

Un siècle de physique des particules

1896 : La radioactivité

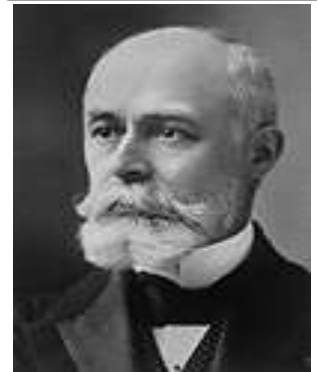
La découverte de phénomènes inexplicables va tout remettre en cause

Tout commence par des plaques photographiques

Becquerel étudiait la fluorescence de sels d'Uranium

Il avait enrobé des plaques dans du papier et laissé ces plaques dans un tiroir par hasard au dessus d'un sel d'uranium. Il aurait dû les retrouver non exposées. Il les retrouve impressionnées

Henri Becquerel
(1852 - 1908)
Prix Nobel 1903



1897 : Découverte de l'électron

J.-J. Thomson identifie le rayonnement « cathodique » à de minuscules particules d'électricité négative

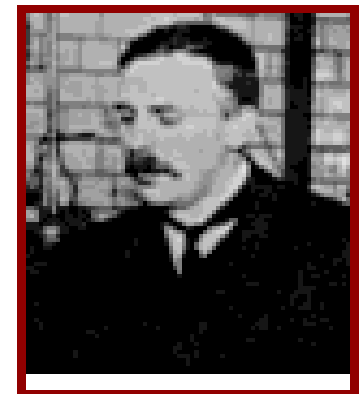
Il en mesure la masse avec des champs magnétiques et électriques

Ce sera l'**électron**



J.-J. Thomson
(1856 - 1940)

Prix Nobel 1906



Ernest Rutherford
(1871-1937)

Prix Nobel 1908

Marsden et Geiger bombardent une mince feuille d'or par des particules alpha (les projectiles bulldozers de l'époque) et observent que certaines rebondissent en arrière comme sur un obstacle

1898: De nouveaux rayonnements

radioactivité



Pierre et Marie Curie
Prix Nobel 1903

α



β



γ



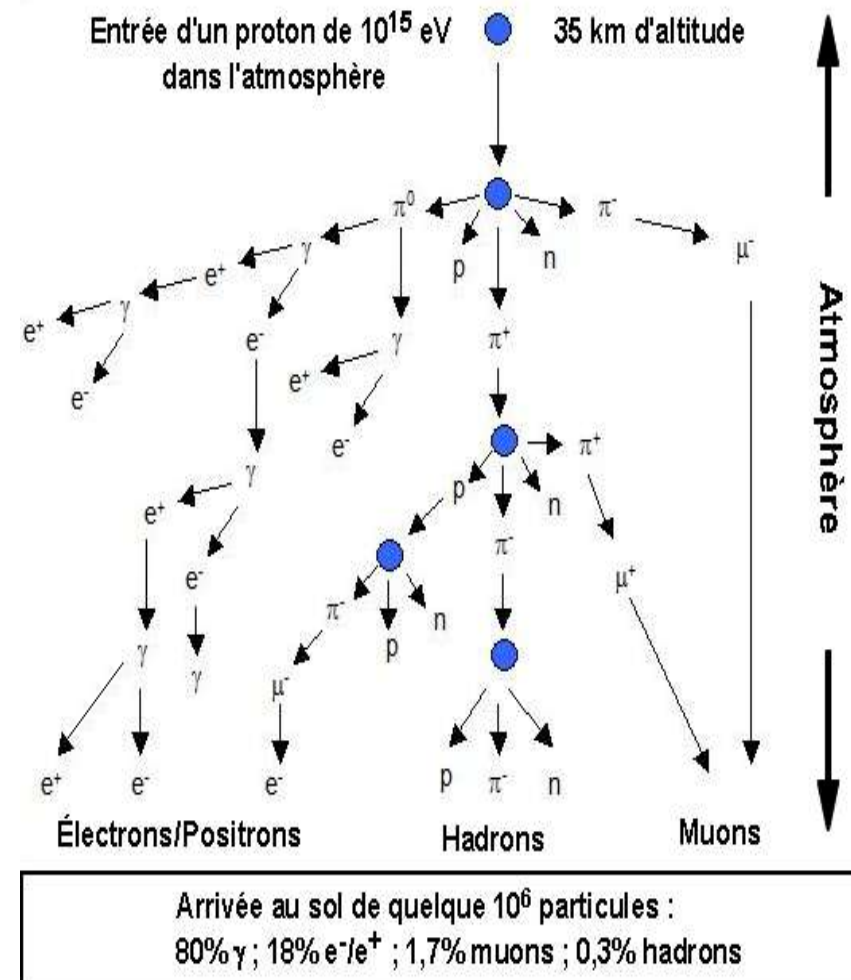
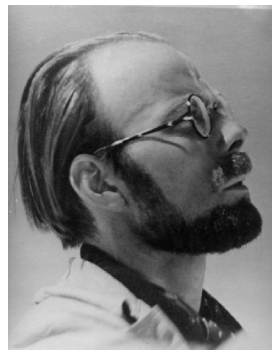
1912 : Les rayons cosmiques

