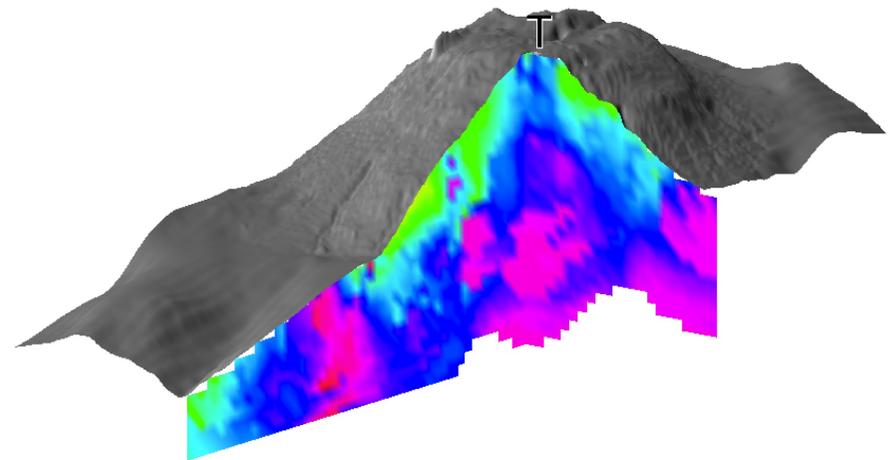
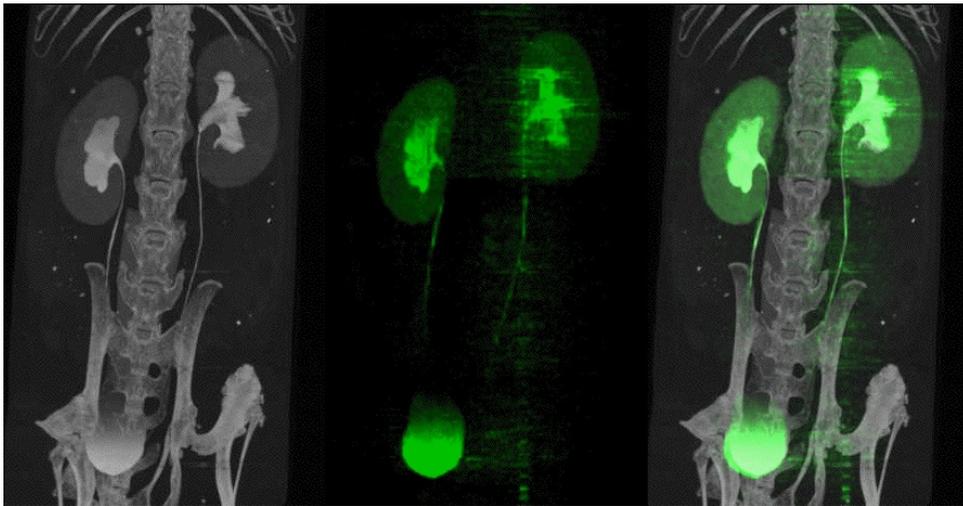
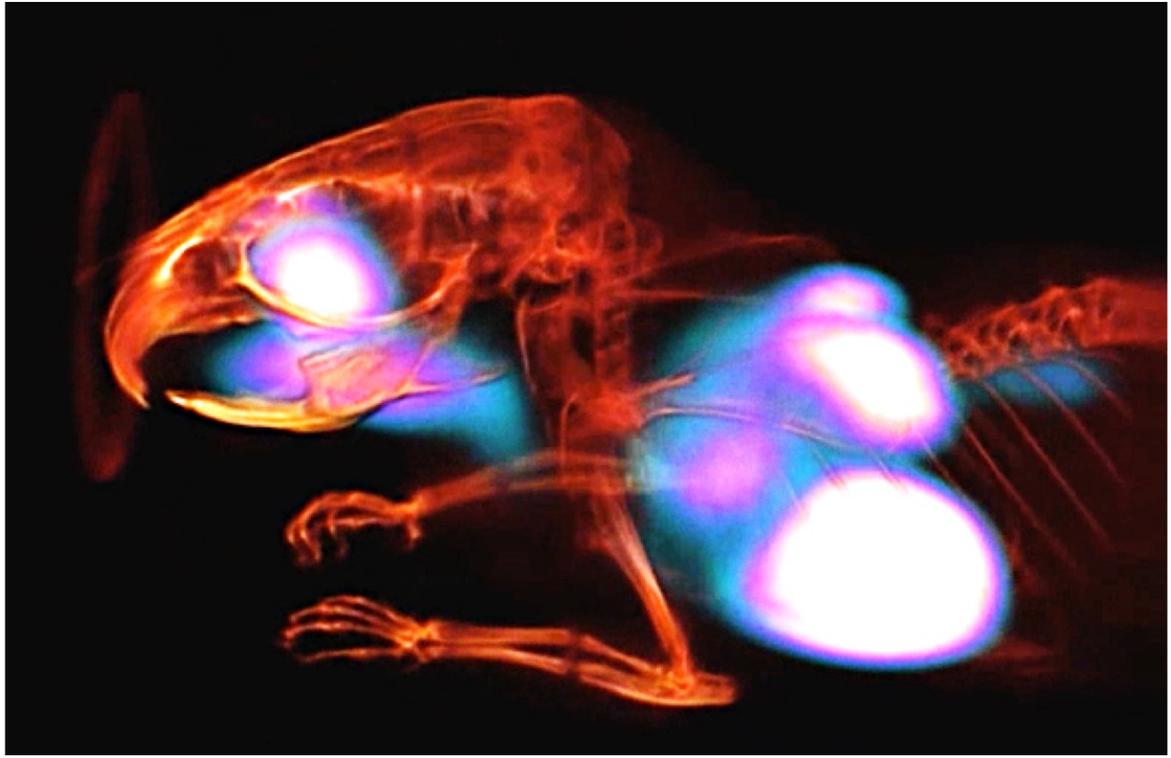
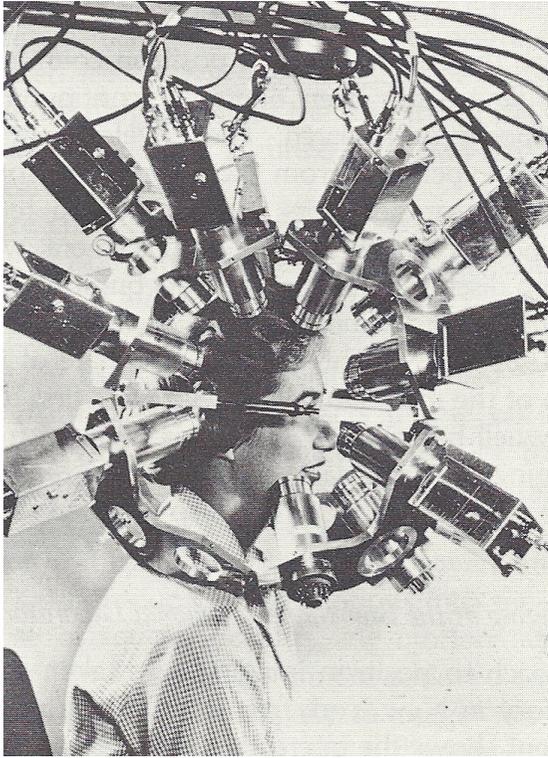
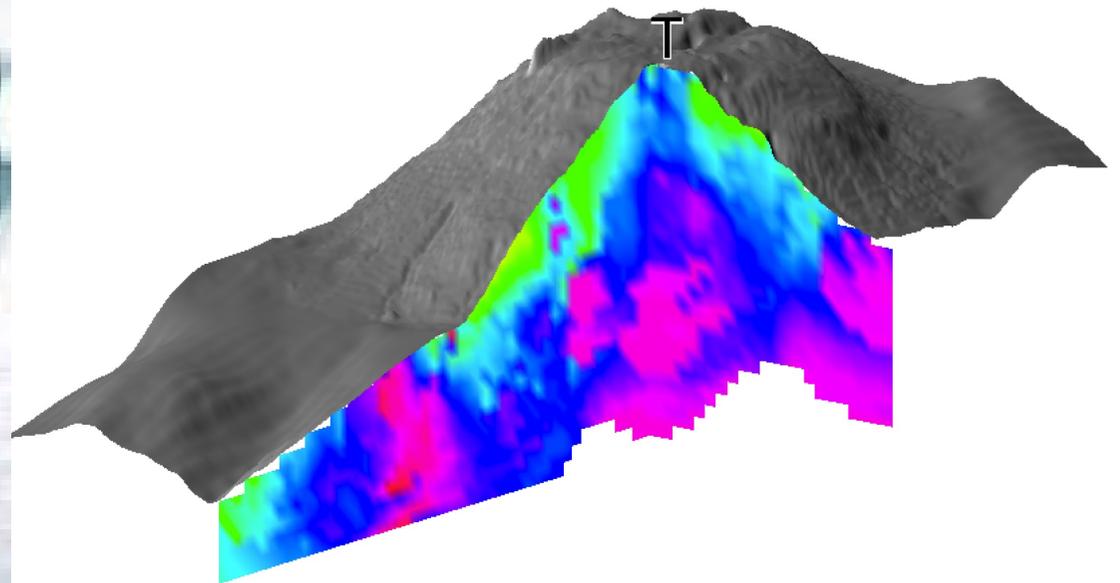
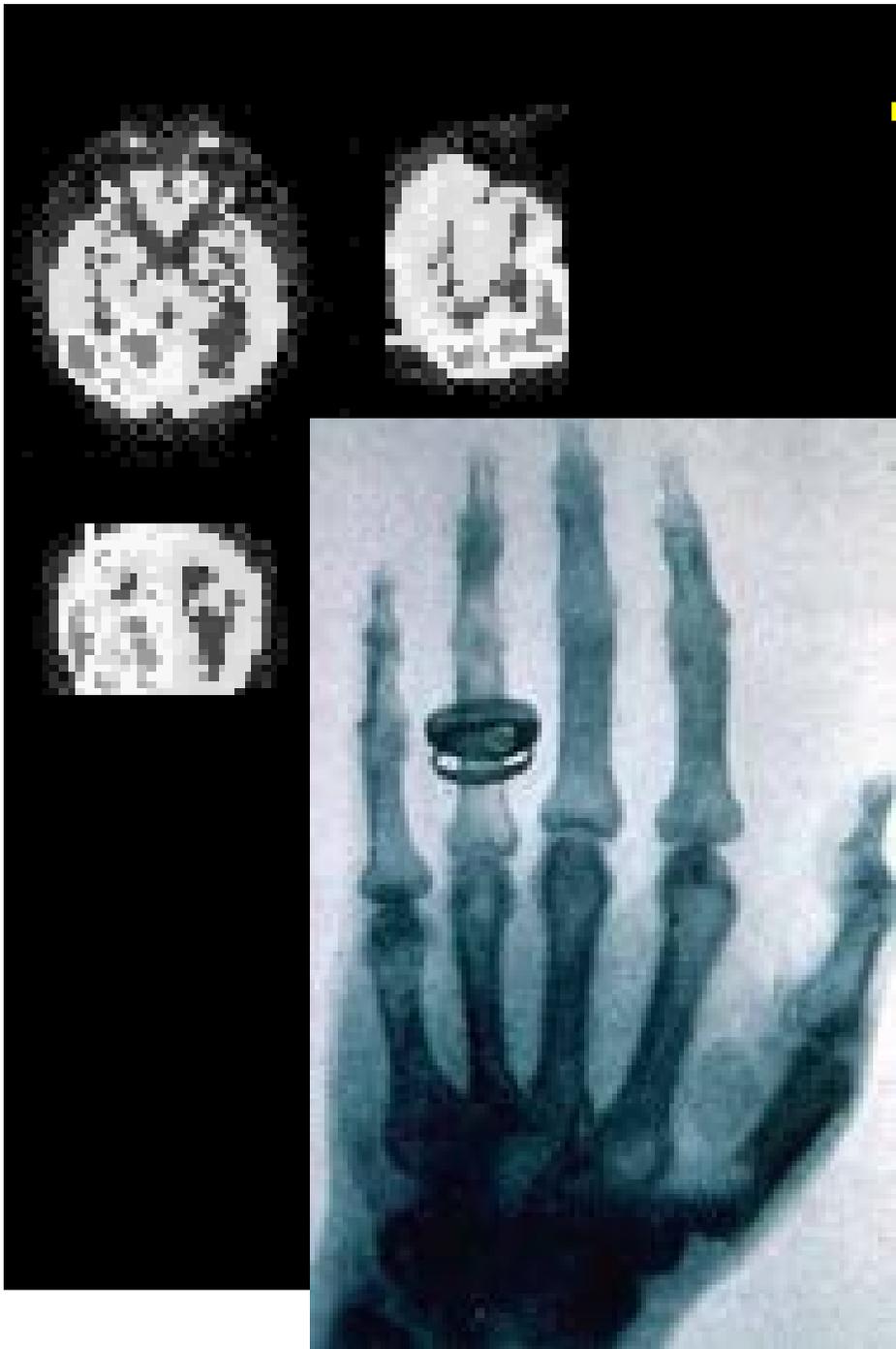


Imagerie par rayonnements ionisants



Tomographie :

du Grec *tomos* (tranche) +
graphein (écrire) =
représentation en coupes





1895: **Rayons X** (W. Roentgen, Wuerzburg)

Prix Nobel 1901

1896: **Radioactivité** (H. Becquerel, Paris)

Prix Nobel 1903

1897: **Electron** (J.J. Thomson, Cambridge)

Prix Nobel 1906

1898: **Radium et Polonium** (Pierre et Marie Curie, Paris)

Prix Nobel 1903, 1911

1899: **Rayons alpha et bêta** (E. Rutherford, Cambridge)

Prix Nobel 1908

1911: **Noyau** (E. Rutherford, Cambridge)

1931: **Cyclotron** (E. Lawrence, Berkeley)

Prix Nobel 1939

1932: **Neutron** (Frédéric et Irène Joliot-Curie, Paris,
J. Chadwick, Cambridge)

Prix Nobel 1935 (Chadwick)

1930: **Trous** (P.A.M. Dirac, Cambridge)

Prix Nobel 1933

1932: **Positon** (C.D. Anderson, Berkeley)

Prix Nobel 1936

Découverte des X-rays (1895)

