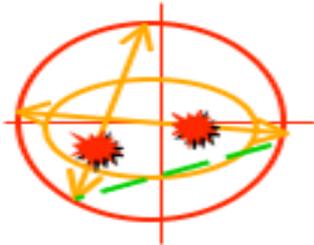
- Atténuation des photons γ



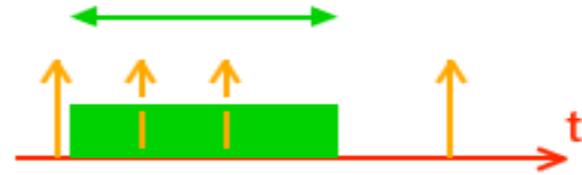
- Diffusion des photons γ

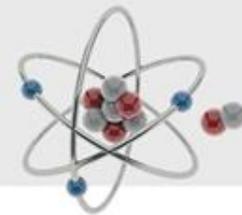


- Coïncidences fortuites



- Temps mort





D'où vient cette non-linéarité ?

- ✓ mouvement
- ✓ émission aléatoire des photons
- ✓ diffusion Compton des photons
- ✓ atténuation des photons

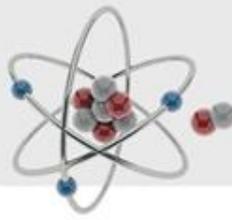
- ✓ résolution spatiale limitée
- ✓ coïncidences aléatoires
- ✓ temps mort



- ✓ reconstruction tomographique

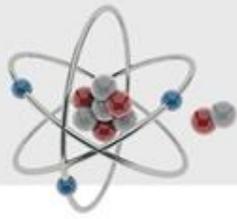
- ✓ méthode de mesures

L'expérimentale :



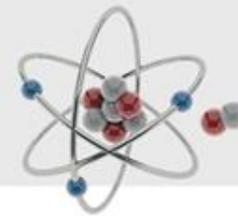
- Les images cliniques et les données utilisées dans le cadre de cette thèse ont été obtenues auprès de dr. Liviu Stănișor, chef du département de médecine nucléaire à Iași, Roumanie.
- Les acquisitions ont été effectuées sur des patients cliniques (scannés pour des tumeurs malignes) sur un système PET-CT GE Discovery 600.
- Des tranches d'émission PET ont été générées, avec une épaisseur de 5 mm et selon les directives européennes et internationales et les protocoles d'acquisition.
- Le consentement formel pour la procédure clinique a été obtenu auprès des patients concernés.

L'expérimentale :

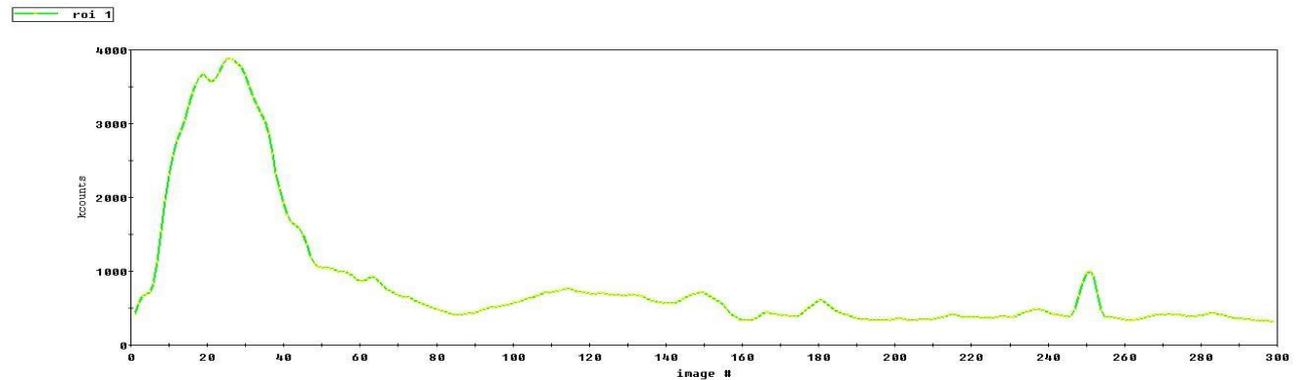
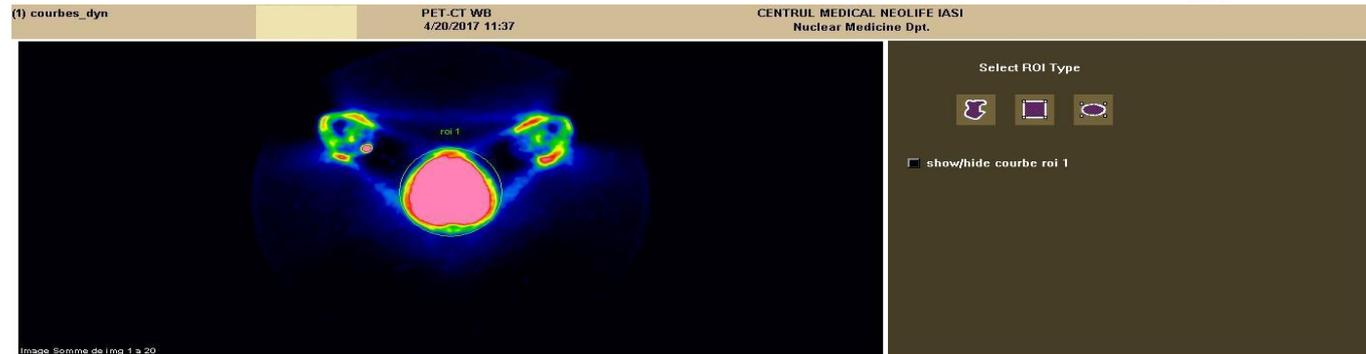


- Après l'anonymisation des images, une routine personnalisée développée par la recherche a été utilisée sur l'application Xeleris, développée par General Electric (GE). A partir des coupes correspondantes, correspondant à l'organe d'intérêt (cerveau, poumon, foie et vessie respectivement), des tables et des représentations graphiques ont été générées en utilisant les comptages sommés dans la région d'intérêt (ROI) de l'organe impliqué.

