

Les 30 dernières années qui ont révolutionné notre vision du monde

Bolek Pietrzyk



LAPP/IN2P3/CNRS
Université de Savoie
Annecy-le-Vieux





Composants élémentaires de la matière

1 ^{re} famille	2 ^e famille	3 ^e famille
Les membres de la 1 ^{re} famille composent l'ensemble de la matière ordinaire (protons, neutrons, atomes...).	Réplique plus massive et instable de la 1 ^{re} famille. Le muon est ainsi 200 fois plus lourd que l'électron.	Réplique encore plus massive et instable de la 1 ^{re} famille. Le lepton τ est ainsi 3600 fois plus lourd que l'électron.
e électron $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$ kg $Q = -Q_e = -1,602 \cdot 10^{-19}$ C	μ muon $Q = -Q_e$	τ tau $Q = -Q_e$
ν_e neutrino e $Q = 0$	ν_μ neutrino muon $Q = 0$	ν_τ neutrino tau $Q = 0$
u haut / up $Q = 2/3 Q_e$	c charme / charm $Q = 2/3 Q_e$	t top $Q = 2/3 Q_e$
d bas / down $Q = -1/3 Q_e$	s étrange / strange $Q = -1/3 Q_e$	b beau / beauty / bottom $Q = -1/3 Q_e$

Les interactions fondamentales

Il existe des **PARTICULES ASSOCIÉES** aux interactions fondamentales permettant leur propagation.

Gravitation

Attraction universelle, planètes, galaxies.

GRAVITON ?

Interaction faible

Désintégrations radioactives.

Z^0 , W^+ , W^-

Interaction électromagnétique

Électricité, magnétisme, cohésion de l'atome et du cristal, chimie.

PHOTON

Interaction forte

Cohésion des protons et des noyaux.

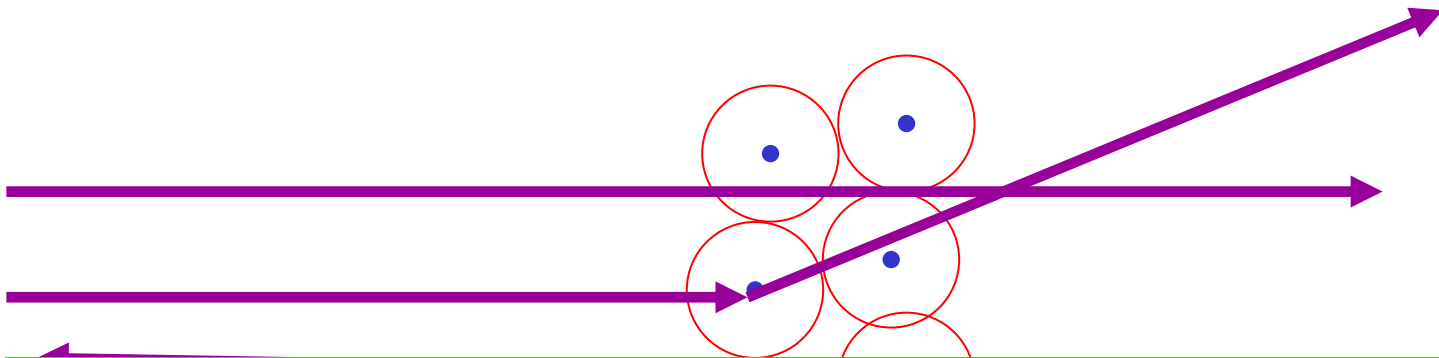
GLUON

Les 4 forces fondamentales sont indispensables au fonctionnement du soleil (et des étoiles) :

- formation de l'étoile causée par la gravitation ;
- réactions de fusion nucléaire avec l'interaction faible et forte ;
- production de lumière : interaction électromagnétique.

Les 4 particules de la première famille sont présentes dans le soleil qui envoie sur la terre un flux intense de photons et de neutrinos.

Atome : Rutherford 1909 - 1911



L'atome est vide
Toute la masse de l'atome est au centre

Diffusion profondément inélastique

^{214}Po

α

Comment connaît-on la structure de l'atome?

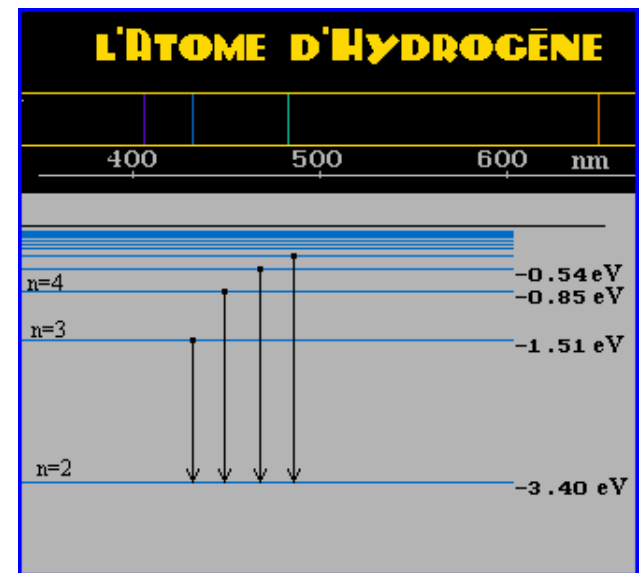
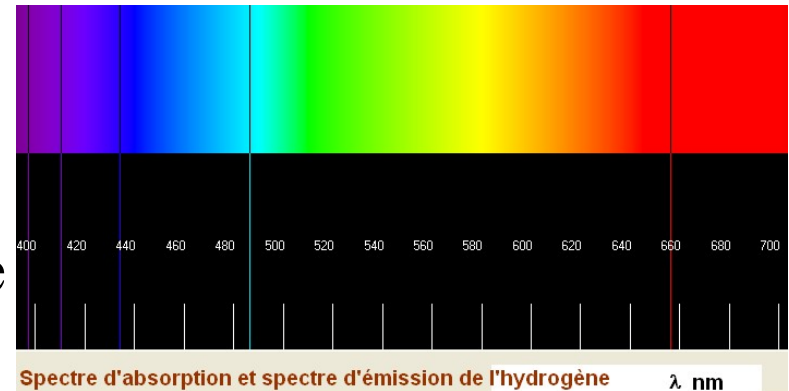
Diffusion profondément inélastique

Calculer les niveaux énergétiques de l'atome et comparer avec le spectre d'absorption et d'émission

Casser l'atome : voir séparément des électrons et ions ou noyaux

théorie → (mécanique quantique) a été introduite pour expliquer la construction de l'atome,

interaction décrite par le potentiel coulombien



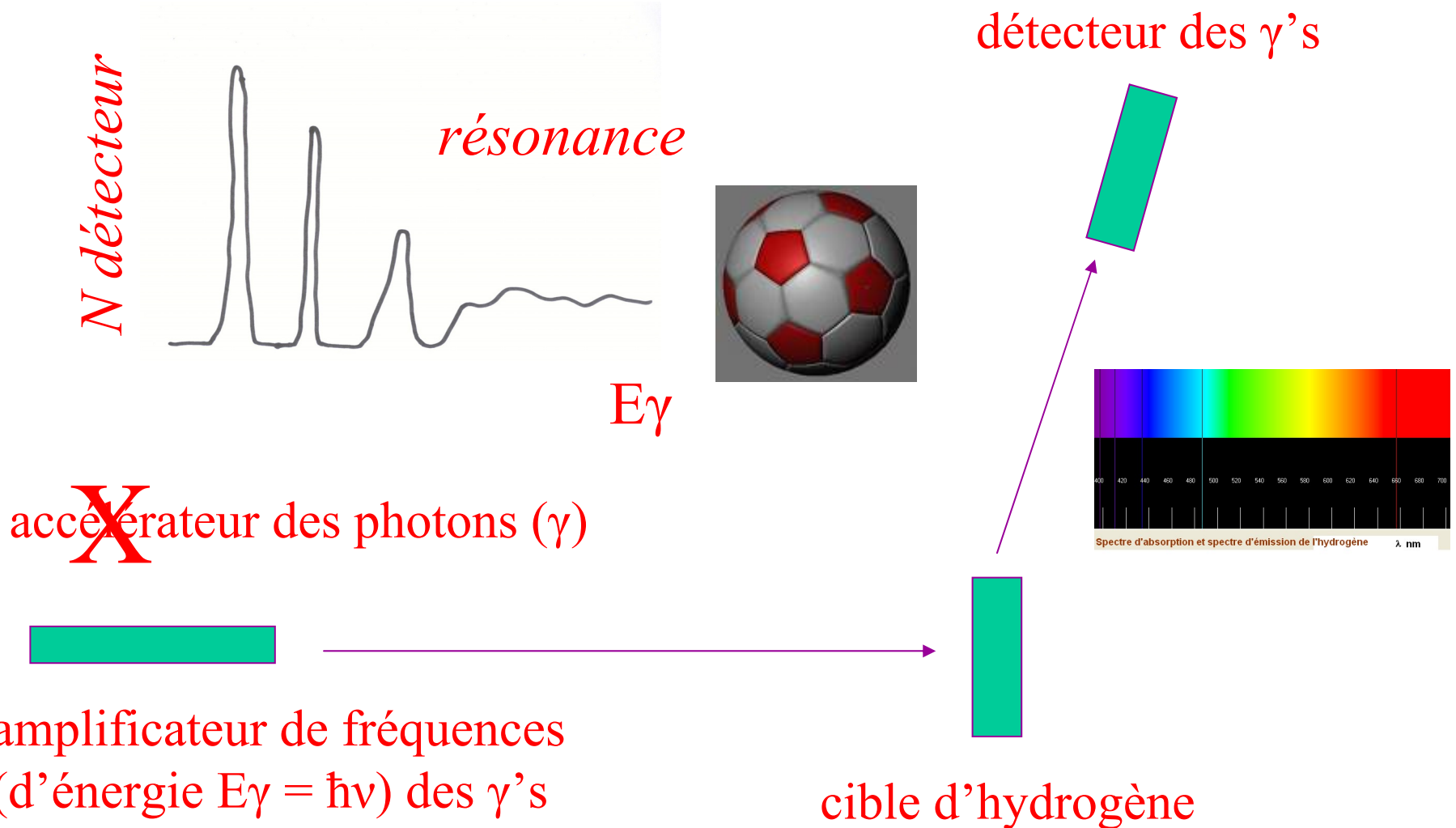
Quelques éléments de mécanique quantique

Dualité entre les ondes et particules :

La lumière $\rightarrow$ ondes (électromagnétiques)
mais aussi particules $\rightarrow$ photons (γ 's)
 $E_\gamma = \hbar\nu$

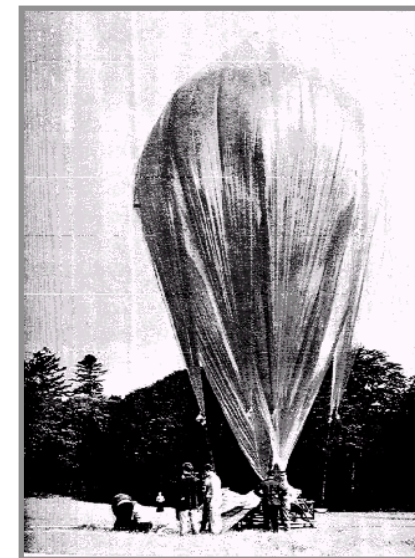
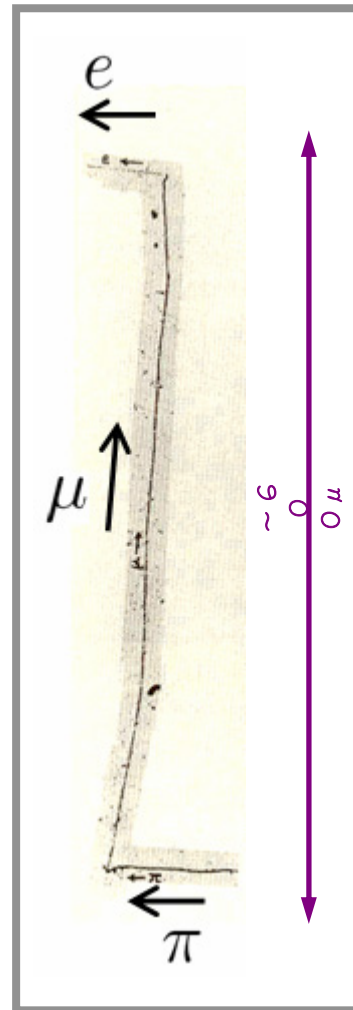
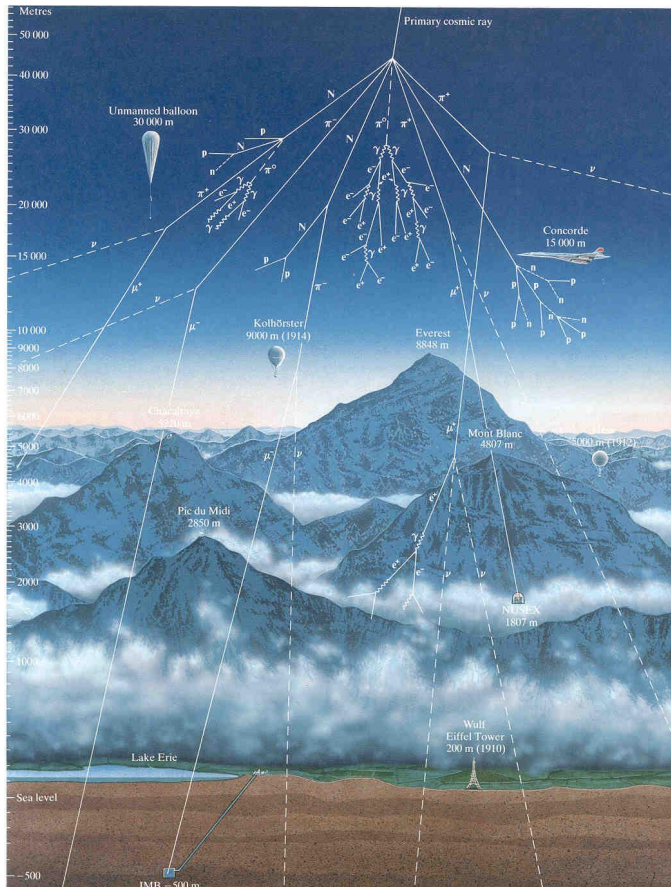
Les électrons $\rightarrow$ particules
mais ils ont aussi des propriétés des ondes
 $\lambda = h/p$ (de Broglie)

