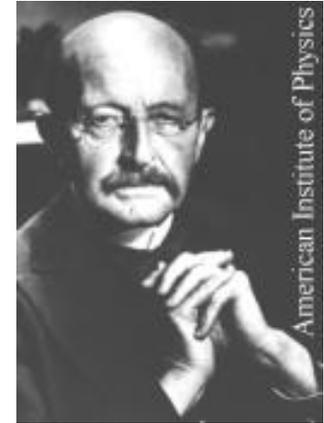
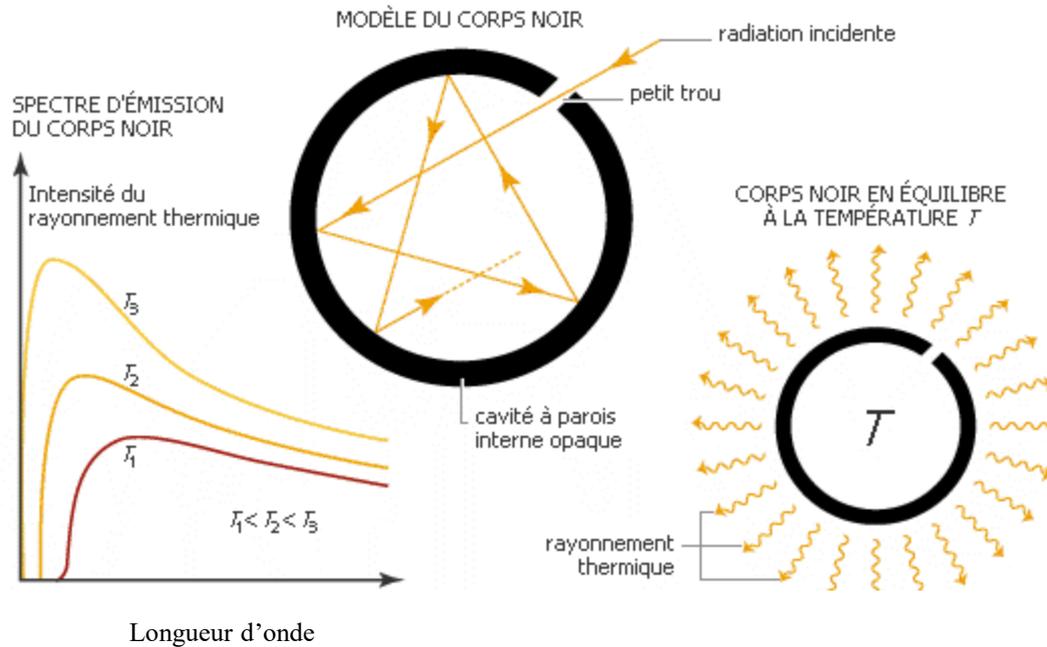


Paul-Antoine Hervieux

hervieux@unistra.fr

Les cours seront disponibles sur mon site
dans la rubrique: L1

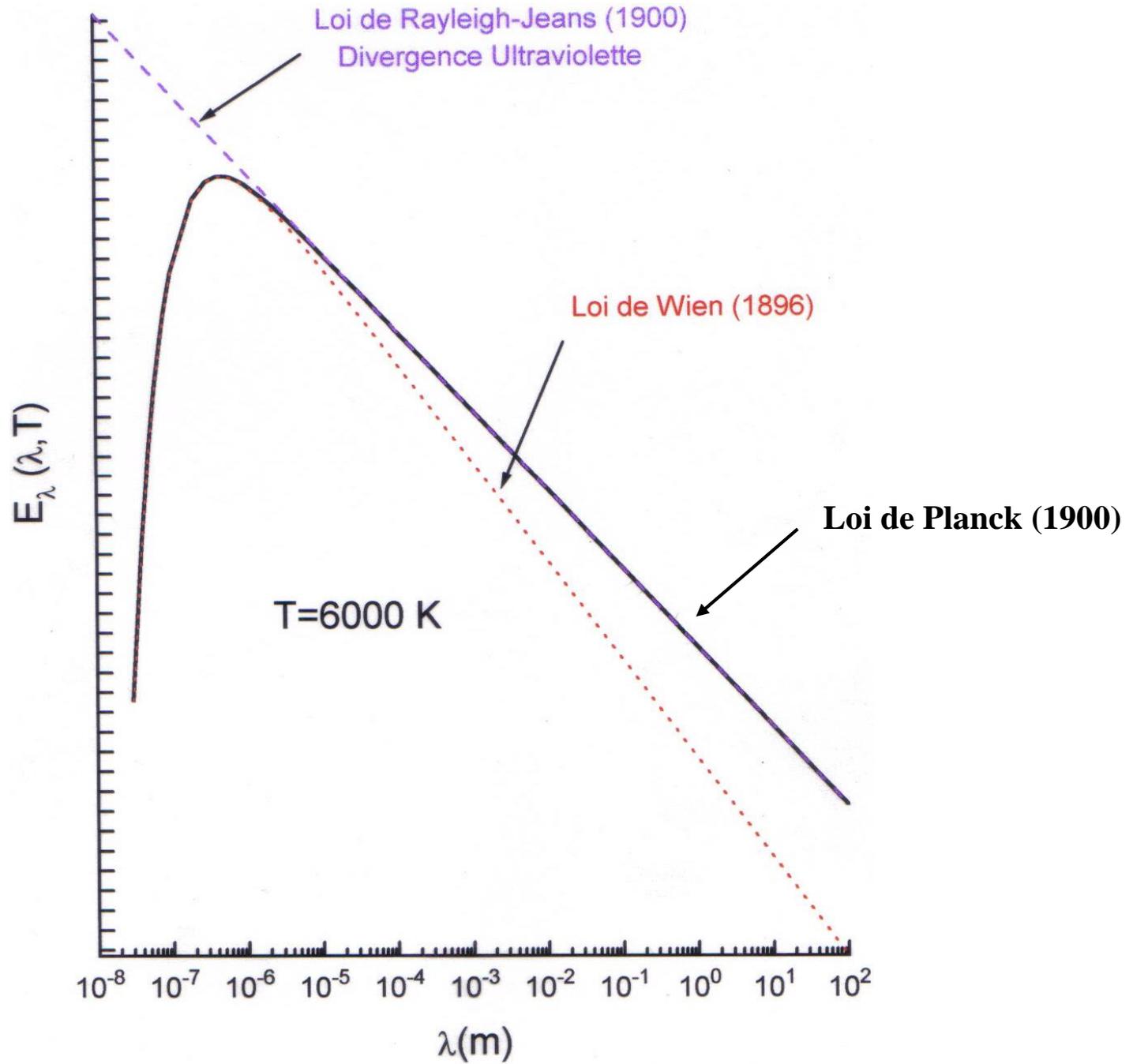
Le corps noir (1900)



Max Planck
(1900)

Une révolution scientifique...

