



Laboratoire d'Anney-le-Vieux
de Physique des Particules



Le LAPP et la physique des particules élémentaires

Jean-Pierre Lees

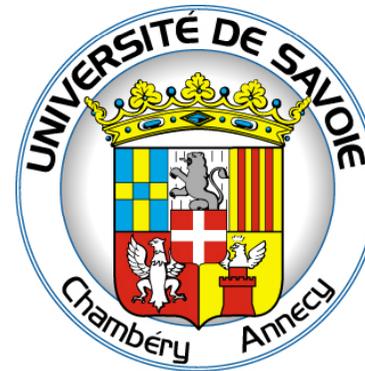
Directeur adjoint

17 novembre 2013 Stages de 3^{ieme}



In2p3

Le LAPP est un laboratoire du
CNRS/IN2P3 (depuis 1976) et de
l'Université de Savoie (depuis 1995)



Plan

- Présentation du laboratoire
- La physique des particules
- Les accélérateurs. Le LHC
- Les techniques de détection – expérience ATLAS
- Les astroparticules – expériences HESS et AMS



Présentation du Laboratoire



Jean-Pierre Lees, Stages Sieme, 17
novembre 2013

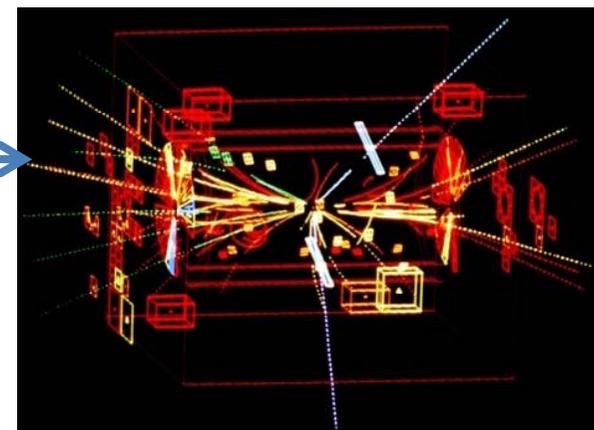
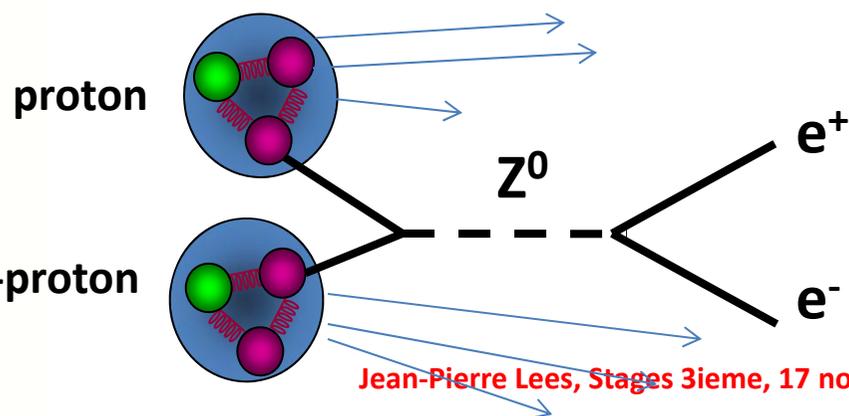
Historique (1)



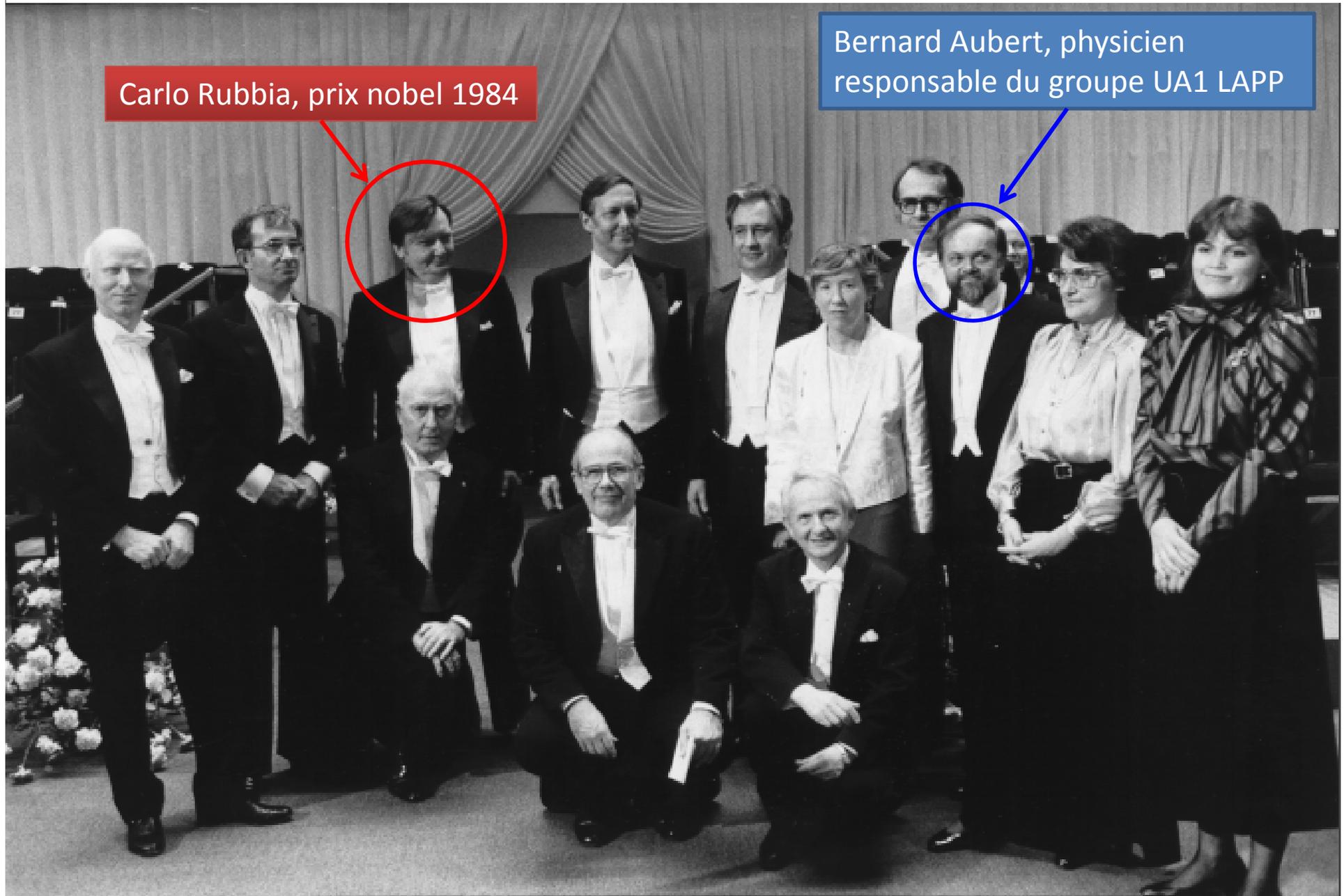
1976: création du LAPP par des physiciens désireux de se rapprocher du CERN.