Expérience de physique des particules avec des atomes



Etudier les particules élémentaires

rayons cosmiques



15 Octobre 2006

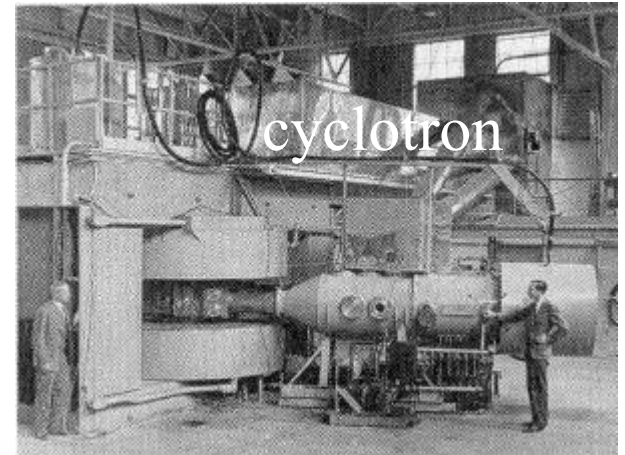
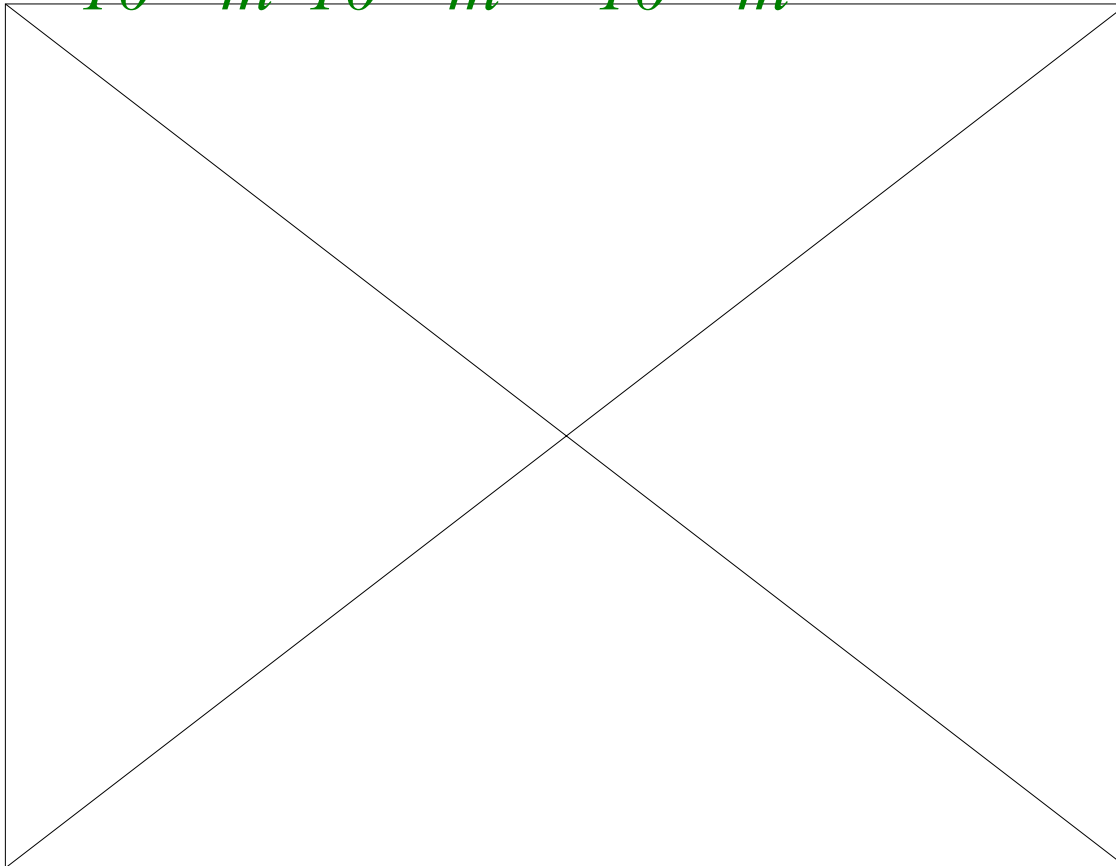
Bolek Pietrzyk
30 dernières années..

Accélérateurs

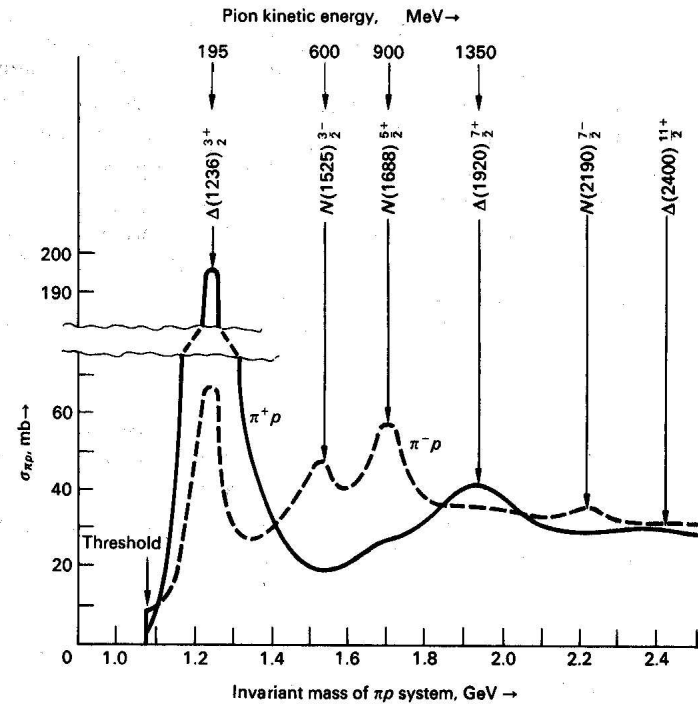
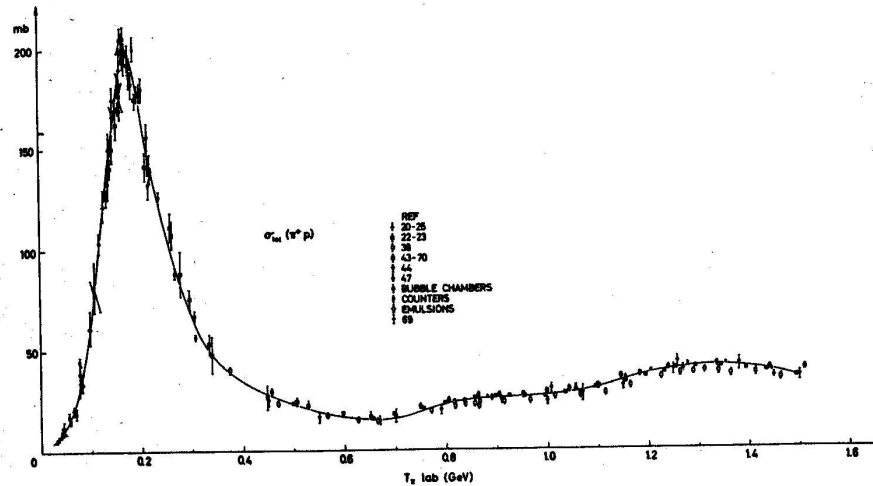
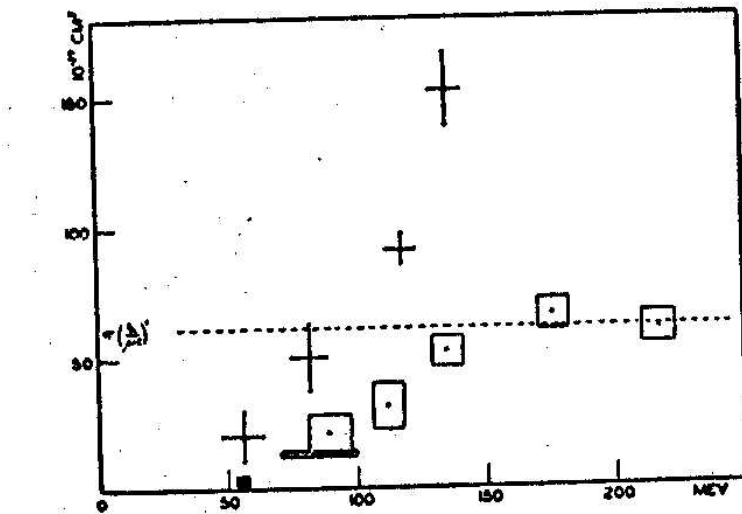
eV keV MeV GeV TeV

atome noyau particules **$E=mc^2$**

$10^{-10}m$ $10^{-15}m$ $\sim 10^{-18}m$

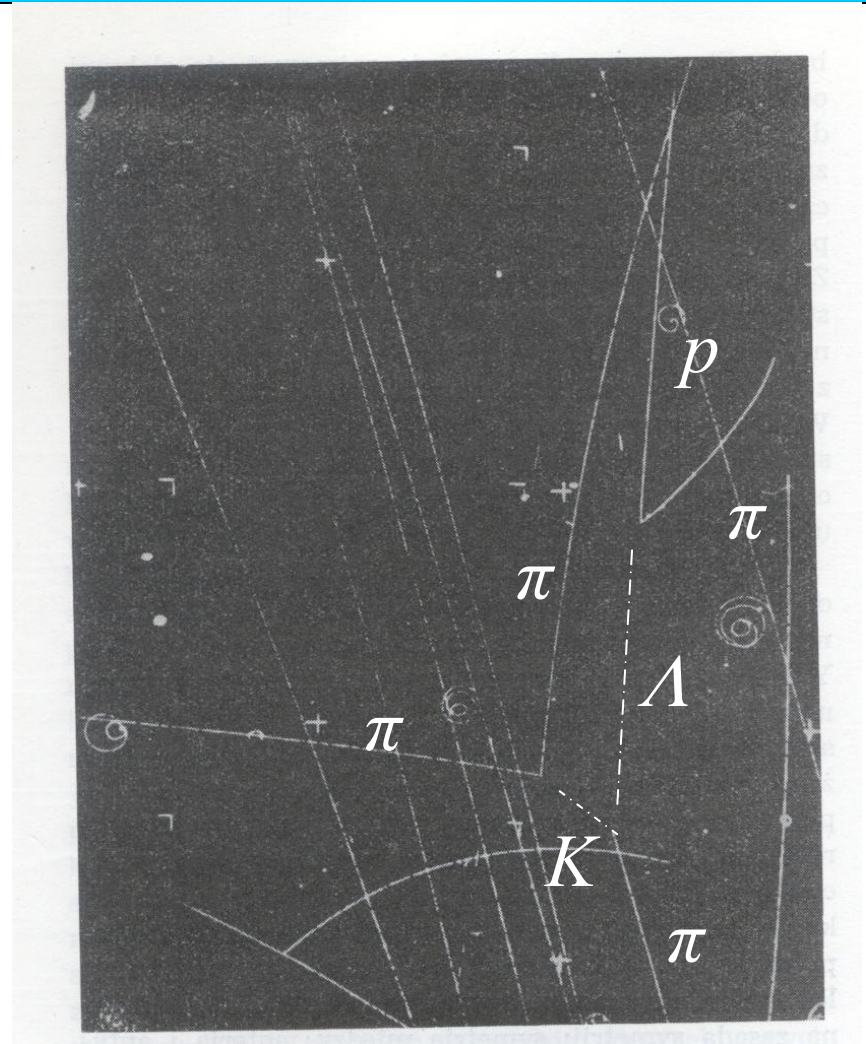


Etudier les particules élémentaires



Particules étranges

	1 ^{re} famille	2 ^e famille
LEPTONS Particules insensibles à l'interaction forte.	e électron $m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $Q = -Q_e = -1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	μ muon $Q = -Q_e$
	ν_e neutrino e $Q = 0$	ν_μ neutrino muon $Q = 0$
QUARKS S'assemblent en triplets ou en paires quark-antiquark pour former les nombreuses particules subatomiques.	u haut / up $Q = 2/3 Q_e$	
	d bas / down $Q = -1/3 Q_e$	s étrange / strange $Q = -1/3 Q_e$