Un changement de paradigme (Thomas Kuhn)



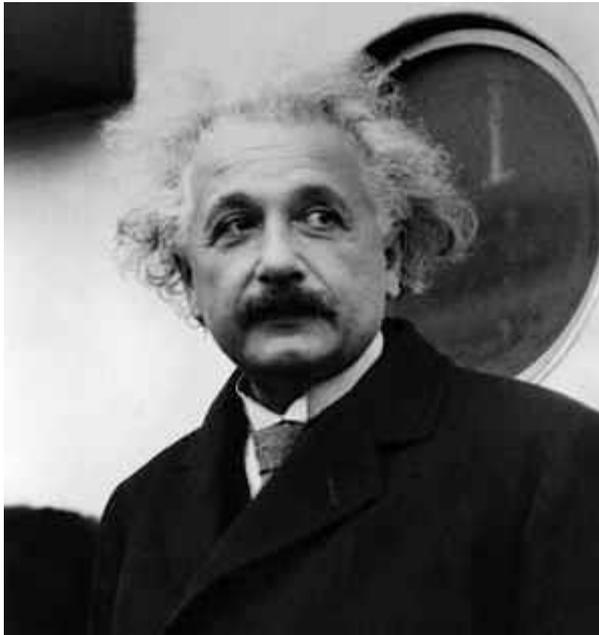
Structure des révolutions scientifiques

L'activité normale consiste à chercher des solutions aux problèmes qui se posent dans le cadre du *paradigme*, en faisant jouer les règles dans le *paradigme*, en ajustant les résultats expérimentaux et les prédictions théoriques par exemple.

La science normale ne cherche pas à **innover**; c'est, selon Kuhn, une activité foncièrement **conservatrice** qui consiste à actualiser le potentiel de solutions offertes par un paradigme.



1905: Une année de folie ...



- Effet photoélectrique (Nobel en 1921)
- Mouvement brownien
- Théorie de la relativité restreinte

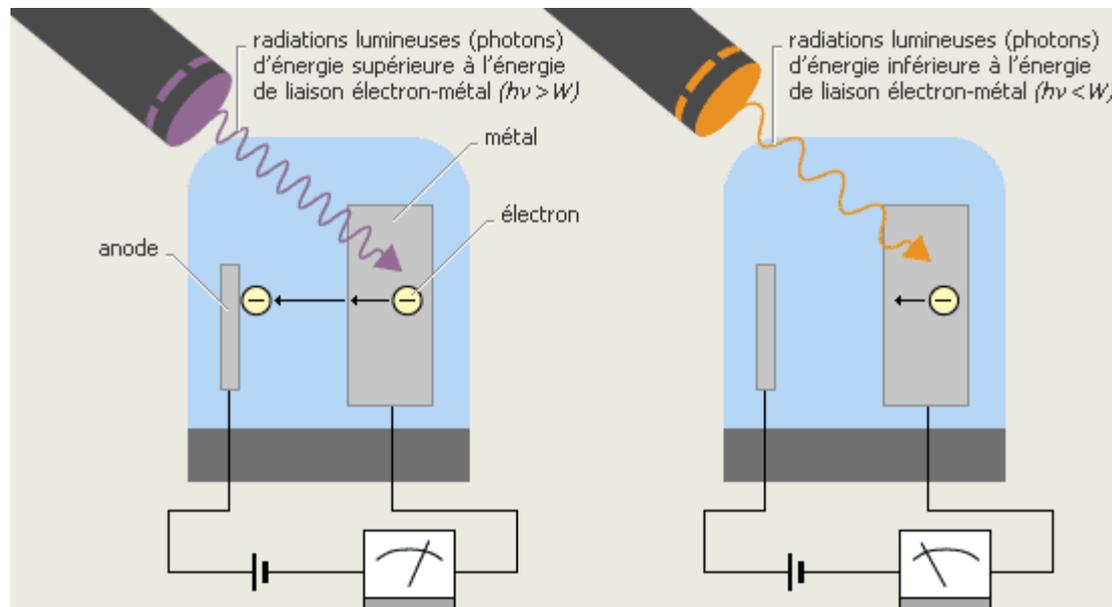
Albert Einstein (1879-1955)

L'effet photoélectrique (I)

Première facette de la dualité onde-corpuscule avant
Louis de Broglie en 1924



- Le champ électromagnétique est *quantifié*
- Les quanta de ce champ sont les **photons**



Aspect *corpusculaire* de la lumière

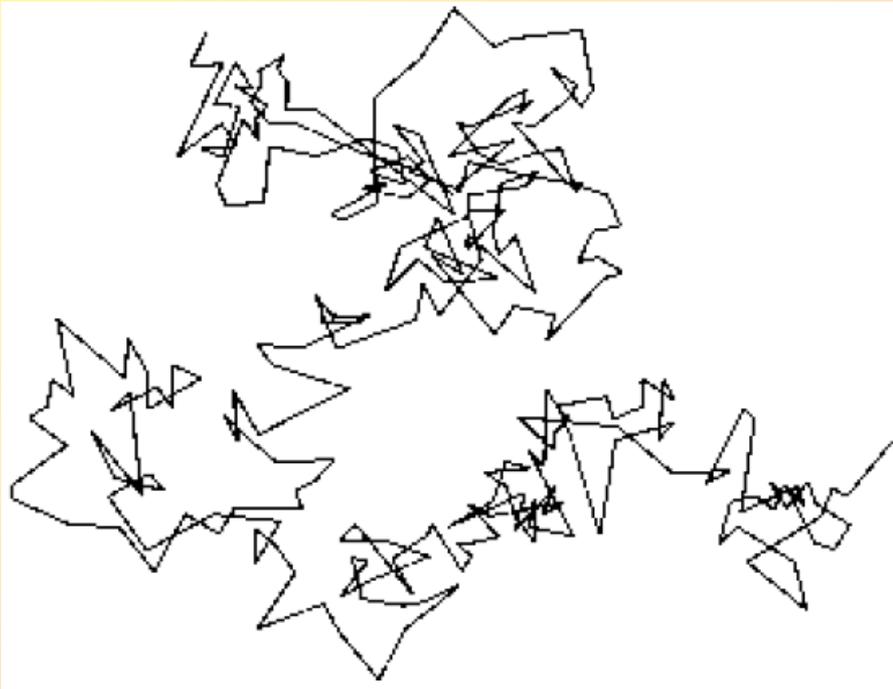
Les quanta de lumière et l'effet photoélectrique

La microstructure de la lumière

"Dès lors que l'entropie d'un rayonnement monochromatique dépend du volume de la même façon que s'il était un milieu discontinu consistant en quanta d'énergie de grandeur $h\nu$, le pas évident à franchir est d'investiguer si les lois de l'émission et de la transformation de la lumière sont telles qu'elles puissent être interprétées ou expliquées en considérant que la lumière consiste en de tels quanta. Nous examinerons cette question dans ce qui suit."