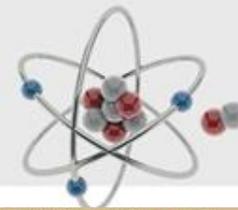
L'expérimentale :



Cerveau
normal



L'expérimentale :



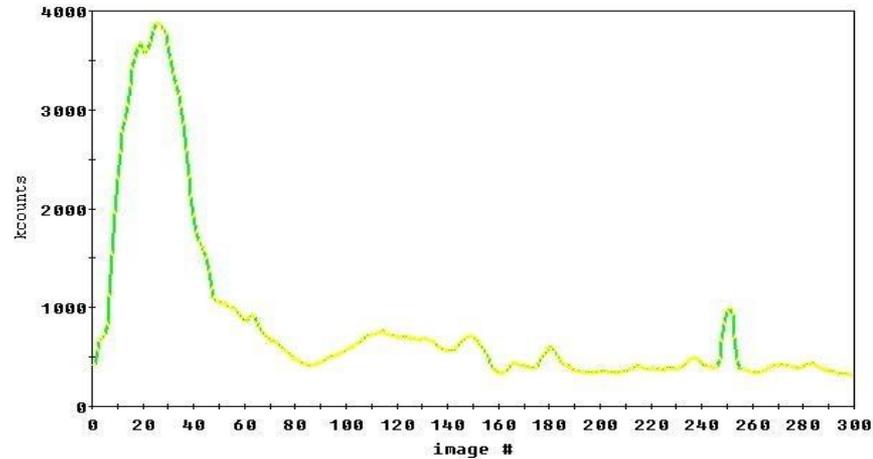
CENTRUL MEDICAL NEOLIFE IASI
Nuclear Medicine Dpt.

Cervau normal

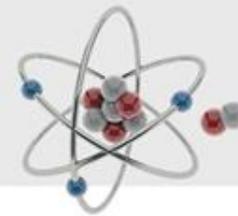
(2) Load to New

PET-CT WB

roi 1

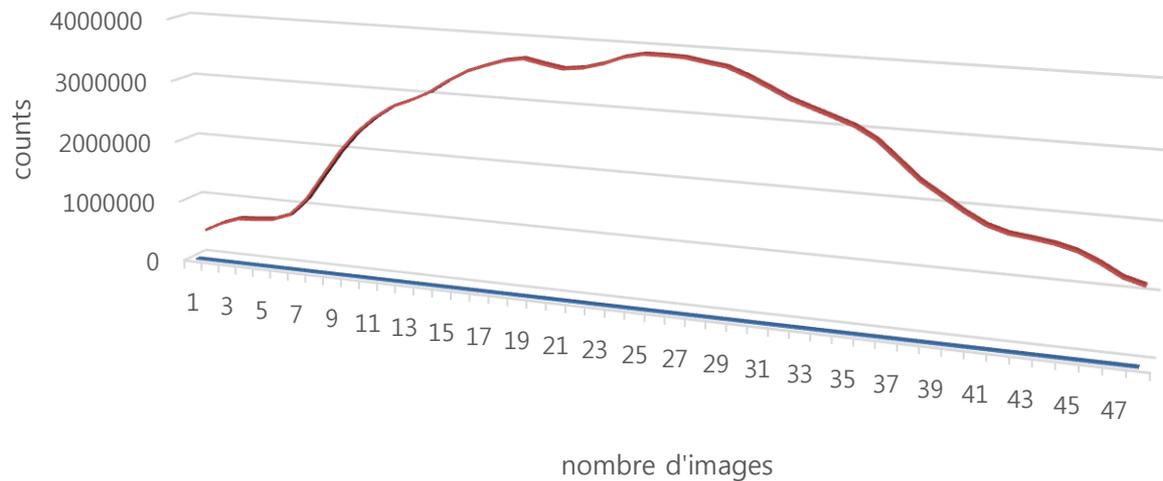


L'expérimentale :



Cerveau normal

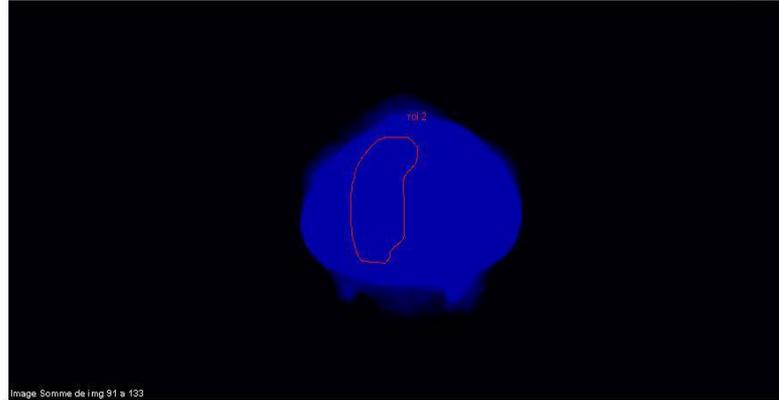
L'acquisition d'un PET/CT à un cerveau normal



Poumon droit
normal

(f) courbes_dyn

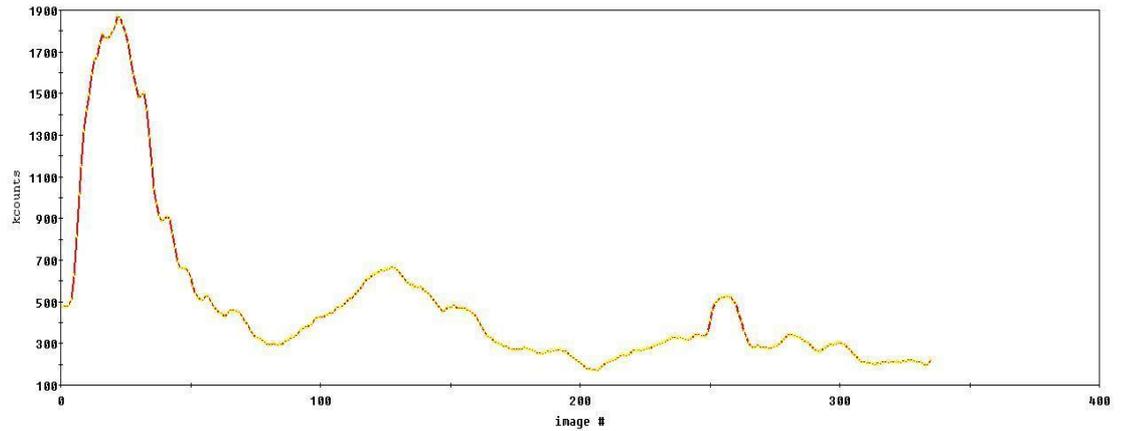
CENTRUL MEDICAL NEOLIFE IASI
Nuclear Medicine Dpt.