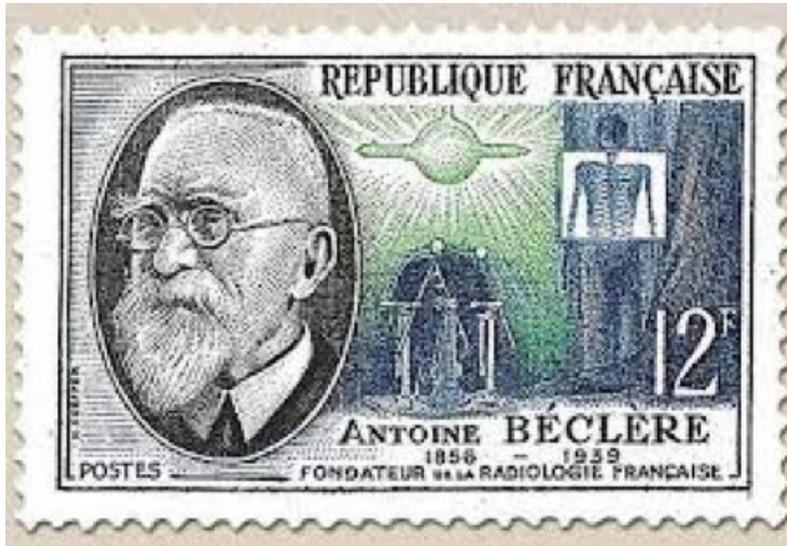


Wilhelm Roentgen (1845-1923)
Prix Nobel de physique (1901)



22 déc. 1895 – publiée dans le
New York Times le 16 jan. 1896

Développement de la radiologie (roentgenologie)



Hôpital Tenon (Paris, 1897)
Antoine Béclère (1858–1939)



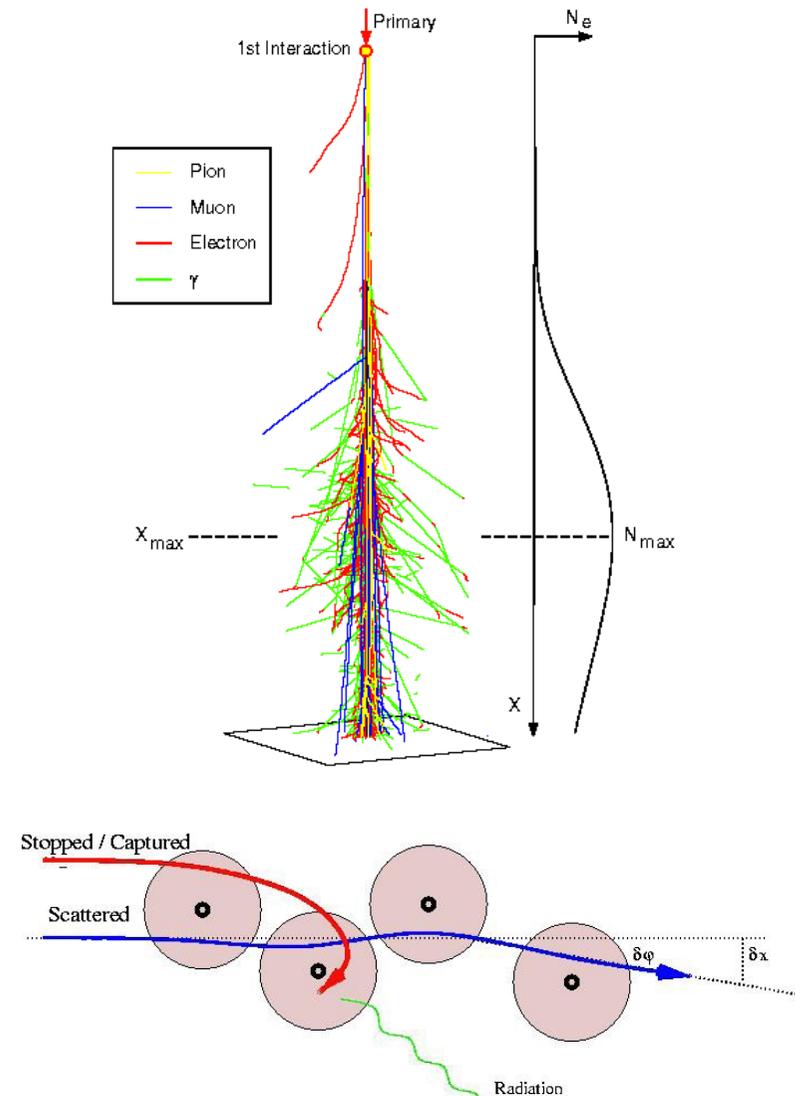
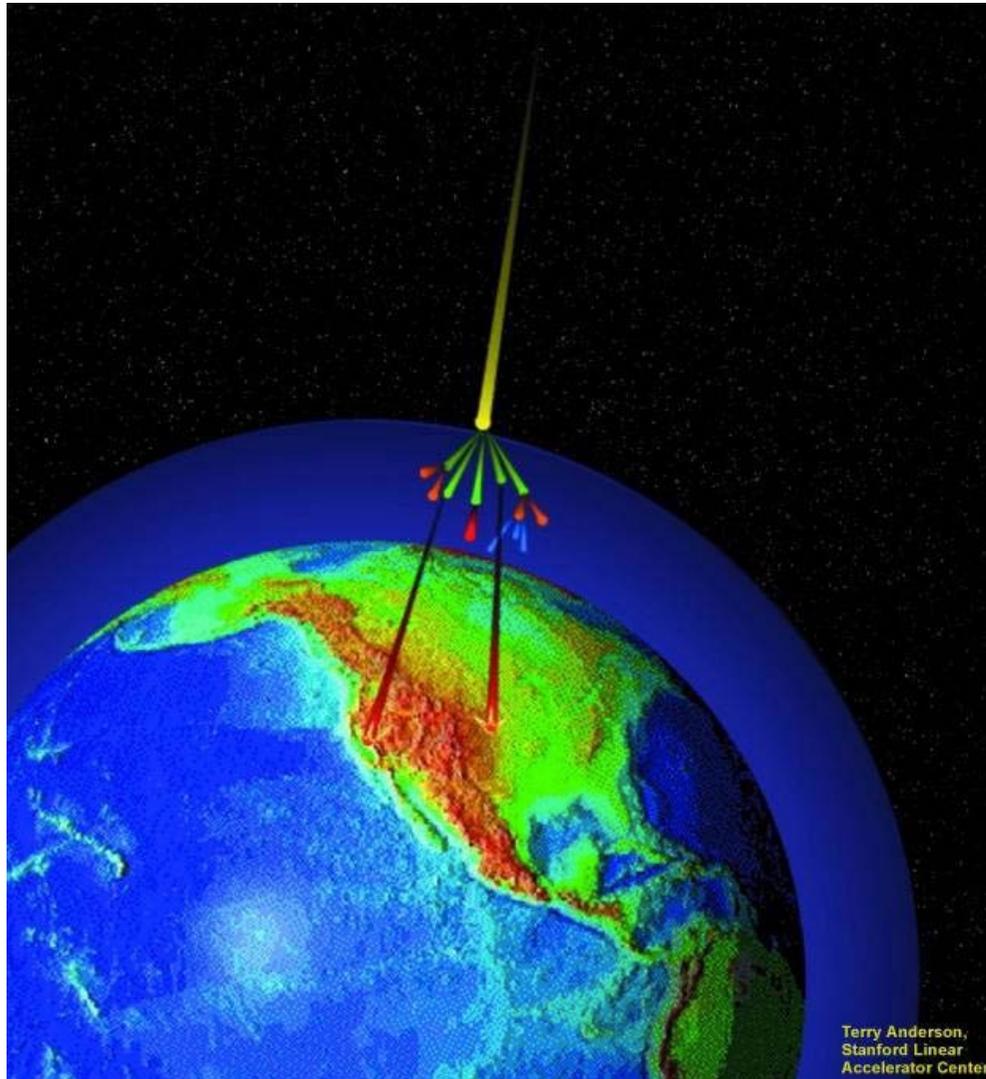
«Petite Curie» (1916)
Marie Curie (1867-1934)



Radiographie X et neutrons



Radiographie par transmission de muons cosmiques



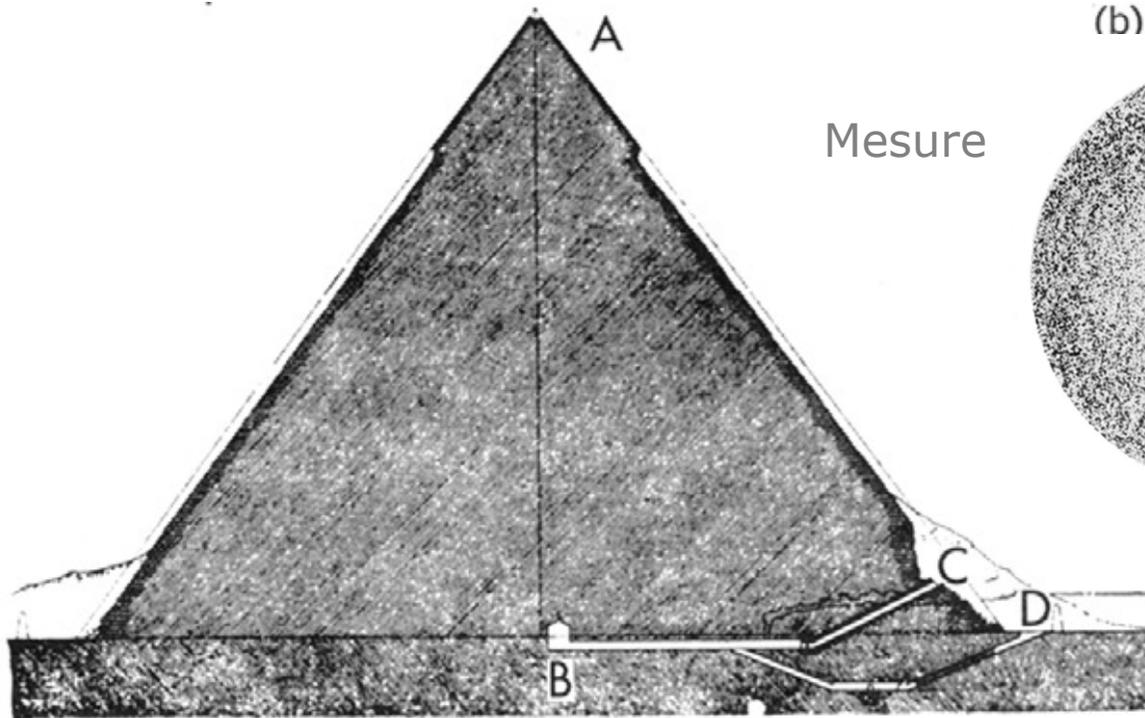
- Au niveau de la mer, le taux de muons cosmiques est de 10,000 muons par mètre carré et par minute.
- Interaction des muons (positifs ou négatifs) dans la matière par capture ou par diffusion coulombienne.

Radiographie par transmission de muons cosmiques



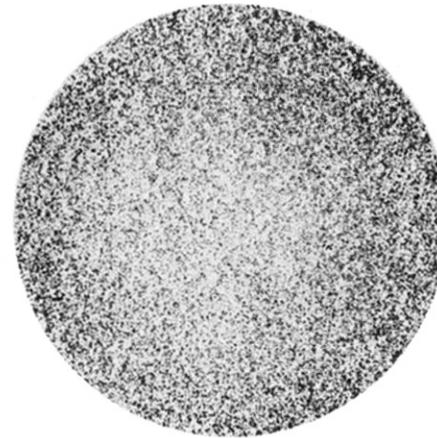
Alvarez *et al.* Search for Hidden Chambers in the Pyramids. *Science* 167 (1970)
832

Radiographie par transmission de muons cosmiques



Mesure

(b)



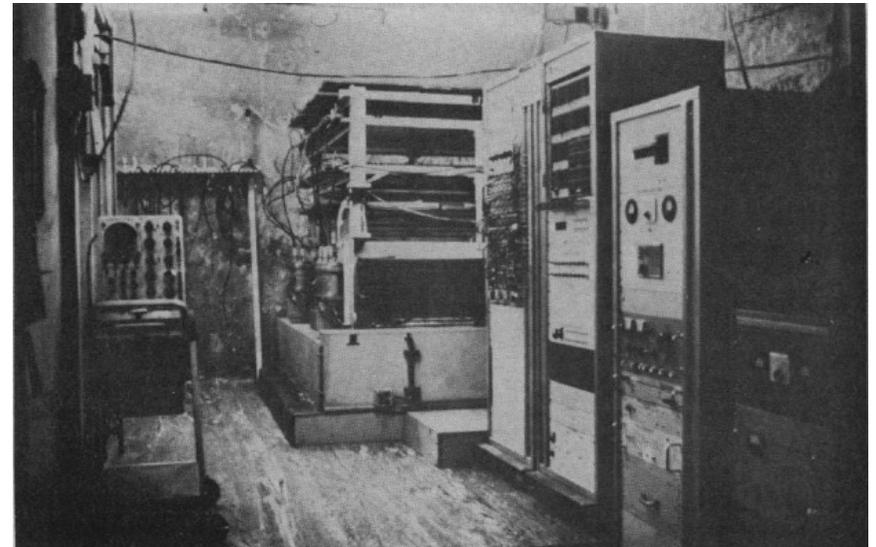
S

Simulation



Effet résultant de la présence d'une chambre cachée 40 m au-dessus de la chambre de Belzoni.

Les chambres à étincelles sont placées dans la chambre de Belzoni (B) de la pyramide de Chephren.