Einstein, Ann. D. Phys. 17, 132, 1905

Le mouvement Brownien (II) et la réalité des atomes



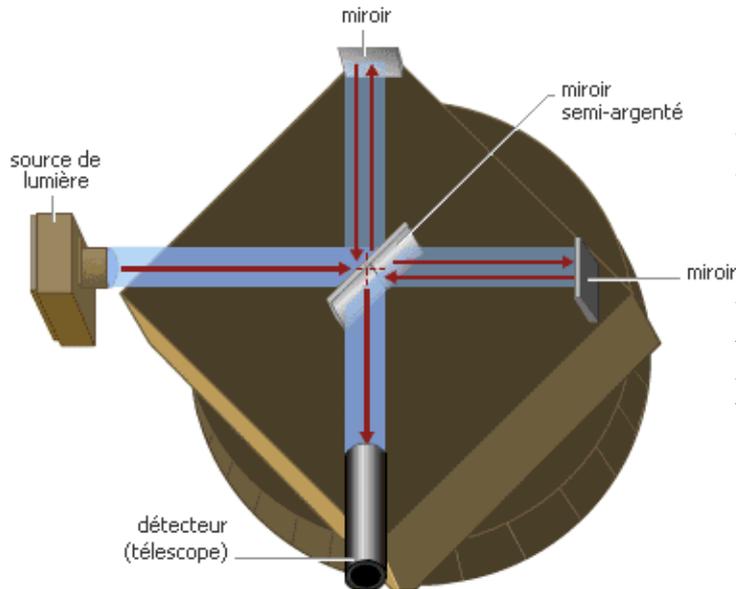
Jean Perrin (Les atomes)

"Si le mouvement discuté ici peut effectivement être observé (en même temps que ses lois), alors la thermodynamique classique ne pourra plus être considérée comme applicable avec précision à des corps visibles au microscope; une détermination exacte des dimensions réelles des atomes sera alors possible. Si, par contre, la prédiction de ce mouvement se révélait incorrecte, alors un argument de poids pourrait être opposé à la théorie cinétique moléculaire de la chaleur." Einstein, *Ann. D. Phys.* 17, p. 549, 1905

La relativité restreinte (III)



- La lumière se propage dans l'**éther**.
- Si la Terre se déplace par rapport à l'éther, les deux rayons lumineux ne devraient pas avoir la même vitesse (loi de composition des vitesses).



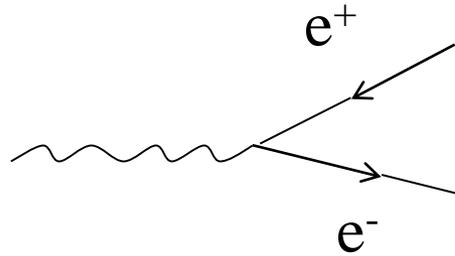
Einstein **postule** que la lumière se propage à une vitesse constante dans le vide (et non pas dans l'éther), indépendamment du référentiel dans lequel on la mesure.

Il arrive aux mêmes résultats que Poincaré et Lorentz

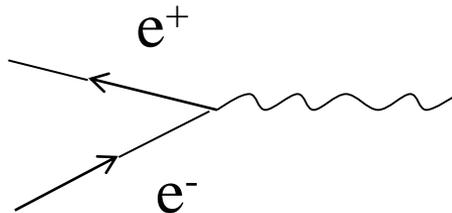
Expérience de Michelson-Morley
(1887)
Interféromètre

L'antimatière

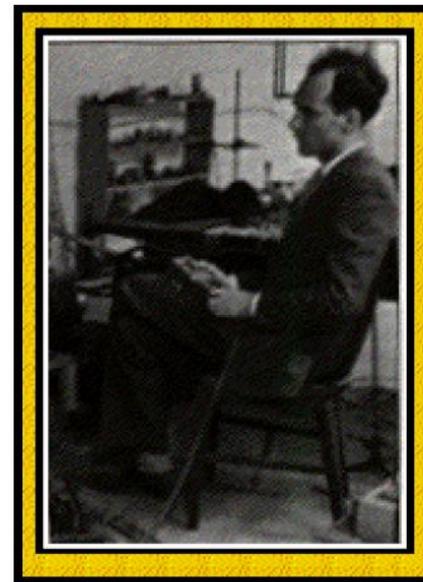
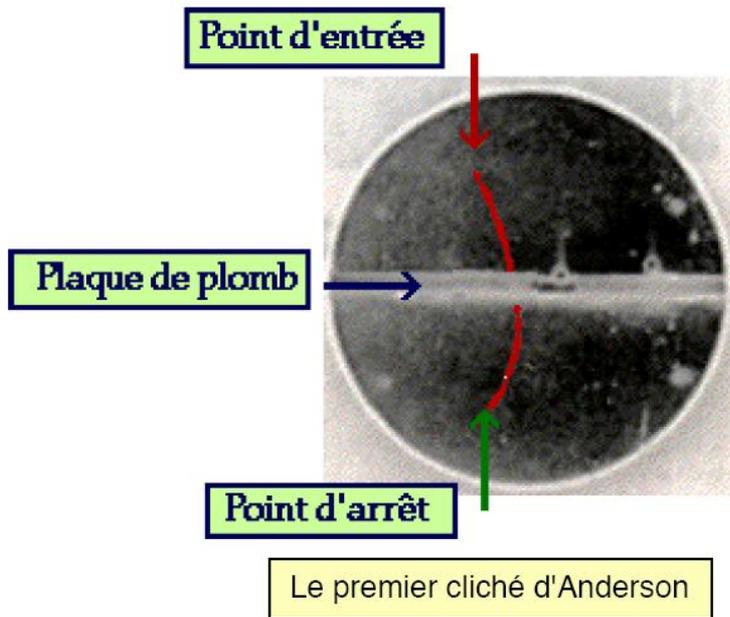
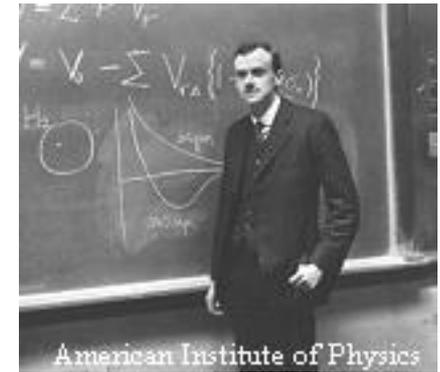
- A partir du vide, on peut produire une particule chargée et produire en même temps son **antiparticule**, identique à elle mais de charge opposée.