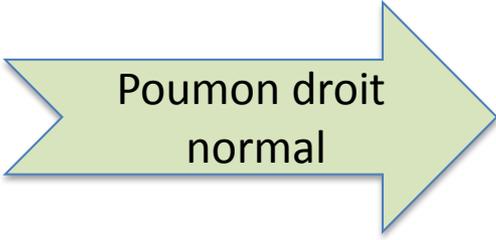


Select ROI Type

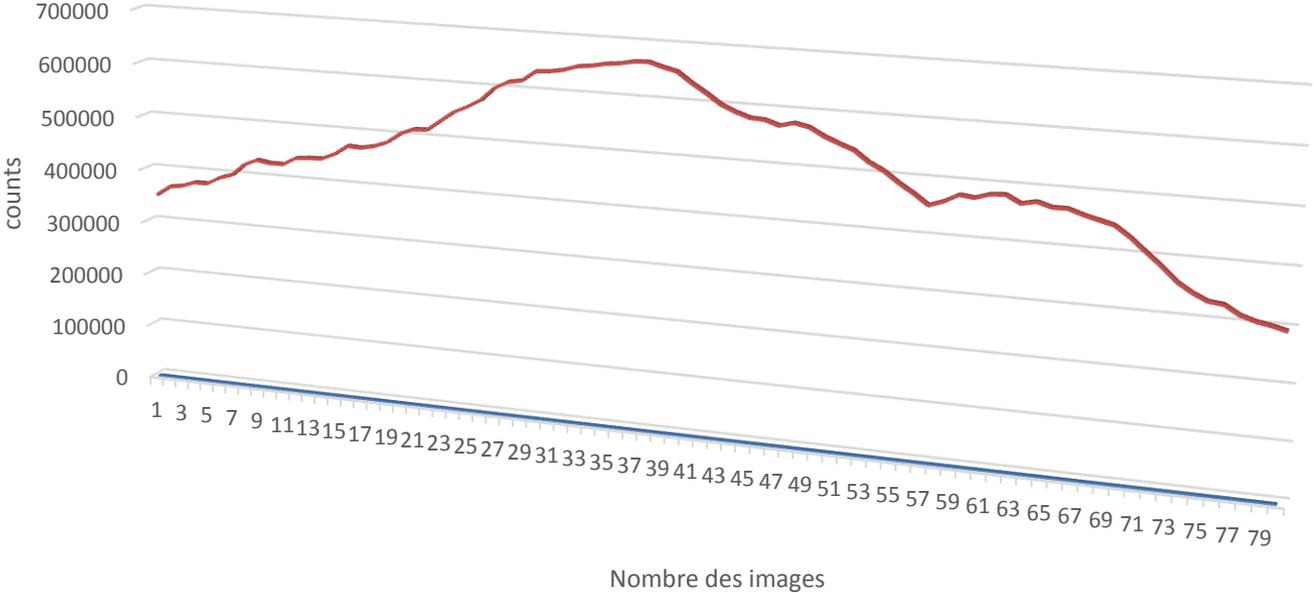
showhide courbe roi 2

roi 2

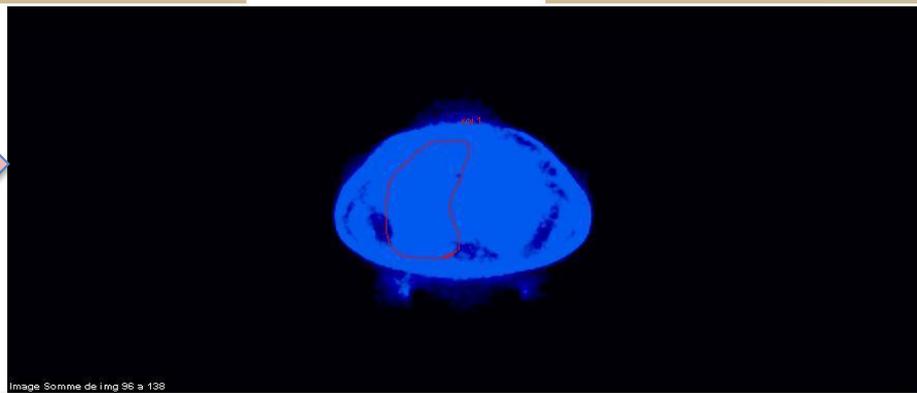




l'acquisition d'un PET/CT à un poumon droit normal

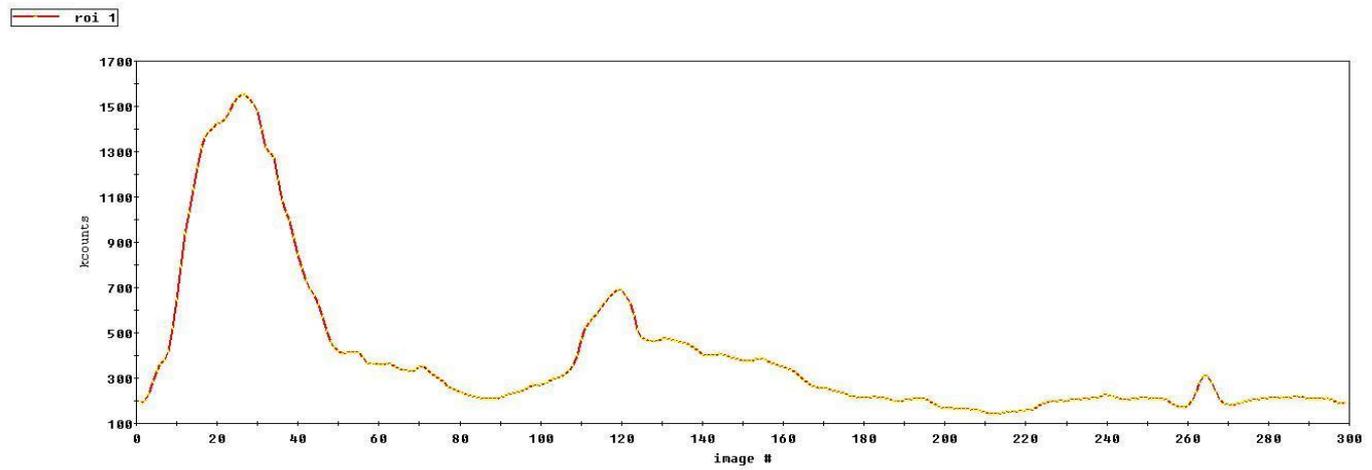