1979-1987: Le LAPP participe à l'expérience UA1, qui confirme le **Modèle Standard** avec en 1983 la découverte des bosons **W** et **Z** [Prix Nobel de physique 1984]



Cérémonie du Nobel 1984



Carlo Rubbia, prix nobel 1984

Bernard Aubert, physicien
responsable du groupe UA1 LAPP

Historique (2)

1990-2000: Expériences au LEP (e^+e^-):
le **Modèle Standard** est testé avec précision

- Nouveau domaine des **Astroparticules**: ondes gravitationnelles, rayons cosmiques de très grande énergie, matière noire, antimatière dans l'Univers.
- Expériences sur des sites éloignés: Italie, Californie, Namibie, station spatiale internationale (ISS)

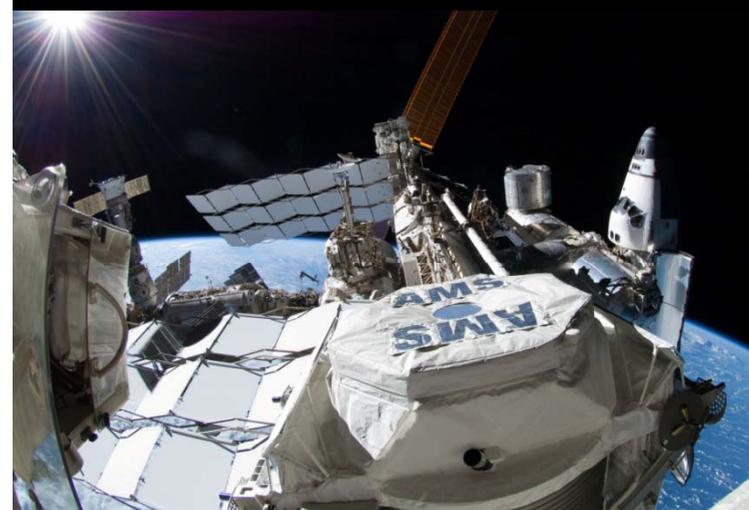
2000-2008: au **CERN**, construction du LHC ($p p$) et de ses expériences (**ATLAS, LHCb**)

2012: observation du boson de Higgs (dernière pièce manquante du modèle standard)

1991: le LAPP s'agrandit...



2011: installation d'AMS sur l'ISS



Qui travaille au laboratoire?

Des physiciens théoriciens [LAPTH] [~25]

Ils élaborent de nouvelles théories et cherchent à prédire et/ou à expliquer les résultats des expérimentateurs.

Des physiciens expérimentateurs [LAPP] [~40]

Au sein de grandes collaborations internationales , ils conçoivent les expériences et en analysent les résultats

Des étudiants (en thèse ou en stage) [LAPP, LAPTH] [~20]

Des ingénieurs et techniciens [LAPP] [~35]

En informatique, électronique et mécanique : ils réalisent les détecteurs.

Des personnels administratifs [LAPP,LAPTH] [~10]

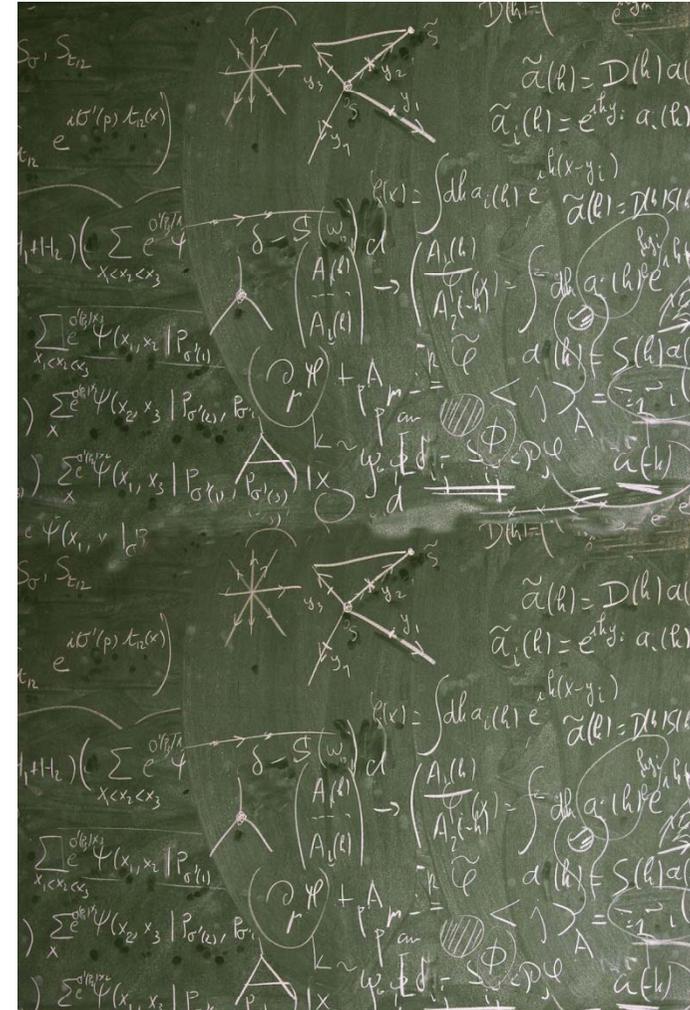
Pour effectuer les commandes, gérer et prévoir...