- Lorsqu'une particule et son antiparticule se rencontrent, elles **s'annihilent** dans le vide en émettant des quanta de rayonnement.

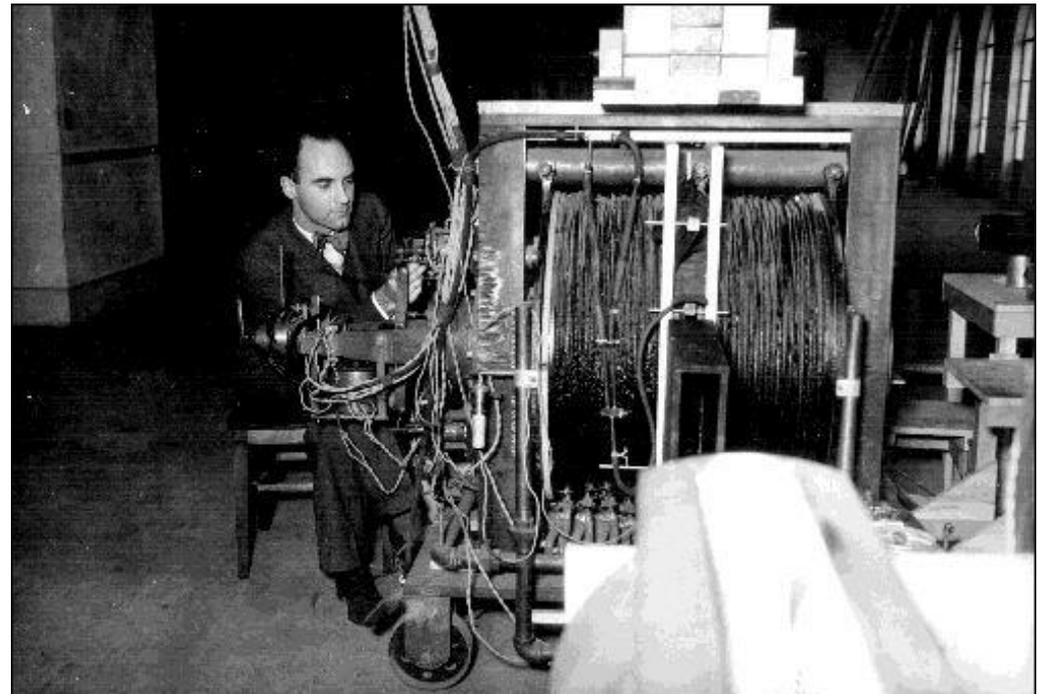


- 1928 - Paul Dirac prédit l'antimatière.
 - Il est aussi à l'origine d'une équation fameuse
- 1931 - Anderson découvre le positron dans une chambre de Wilson.
 - En étudiant le rayonnement cosmique, Anderson observe une particule qui pour le spécialiste a toutes les caractéristiques d'un électron, ne peut être un proton et possède une charge électrique positive.

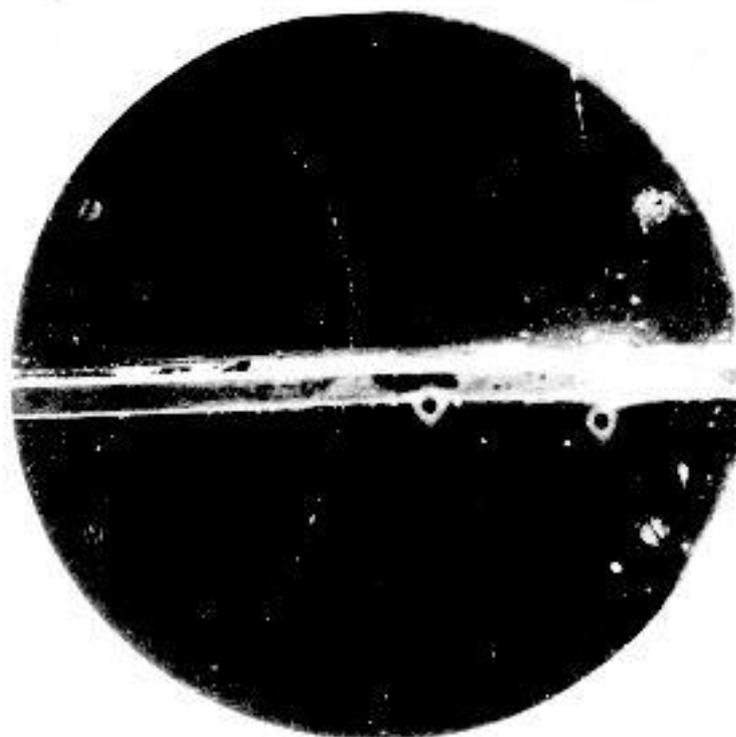


Carl Anderson (1905-1975)

La découverte du positron (1931)

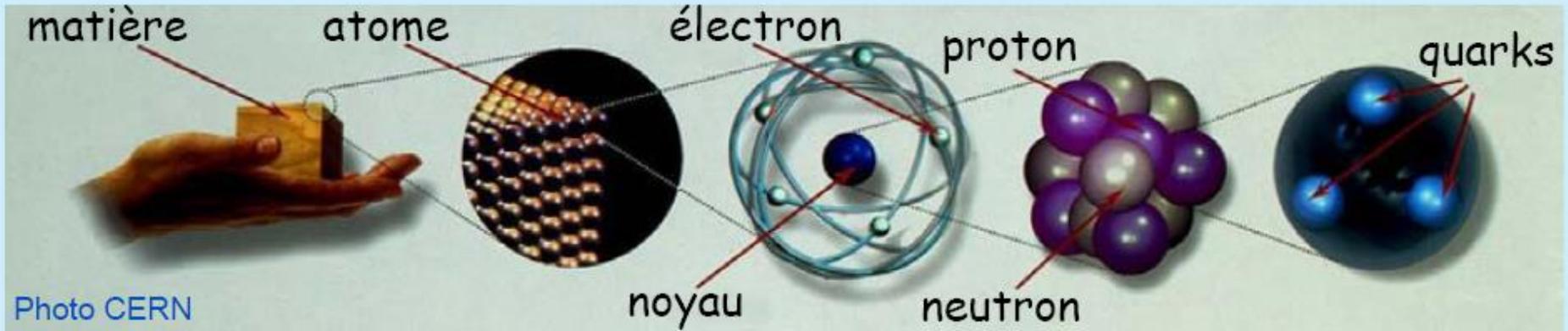


© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved.
Commercial use or modification of this material is prohibited.



© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved.
Commercial use or modification of this material is prohibited.

Qu'est-ce que la matière ?



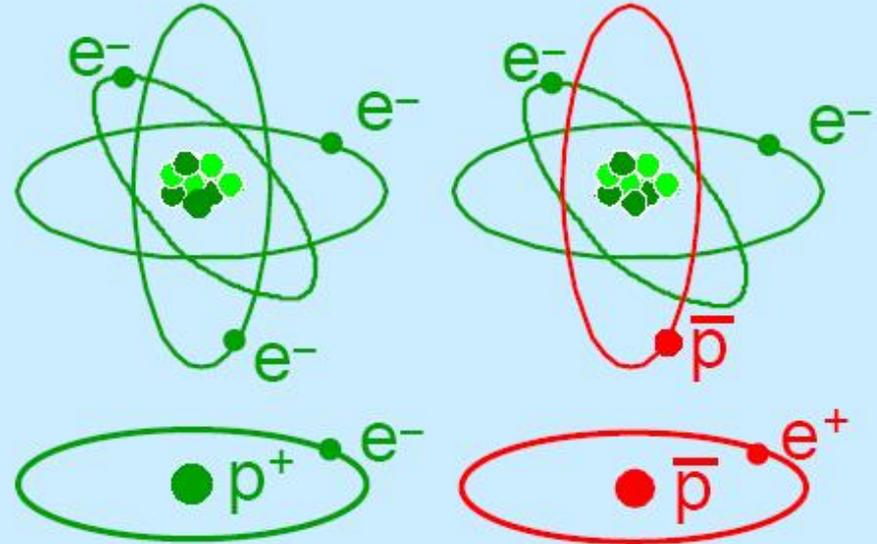
nombre de protons du noyau = nombre d'électrons de l'atome
caractérise l'élément chimique

un élément peut avoir plusieurs isotopes qui diffèrent
par le nombre de neutrons de leur noyau

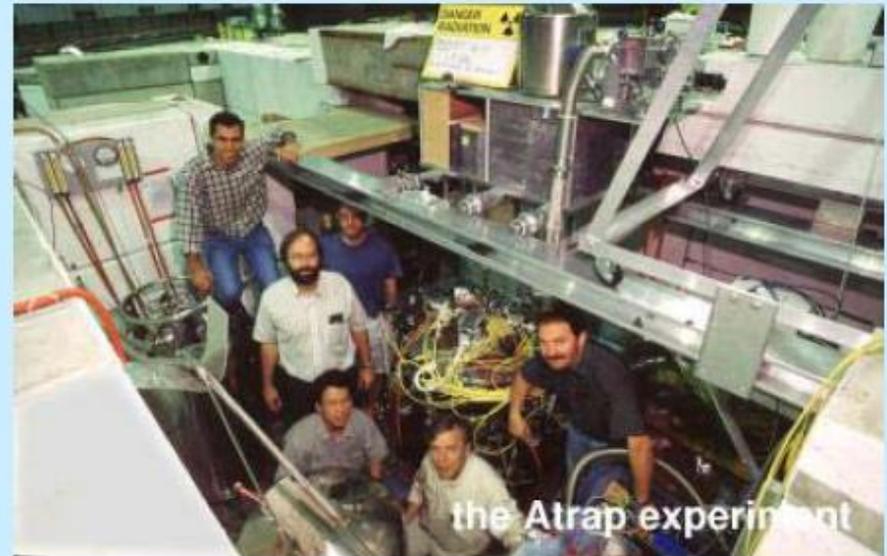
Les antiatomes

Un sujet d'étude pour les physiciens

En remplaçant un électron par un antiproton : 1990...



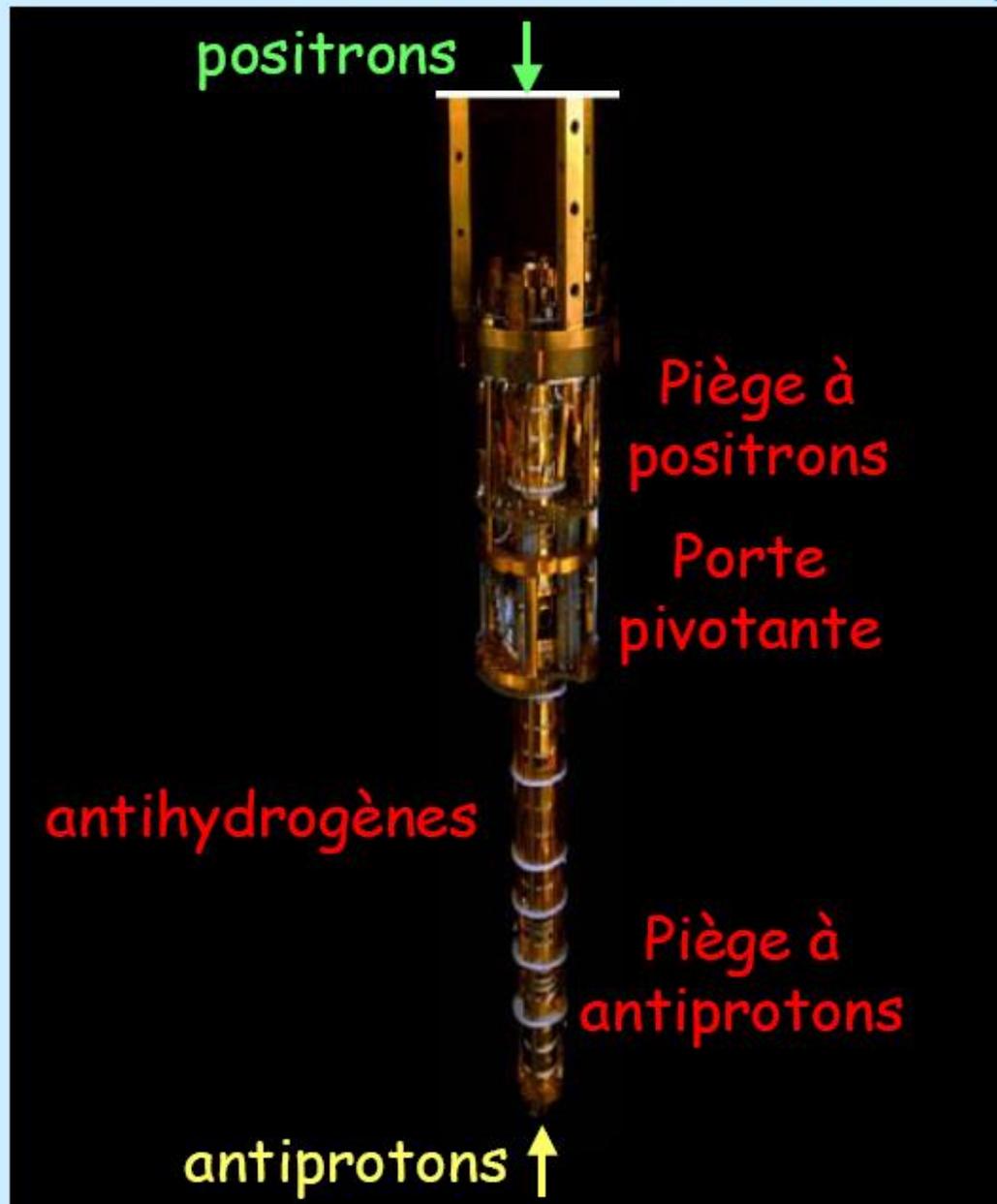
En fabriquant des antiatomes d'hydrogène : 1995-2002...