SCAN PYRAMIDS MISSION



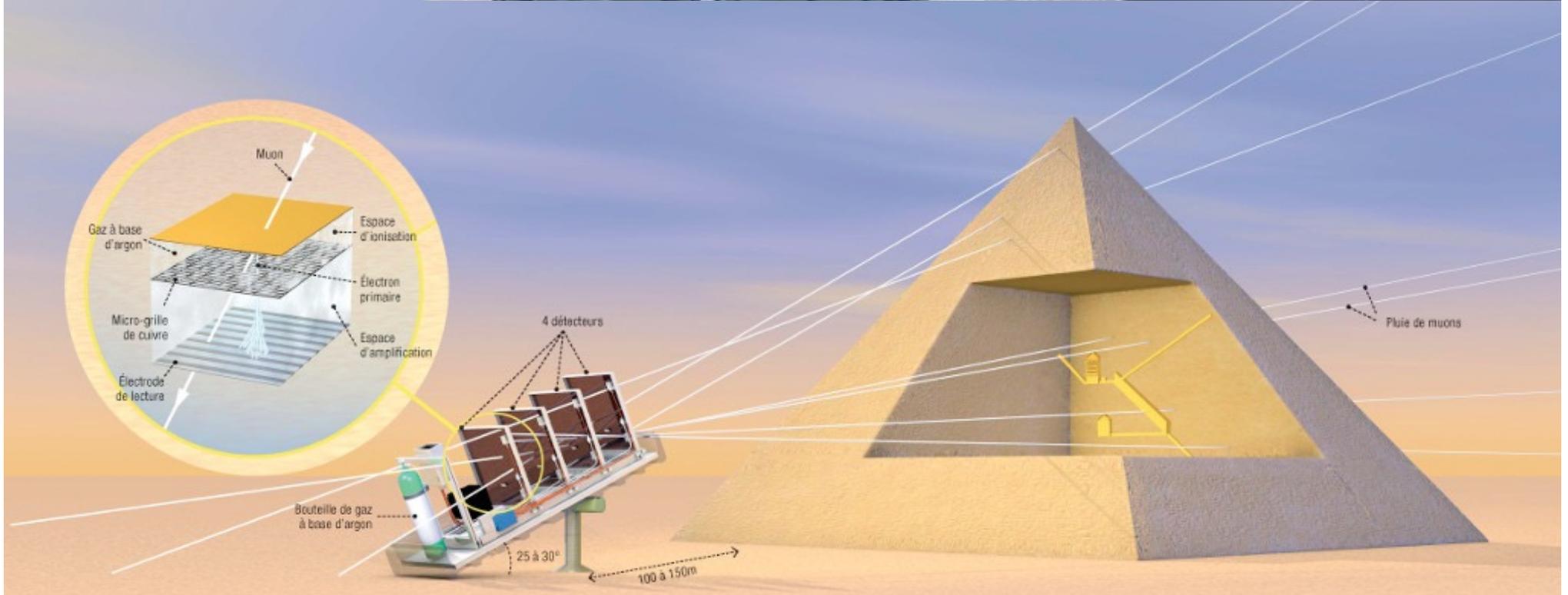
HIP INSTITUTE
HERITAGE
INNOVATION
PRESERVATION



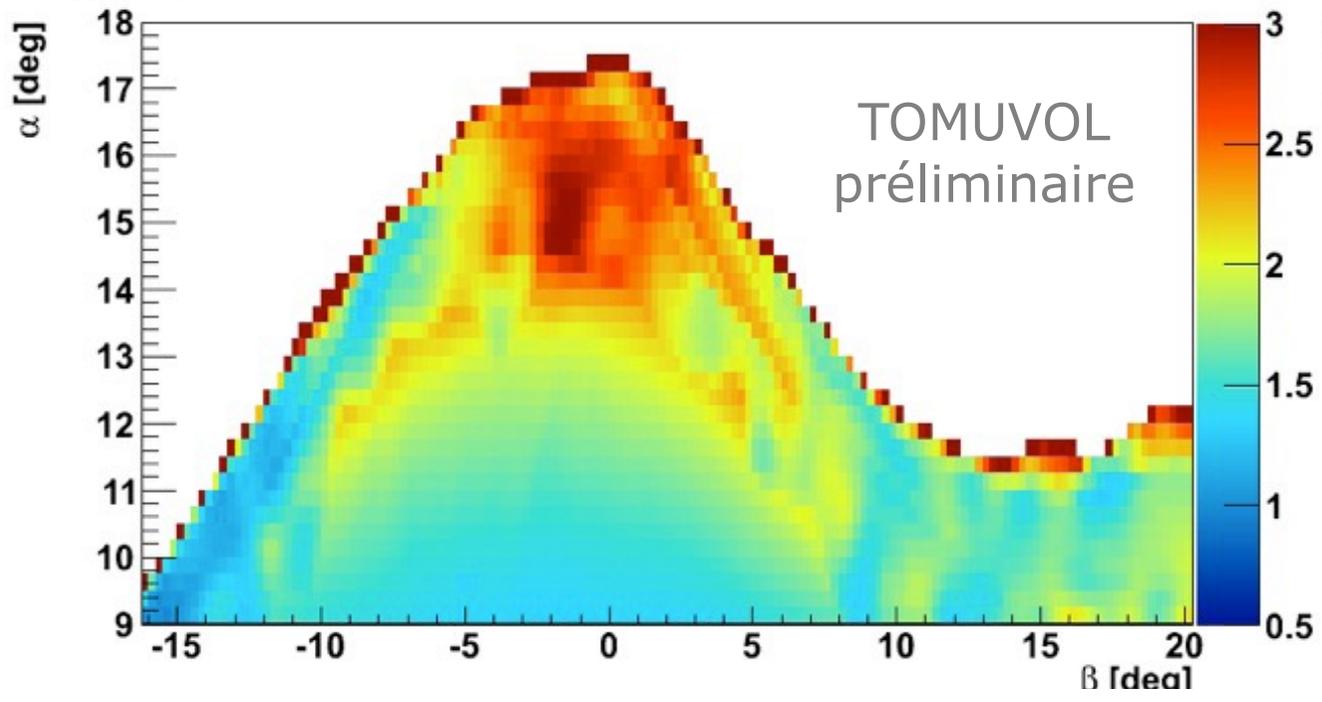
ARAB
REPUBLIC
OF EGYPT
MINISTRY OF
ANTIQUITIES



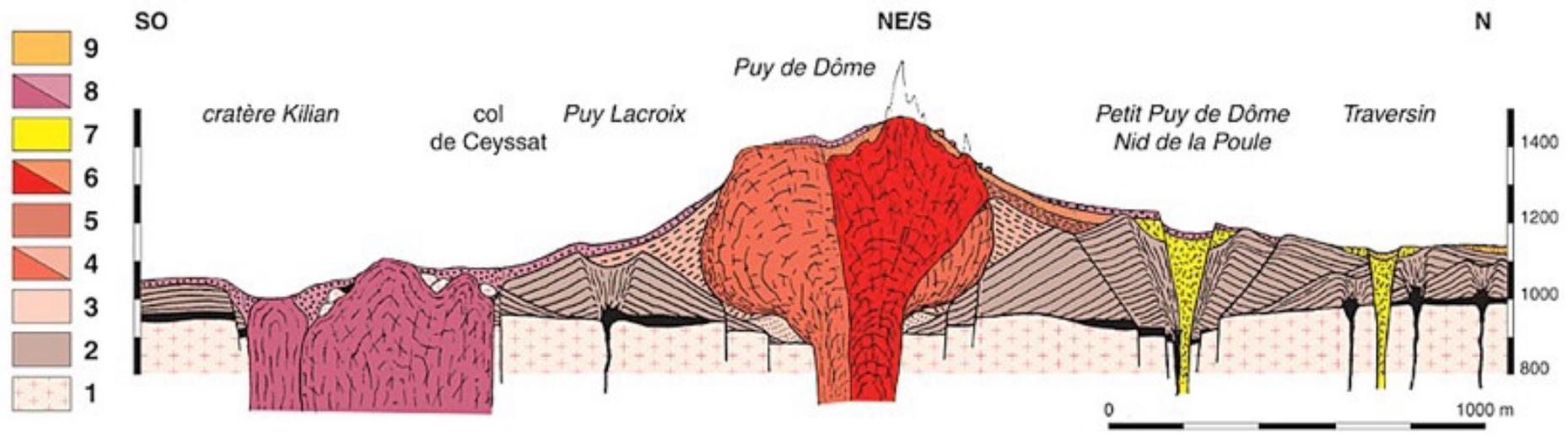
FACULTY OF
ENGINEERING
CAIRO
UNIVERSITY



Radiographie par transmission de muons consiques



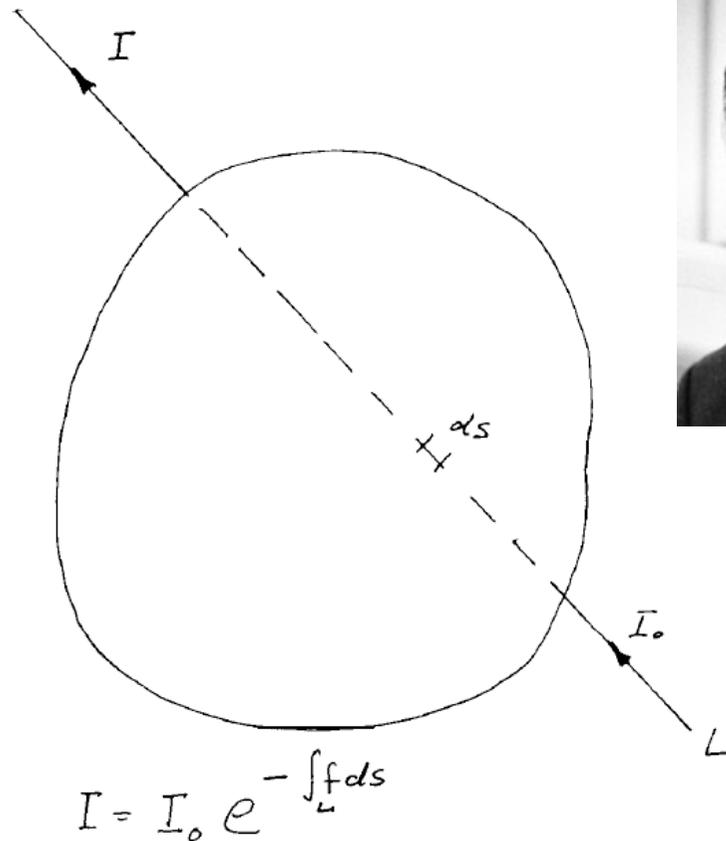
- Calcul du flux de muons transmis à travers le rocher normalisé par la mesure du flux à ciel ouvert
- Calcul du rapport du coefficient d'absorption mesuré divisé par l'épaisseur de rocher pour chaque ligne de visée donnée par la topographie (mesures au LIDAR)
- Evidance de contrastes structurels dans la partie sommitale



Courtesy: C. Cârloganu, LPC-Clermont

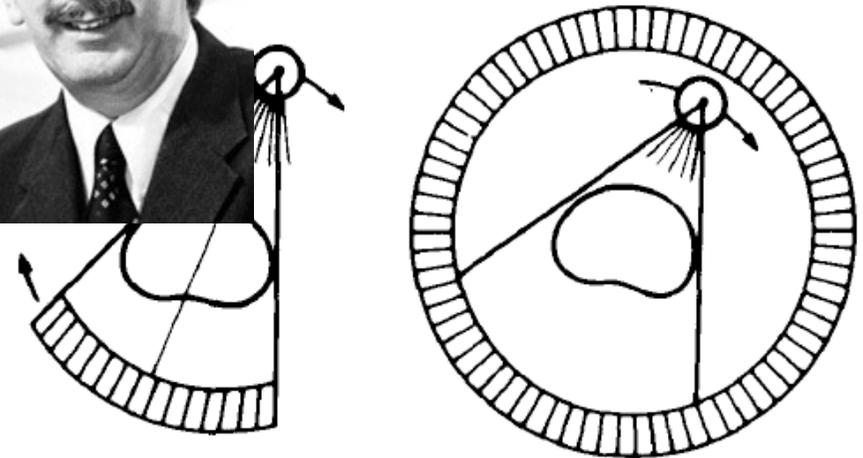
Développement de la tomodensitométrie ou CT

Redécouverte de la solution de Radon pour reconstruire une coupe à partir de ses projections
(Cape Town, 1963)
Allan McLoed Cormack (1924-1998)

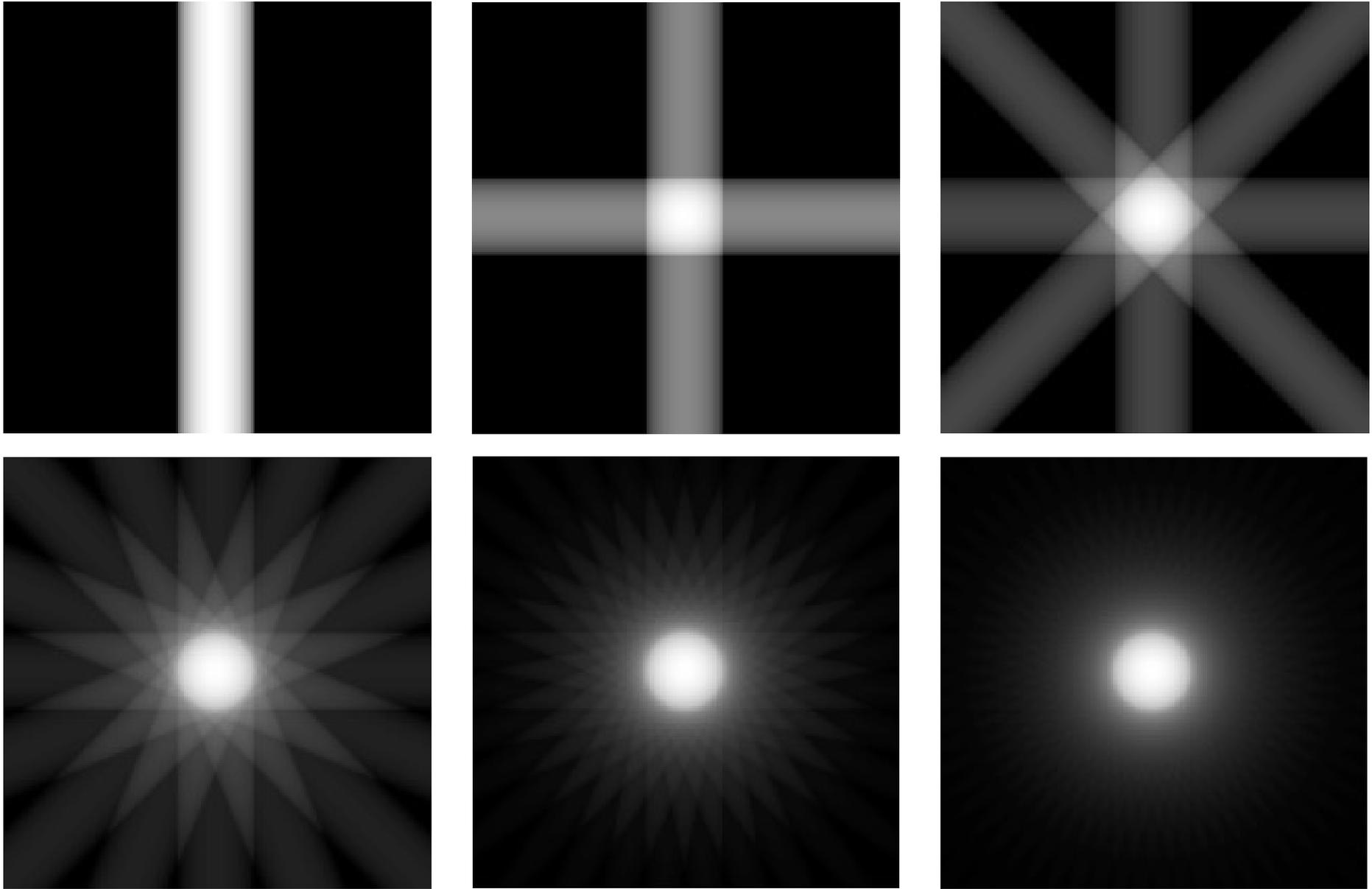


Prix Nobel de médecine (1979)