La physique théorique

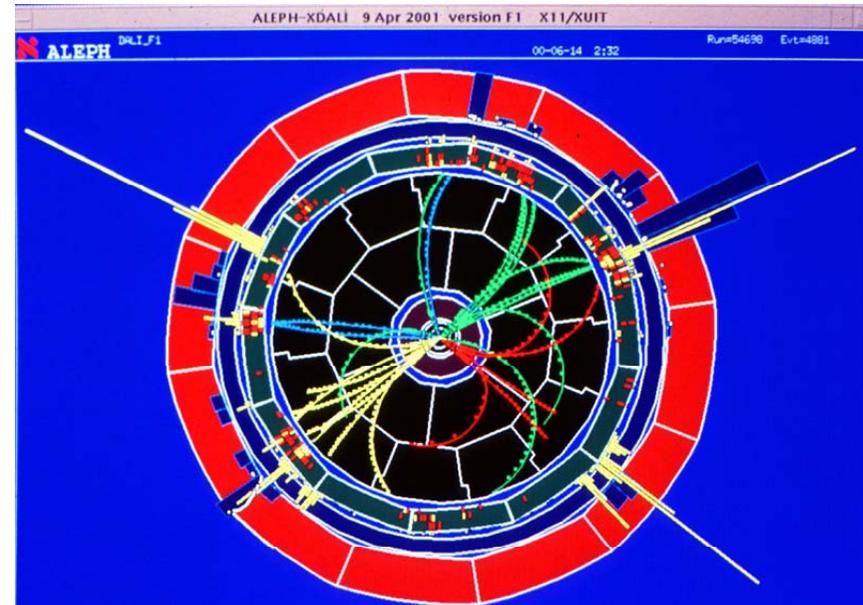
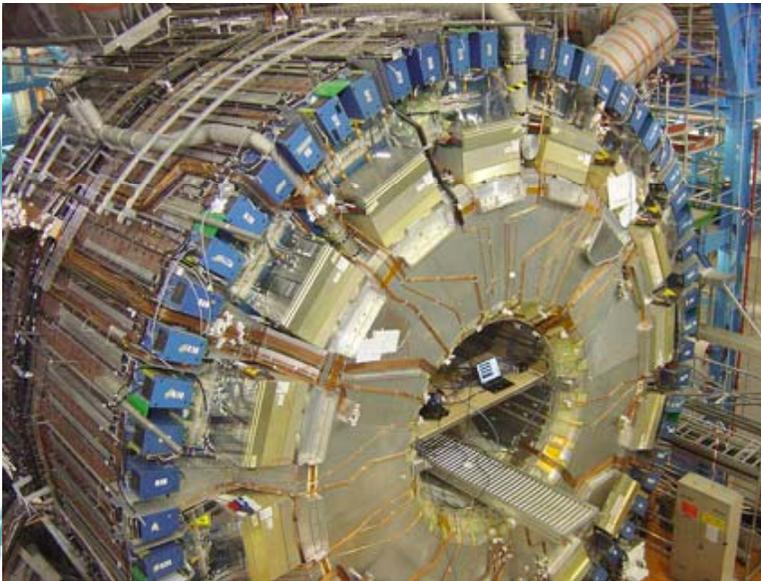
Le LAPP abrite dans ses murs un important groupe de physique théorique, le **LAPTh** (~40 personnes)

- Les théoriciens prédisent des effets que les expérimentateurs cherchent à mesurer
- Parfois c'est le contraire: les théoriciens font des calculs pour interpréter les résultats des expérimentateurs



Les expériences

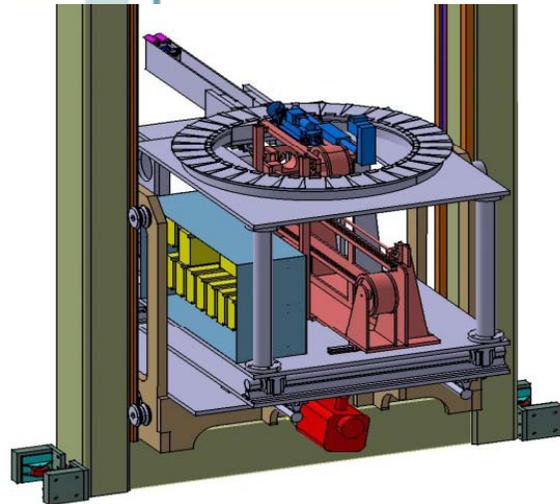
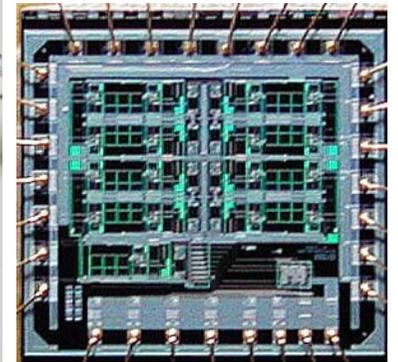
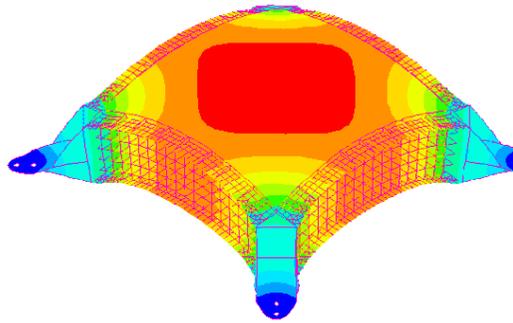
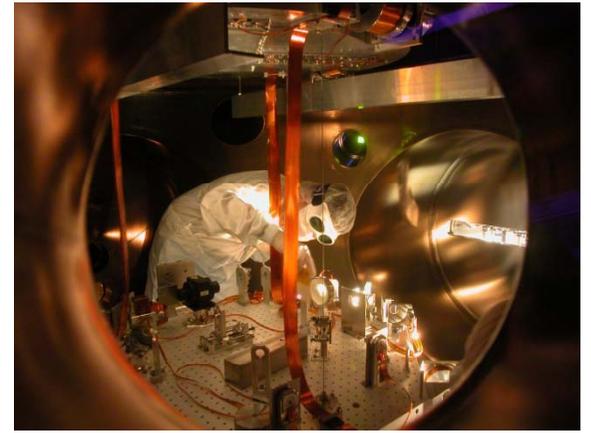
- Au sein de **collaborations internationales**, les chercheurs du LAPP participent à la conception et/ou à la réalisation de détecteurs pour des expériences souvent **gigantesques** et de **longue durée**, puis analysent leurs résultats pour vérifier ou infirmer les théories et découvrir de nouveaux phénomènes

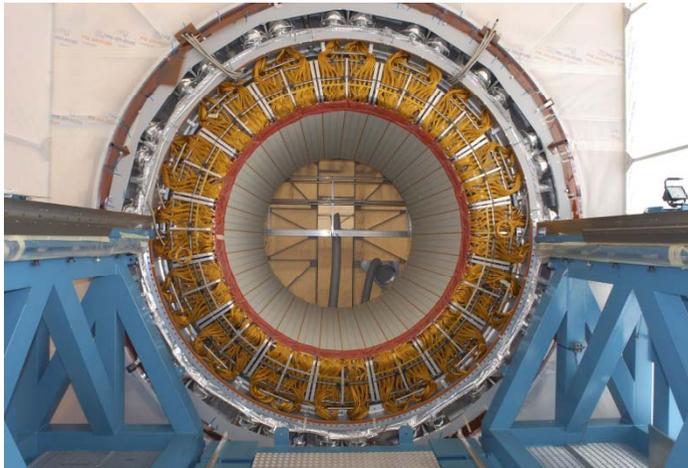
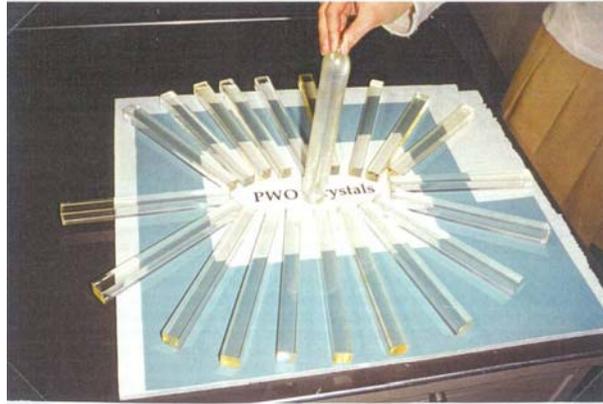