La radioactivité de la terre est soupçonnée

L'ionisation augmente avec l'altitude
Origine cosmique de ce rayonnement.

Les rayons cosmiques en interagissant avec l'atmosphère donnent un grand nombre de particules secondaires.

Pierre Auger
(1899-1993)



1930: L'hypothèse du Neutrino

neutrino

Il faudra 25 ans pour le détecter

Pauli émet son principe selon lequel des électrons ne peuvent partager le même « état quantique », ce qui explique que l'atome soit volumineux

Ancêtre de la théorie de l'interaction faible

Les particules qui vérifient le principe de Pauli, s'appelleront **fermions** du nom de E. Fermi



Wolfgang Pauli
(1900-1958)
Prix Nobel 1945

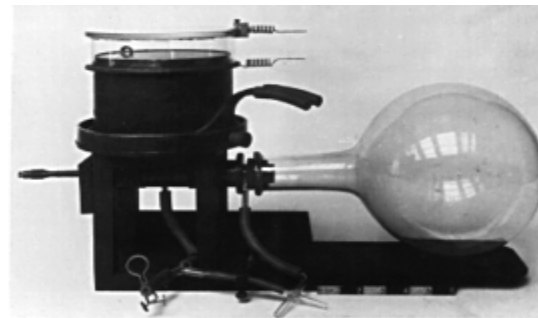
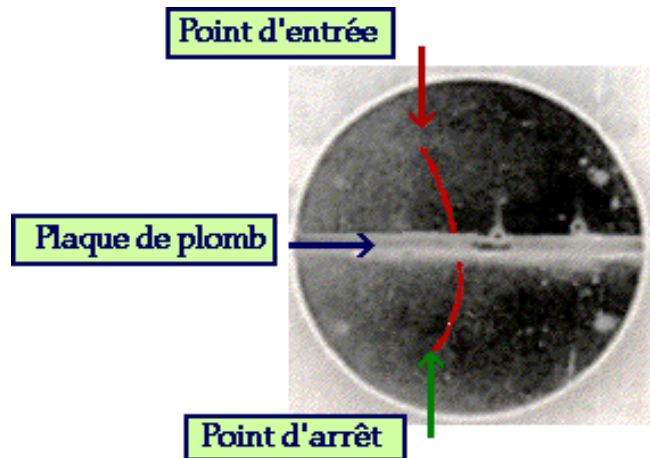


Enrico Fermi
(1901-1954)
Prix Nobel 1938

L'antimatière

positron

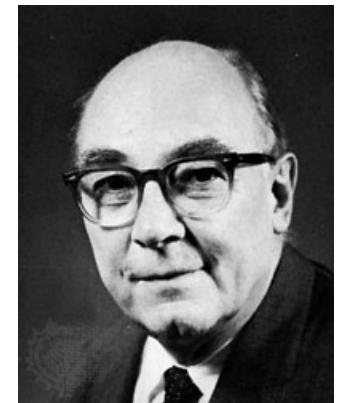
Anderson observe dans une chambre de Wilson une particule positive qui a toutes les caractéristiques d'un électron, mais qui ne peut pas être un proton.