À la découverte de l'antimatière

1932	} 23 ans	e^+	Rayons cosmiques
1955		\bar{p}	Berkeley (USA)
1956		\bar{n}	Berkeley (USA)
Antinoyaux			
1965		$\overline{{}^2\text{H}}$ ($\bar{p} + \bar{n}$)	Brookhaven (USA)
1970	} 26 ans	$\overline{{}^3\text{He}}$ ($2\bar{p} + \bar{n}$)	Serpukhov (URSS)
		$\overline{{}^3\text{H}}$ ($\bar{p} + 2\bar{n}$)	CERN (Europe)
Antiatomes			
1996		antihydrogène ($\bar{p} \oplus e^+$) rapide	CERN (Europe)
2002		antihydrogène ($\bar{p} \oplus e^+$) au repos	CERN (Europe)

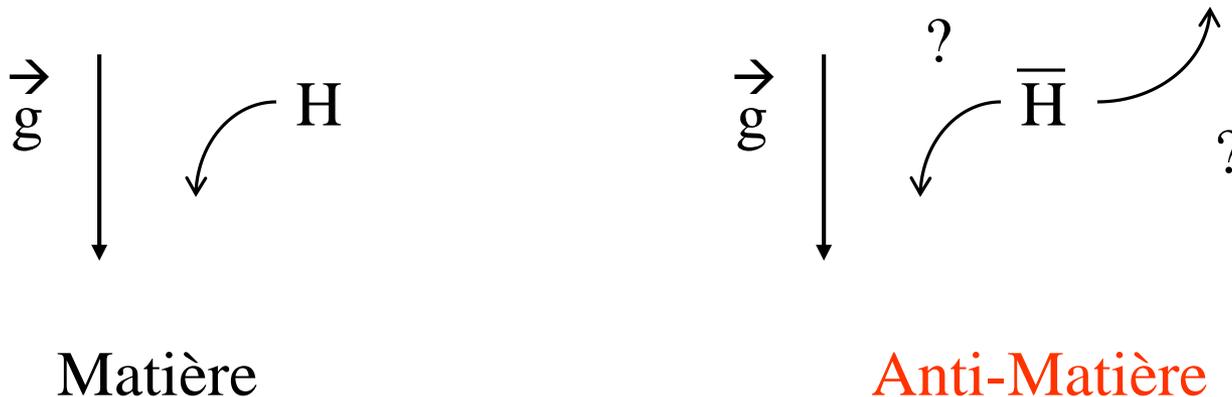
La bouteille à antihydrogènes



Pièges emboîtés de la Collaboration ATRAP

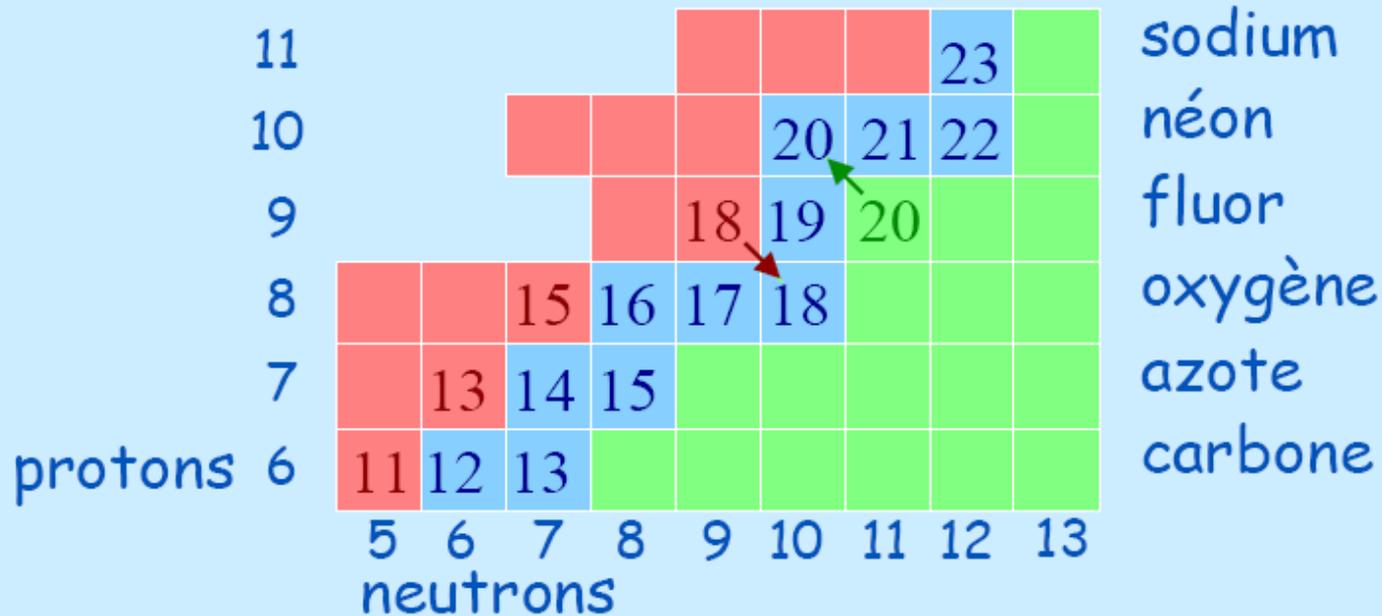
On va donc pouvoir comparer
leurs propriétés à celles de l'hydrogène
dans les *années qui viennent...*