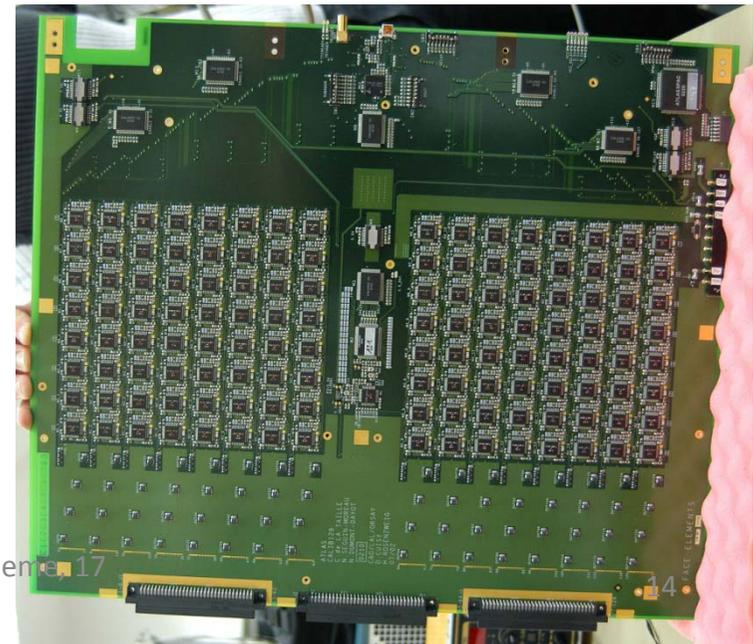
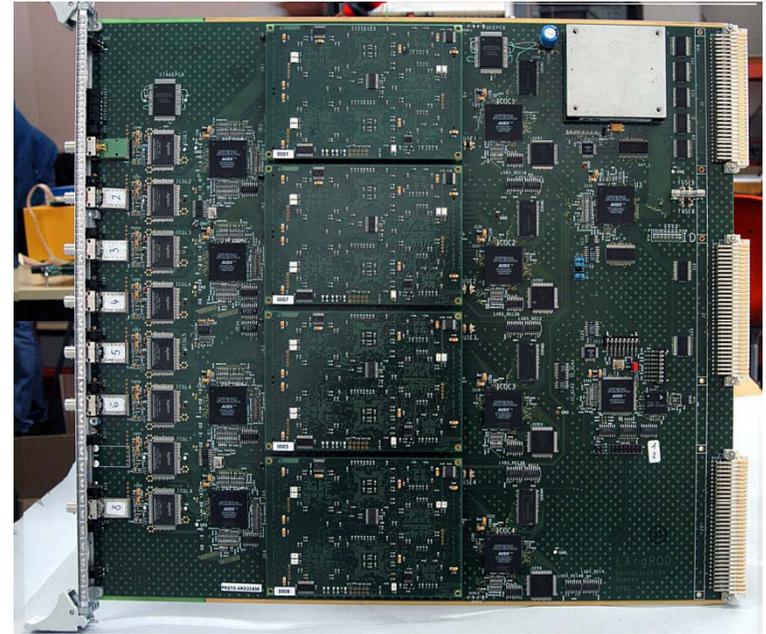
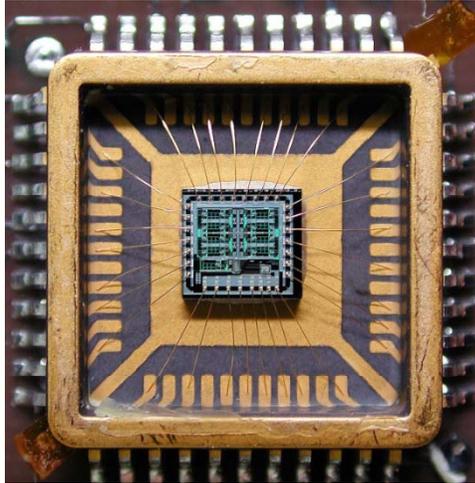
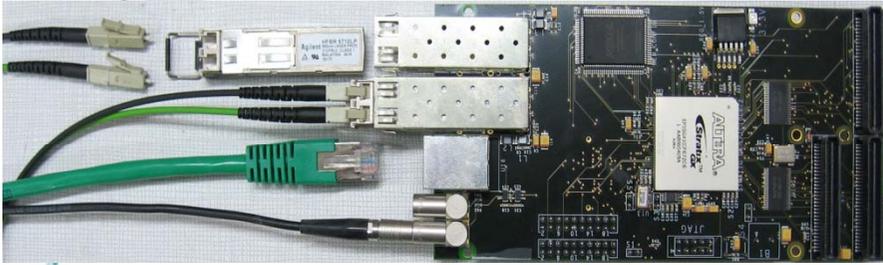
Les services techniques

Les services de **mécanique**,
d'électronique et
d'informatique aident à
concevoir et réaliser détecteurs
et logiciels