Poumon droit
cancéreux



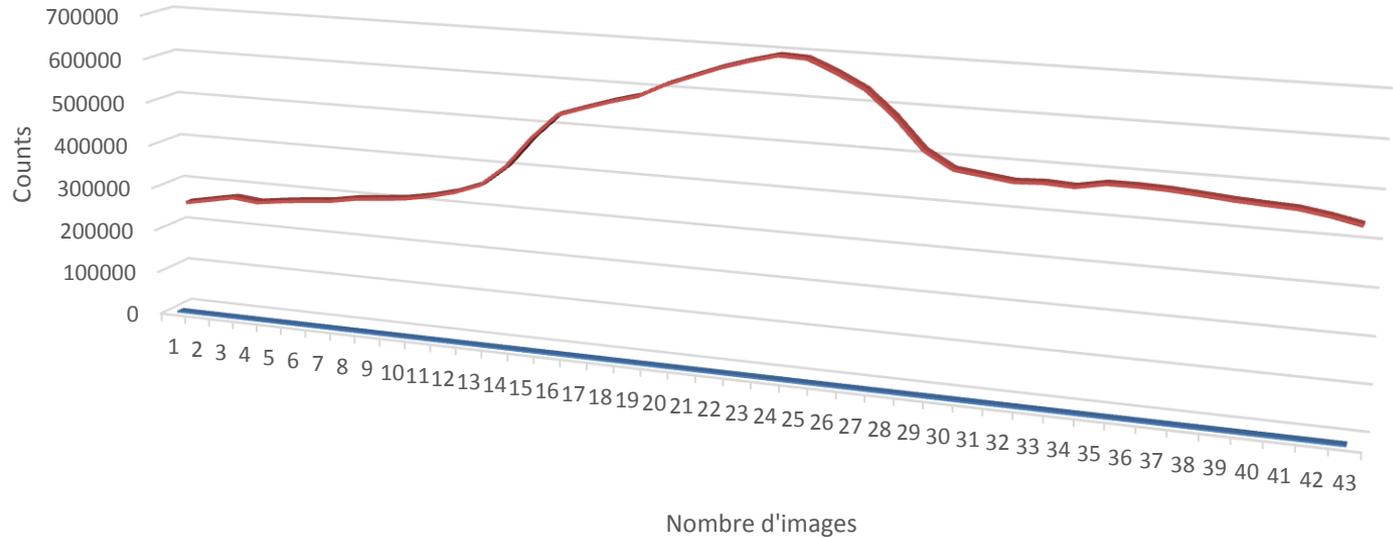
Select ROI Type

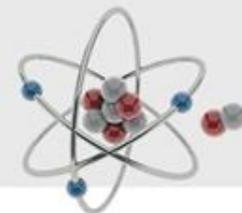
showhide courbe roi 1



Poumon droit
cancéreux

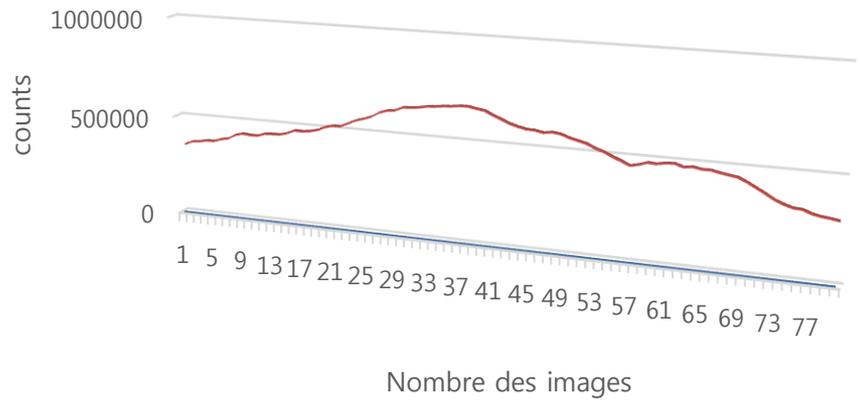
L'acquisition d'un PET/CT à un poumon droit cancéreux