Développement du premier scanner CT chez EMI
(Londres, 1972)
Sir Godfrey Newbold Hounsfield (1919-2004)

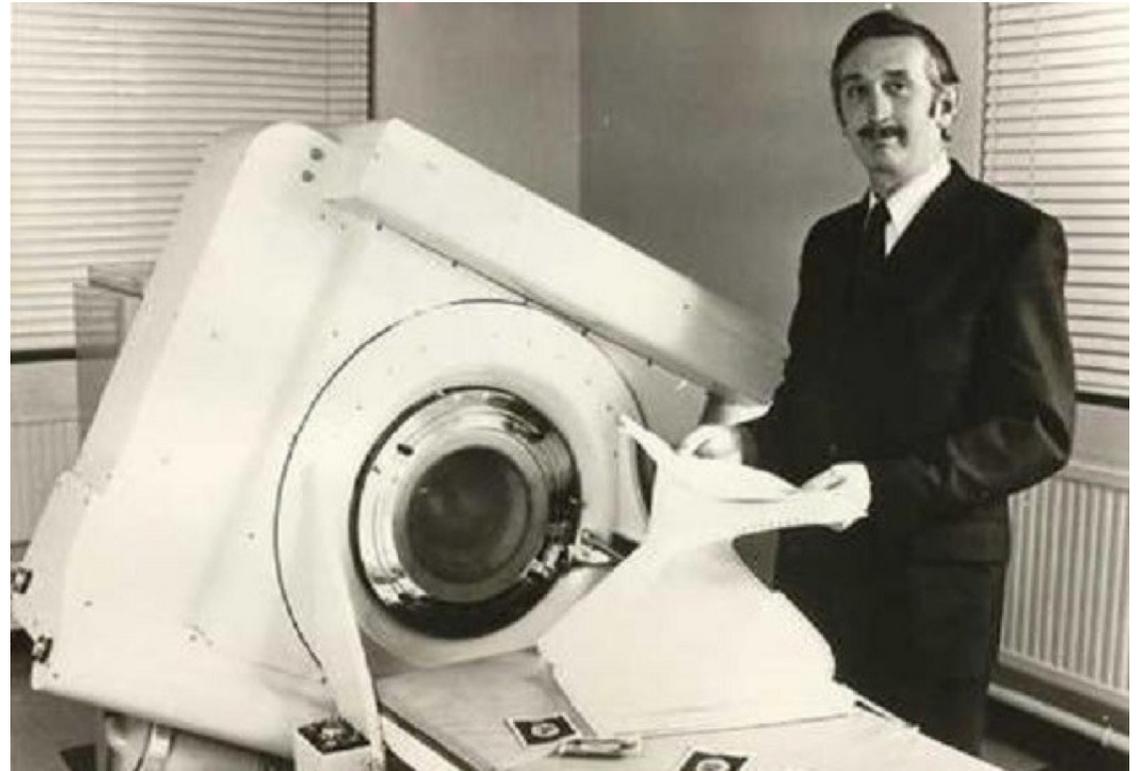
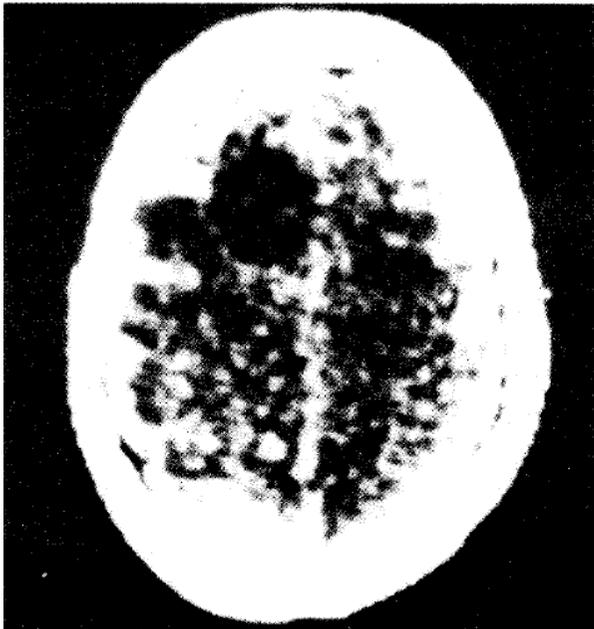


Rétroprojection



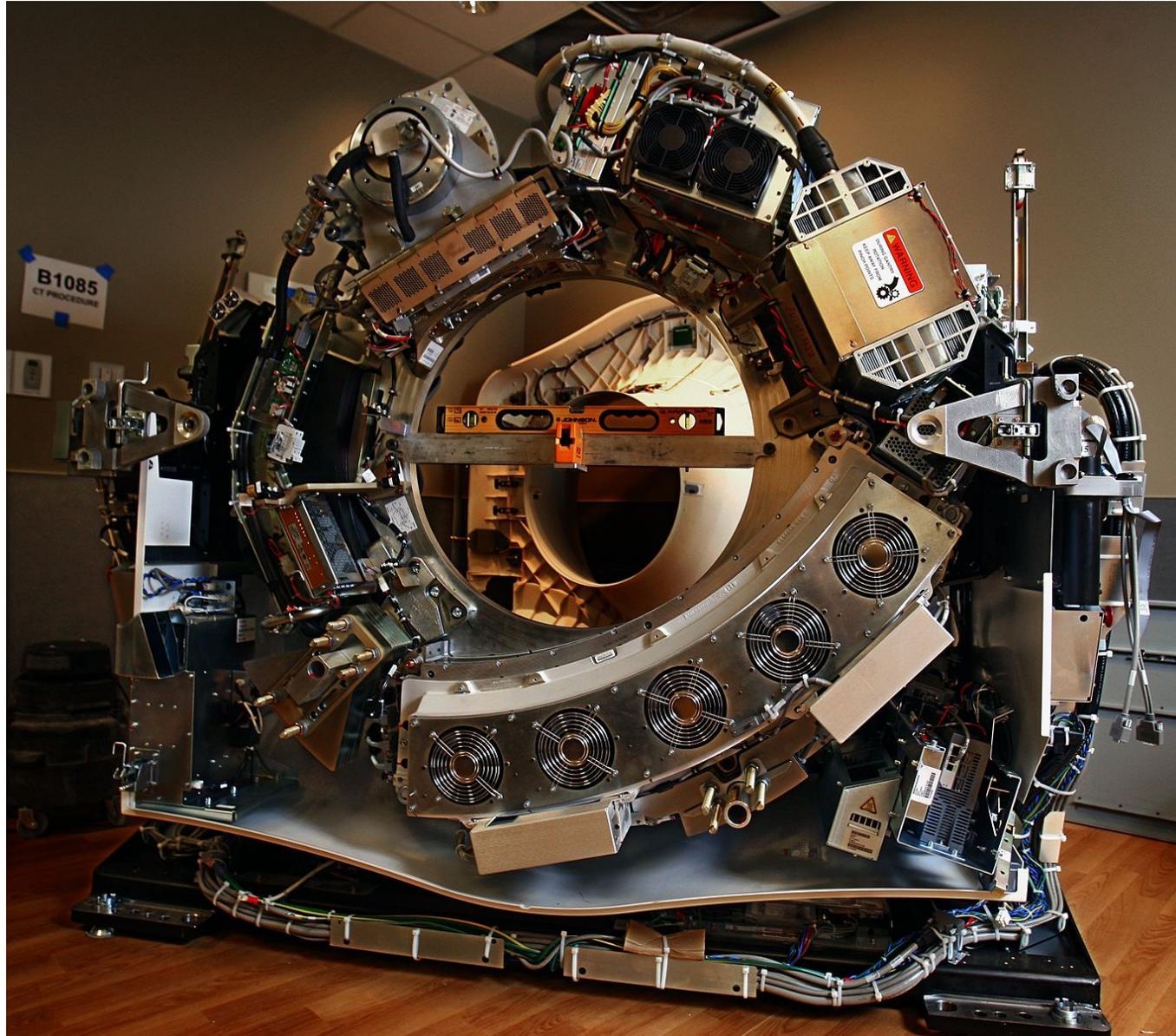
courtesy: S. Valton, Créatis, Lyon

Computerized Tomography (CT)

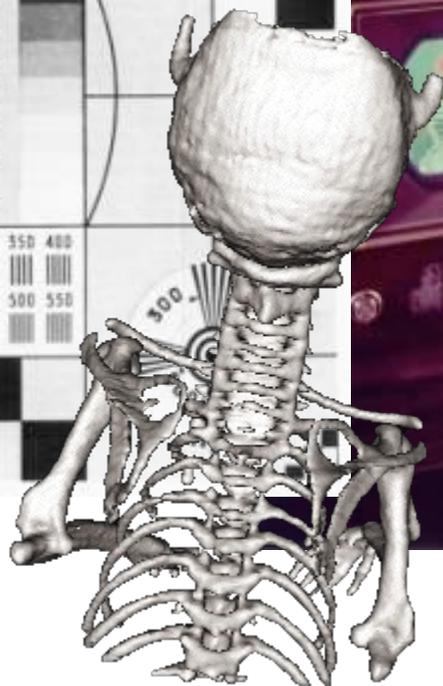
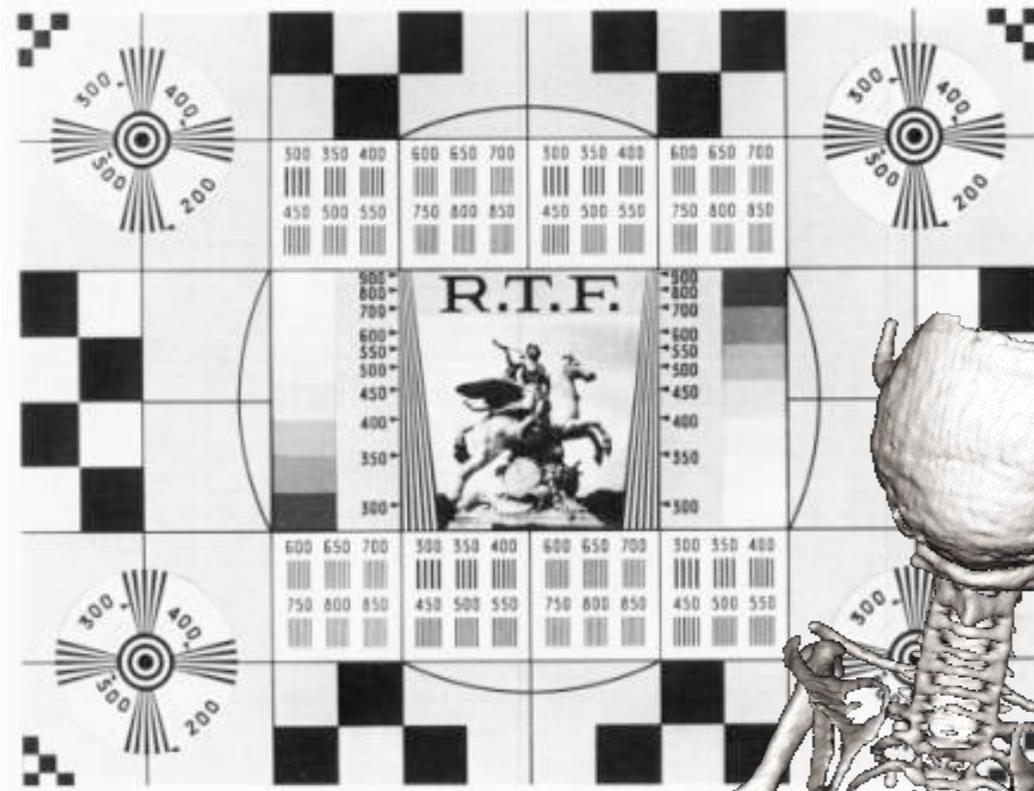
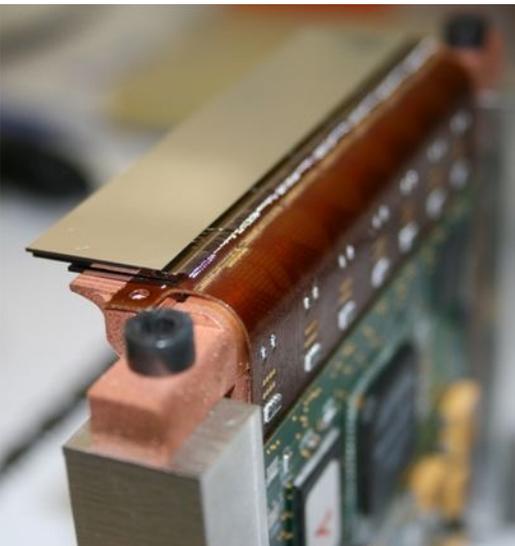
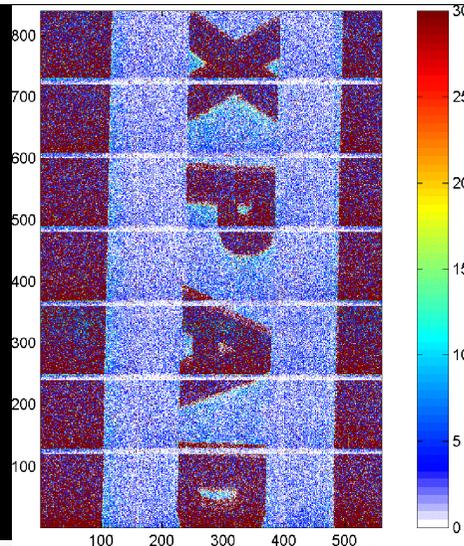


G. Hounsfield, J. Ambrose
(Atkinson Morley Hospital, Londres, 1/10/1971)

Tomodensitomètre (scanner)