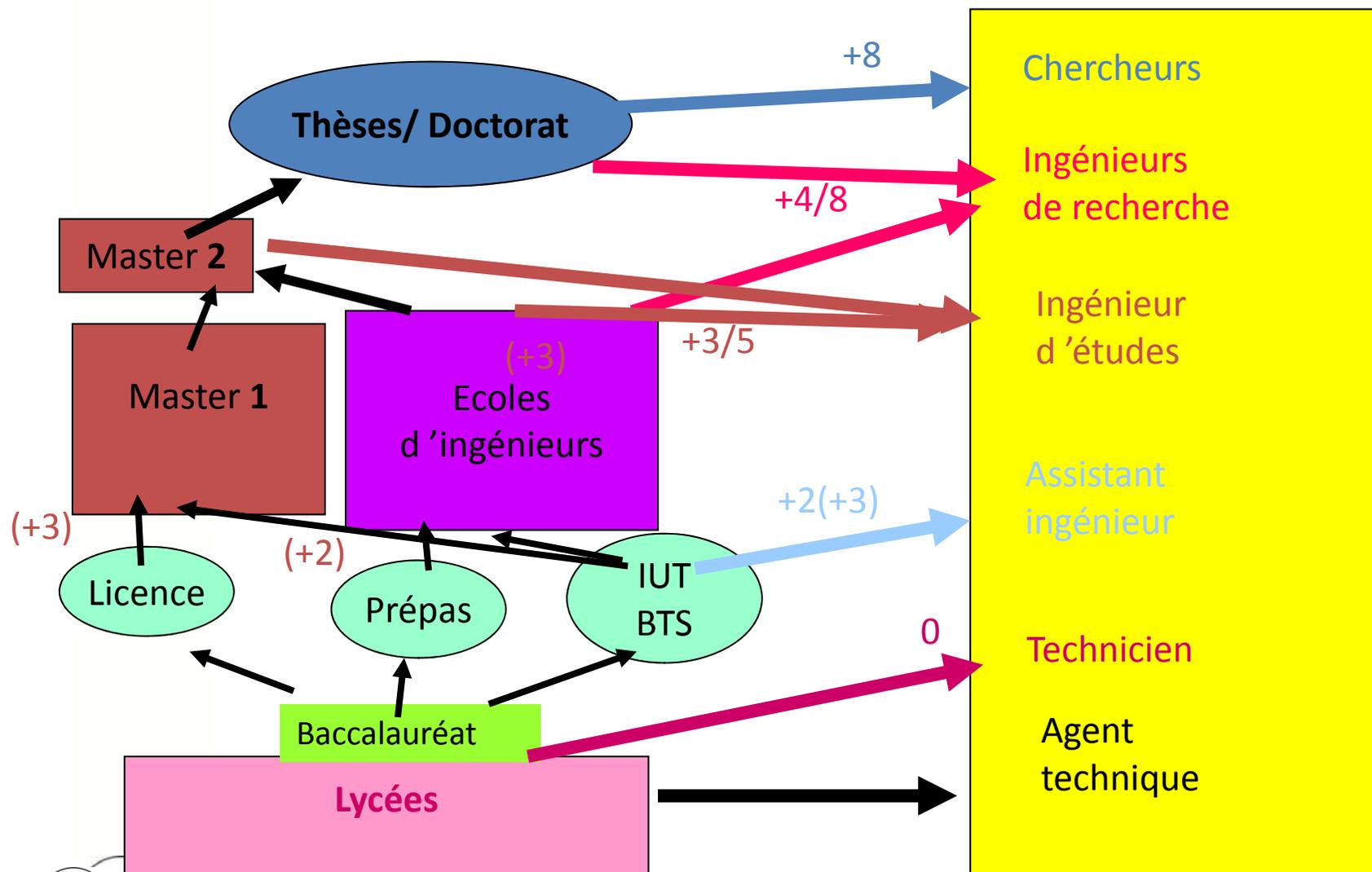








Les métiers de la Recherche



La Physique des Particules

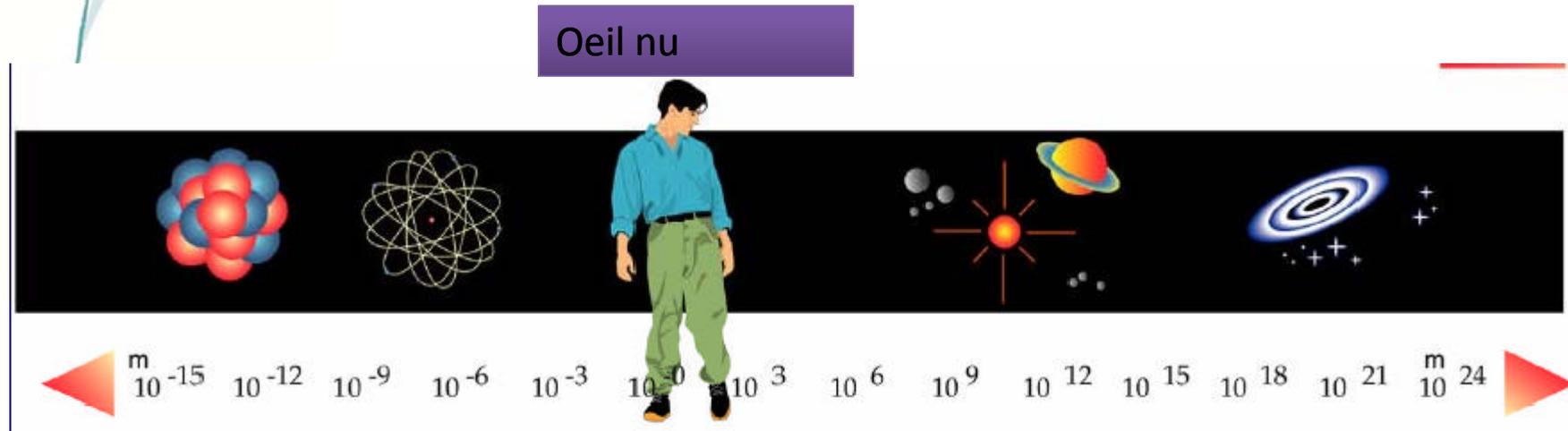


Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17
novembre 2013

Qu' étudie t-on au LAPP?

- La vocation du LAPP est l' **étude des constituants fondamentaux** de la matière (**les briques les plus petites de notre monde**) et des **interactions fondamentales** (**les forces**) auxquelles ils sont soumis.
- Notre discipline s'appelle la physique des particules