Spectres, comportement vis à vis de la *gravité...*



Tomographie par émission de positron (TEP)

De l'antimatière dans la radioactivité

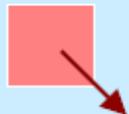


β^-



neutron \rightarrow proton + électron e^- + antineutrino

β^+



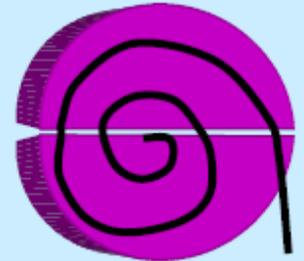
proton \rightarrow neutron + positron e^+ + neutrino

Principe de l'imagerie médicale

Production d'isotopes radioactifs
avec un cyclotron

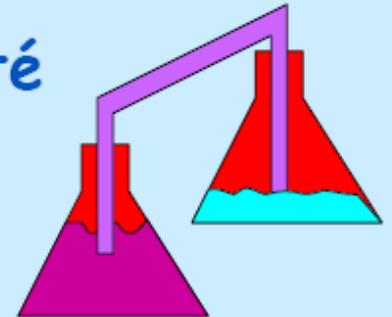
^{11}C ^{13}N ^{15}O ^{18}F ^{55}Co ^{76}Br

Qui ont des demi-vies de quelques heures



Préparation d'un composé chimique adapté

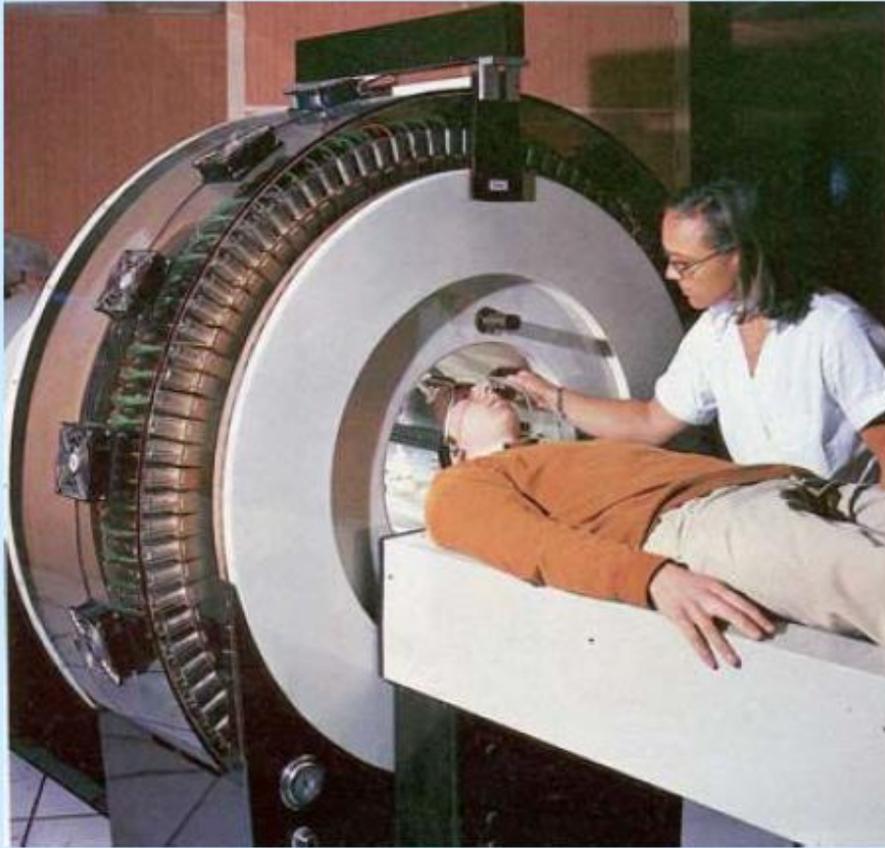
Exemple : Fluoro Deoxy Glucose avec ^{18}F
(demi-vie 110 minutes)



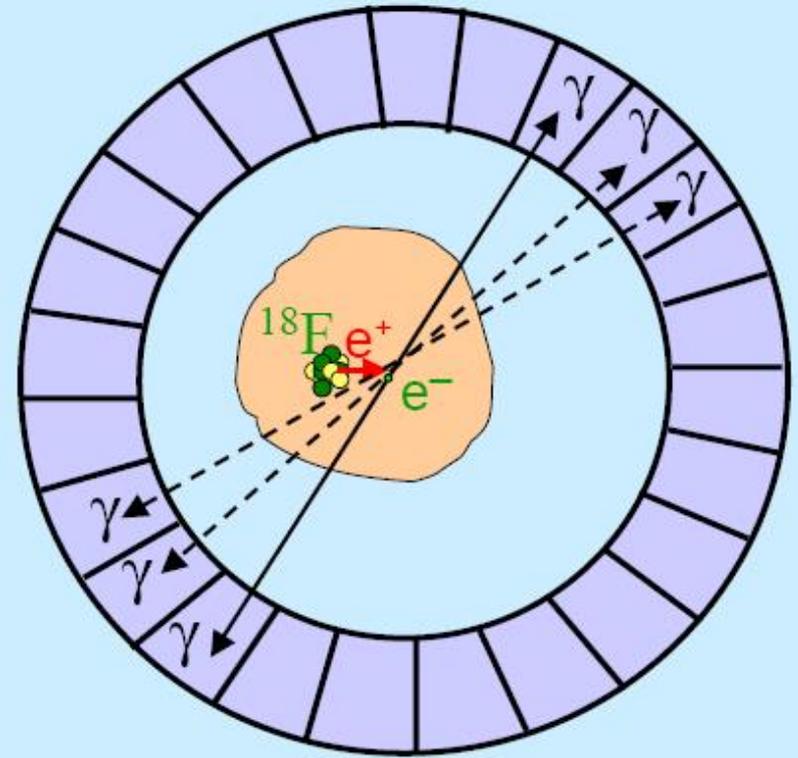
Injection du composé radioactif
par voie intraveineuse