La chambre à nuages de Wilson (1912),
ancêtre des détecteurs à traces



Paul Dirac
(1902-1984)
Prix Nobel 1933



Carl Anderson
(1905-1975)
Prix Nobel 1936

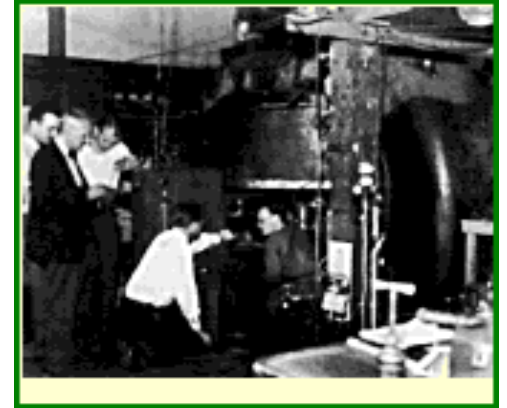
Les premiers accélérateurs

Le prototype a la taille d'un camembert et atteint 80 keV

Janvier 1932 : le cyclotron a 11 pouces (28 cm) et le MeV est atteint

Décembre 1932 : 27 pouces (69 cm), les 5 MeV sont atteints

1939 : 60 pouces (1 m 50), les 20 MeV sont atteints



Ernest Lawrence (1901-1958)
auprès du 27 pouces
à Berkeley (Nobel 1939)

*grand bond en avant
découvertes*

Un lien de cause à effet que l'on retrouve fréquemment dans l'histoire de la physique...

Changer le plomb en or

Les premiers cyclotrons permettent de bombarder les noyaux avec une énergie bien supérieure à celle des sources naturelles

Ils produisent des noyaux artificiels, souvent excédentaires en protons, qui émettent des positrons pour retrouver l'équilibre

C'est la radioactivité β^+ , une découverte source de multiples applications médicales et autres



Irène Curie (1897-1956)
et Frédéric Joliot (1900-1958)

Prix Nobel 1935

De plus en plus haut

La nature fournit son accélérateur, le seul disponible alors pour atteindre des hautes énergies

le muon

1947 : Découverte du meson π

1949 : Découverte du meson K



Dans la campagne anglaise



Expériences au pic du midi

Vers l'énergie nucléaire

Cinq brevets sont déposés par Joliot, Halban et Kowarski
Francis Perrin introduit et calcule la masse critique

La théoricienne Lise Meitner, qui devra fuir l'Allemagne,
explique les résultats obtenus avec Otto Hahn par la fission du
noyau d'Uranium

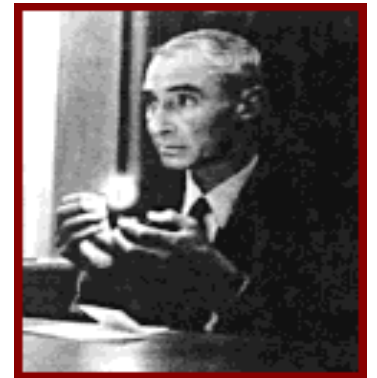


Lise Meitner et Otto Hahn

La course à la Bombe

Après son prix Nobel en 1938, Enrico Fermi ne retourne pas en Italie

Robert Oppenheimer
(1904-1967)
"le père de la bombe"



Le projet Manhattan

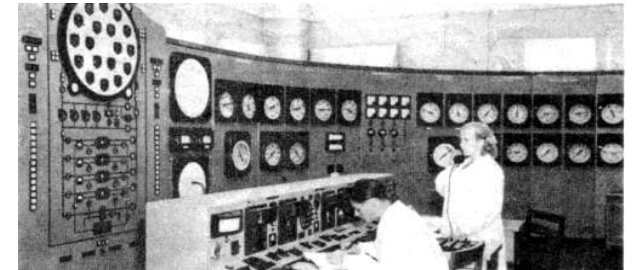
A Los Alamos, Oppenheimer dirige les recherches pour la réalisation de l'arme atomique

Explosion de Nagasaki (1945)



L'après-guerre

Premières piles et réacteurs



Réacteur nucléaire d'Obnisk
(1954)