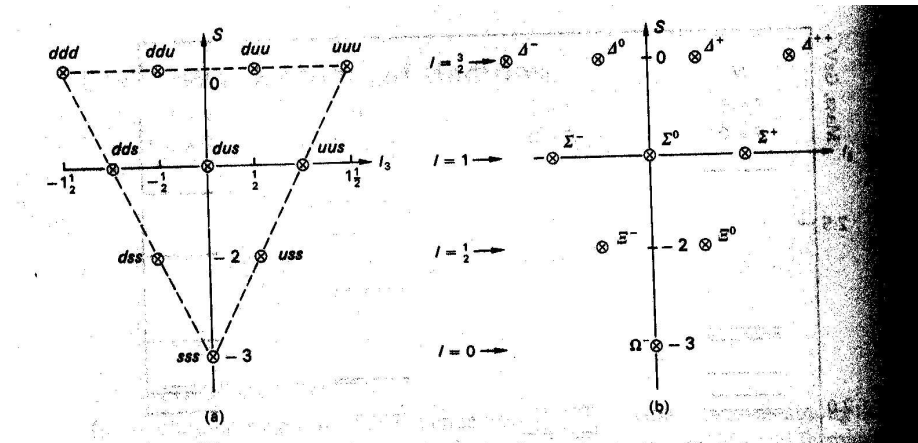
Résonances

Particules élémentaires?

Etats excités?

Particules complexes?

Classification :
decuplets, octets



Classification

On peut comprendre la classification si les particules (résonances) étaient composées de trois « quarks » n, p, λ ($\rightarrow u, d, s$) avec les charges électriques bizarres : $+2/3, -1/3, -1/3$.

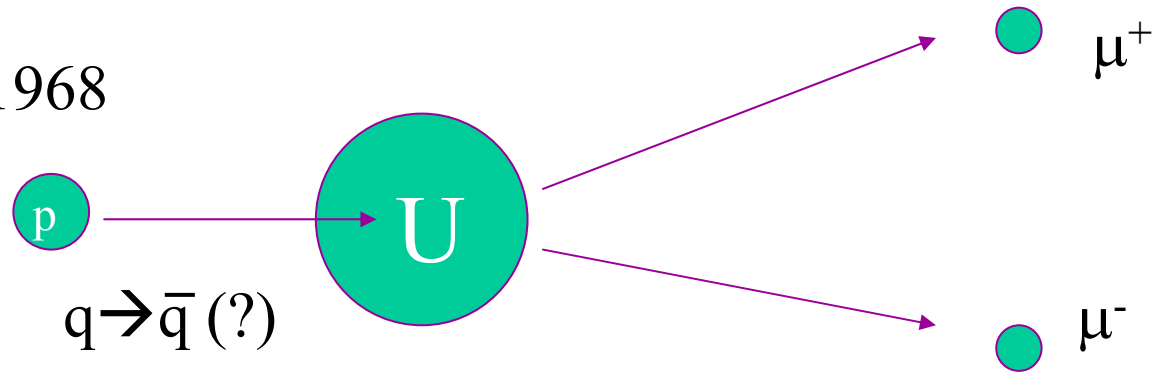
Question :

Les quarks existent-ils? ... ou sont-ils une curiosité mathématique?....
... sont-ils petits ou grands?... comment interagissent-ils?

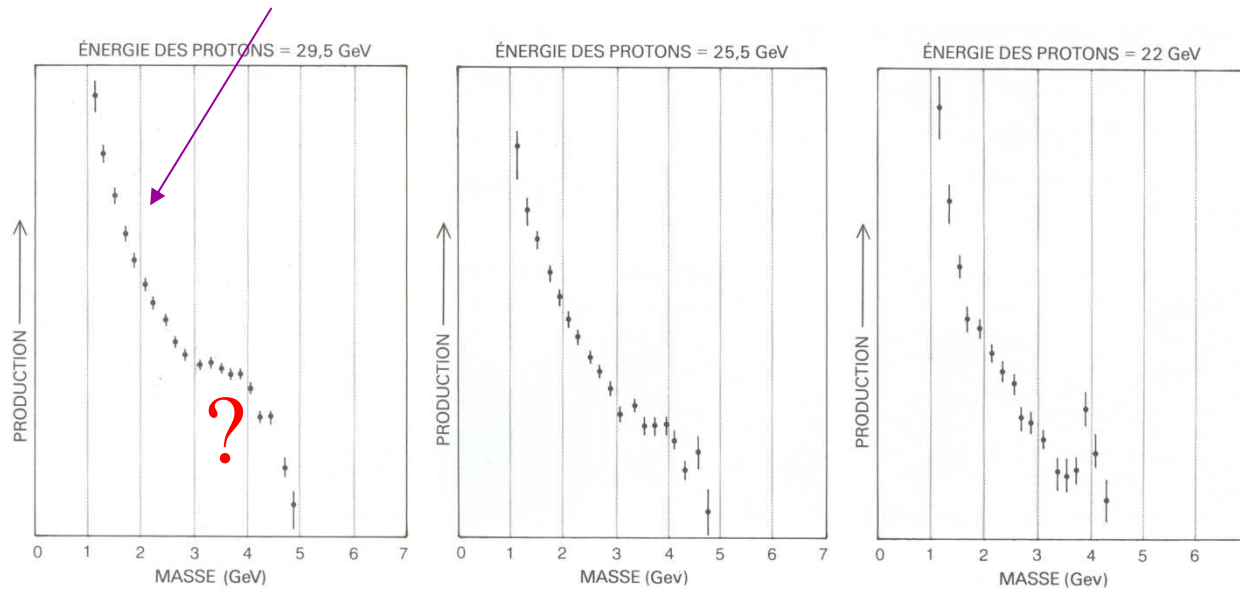
Seule l'expérience peut répondre à cette question

Diffusion des protons sur des protons?

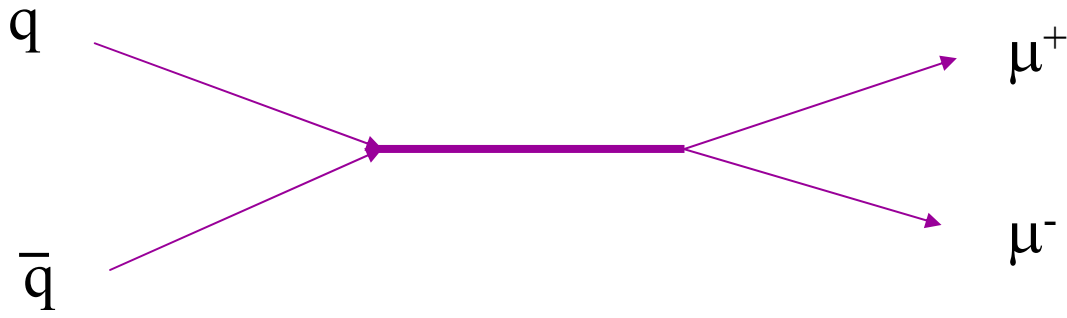
Lederman et al., 1968



des quarks à l'intérieur du proton? (Drell-Yan)



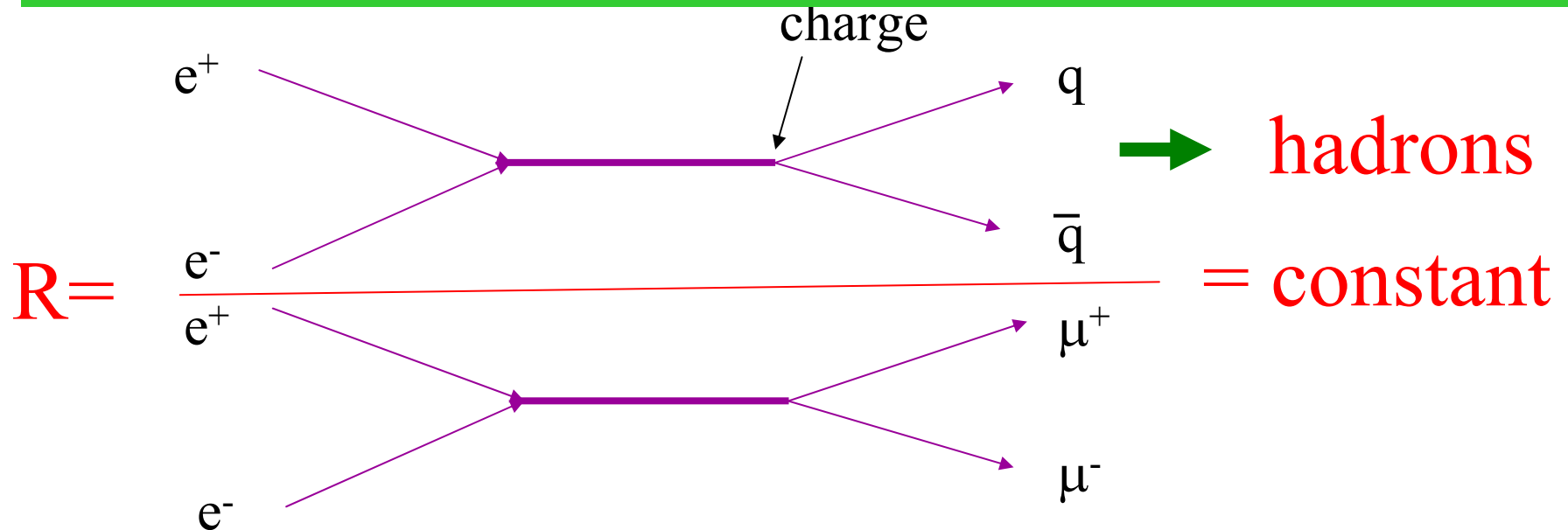
Annihilation e^+e^- : R



Annihilation e^+e^- : R

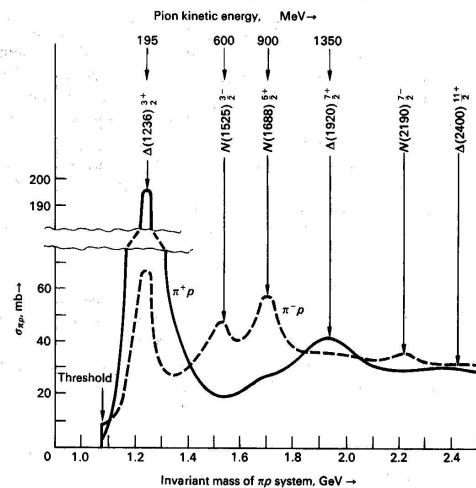
prédiction :

dans le modèle de quark, R doit être constant
la valeur de R mesure la charge des quarks