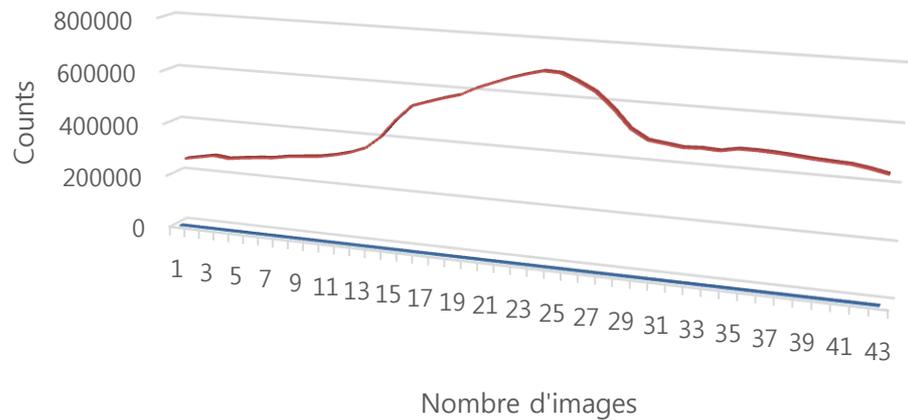


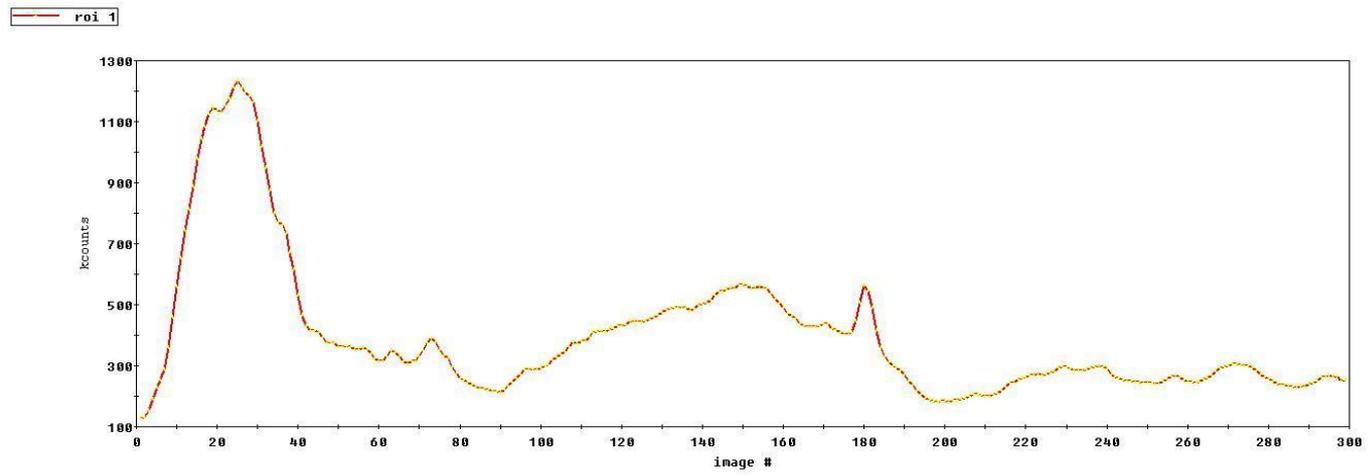
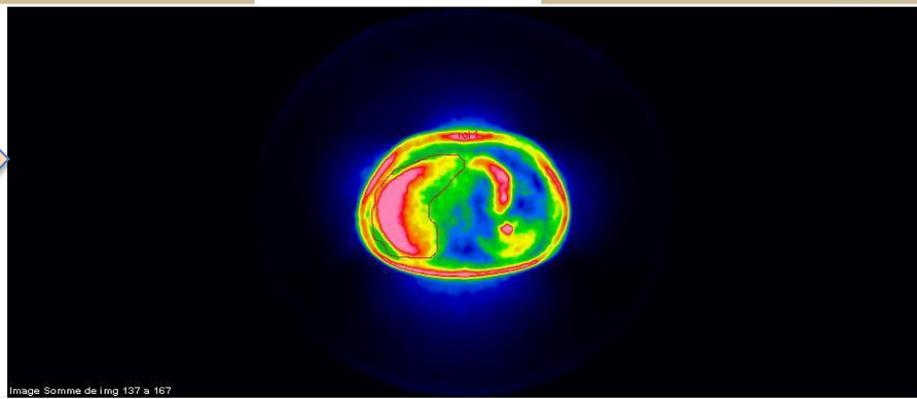
Poumon normal **VS** poumon cancéreux

l'acquisition d'un PET/CT à un poumon droit normal



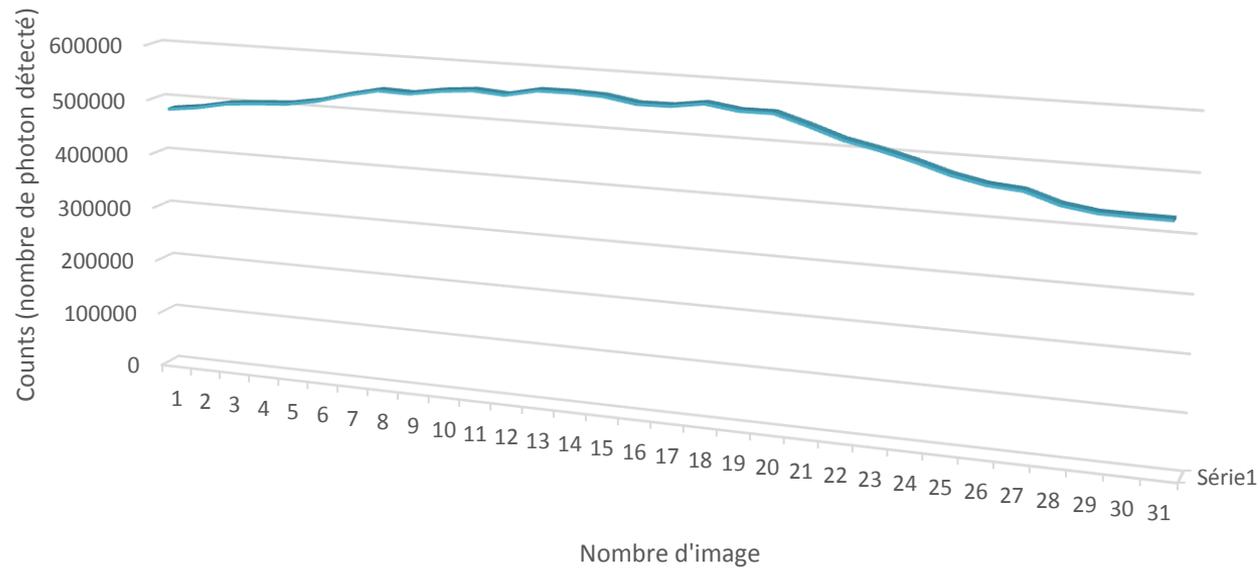
L'acquisition d'un PET/CT à un poumon droit cancéreux