La méthode expérimentale: Observer



accélérateurs
+ détecteurs

microscopes

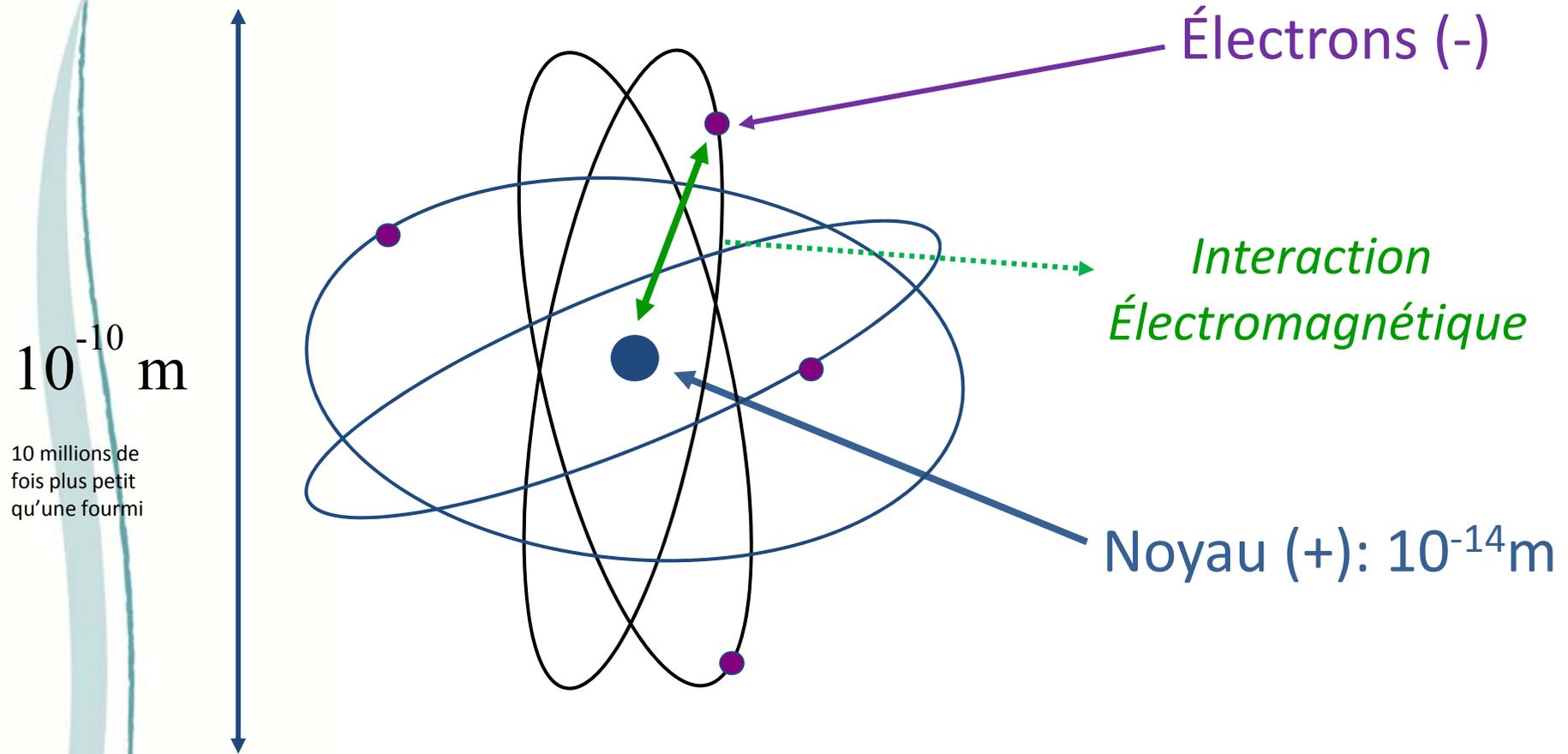
jumelles

télescopes

La physique des particules étudie le
Cœur de la Matière vers l'infiniment
petit

La physique des astro-particules scrute
les messages venus des confins de
l'univers et de l'infiniment grand

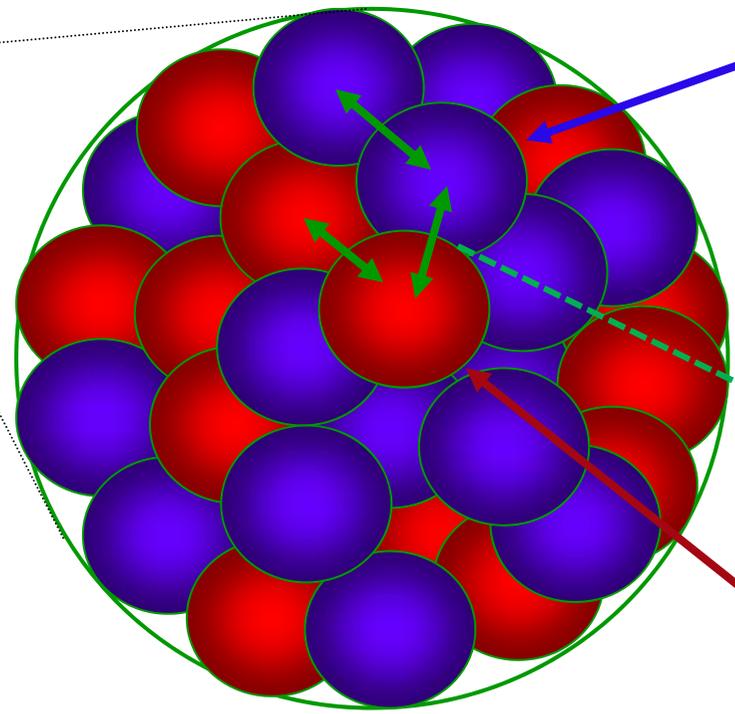
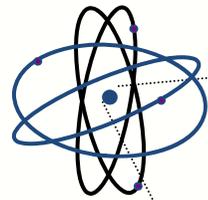
Structure de l'atome



10 millions de fois plus petit qu'une fourmi



Structure du noyau



Proton (+1)

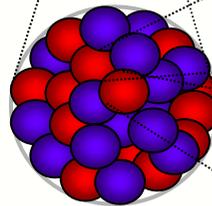
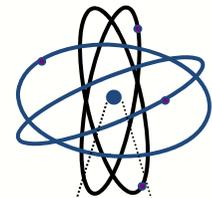
Interaction forte

Neutron (0)

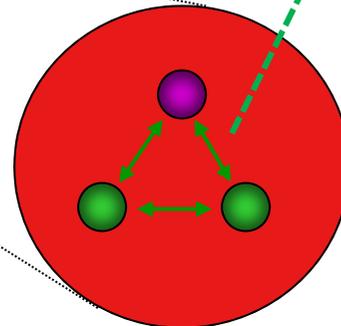
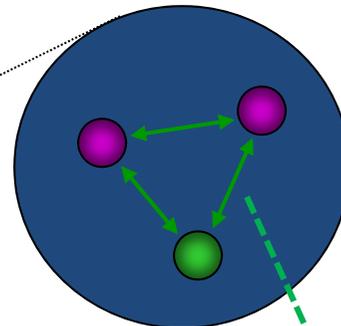