Août 1974

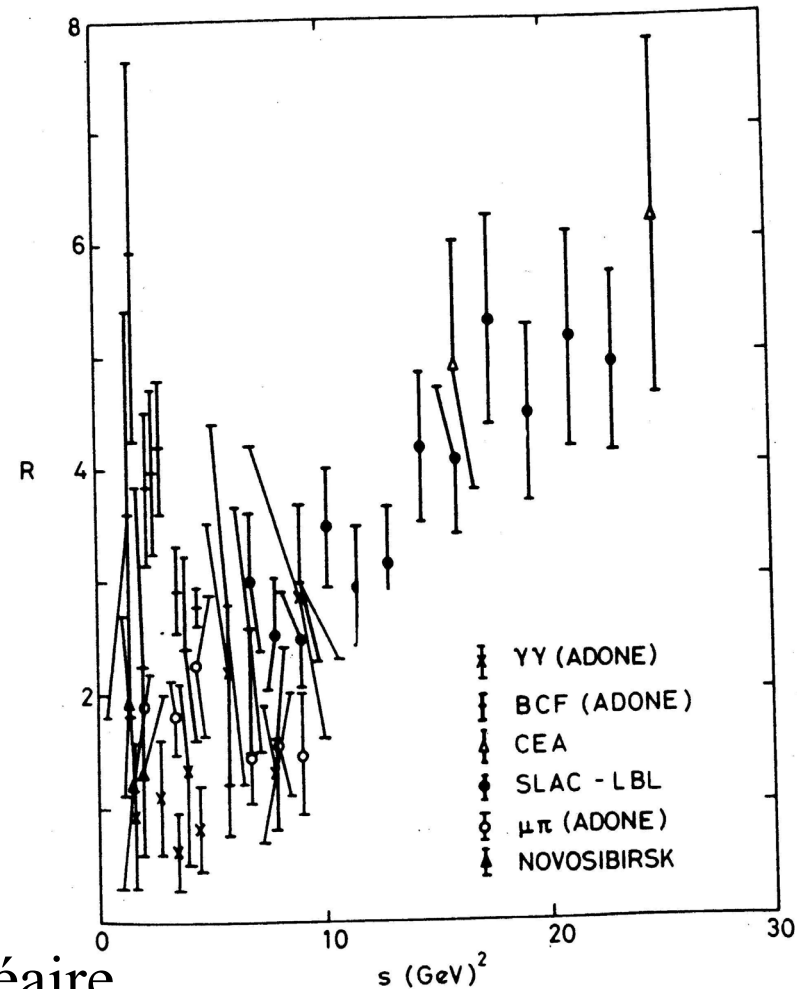
Conférence de Londres, août 1974
Catastrophe : R n'est pas constant



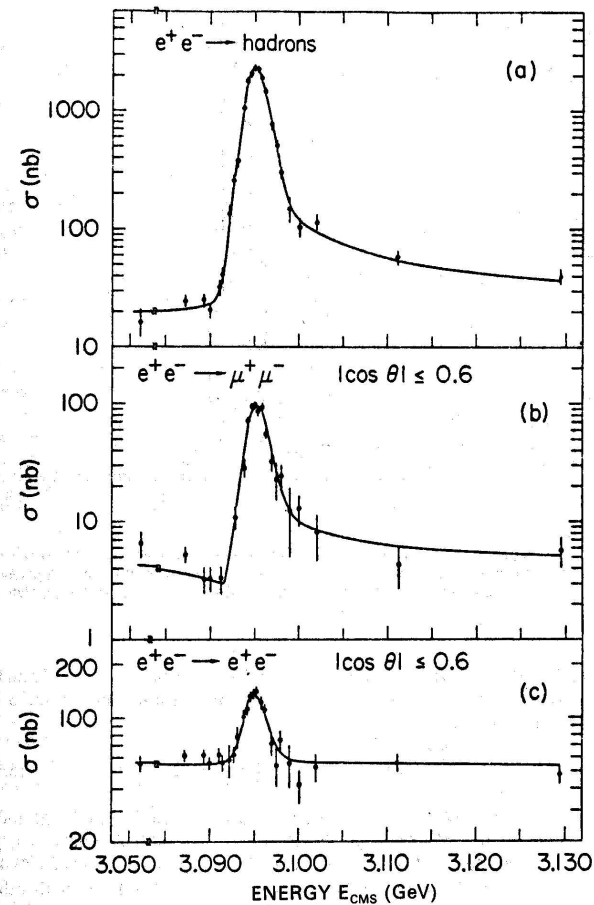
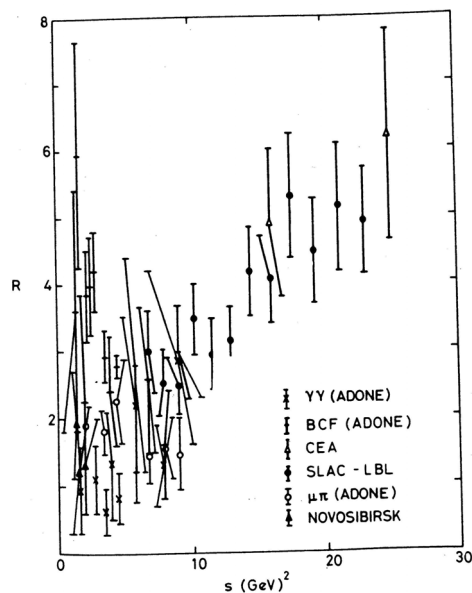
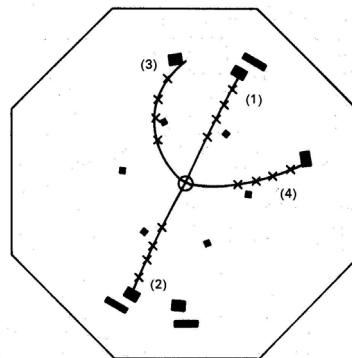
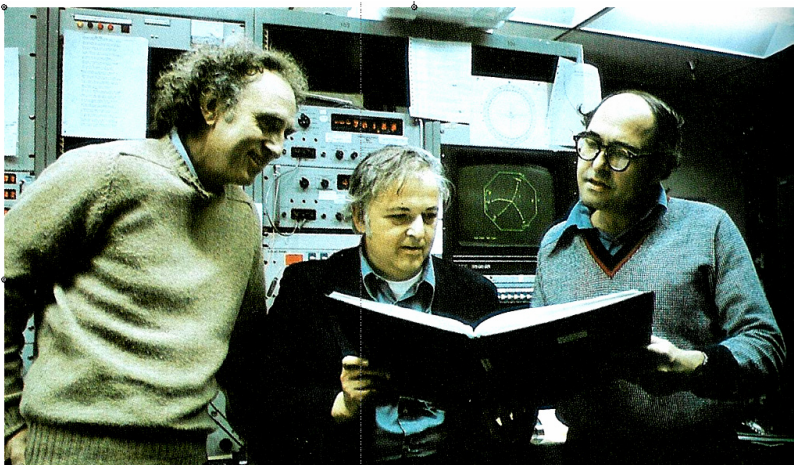
Opinion générale :

Particules $\rightarrow$ états excités
hautes énergies $\rightarrow$ continuum

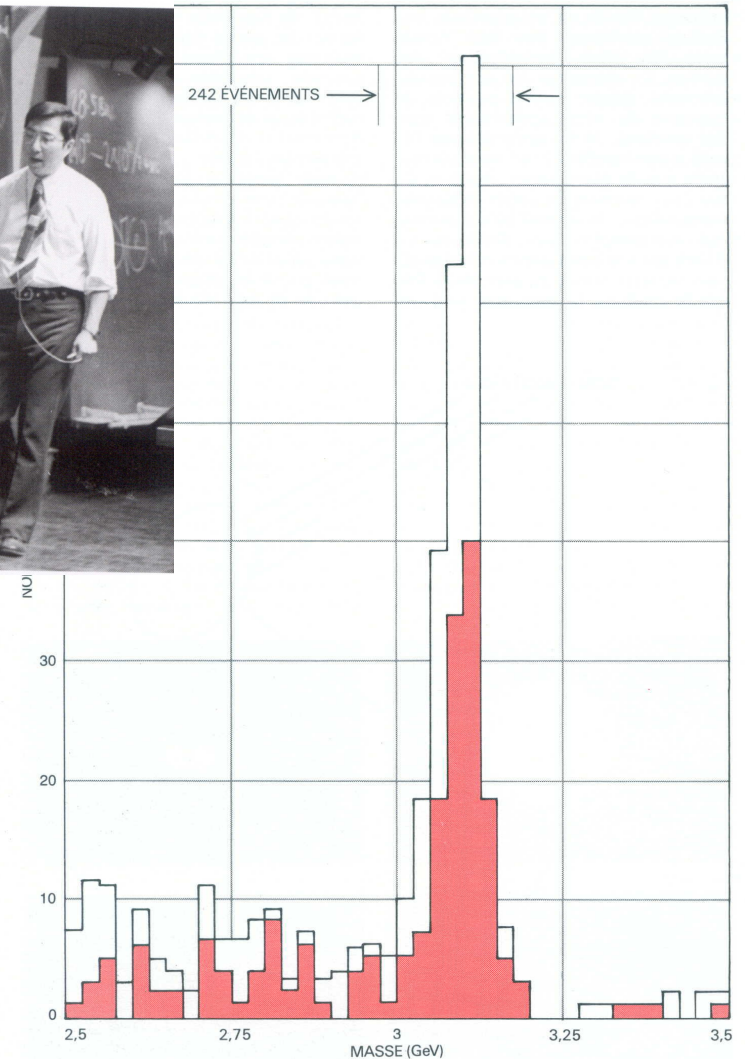
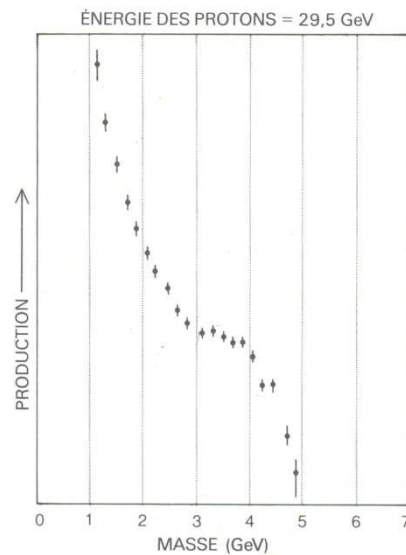
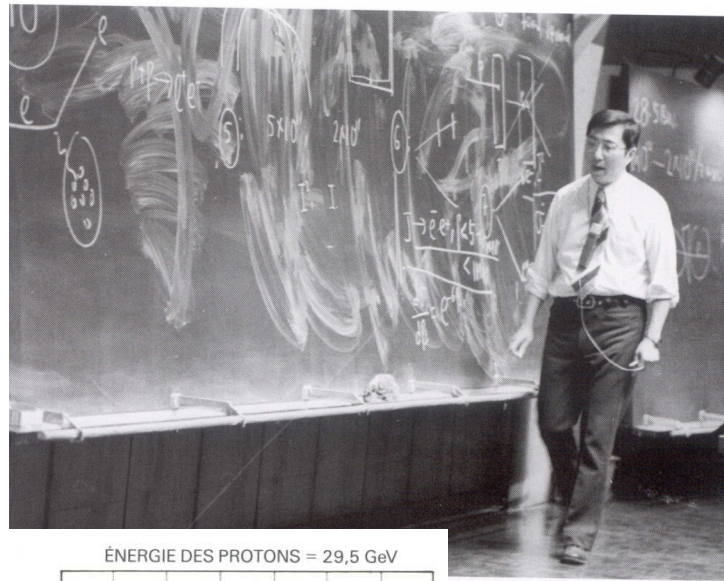
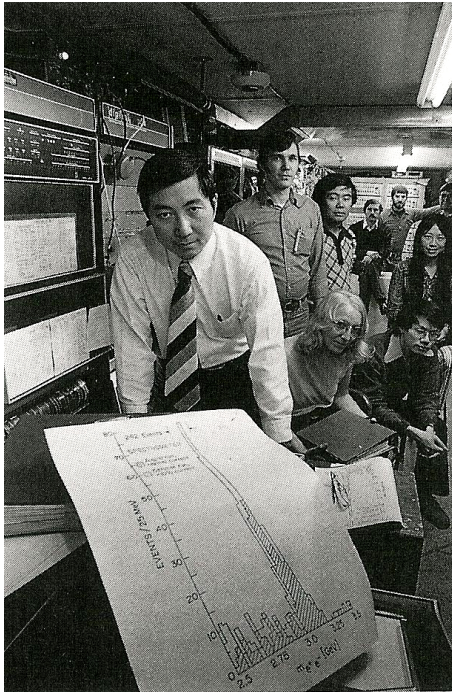
comme dans la physique atomique/nucléaire