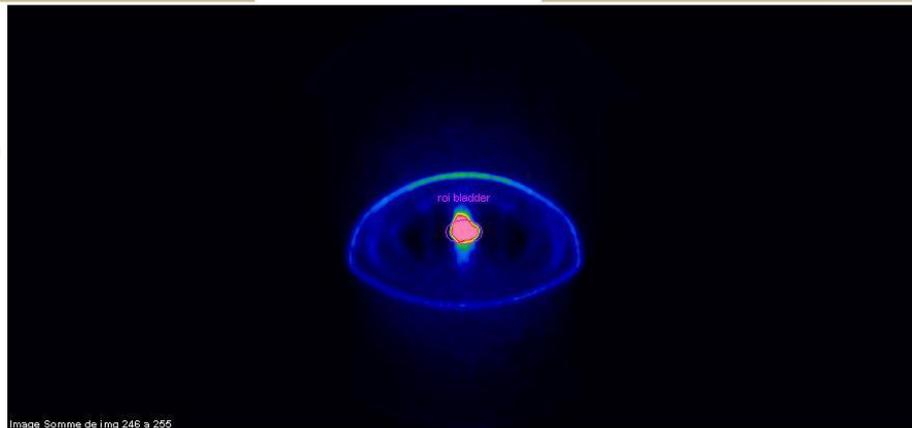




Le foie

l'acquisition d'un PET/CT à le foie



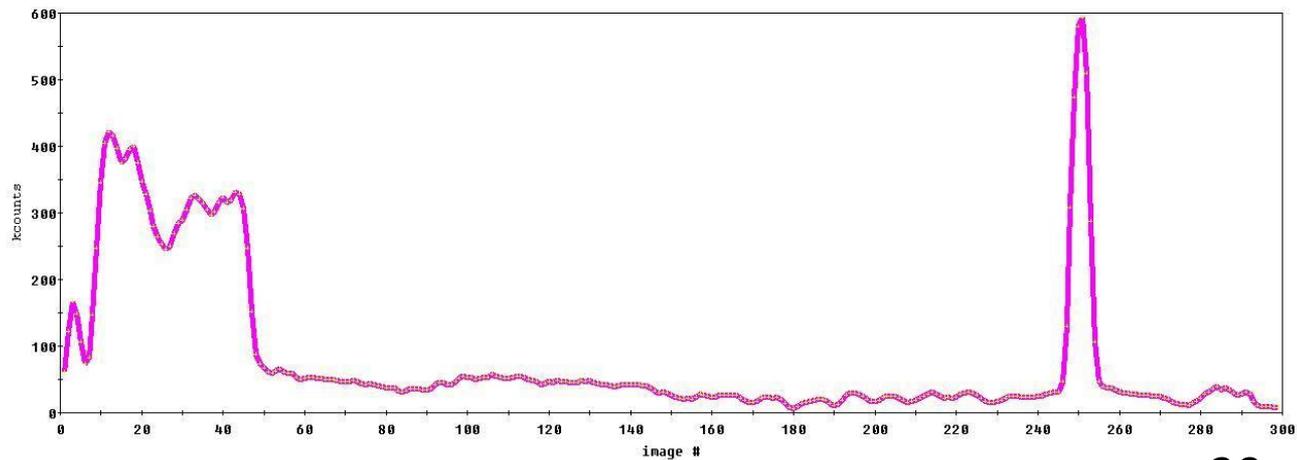


Select ROI Type

show/hide courbe roi bladder

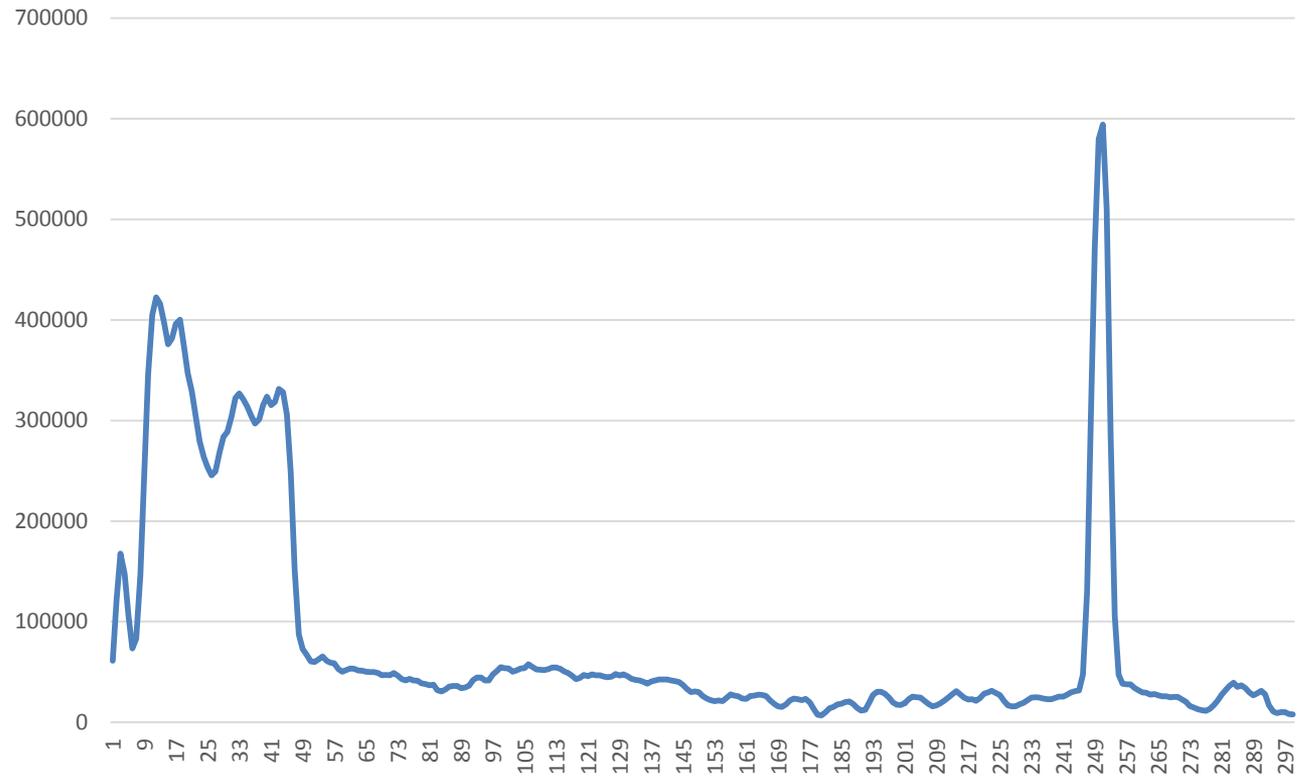
Three icons representing different ROI shapes: a kidney-like shape, a square, and an oval. The oval icon is selected. Below the icons is a checkbox labeled 'show/hide courbe roi bladder' which is currently unchecked.