Développement des bombes atomiques et à
hydrogène : le temps de l'espionnage

Après les USA, l'URSS, l'Angleterre, la France (1959)
puis la Chine font exploser leurs bombes

Période des essais atmosphériques puis souterrains



Essais nucléaires sur
l'atoll de Bikini (1946)

Les instituts

En France, le CEA avec les centres de Saclay, Fontenay-aux-roses, Grenoble, Cadarache

*Le CEA construira un synchrotron, que l'on fait visiter
aux chefs d'état étrangers en visite*

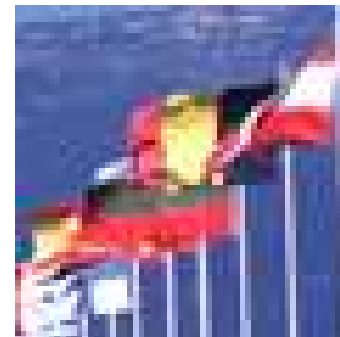
Dubna puis Serpoukhov en Union Soviétique

Laboratoire Rutherford en Grande-Bretagne

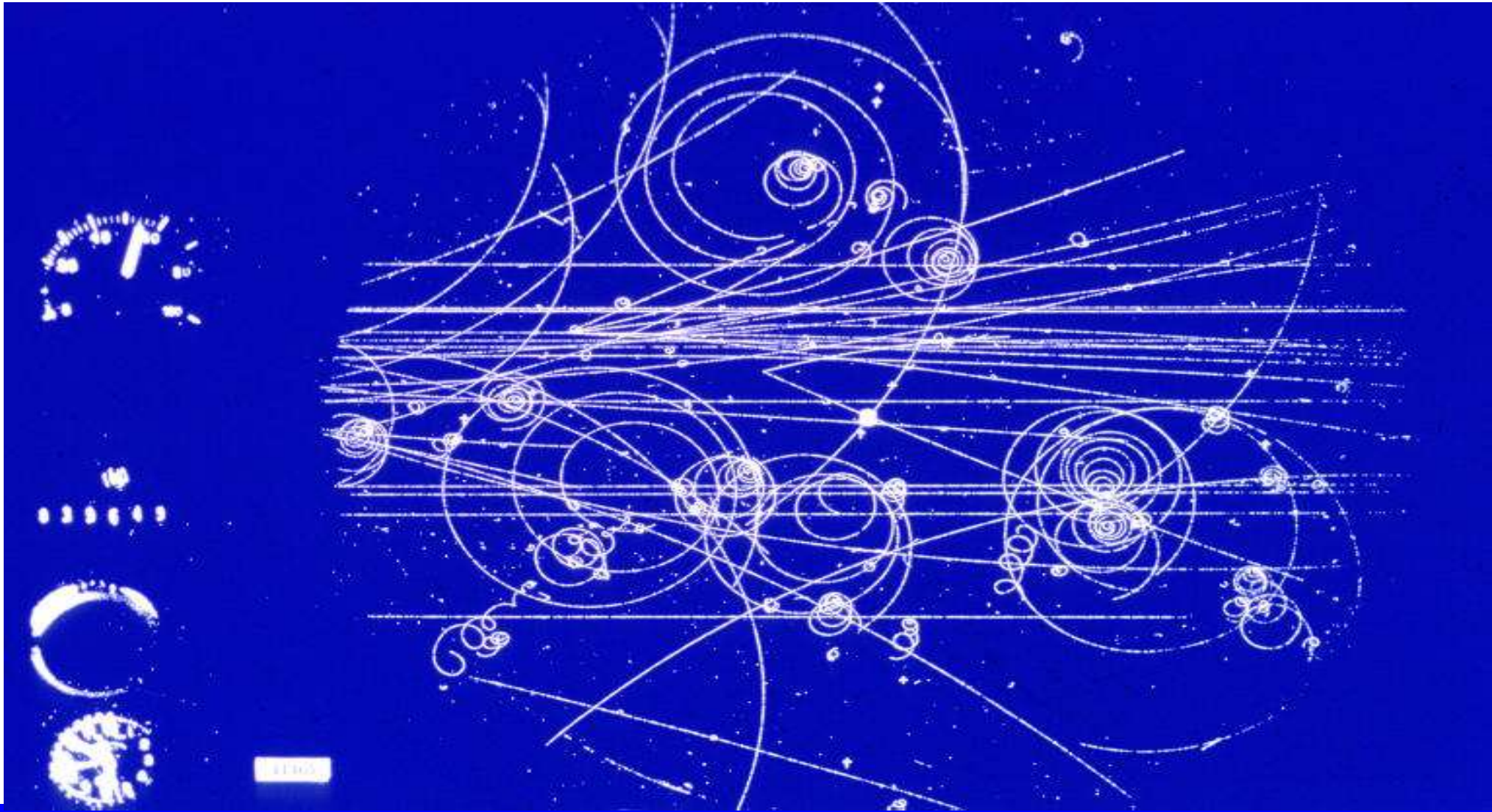
Frascati en Italie, près de Rome

DESY en Allemagne, près de Hambourg

L'Europe s'unit



De nouveaux détecteurs



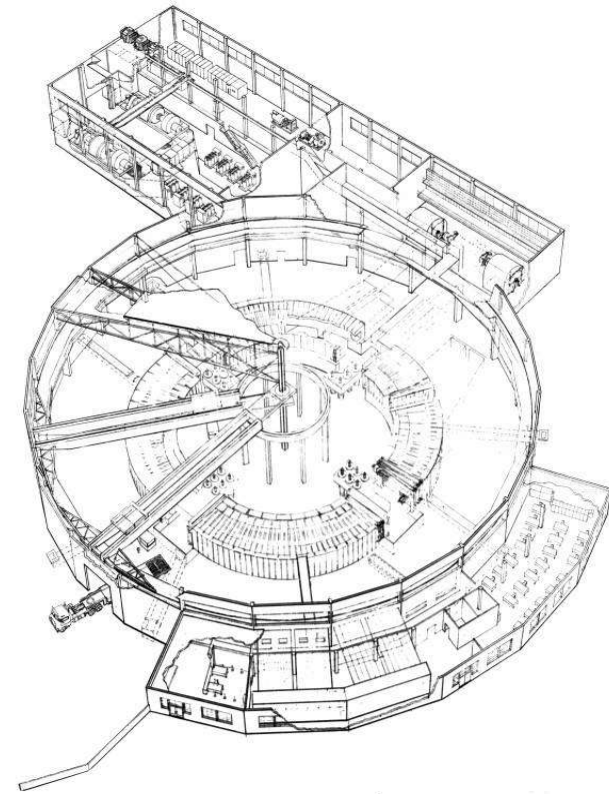