11 Novembre 1974 : ψ



11 Novembre 1974 : J

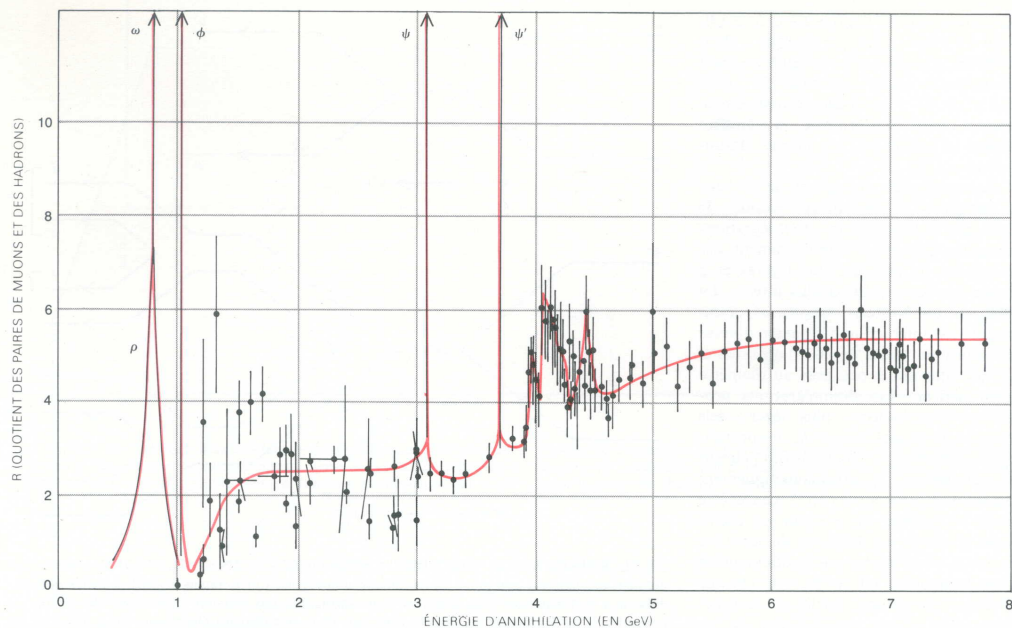
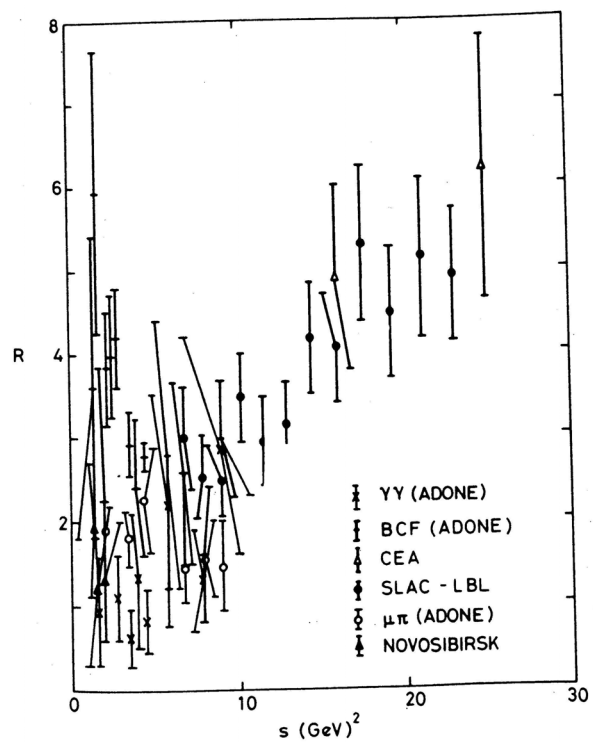


15 Octobre 2006

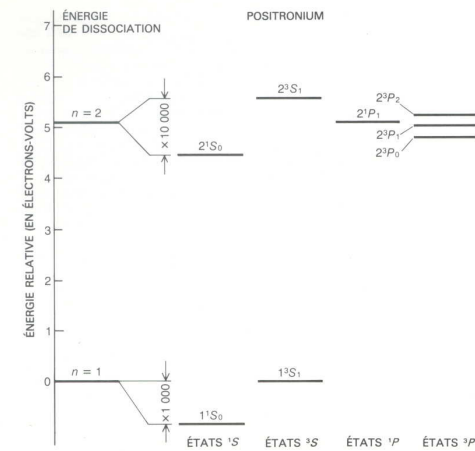
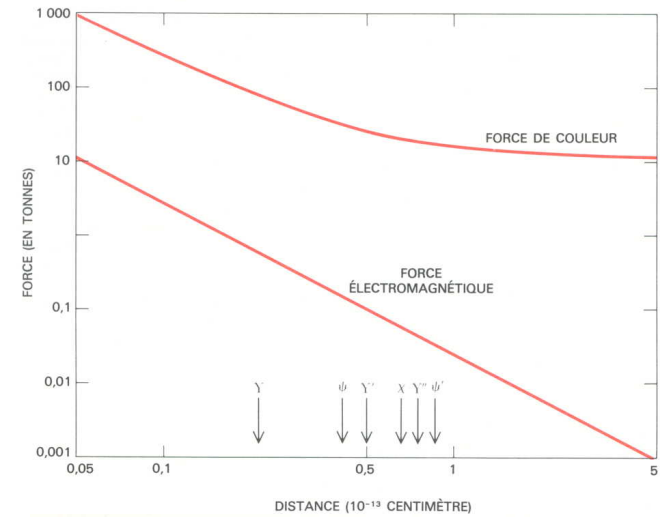
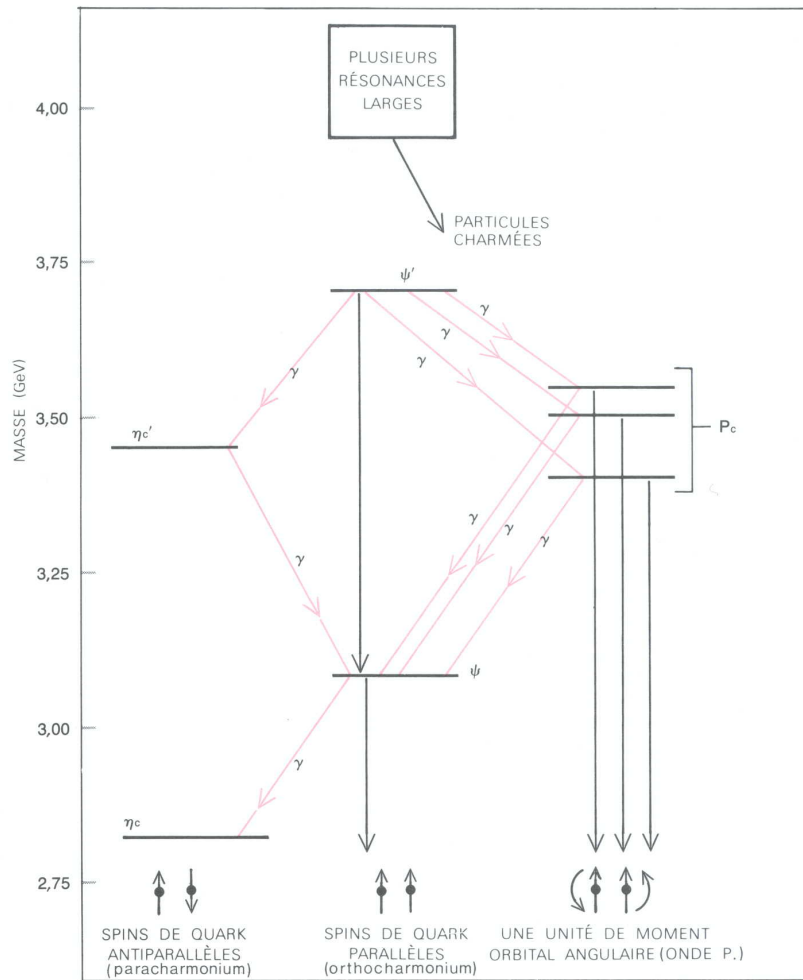
Bolek Pietrzyk
30 dernières années..

18

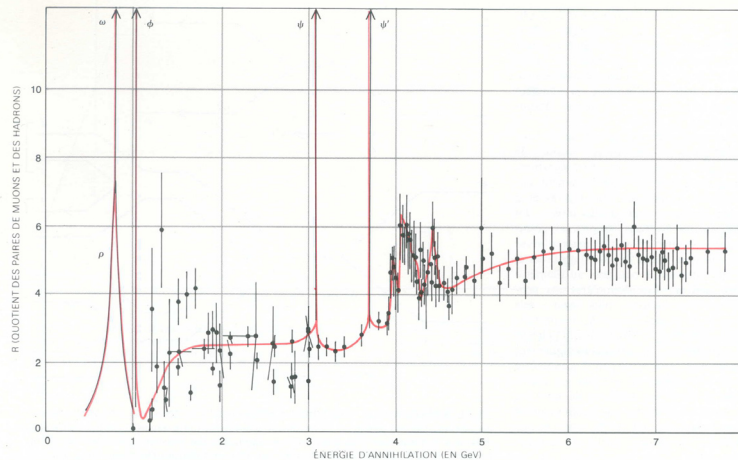
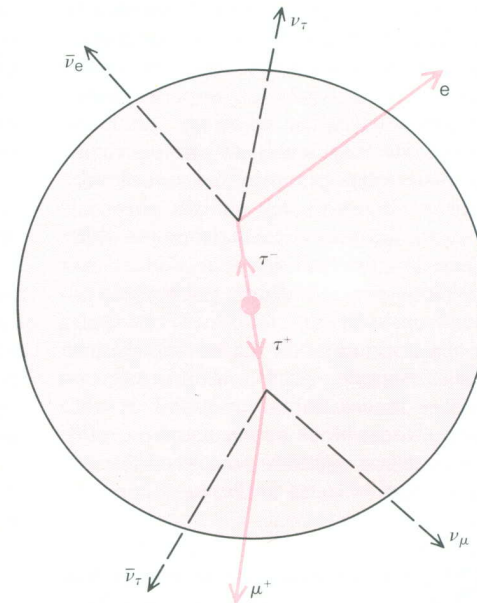
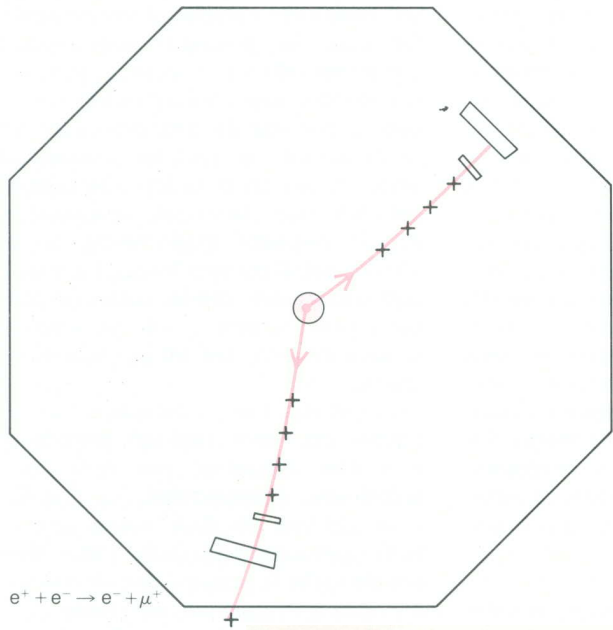
R



Charmonium

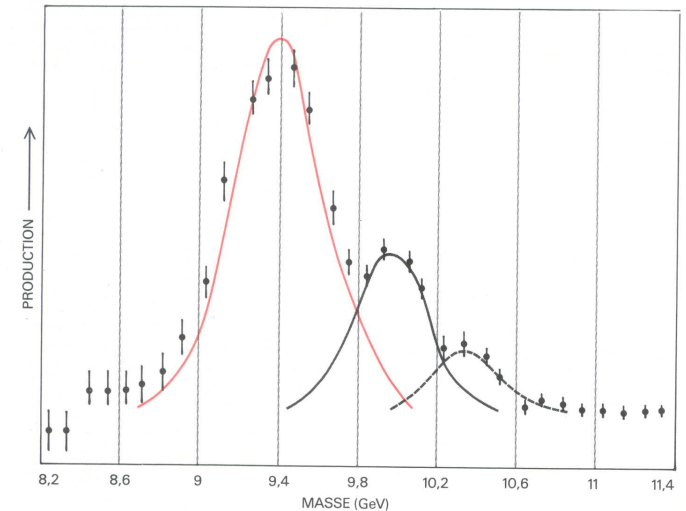
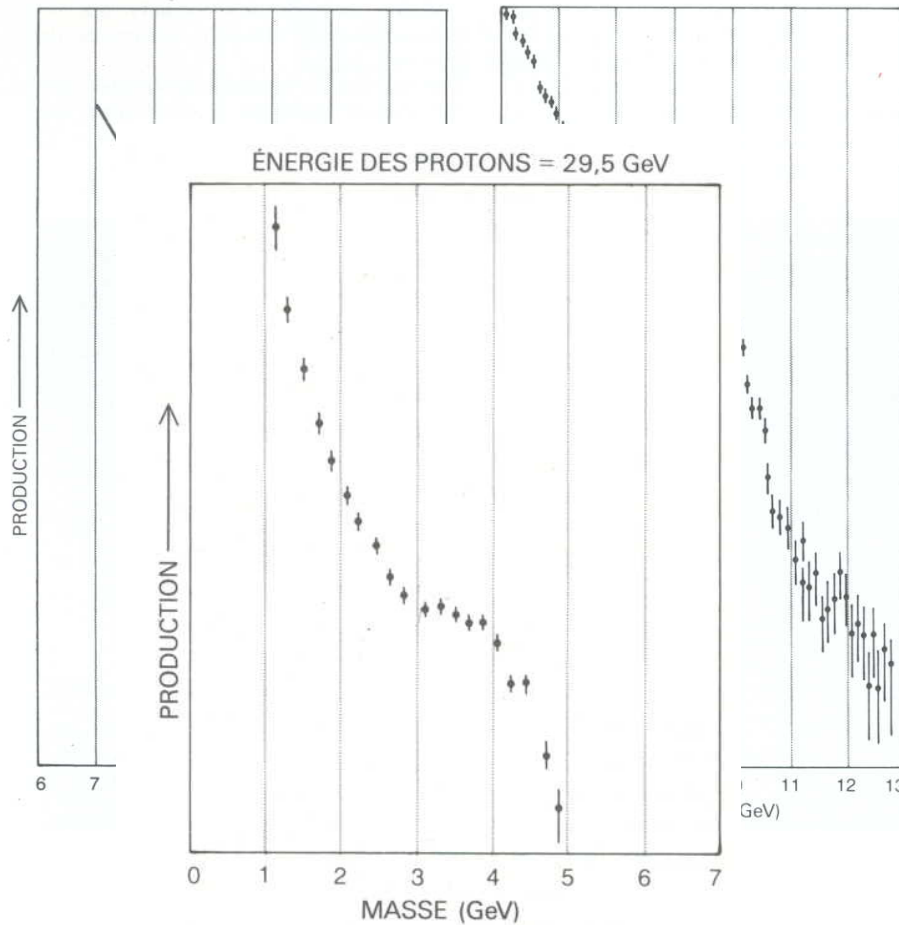