roi bladder



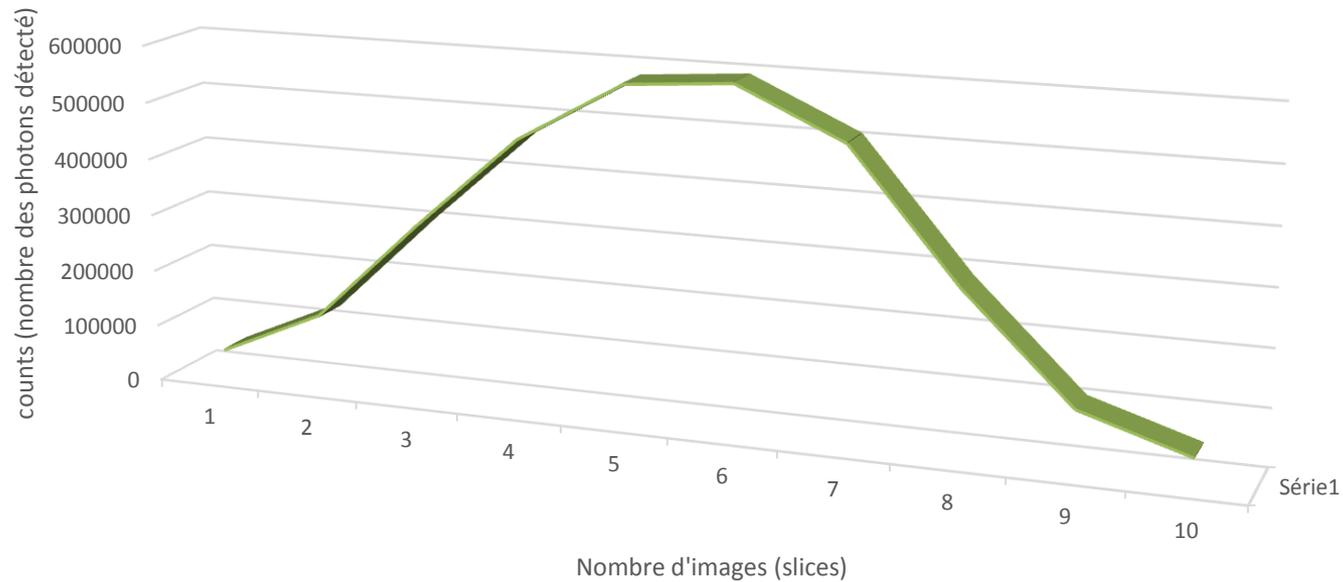
La vessie

L'acquisition d'un PET/CT à une vessie



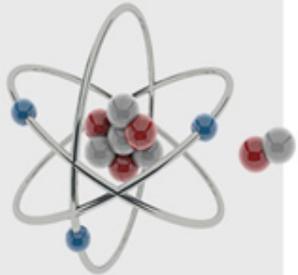
La vessie

L'acquisition d'un PET/CT à une vessie



Conclusion

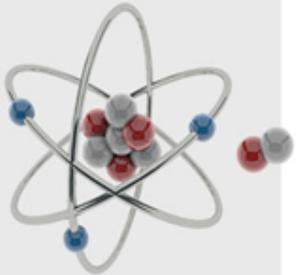
La TEP est un outil puissant d'imagerie in vivo utilisé en clinique comme en recherche pour détecter et quantifier le fonctionnement cellulaire. L'application clinique la plus courante aujourd'hui se trouve en oncologie.