La tomographie par émission de positrons

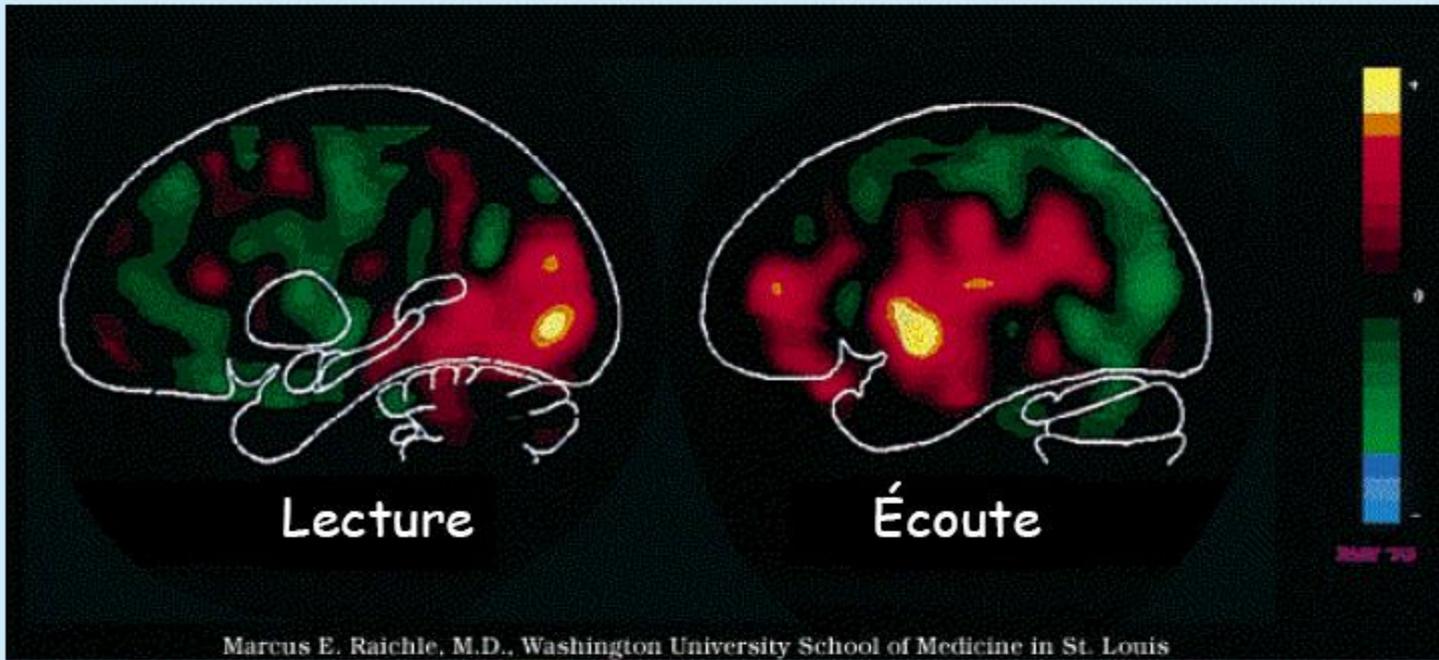


Prototypé développé au CEA
en 1983 (LETI- CEA)



Couronne de détecteurs
+ coïncidence

Étude du fonctionnement du cerveau

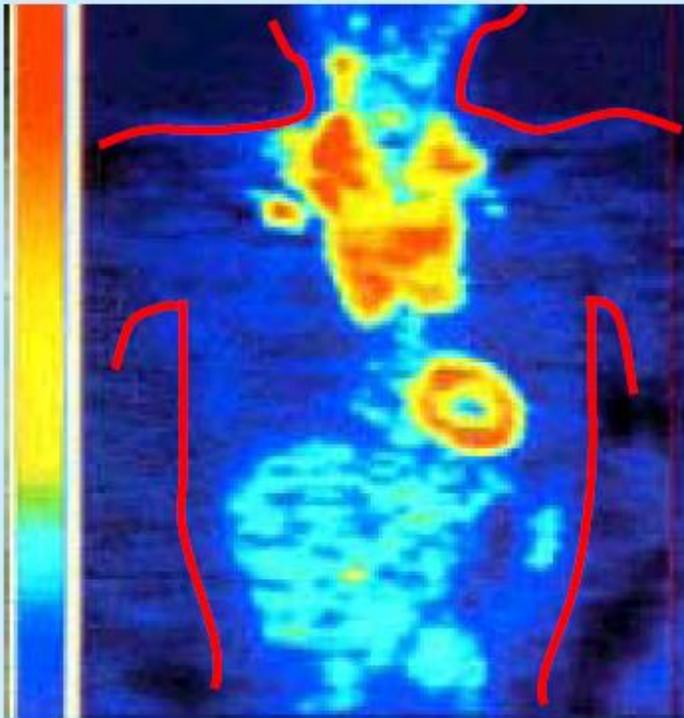


La lecture et l'écoute ne font pas travailler
les mêmes zones du cerveau

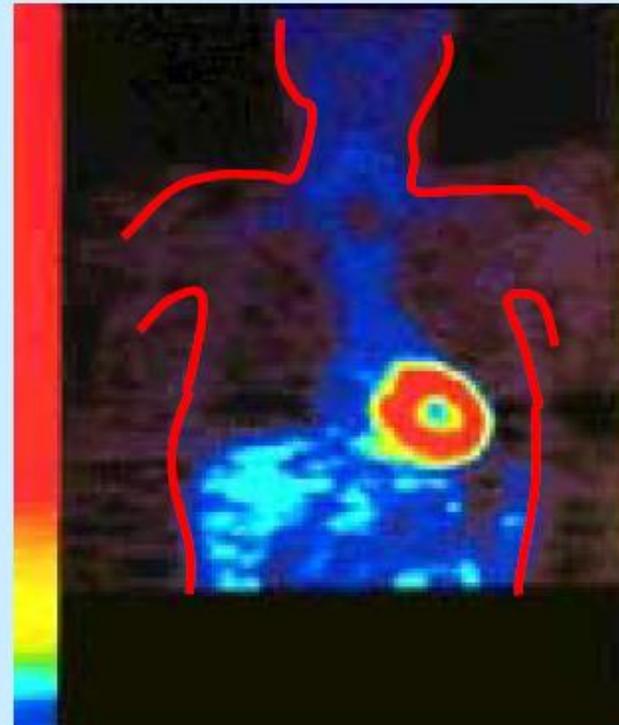
Détection de tumeurs cancéreuses

Maladie de Hodgkin chez un homme de 35 ans

Photos Iowa P.E.T. Imaging Center



Avant traitement



Un mois après la fin
de la chimiothérapie