τ lepton

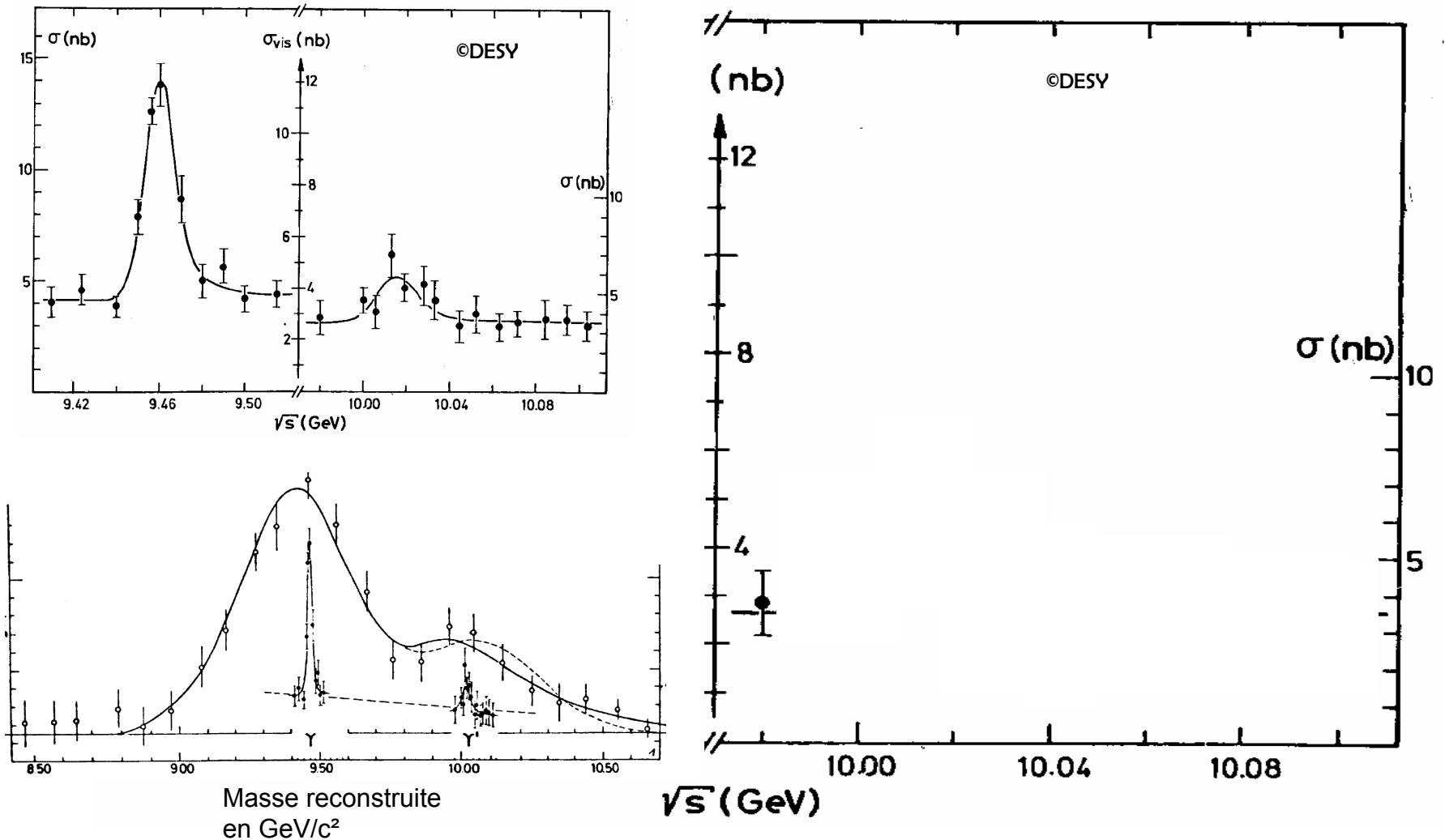


	1 ^{re} famille	2 ^e famille	3 ^e famille
	Les membres de la 1^{re} famille composent l'ensemble de la matière ordinaire (protons, neutrons, atomes...).	Réplique plus massive et instable de la 1^{re} famille. Le muon est ainsi 200 fois plus lourd que l'électron.	Réplique encore plus massive et instable de la 1^{re} famille. Le lepton τ est ainsi 3600 fois plus lourd que l'électron.
LEPTONS Particules insensibles à l'interaction forte.	e électron $m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $Q = -Q_e = -1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	μ muon $Q = -Q_e$	τ tau $Q = -Q_e$
	ν_e neutrino e $Q = 0$	ν_μ neutrino muon $Q = 0$	
QUARKS S'assemblent en triplets ou en paires quark-antiquark pour former les nombreuses particules subatomiques.	u haut / up $Q = 2/3 \cdot Q_e$	c charme / charm $Q = 2/3 \cdot Q_e$	
	d bas / down $Q = -1/3 \cdot Q_e$	s étrange / strange $Q = -1/3 \cdot Q_e$	

Upsilon $\rightarrow$ atome de quark b

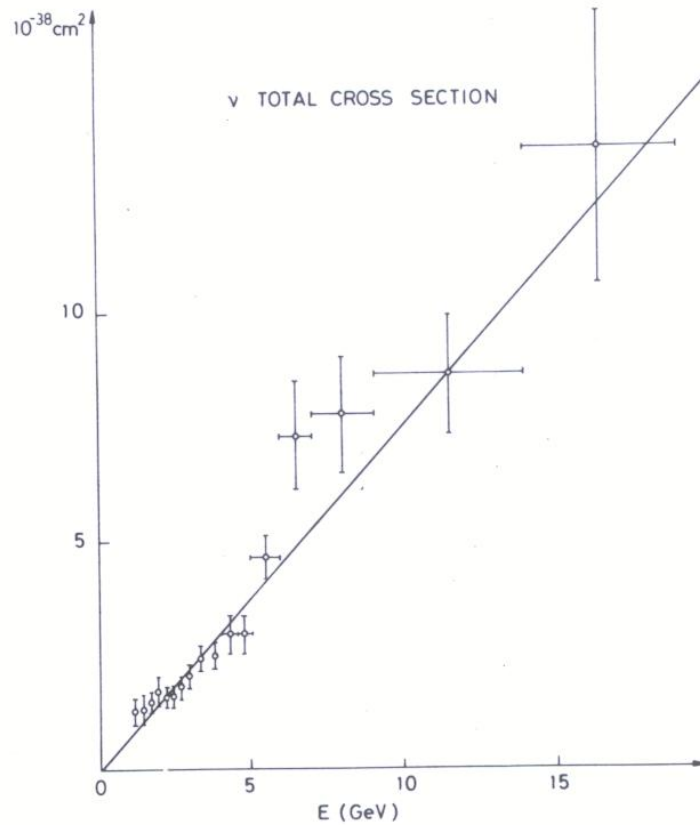


Upsilon $\rightarrow$ annihilation e^+e^- à Hambourg



	1 ^{re} famille	2 ^e famille	3 ^e famille
	Les membres de la 1^{re} famille composent l'ensemble de la matière ordinaire (protons, neutrons, atomes...).	Réplique plus massive et instable de la 1^{re} famille. Le muon est ainsi 200 fois plus lourd que l'électron.	Réplique encore plus massive et instable de la 1^{re} famille. Le lepton τ est ainsi 3600 fois plus lourd que l'électron.
LEPTONS Particules insensibles à l'interaction forte.	e électron $m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $Q = -Q_e = -1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	μ muon $Q = -Q_e$	τ tau $Q = -Q_e$
	ν_e neutrino e $Q = 0$	ν_μ neutrino muon $Q = 0$	
QUARKS S'assemblent en triplets ou en paires quark-antiquark pour former les nombreuses particules subatomiques.	u haut / up $Q = 2/3 \cdot Q_e$	c charme / charm $Q = 2/3 \cdot Q_e$	
	d bas / down $Q = -1/3 \cdot Q_e$	s étrange / strange $Q = -1/3 \cdot Q_e$	b beau / beauty / bottom $Q = -1/3 \cdot Q_e$

Pourquoi W et Z ?



Le premier Z, UA1



15 Octobre 2006

Bolek Pietrzyk
30 dernieres annees..

Le premier Z

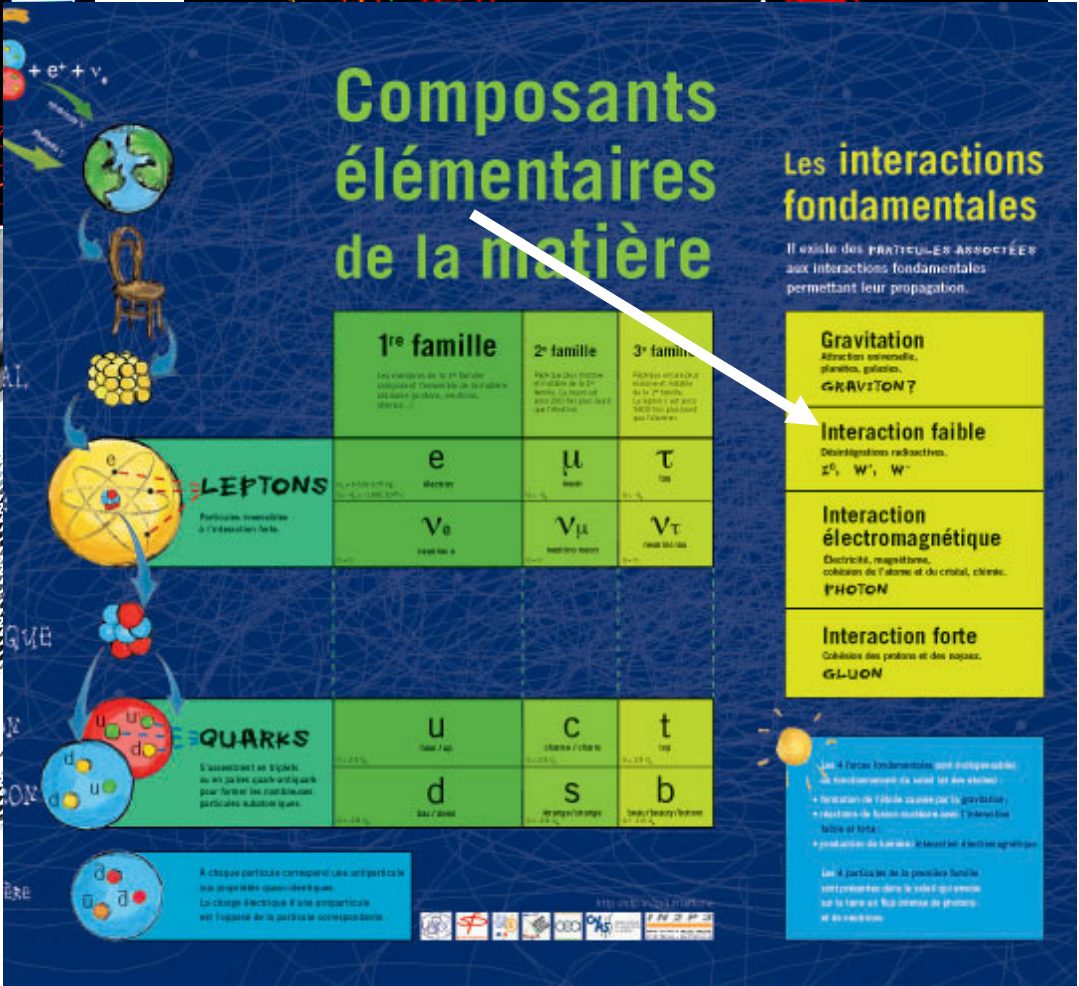
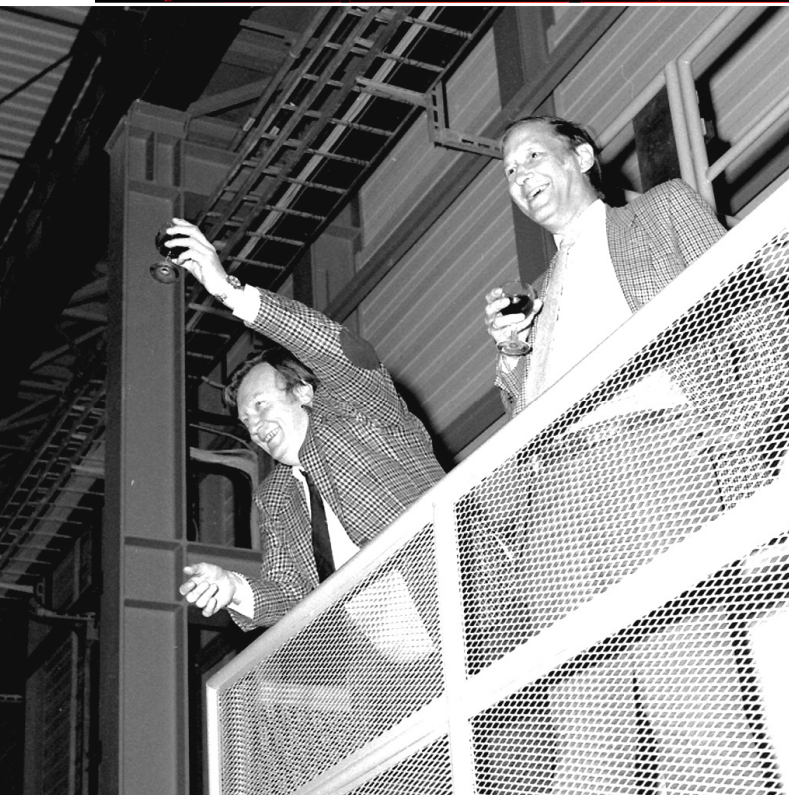