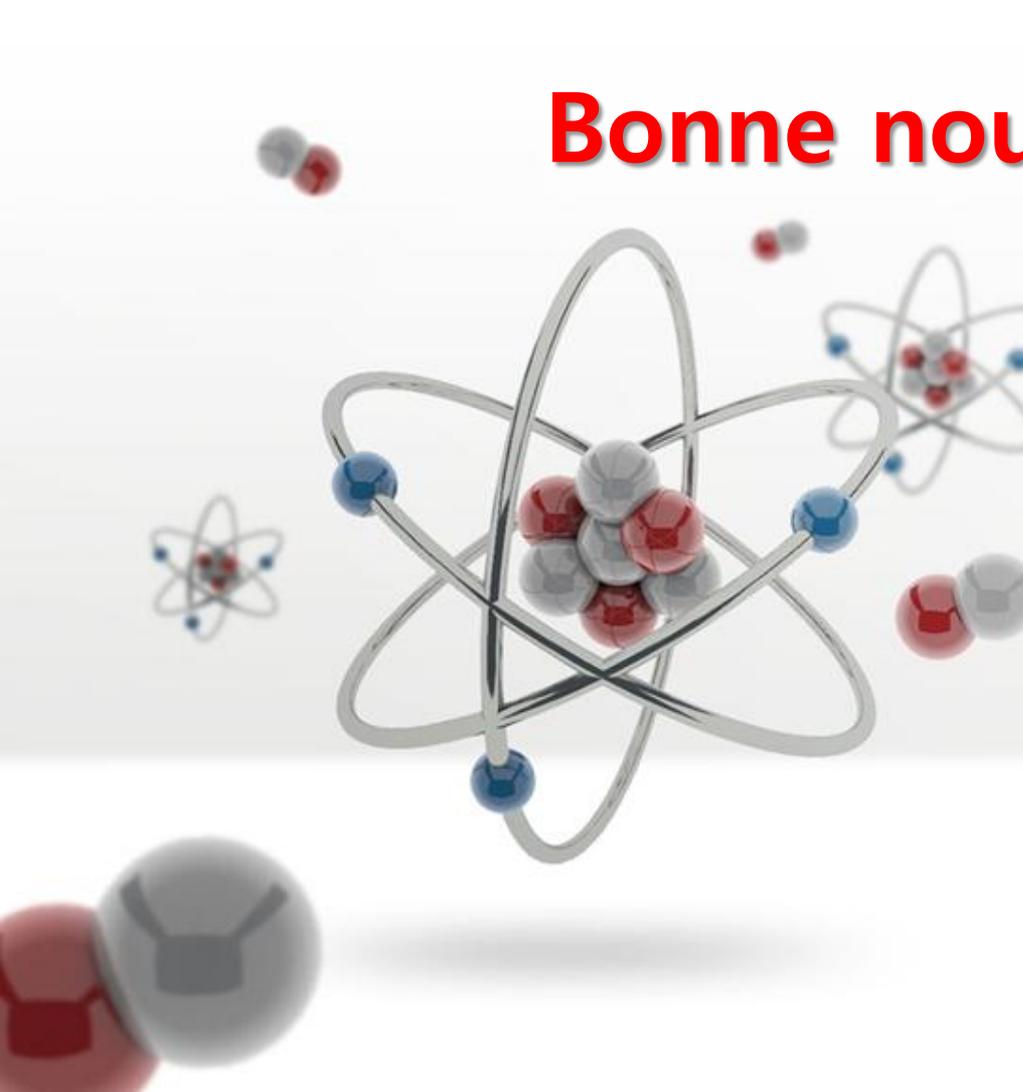
Conclusion

Étude de faisabilité : les principaux résultats du mémoire.

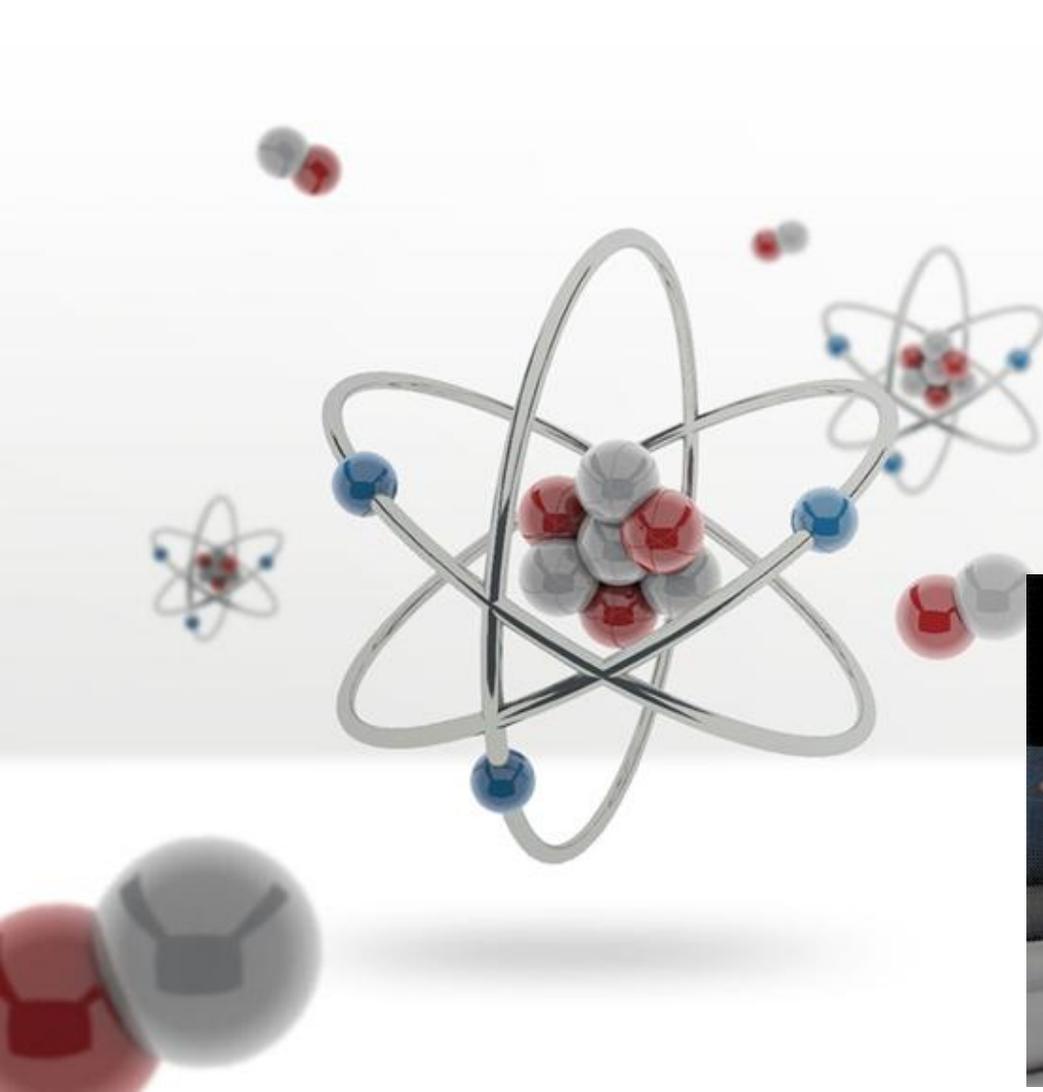
- ✓ On a optimisé le système d'imagerie PET/CT d'exploitation et contribuer à l'analyse de ses données expérimentales et à les reproduire et les interpréter sous forme images à des spectres correspond à l'intensité lumineuse des photons obtenu par l'annihilation du positon.
- ✓ On a réussi a développé LE PET /CT l'ors l'interprétation de cliché obtenu de côté purement anatomique (médicale) au côté purement physique (spectre et intensité photonique) à l'aide de l'application *XELERIS*.
- ✓ On a pu voir et suivre l'activité de chaque organe étudier 'cerveau, poumon droit cancéreux VS sain, le foie, la vessie '.
- ✓ On a différencié à l'aide de spectre obtenu l'organe qui a une tumeur et un organe sain.



Bonne nouvelle !!!



Le premier PET scan et le premier cyclotron du pays sont installés au sein de l'Hôpital privé **Chahid-Mahmoudi** à **Tizi-Ouzou**. Dernière technologie de pointe dans la détection des cellules cancéreuses, l'hôpital Chahid Mahmoudi est la troisième structure sanitaire, au niveau continental, avec des hôpitaux à Pretoria (Afrique du Sud) et Casablanca (Maroc), à être dotée désormais de cet équipement.



Merci pour votre attention