NOUVEAUX accélérateurs, nouvelles découvertes.

l'antiproton

1955 : Segré, Wiegand, Lofgren,
Chamberlain et Ypsilantis
sabrent l'antiproton.

Segré et Chamberlain

Prix Nobel 1959



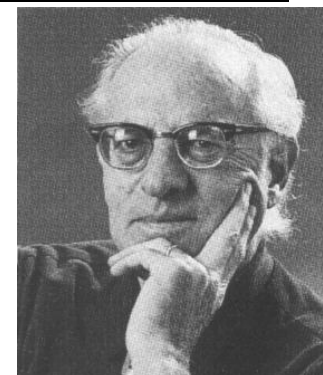
Le Bévatron

1956 : Le Neutrino est vu

Des antineutrinos au compte-goutte

Première expérience auprès d'un réacteur nucléaire, celui de Savannah River aux USA

26 ans après l'hypothèse de l'existence du neutrino par Pauli, Cowan et Reines observent la capture d'un antineutrino par un proton



Frederick Reines
(1918-)
Prix Nobel 1995

Lee et Yang prédisent qu'un noyau de cobalt tournant à «gauche» n'émet pas d'électrons de la même façon qu'un noyau qui tourne à «droite»

Mme C.S. Wu et L. Lederman observent l'effet. Dans le jargon des physiciens, « la parité est violée »