CT SPECTRAL : DU NOIR ET BLANC À LA « COULEUR » GRÂCE AUX PIXELS HYBRIDES



CT spectral: une nouvelle modalité intrinsèquement anatomo-fonctionnelle

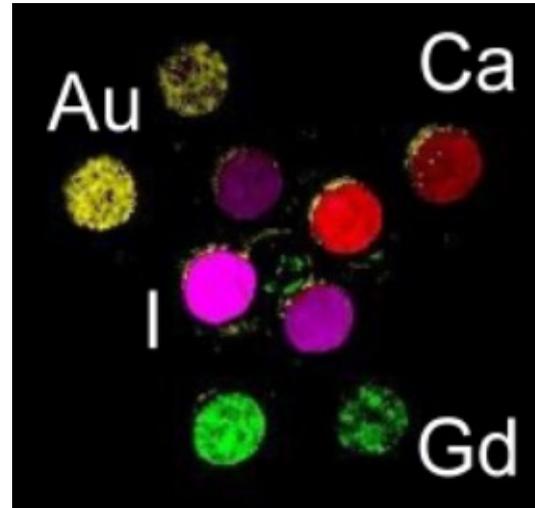
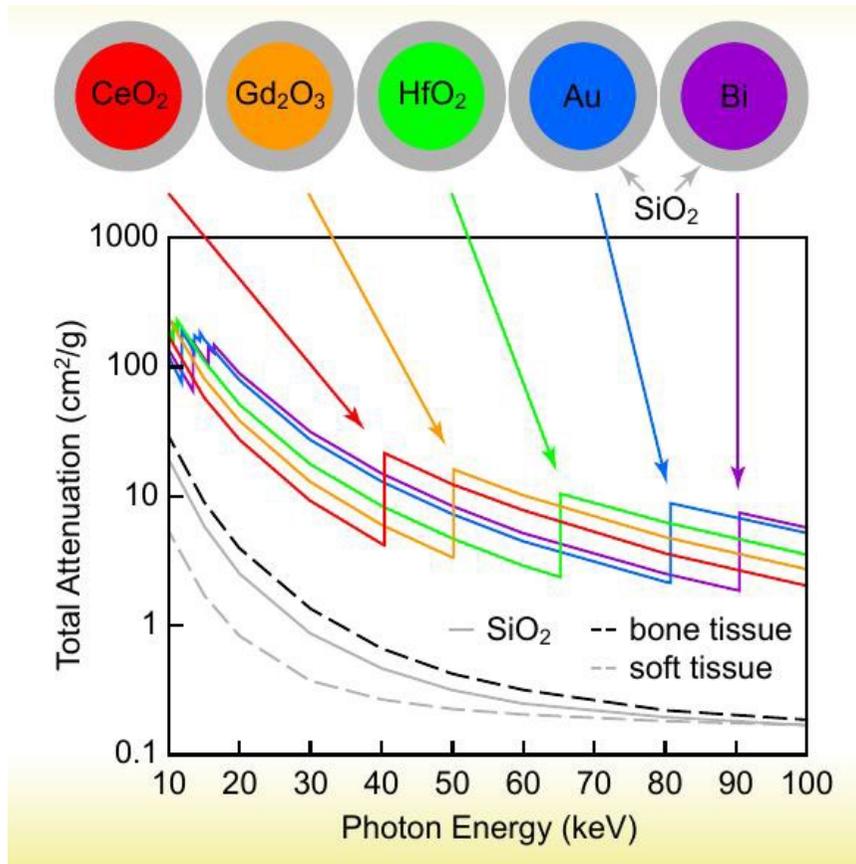
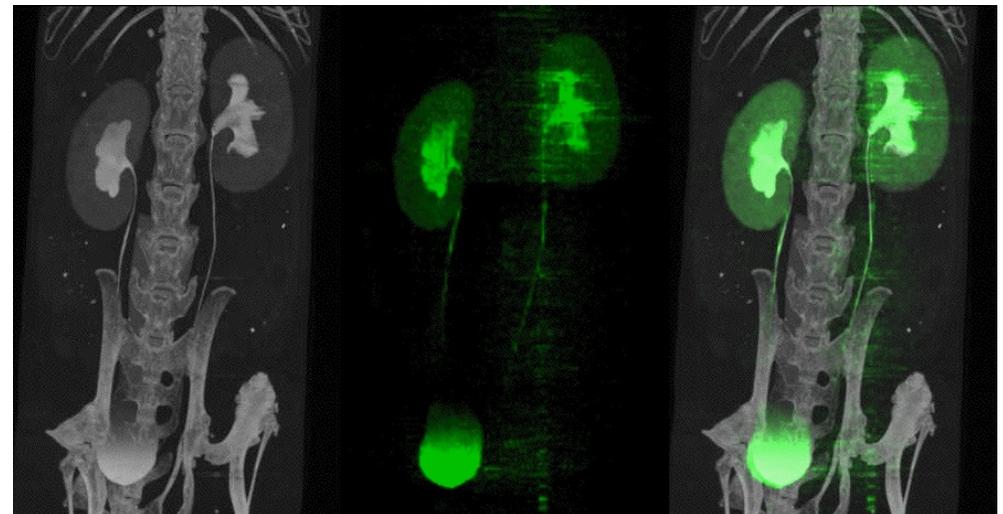


Image de MARS utilisant une gamme d'énergie clinique (CdTe-MedipixRX)

courtesy: A Buttler, Medipix Collaboration, Mars Bio-Imaging

LE Cole et al. *Nanomedicine* **10** (2015) 321

Imagerie au K-edge de l'iode utilisant des pixels composites avec le détecteur XPAD3

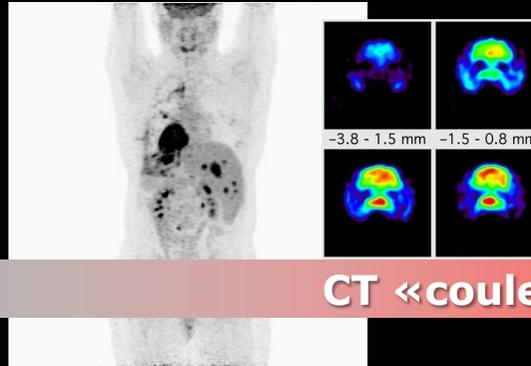


Imagerie anatomique



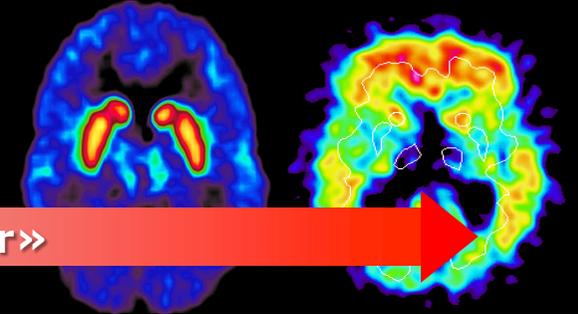
Imagerie par rayons X (CT, DXA)

Imagerie fonctionnelle



CT «couleur»

Imagerie moléculaire



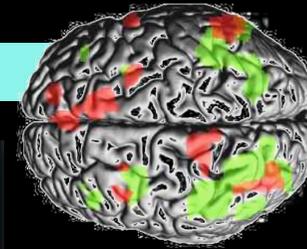
Imagerie isotopique (TEP, TEMP)

mL, pMol

μL , mMol- μMol

IRM fonctionnelle

Imagerie par résonance magnétique



Spectroscopie par résonance magnétique



Imagerie ultrasonore



Imagerie optique (FMT, FRT, bioluminescence, OCT, microscopie 2-photons)

Structure

Mécanisme

Cible

Macroscopique

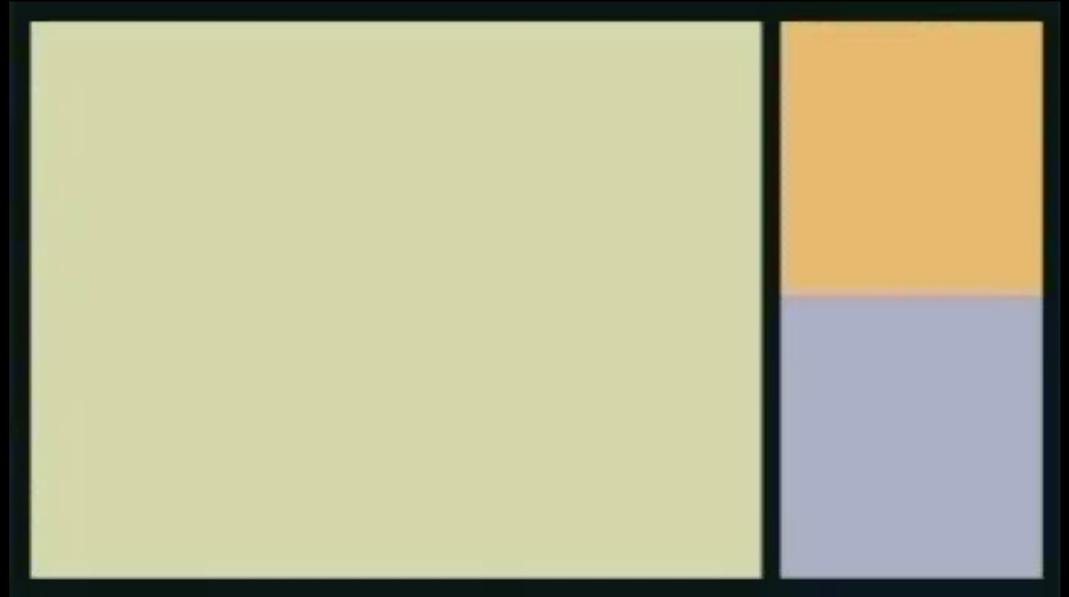
Microscopique

$$E=mc^2$$

Diffusion Compton

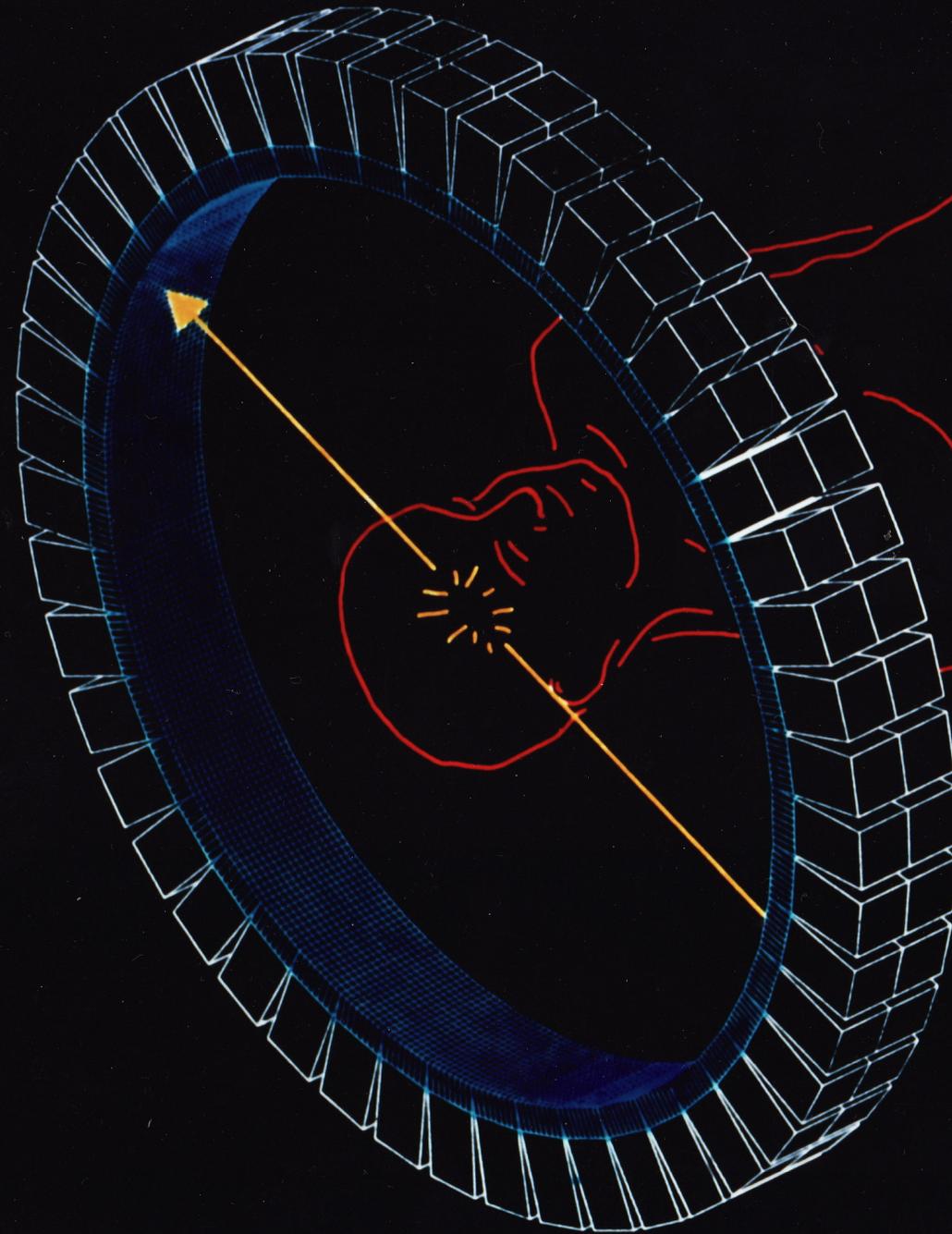


Annihilation matière anti-matière



Tomographie par émission de positons (TEP)

Positron Emission tomography (PET)



^{15}O (2 min)

^{13}N (10 min)

^{11}C (20 min)

^{18}F (110 min)

511 keV

511 keV

511 keV

511 keV

Sensibilité absolue $\sim 10^{-2}$

Résolution spatiale 3-5 mm

Dose absorbée 5-10 mSv



Distribution normale de FDG



Fixations physiologiques du FDG

Cerveau

Thymus (enfants)

Cœur

Élimination urinaire:

Reins

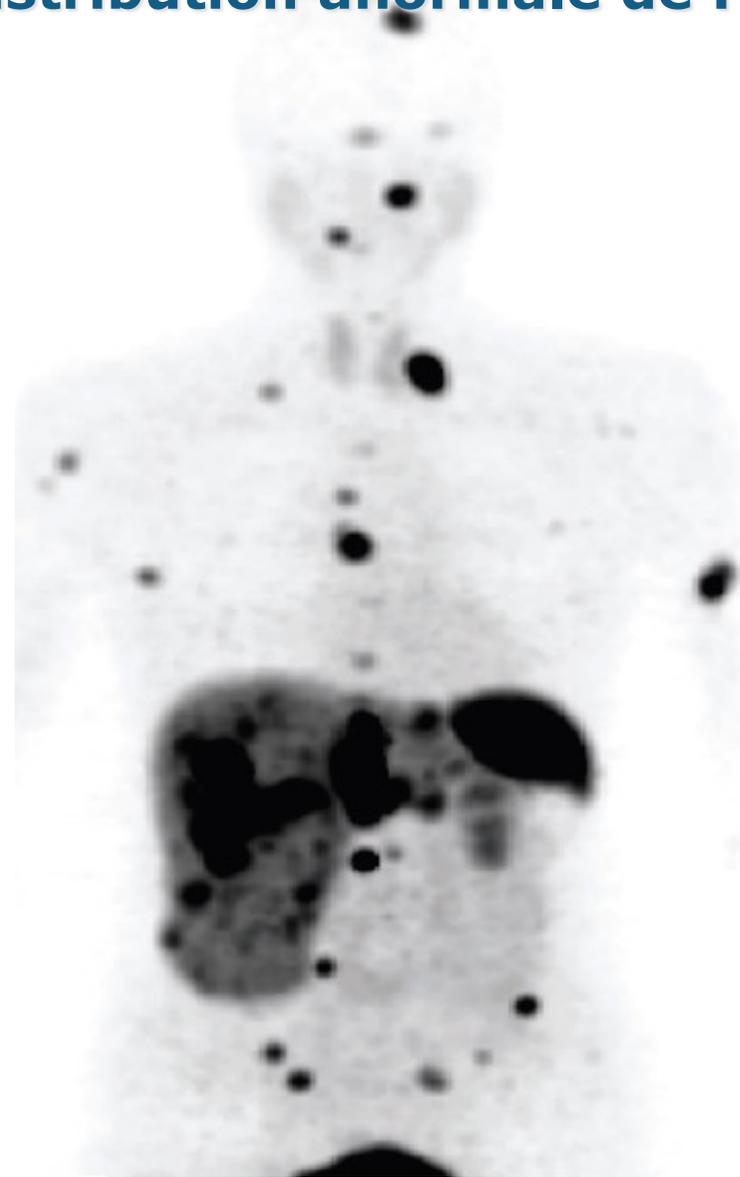
Uretères

Vessie

Distribution normale de FDG



Distribution anormale de FDG



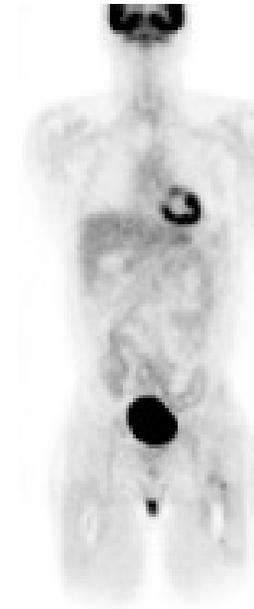
Clinique + Préclinique

microPET Focus 220



Souris
6 MBq

ECAT EXACT HR+ -

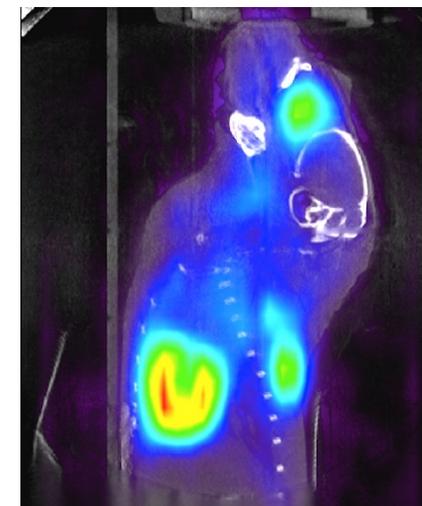
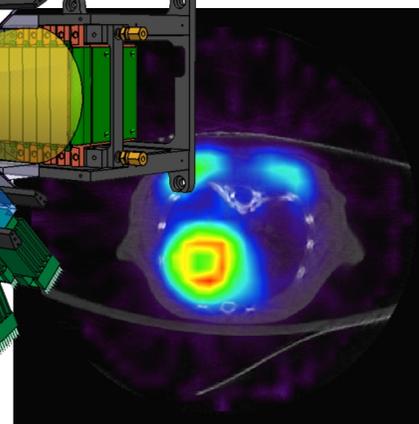
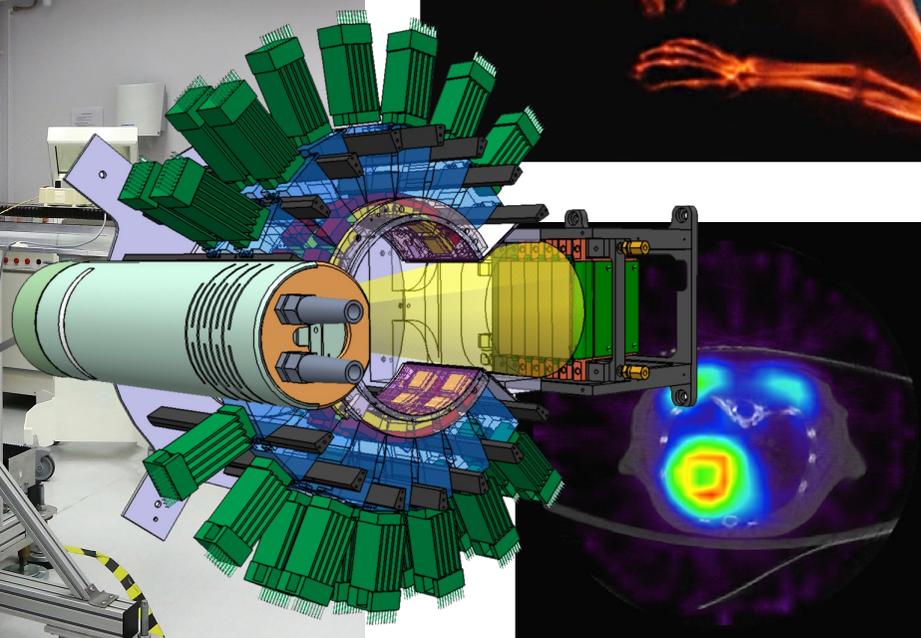
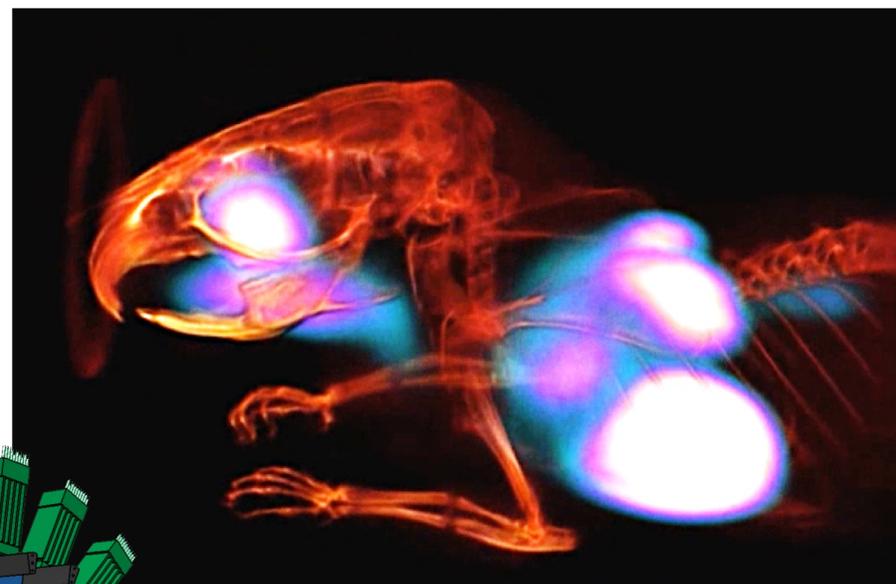
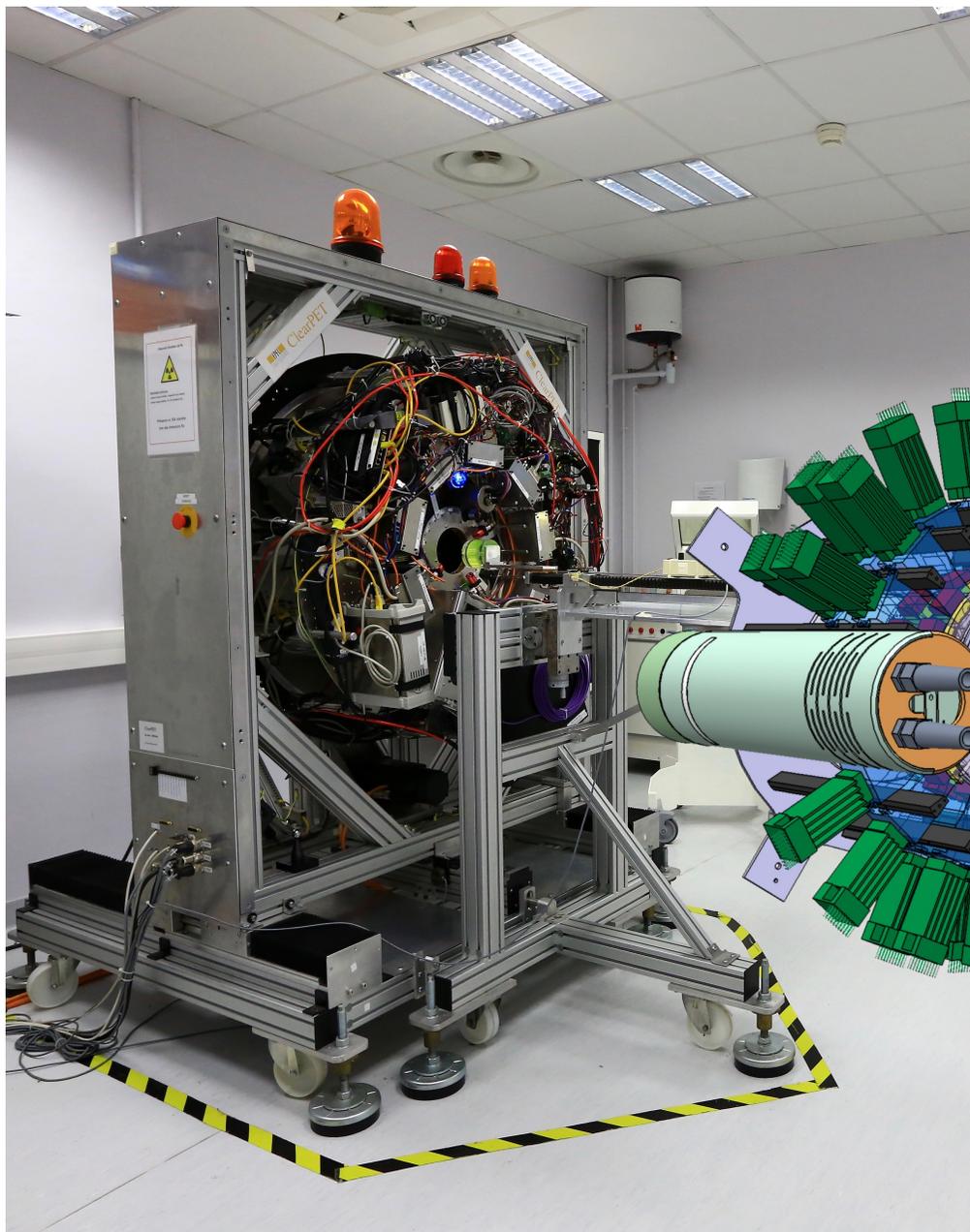