27

W, Z	UA1
------	-----

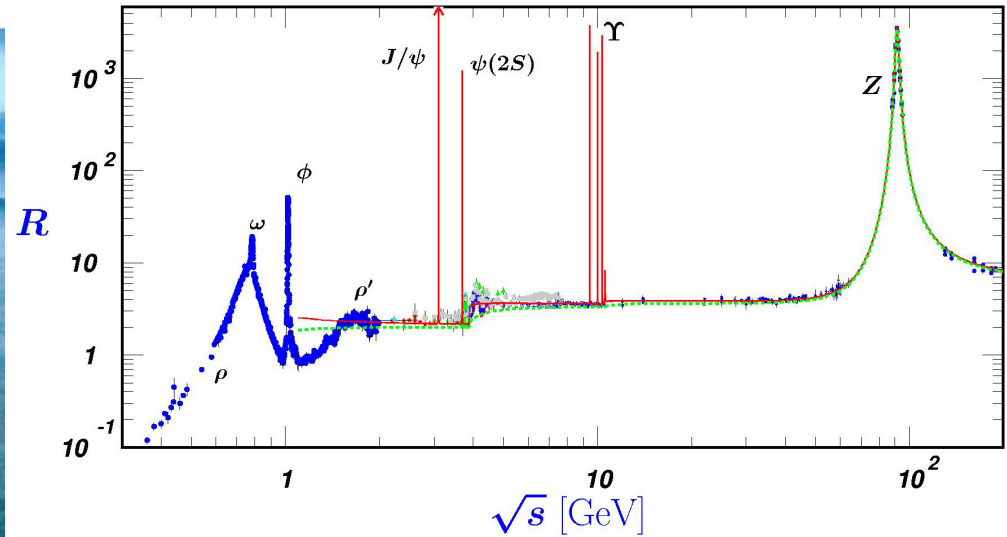
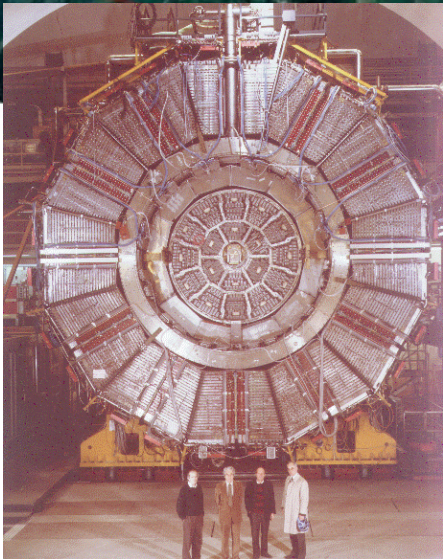


UA1- Z0, mai 1983

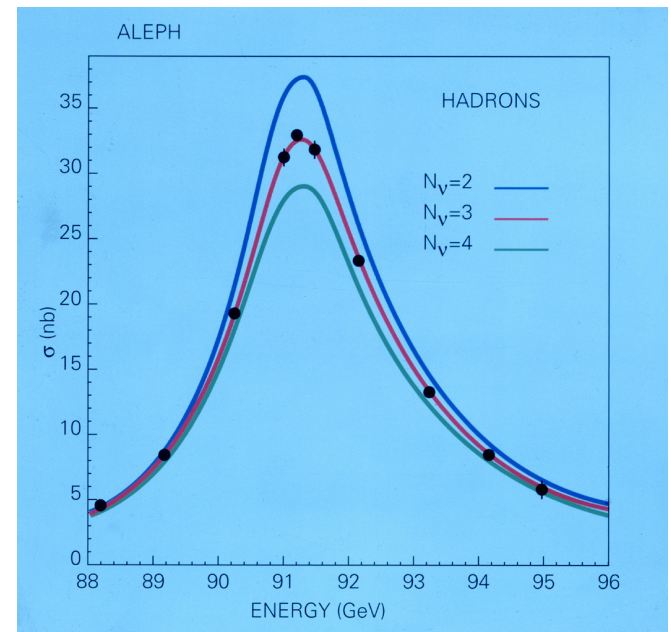


30 dernières années..

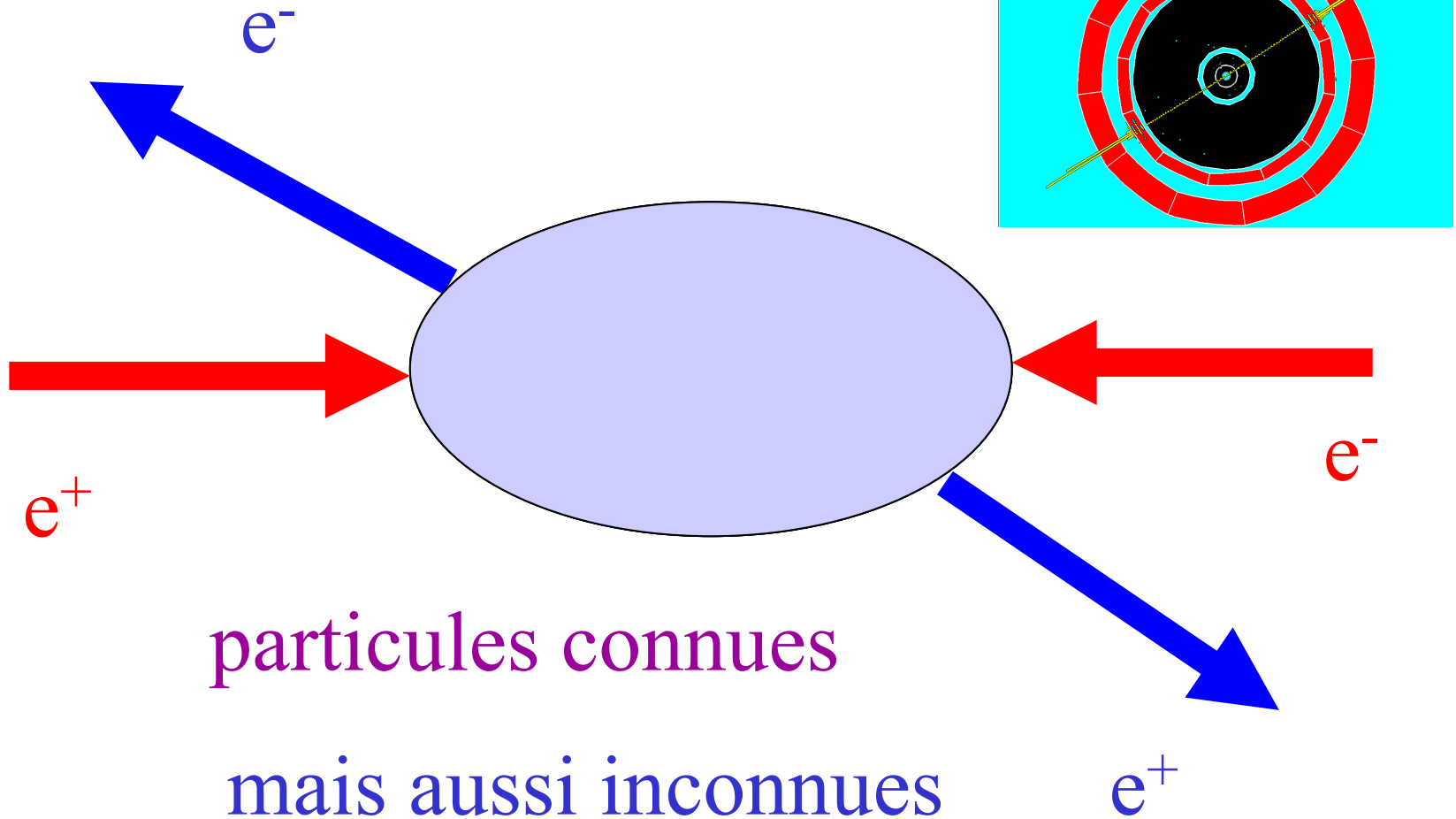
LEP, trois générations



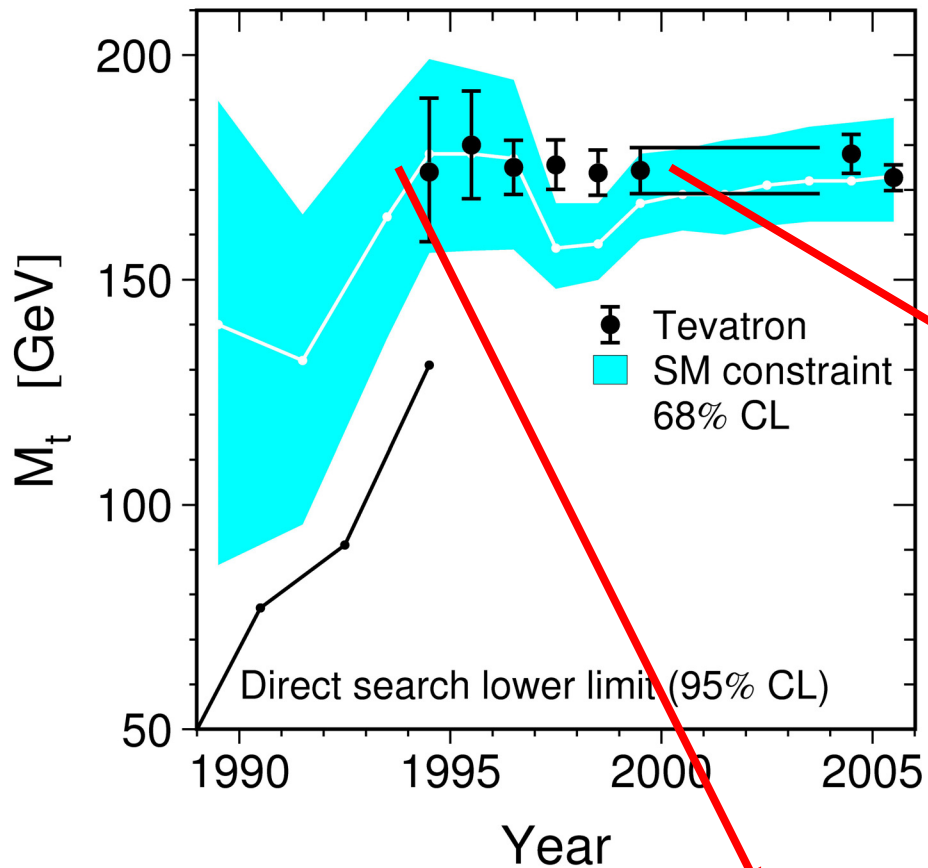
Bolek Pietrzyk
30 dernières années..