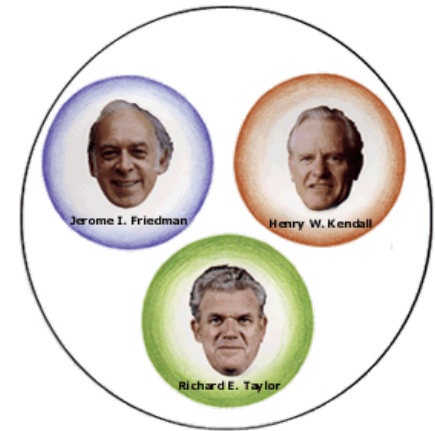


T.D. Lee et C.N. Yang
Prix Nobel 1957

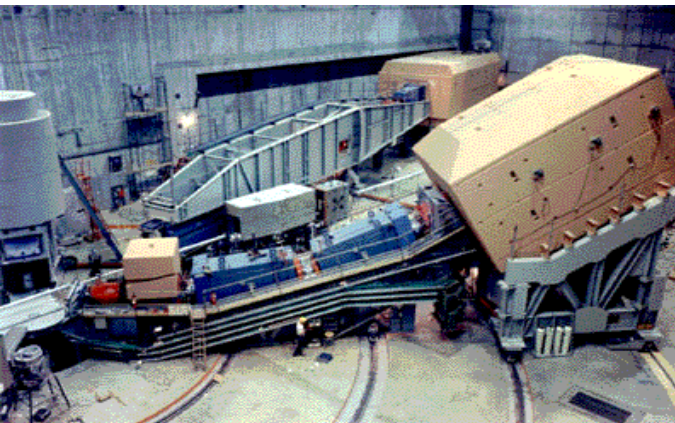
1964 : La découverte des quarks (1)

1968 : La découverte des quarks (2)

quarks gluons



J. Friedman, H. Kendall
et R. Taylor
Prix Nobel 1990



Le détecteur utilisé pour la découverte
des quarks

197X : Le temps des collisionneurs

1971 début de construction du SPS de 300 GeV du CERN (7km)

Les russes construisent un 70 GeV à Serpoukhov

Les américains développent Fermilab près de Chicago

Les dernières chambres à bulles: Saclay construit encore MIRABELLE, et le CERN la BEBC

1971 : Création de l'IN2P3

♦

e^+e^-

Frascati

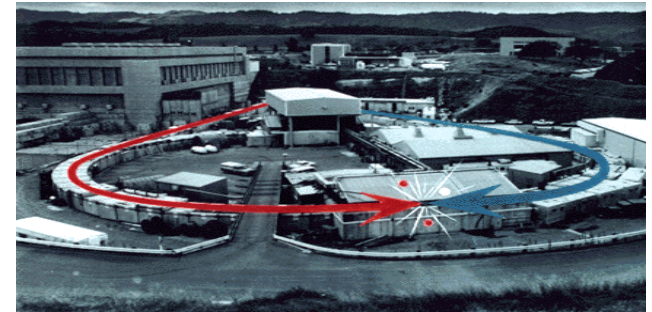
Orsay

Stanford : SPEAR (alimenté par l'accélérateur linéaire)

♦

SPEAR tient encore sur un parking

Il est le premier à atteindre les 3 GeV du J/Ψ



Les anneaux de collisions
SPEAR à Stanford

197X : Les détecteurs électroniques

Charpak invente les chambres
proportionnelles multi-fils

Chambre à dérives

MARK.I puis MARK.II au SLAC précurseurs des détecteurs
modernes



Georges Charpak
(1924-)
Prix Nobel 1992

Tissage de la chambre
à dérive de MARKII



197X : De nouveaux résultats

e^+e^-

J/ψ

Triomphe des quarks avec la découverte du quark charmé, une quatrième espèce

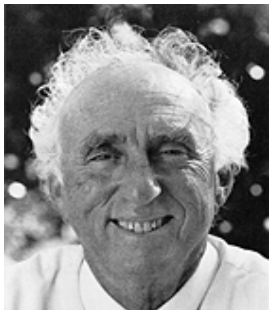
SPEAR fonctionne comme une « usine à charme »



B. Richter et S. Ting
Prix Nobel 1976

le lepton tau et le quark b

– Premiers éléments de la troisième famille



M. Perl,
le père du tau
Prix Nobel 1995

L. Lederman,
le père du quark b
Prix Nobel 1988



Les sursauts gamma

Les américains lancent des satellites espions pour détecter les rayons gamma provenant d'essais nucléaires

Des rayons gamma sont très souvent détectés, mais il ne proviennent pas de la terre.