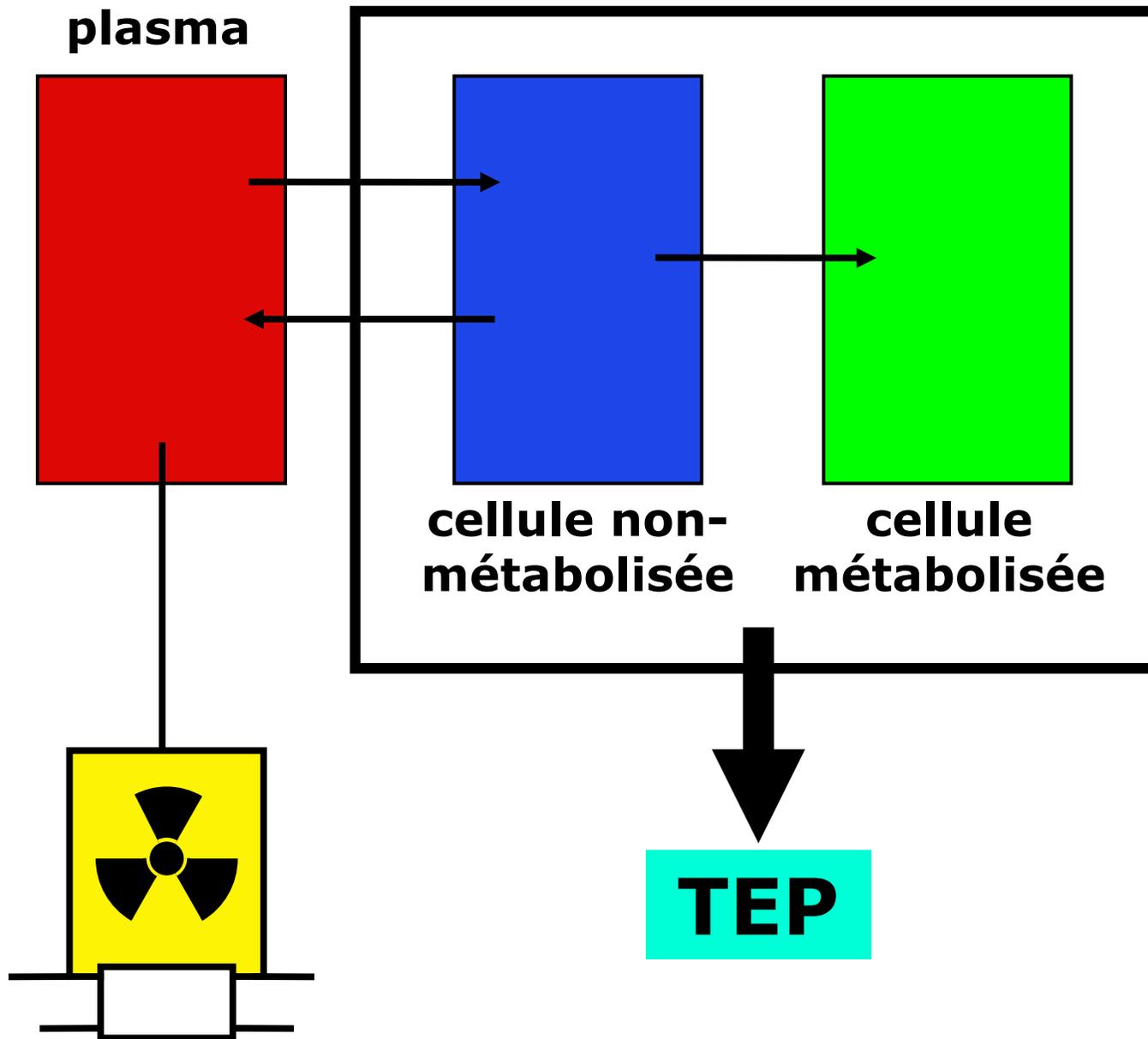
Humain
390 MBq

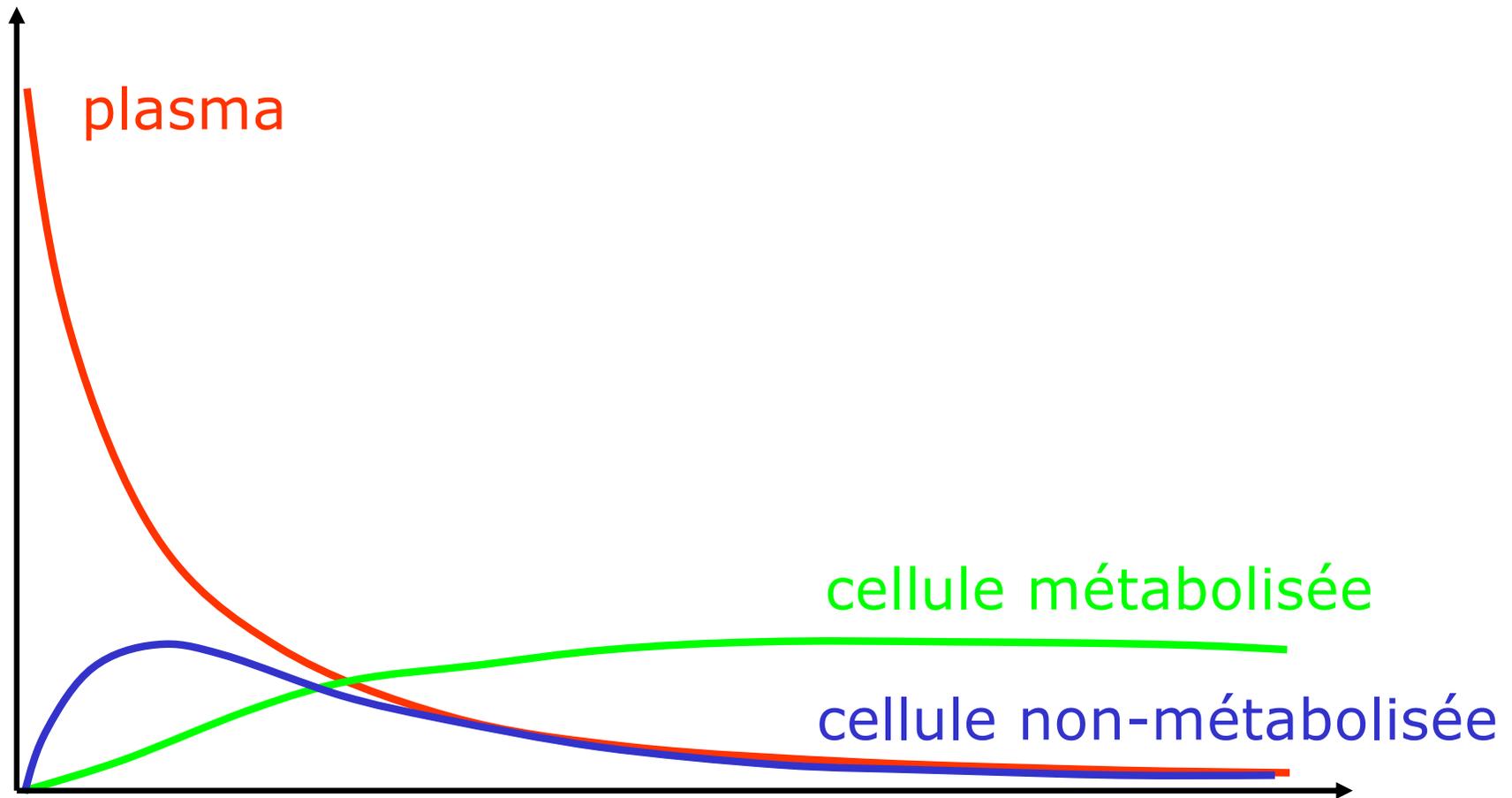
TEP/CT simultané: preuve de concept avec le prototype ClearPET/XPAD



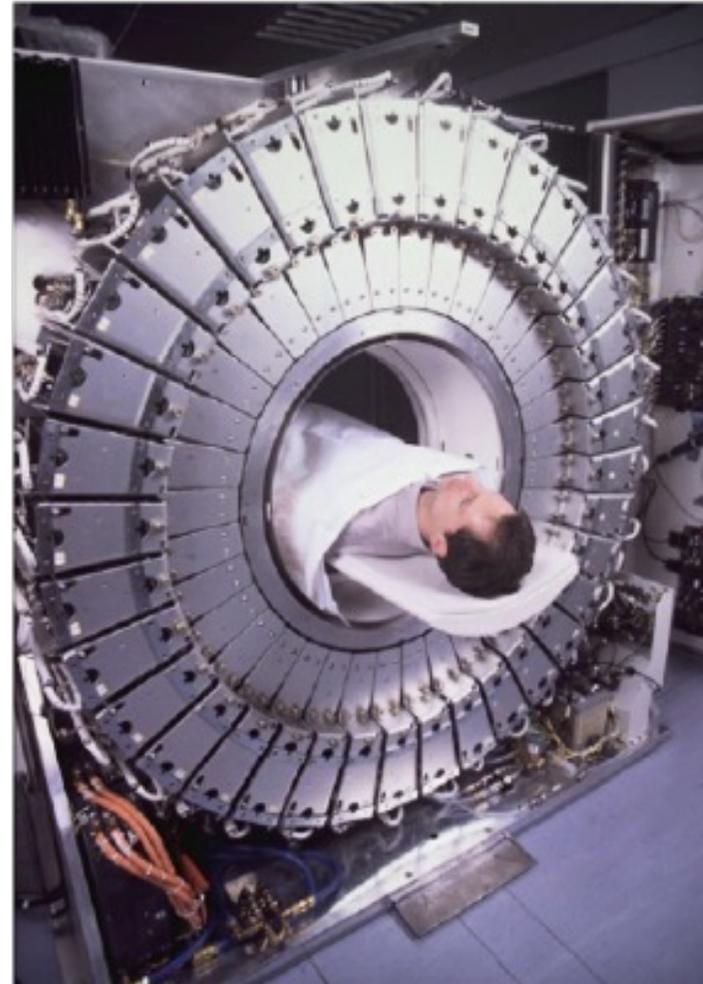
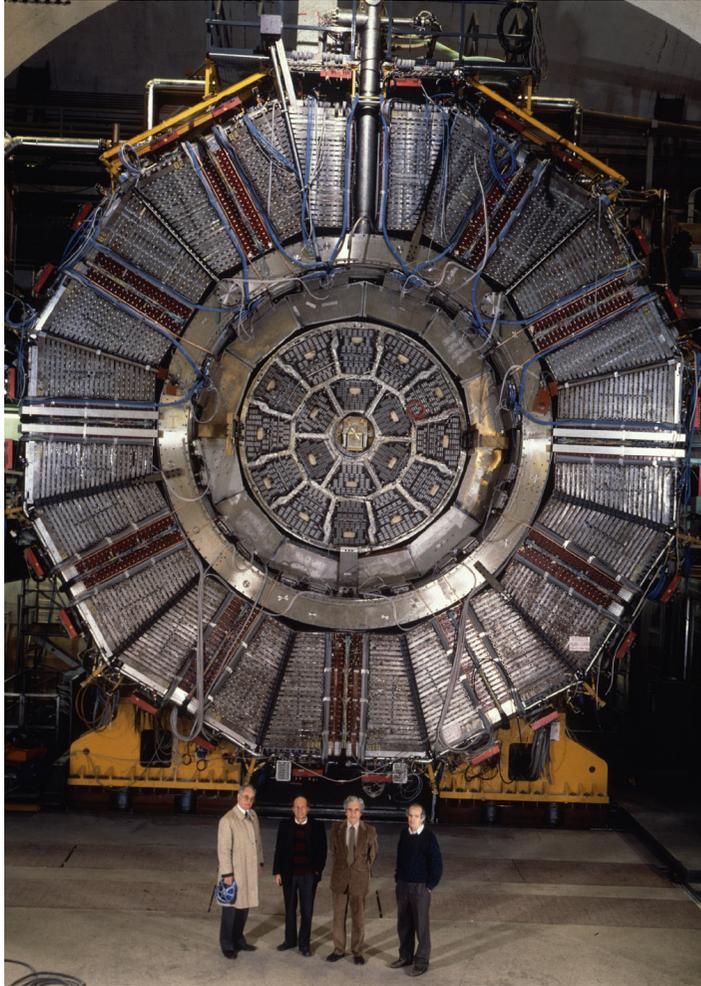
M. Hamonet et al., Proc. IEEE NSS/MIC 2016