10^{-14} m

Structure des protons et des neutrons



10^{-14} m



10^{-15} m

Proton (+1):
2 quarks **u** (+2/3)
1 quark **d** (-1/3)
 $+1 = +2/3 + 2/3 - 1/3$

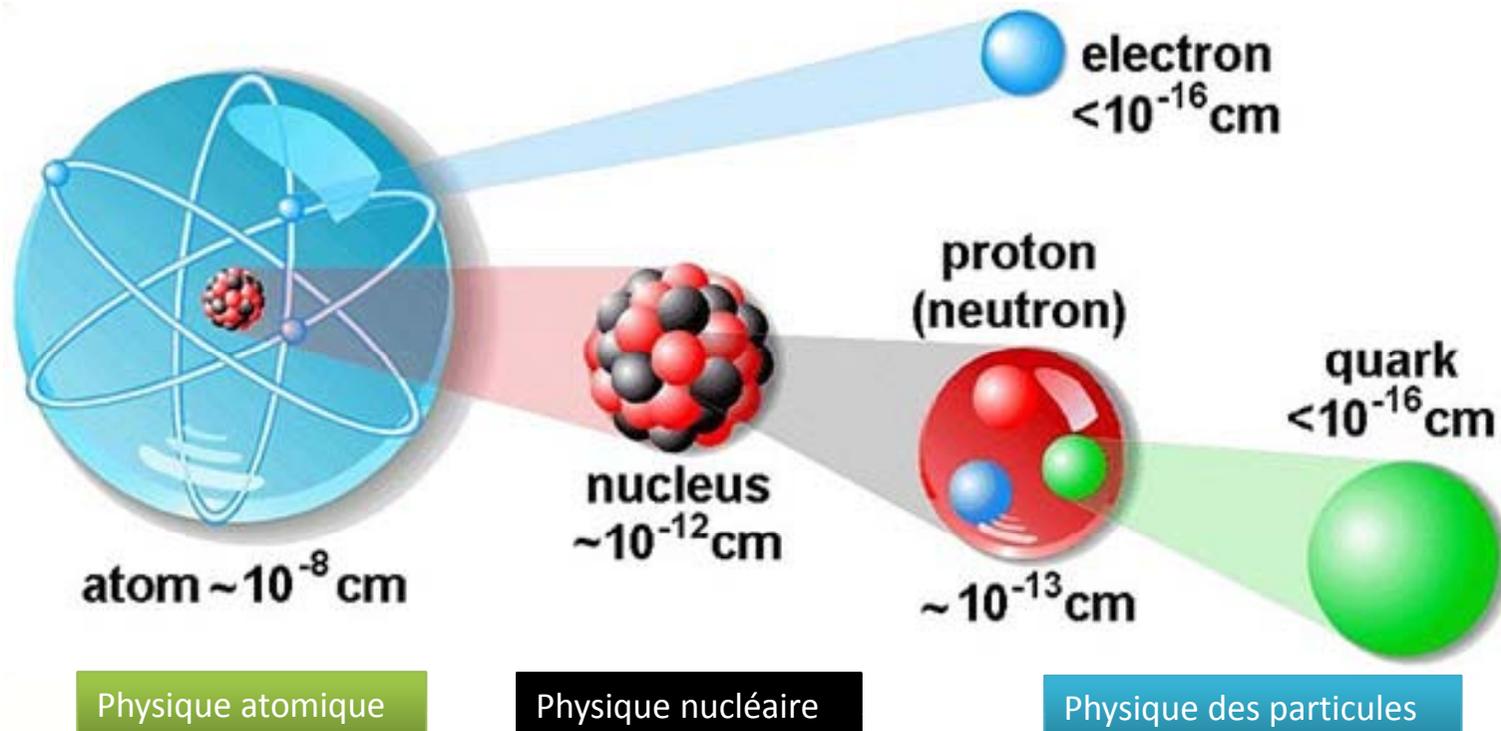
Interaction forte

Neutron (0):
1 quark **u**
2 quarks **d**
 $0 = +2/3 - 1/3 - 1/3$

Hadrons = particules faites de quarks Ex: protons, neutrons,...

Résumé

On peut casser l'atome, le noyau et les protons/neutrons !



On ne peut pas (encore) casser l'électron et les quarks!

Ce sont des **particules élémentaires**

Particules et antiparticules

- A toute particule est associée une antiparticule
 - Masse, temps de vie, spin identiques
 - Nombres quantiques opposés

■ L'électron:

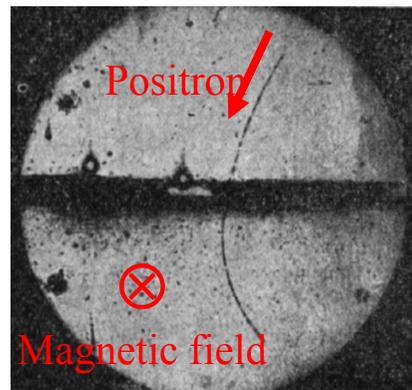
- Charge négative (-1)
- Découverte par Thomson (1897)
- Plus ancienne particule élémentaire

■ Le positron:

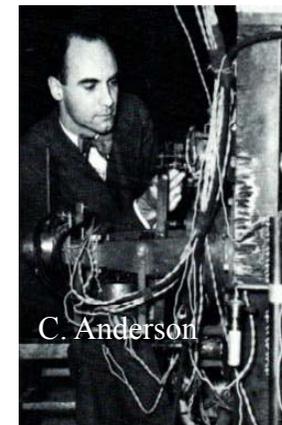
- Charge positive (+1)
- Existence prédite par Dirac (1928)
- Découverte par Anderson (1932)



P. A. M. Dirac



Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17 novembre 2013



C. Anderson

Les leptons

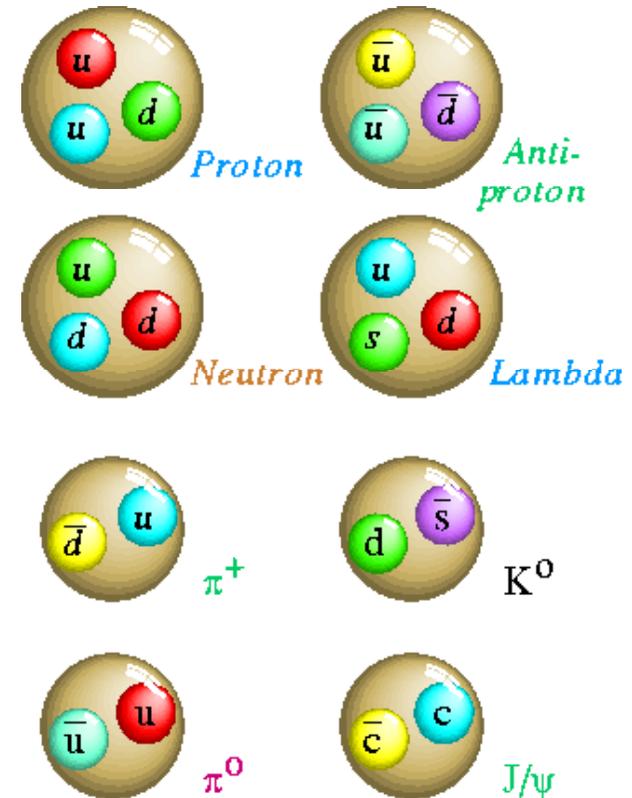
0	ν_e	ν_μ	ν_τ
-1	e^-	μ^-	τ^-

- Il existe **6 leptons**
 - 3 chargés : électron, muon, tau
 - 3 neutres : les neutrinos
- Les **neutrinos** n'interagissent **pratiquement pas** et possèdent une masse très faible

Les Quarks

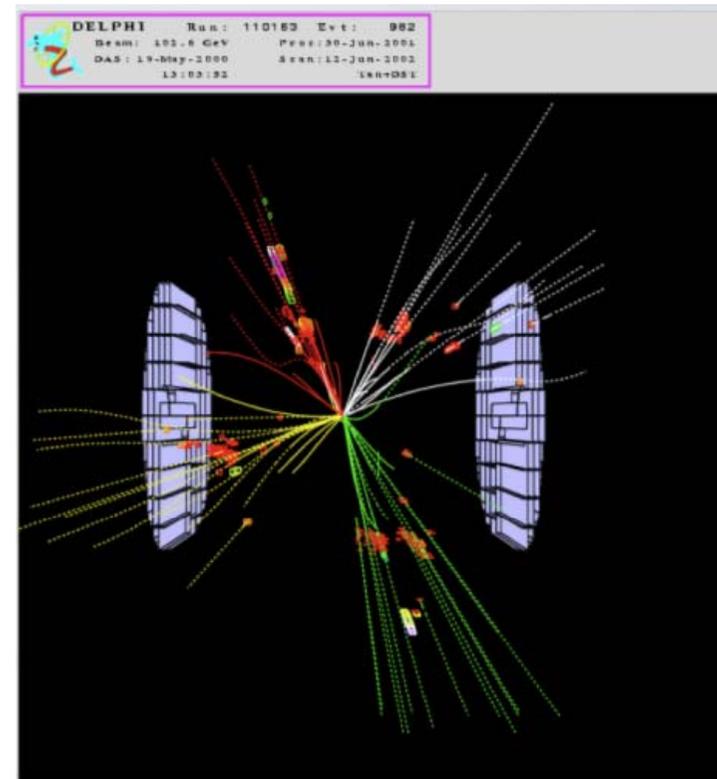
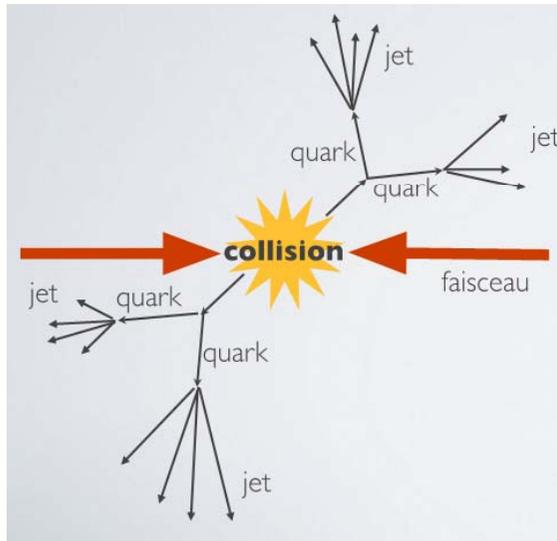
- Il existe **6 quarks**
- Les quarks se combinent toujours soit en **trois quarks (les baryons)**, soit **en un quark et d'un antiquark (les mésons)**
- Baryons et mésons forment la famille des **hadrons**, les particules sensibles à l'**interaction forte**