Un nouveau phénomène astrophysique est découvert : les sursauts gamma

De gigantesques explosions de rayons gamma ont lieu plusieurs fois par semaine dans l'univers lointain.

De nouvelles théories

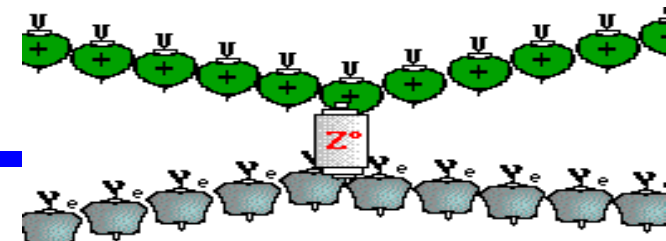
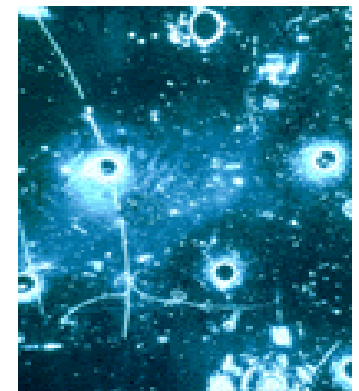
les bosons W et Z^0



S. Glashow, A. Salam
et S. Weinberg
Prix Nobel 1979

– Glashow, Weinberg et Salam inventent un modèle appelé «standard» qui devient une bible...

L'équipe de A. Lagarrigue découvre les « courants neutres » sur GARGAMELLE au CERN. Dans le jargon des physiciens, un neutrino peut diffuser sur un quark de la matière nucléaire ou sur un électron



1987 : Supernova et neutrinos

Des détecteurs enfouis dans des mines du Caucase, du Japon et des Etats-Unis disent «top» au même instant, tandis qu'un pasteur australien observe la lumière d'une supernova

Les «expériences neutrino» se cachent dans des mines, des tunnels et sous des montagnes.



La supernova SN1987A
observée dans le
grand nuage de Magellan
en 1987

Le grand collisionneur d'électrons au CERN

ALEPH, DELPHI, OPAL et L3



Le triomphe du modèle standard

Le modèle standard de Glashow, Weinberg et Salam
s'avère (trop ?) parfait

De petits écarts, indices de phénomènes nouveaux, sont
vainement recherchés

La machine pousse tous ses feux et atteint les 215 GeV
d'énergie en 2000

On observe la production attendue de paires de W

Le dernier quark

Il est le plus puissant (980+980 GeV)

Deux grands détecteurs : CDF, D0

Il est très lourd : 200 fois plus lourd qu'un proton...