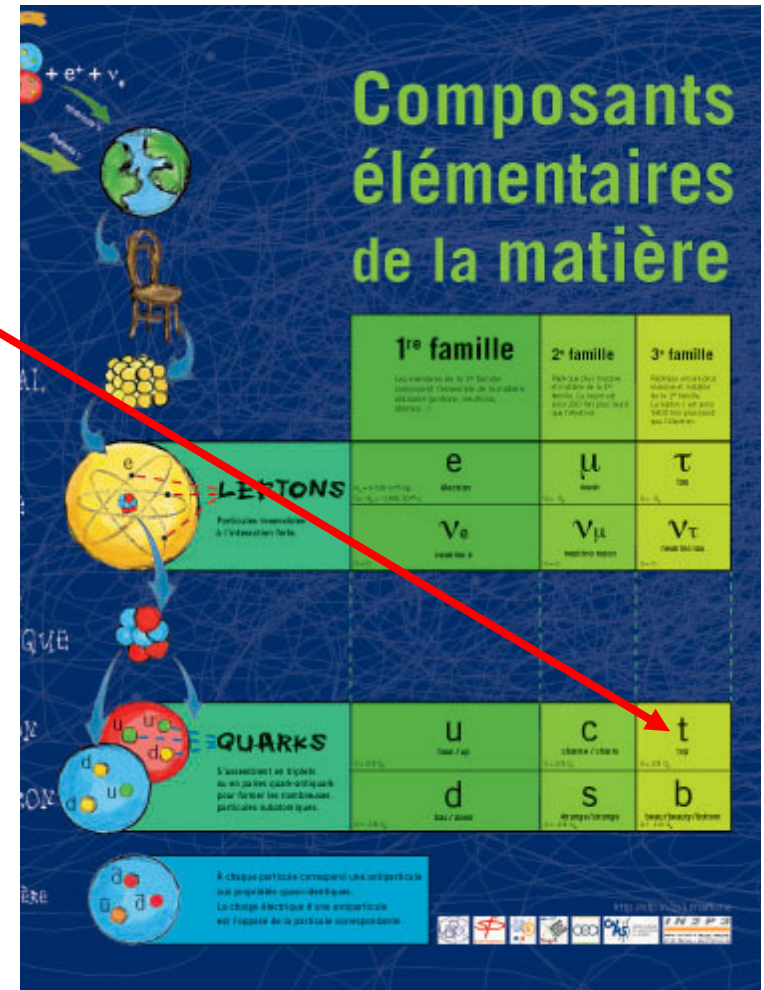
Mesurer l'invisible



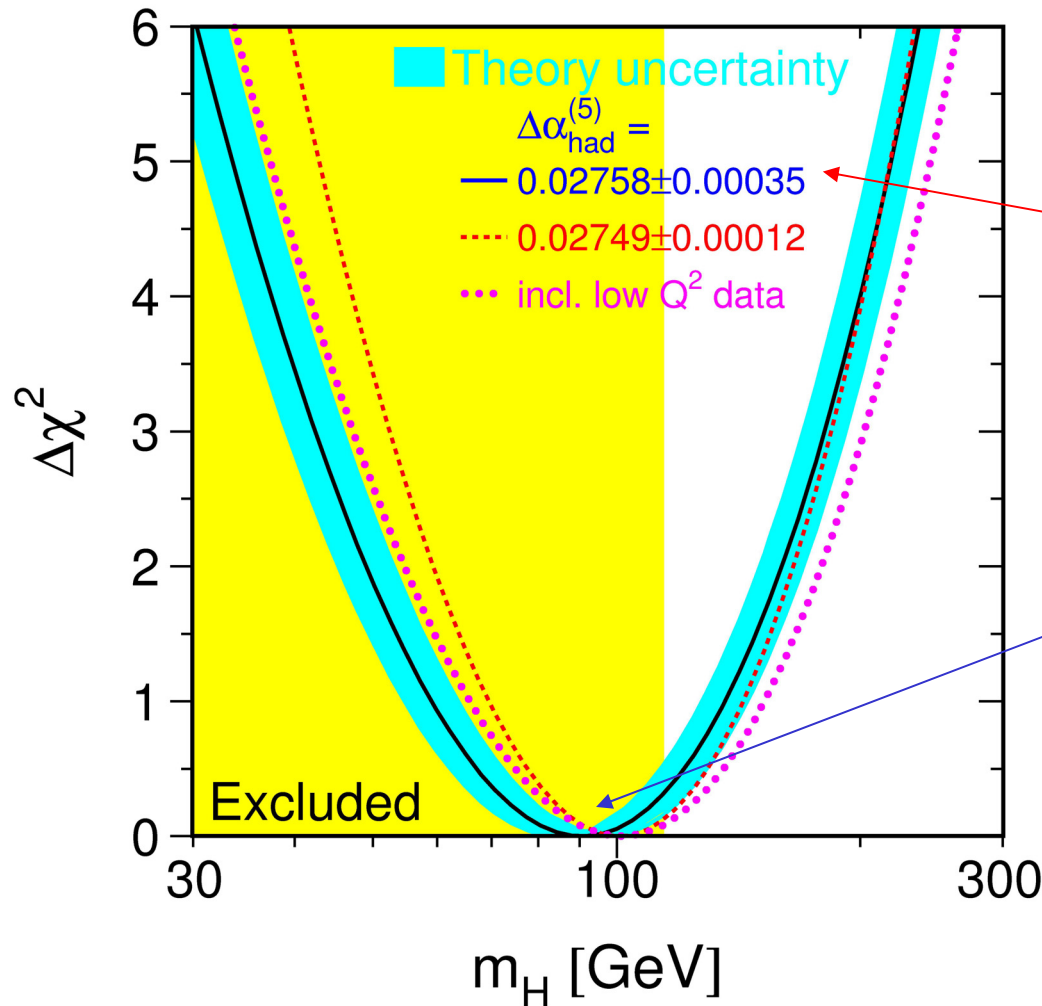
Voir l'invisible



[7] LEP Electroweak Working Group, B. Pietrzyk, Laboratoire de Physique des Particules Report No. LAPP-EXP-94.07, 1994 (unpublished).



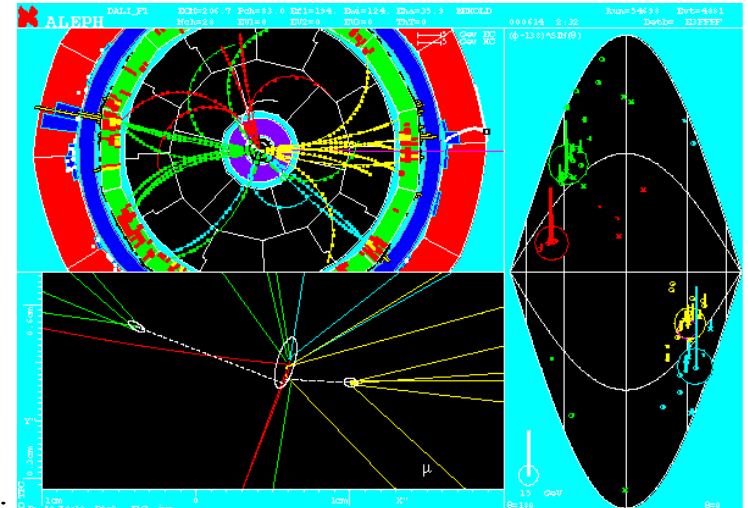
Voir l'inconnu



Particules
(quarks)
connues

Burkhardt Pietrzyk

Higgs

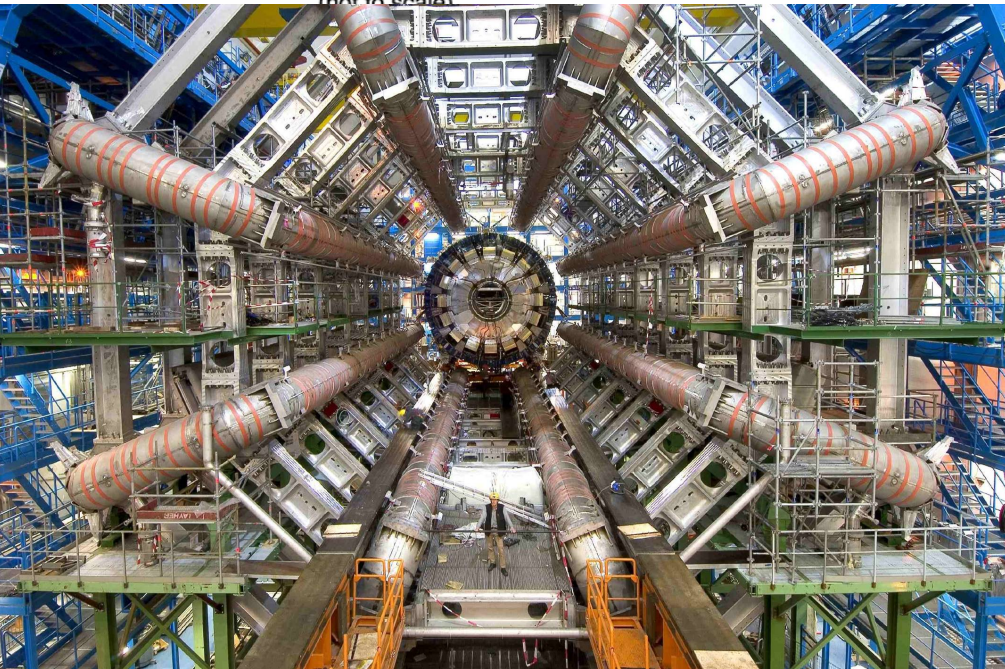


15 Octobre 2006

Bolek Pietrzyk
30 dernieres annees..

LHC

CERN Accelerators
(not to scale)

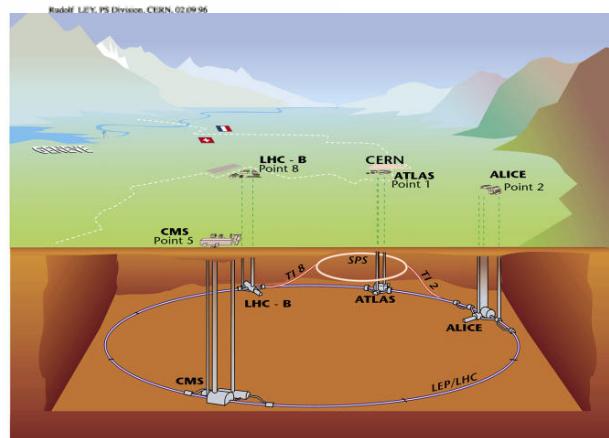


AD: Antiproton Decelerator
ISOLDE: Isotope Separator OnLine DEvice
PSB: Proton Synchrotron Booster
PS: Proton Synchrotron
LINAC: LINear ACcelerator
LEIR: Low Energy Ion Ring
CNGS: Cern Neutrinos to Gran Sasso

Gran Sasso (I)
730 km

0.3c by here

Start the protons out here



15 Octobre 2006

Higgs?, SUSY?
ou
quelque chose
d'inattendu!



Composants élémentaires de la matière

1 ^{re} famille	2 ^e famille	3 ^e famille
Les membres de la 1 ^{re} famille composent l'ensemble de la matière ordinaire (protons, neutrons, atomes...).	Réplique plus massive et instable de la 1 ^{re} famille. Le muon est ainsi 200 fois plus lourd que l'électron.	Réplique encore plus massive et instable de la 1 ^{re} famille. Le lepton τ est ainsi 3600 fois plus lourd que l'électron.
e électron $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$ kg $Q = -Q_e = -1,602 \cdot 10^{-19}$ C	μ muon $Q = -Q_e$	τ tau $Q = -Q_e$
ν_e neutrino e $Q = 0$	ν_μ neutrino muon $Q = 0$	ν_τ neutrino tau $Q = 0$
u haut / up $Q = 2/3 Q_e$	c charme / charm $Q = 2/3 Q_e$	t top $Q = 2/3 Q_e$
d bas / down $Q = -1/3 Q_e$	s étrange / strange $Q = -1/3 Q_e$	b beau / beauty / bottom $Q = -1/3 Q_e$

Les interactions fondamentales

Il existe des **PARTICULES ASSOCIÉES** aux interactions fondamentales permettant leur propagation.

Gravitation

Attraction universelle, planètes, galaxies.

GRAVITON ?

Interaction faible

Désintégrations radioactives.

Z^0 , W^+ , W^-

Interaction électromagnétique

Électricité, magnétisme, cohésion de l'atome et du cristal, chimie.

PHOTON

Interaction forte

Cohésion des protons et des noyaux.

GLUON

Les 4 forces fondamentales sont indispensables au fonctionnement du soleil (et des étoiles) :

- formation de l'étoile causée par la gravitation ;
- réactions de fusion nucléaire avec l'interaction faible et forte ;
- production de lumière : interaction électromagnétique.

Les 4 particules de la première famille sont présentes dans le soleil qui envoie sur la terre un flux intense de photons et de neutrinos.