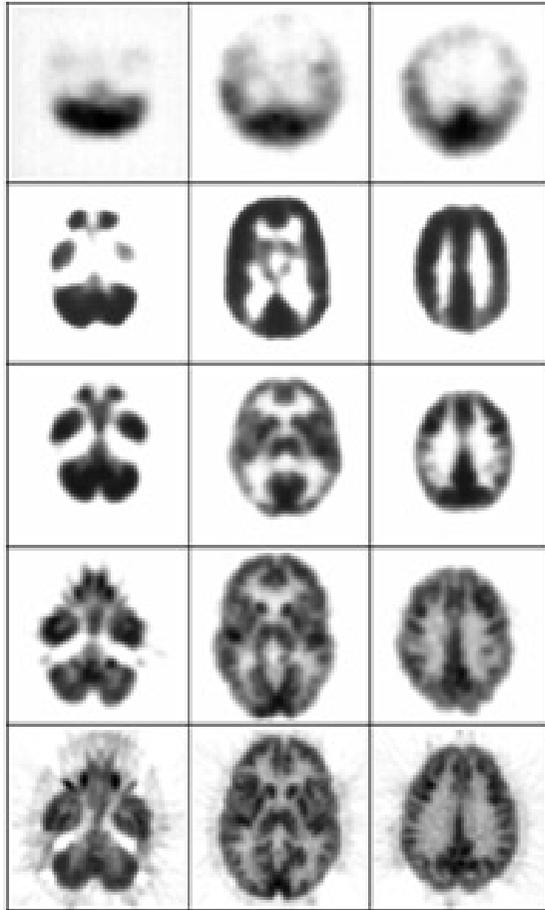




Application sociétale de la physique nucléaire



Instrumentation en constante évolution



PET III 1975

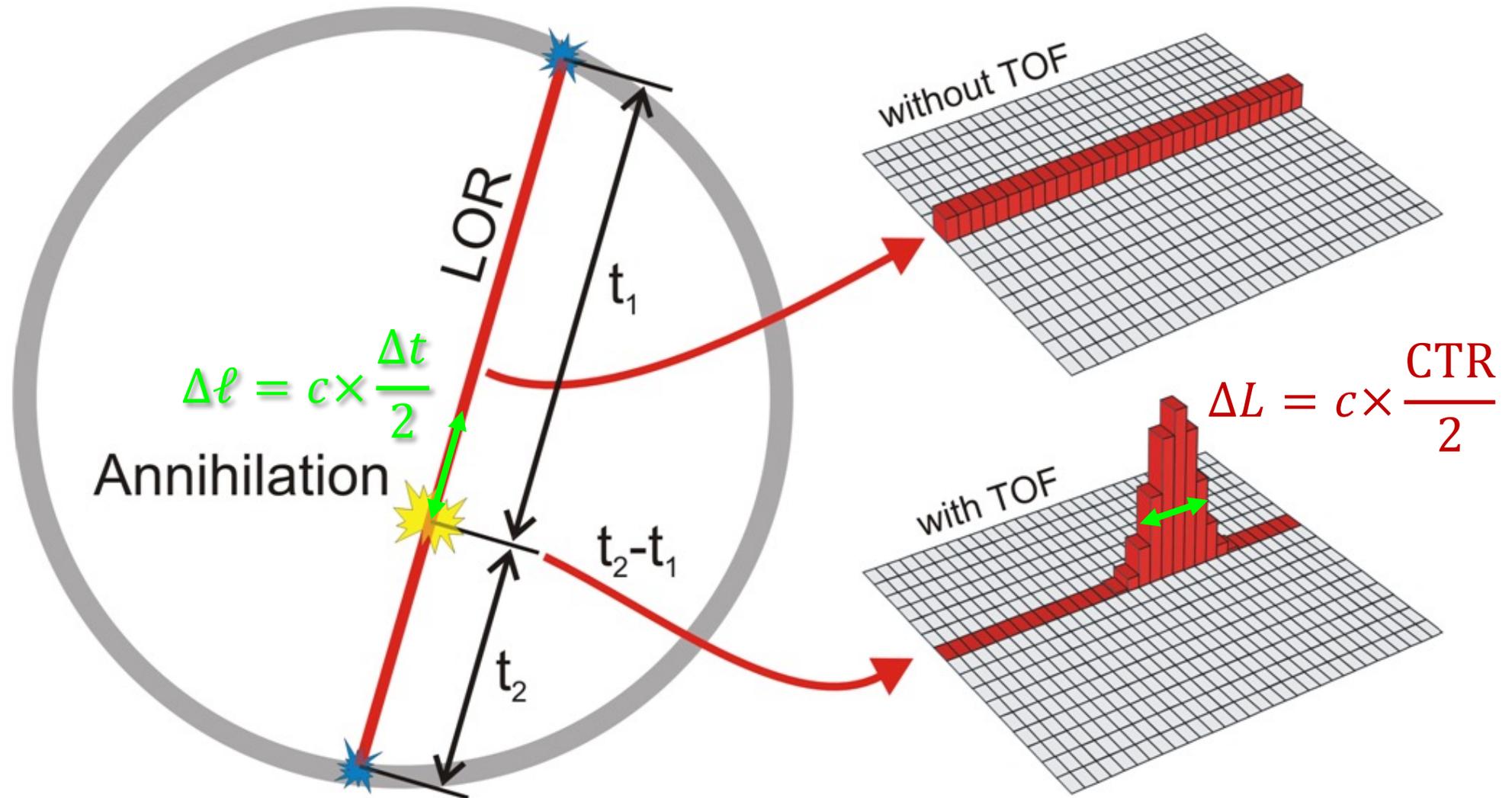
ECAT II 1977

NeuroECAT 1978

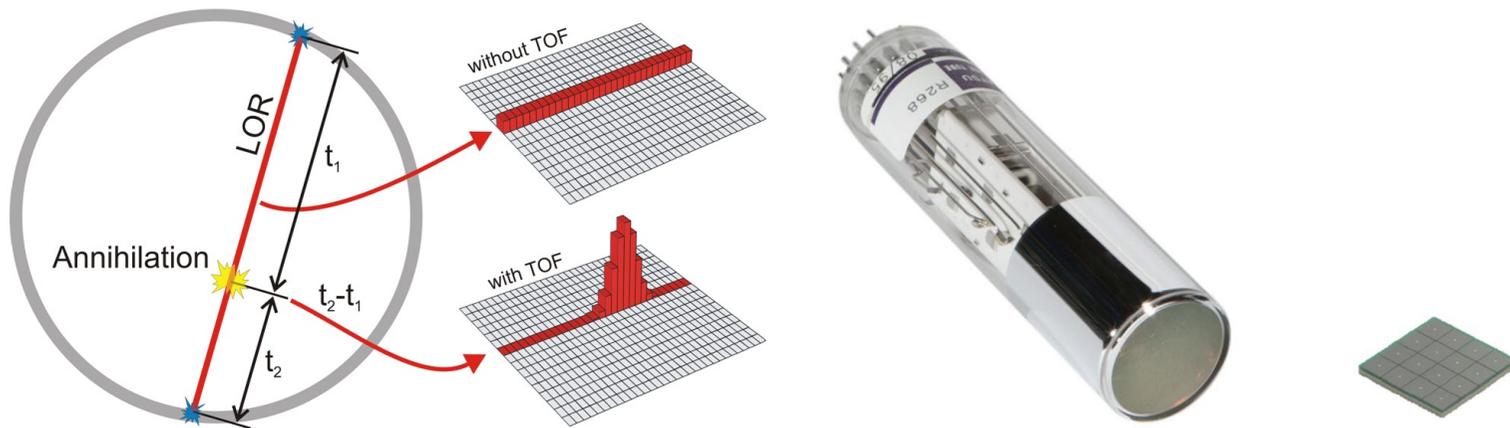
ECAT 931 1985

ECAT EXACT HR+ 1995

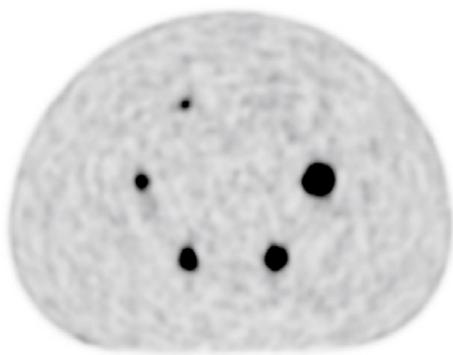
Time-Of-Flight (TOF)-PET



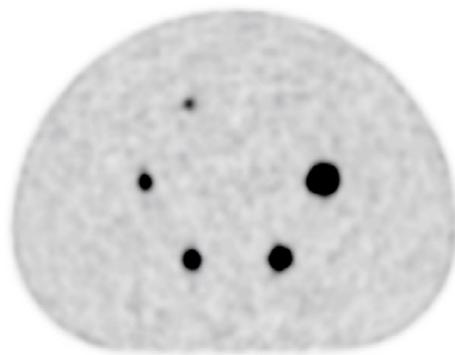
State-of-the-art TOF-PET



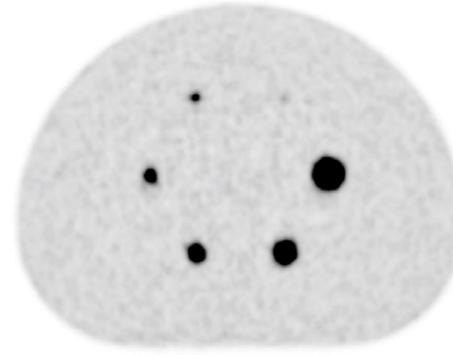
$$\left(\frac{SNR_{TOF}}{SNR_{nonTOF}} \right)^2 = \frac{2D}{c \times CTR}$$



nonTOF

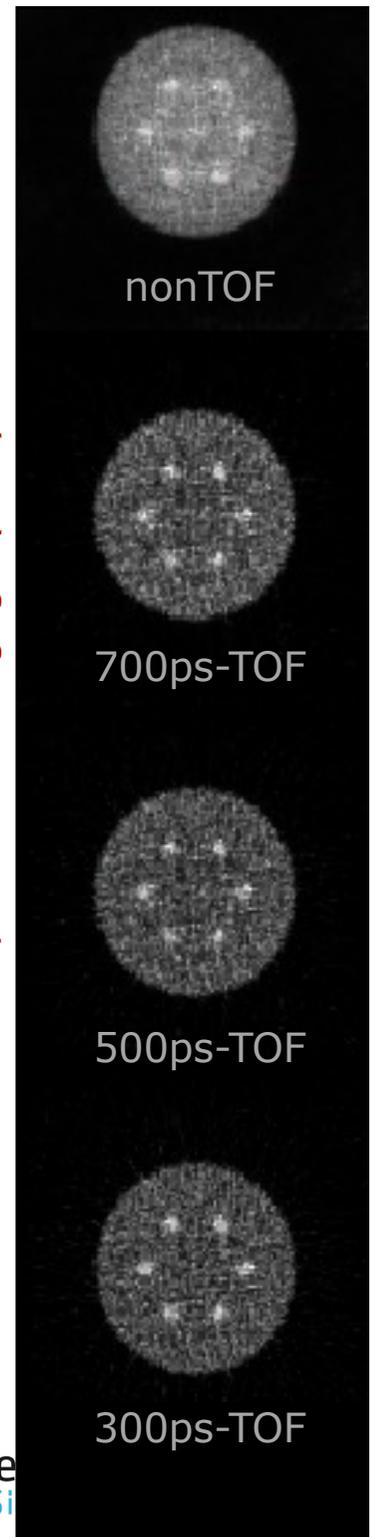


527ps-TOF



210ps-TOF

M. Conti and B. Bendriem, Clin Transl Imaging 7 (2019) 139–147



nonTOF

700ps-TOF

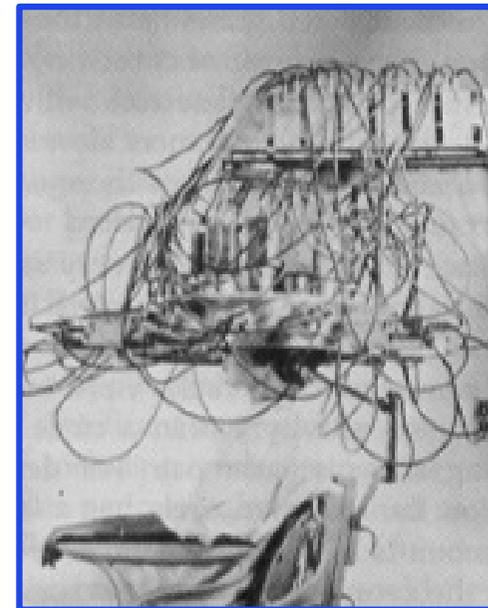
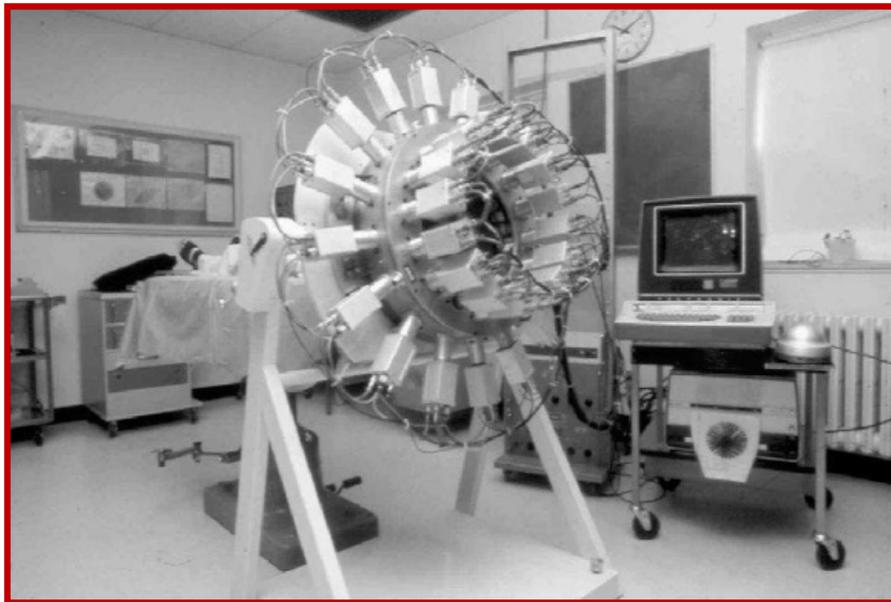
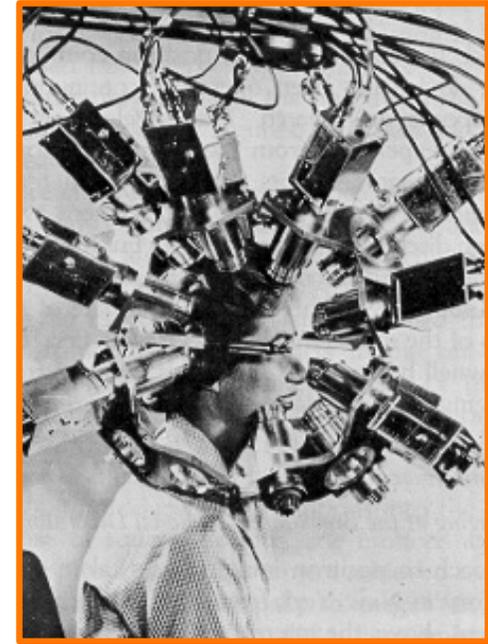
500ps-TOF

300ps-TOF

1960 : "Hair drier", 32 cristaux de NaI(Tl) arrangés sur une sphère (J.S. Roberston, Brookhaven)

1961 : Positome ("Head shrinker"), 32 cristaux de NaI(Tl) réarrangés sur un anneau de 40 cm de diamètre (J.S. Roberston, Y.L. Yamamoto, Brookhaven)

1975 : Positome-I déplacé à McGill, Montréal (Y.L. Yamamoto)

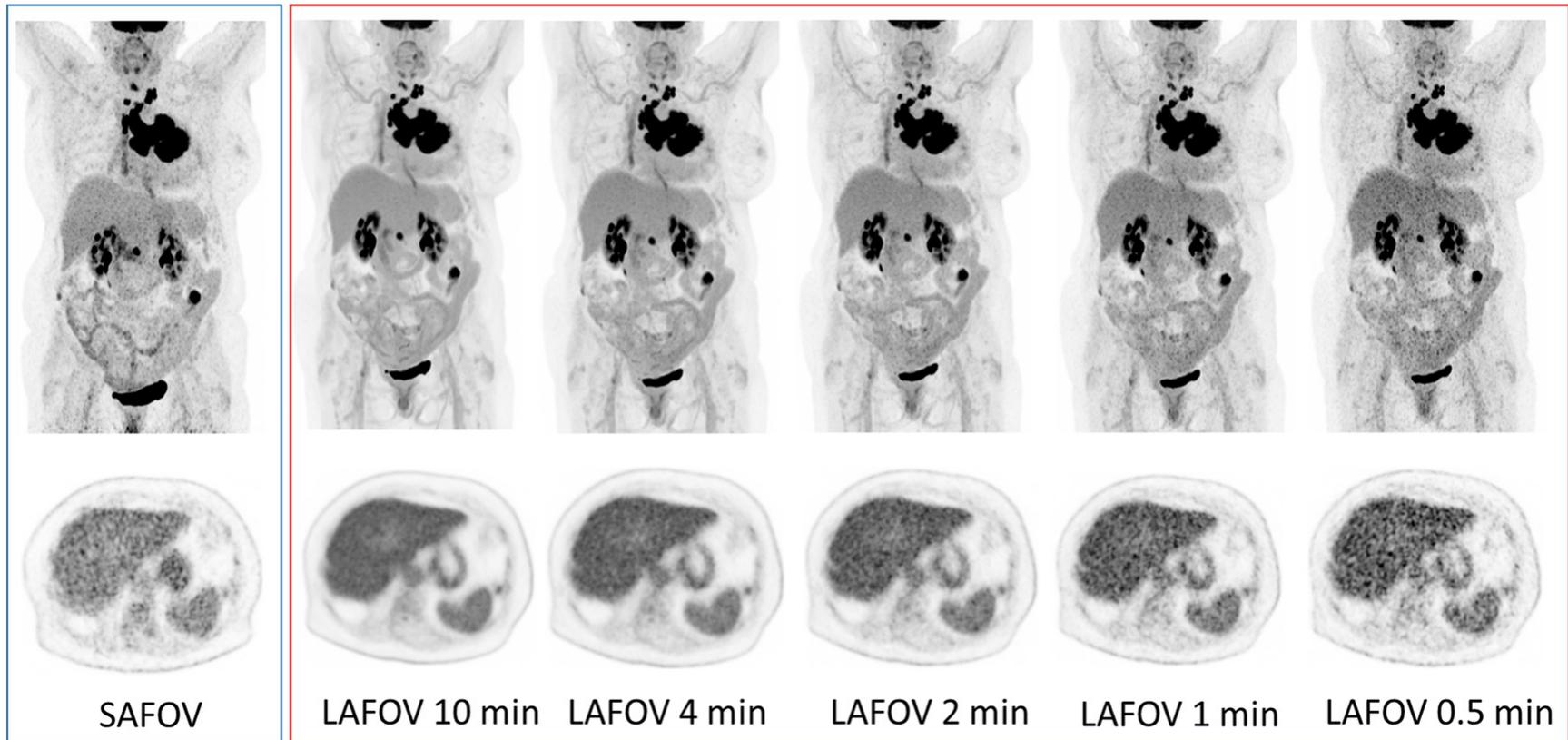


Total Body-PET scanner Biograph Vision Quadra (Siemens)

Diamètre : 82 cm
Longueur : 78 cm
Largeur: 106 cm
CTR : 230 ps FWHM
Cristaux de LSO :
3.2 x 3.2 x 20 mm³

cristaux : 243,200
matrices SiPM (16 x 16) : 9,728
Fenêtre de coïncidence : 4.7 ns
Fenêtre d'énergie : 435-585 keV
Fraction de diffuses : 37 %
Max NEC: 3.0 Mcps @ 27.5 kBq/mL (NU 2-2018)

G.A. Prenosil et al., JNM 2021



26.3 cm 16 min

106 cm

I. Alberts et al., EJNMMI 2021