$$m(\text{top}) = 178 \text{ GeV}$$



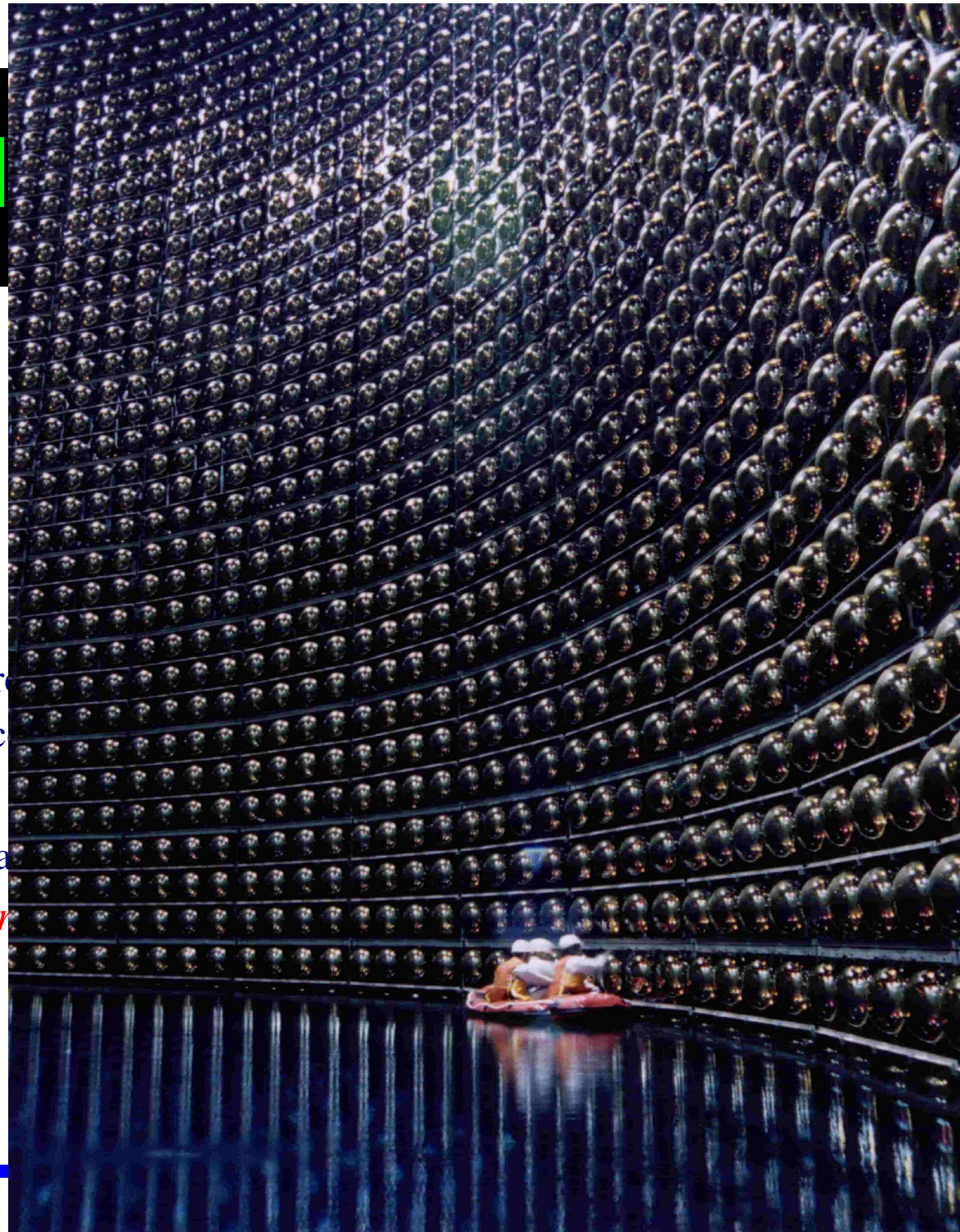
Le Tevatron

1998: Les oscill

Les neutrinos atmosphériques qui r
moins nombreux que ceux qui desc
même nombre)

Les neutrinos auraient donc une ma

*C'est un des résultats les plus impor
années*



200X : A nouveau vers le ciel



Miroirs de CAT,
dans les Pyrénées

Expériences sur l'origine des gerbes cosmiques de haute énergie :
« Thémistocle », «CAT », Hess, ...

Recherche de l'origine de gerbes de très haute énergie en
provenance des confins de l'Univers : Auger (3000 km²)

Expériences neutrinos sous la terre, en mer, sous le pôle

Des détecteurs s'embarquent en satellite (ex. 1999 AMS
embarque dans la navette Columbia).



Une station d'Auger en Argentine

2008 : le grand collisionneur de hadrons

- ♦ 2000 - Les physiciens n'ont pas trouvé au LEP le boson de Higgs, une particule cruciale pour expliquer les masses des autres particules
 - Ce boson serait probablement très lourd et difficile à produire, donc à observer
- ♦ Pour partir à sa recherche, le CERN décide de construire un collisionneur proton-proton d'énergie colossale (14 TeV) qui sera installé dans le tunnel du LEP
- ♦ C'est le **LHC** démarrage en 2008
 - L'Amérique s'associe au CERN pour le LHC



A suivre