+2/3	u	c	t
-1/3	d	s	b



Des quarks aux jets

- Les quarks ne se promènent jamais seuls
- Un quark produit seul va « s'habiller » en formant autour de lui une multitude de hadrons → **jet de particules**



Caractéristiques des particules

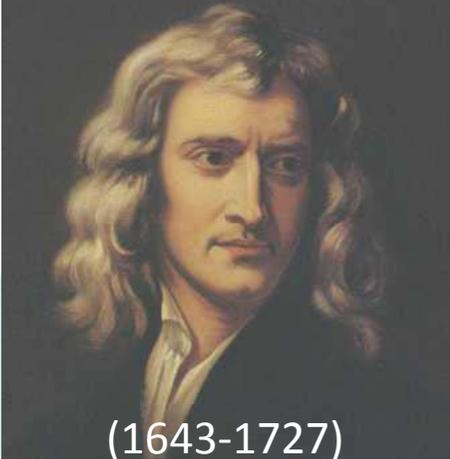
- **Masse m**
 - Ex : proton $m = 1,672 \times 10^{-27}$ kg
- **Charge électrique q**
 - Charge $|e|$ de l'électron \rightarrow unité de charge élémentaire
 - Electron $q = -1$, proton $q = +1$, neutron $q = 0$
- **Durée (ou temps) de vie**
 - Particules stables / instables
 - Instable \rightarrow désintégration de la particule en d'autres particules
 - Une particule peut se désintégrer de différentes façons
 - Ex. : $A \rightarrow b + c$, $A \rightarrow d + e$

LES INTERACTIONS

Ou comment « coller » la matière...

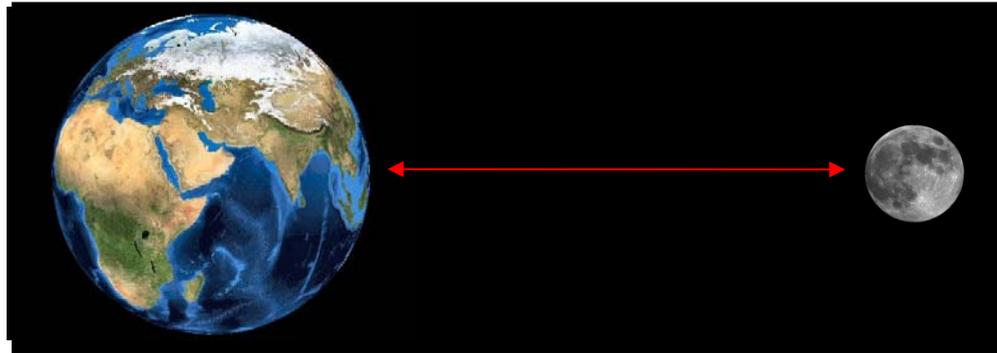


Isaac Newton

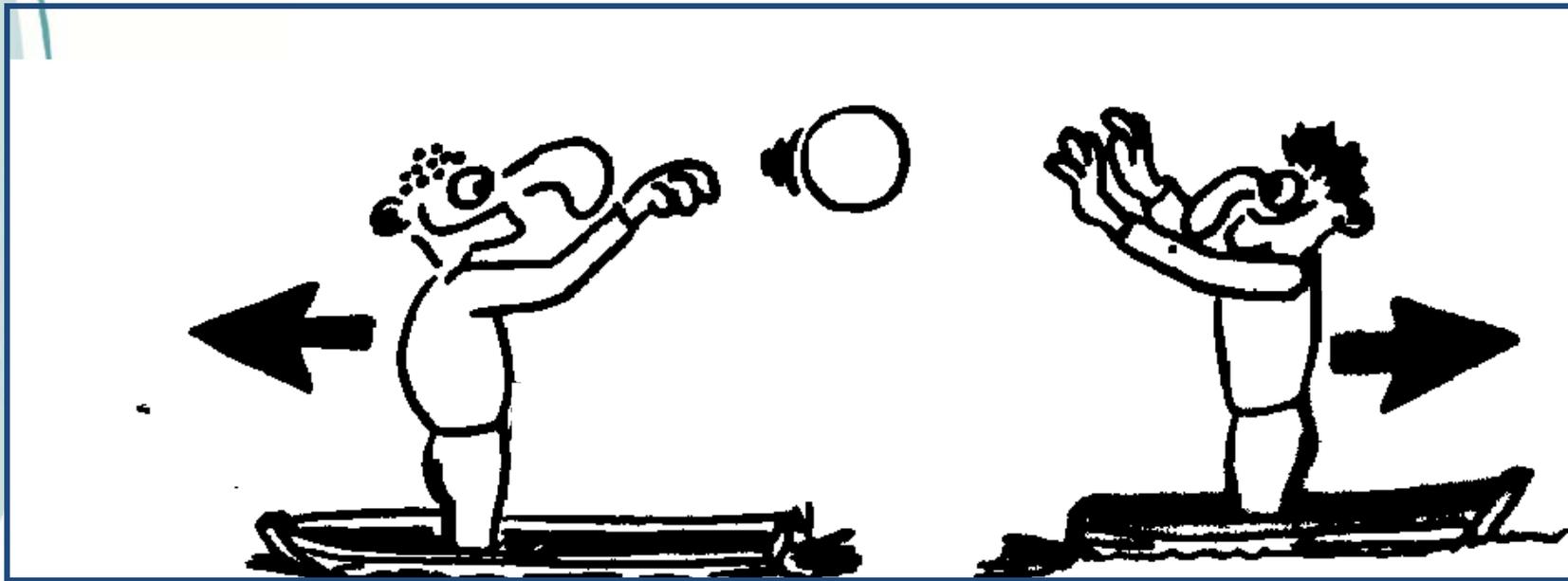


Vision « classique » :

Action instantanée à distance



Vision « moderne » : échange de particules



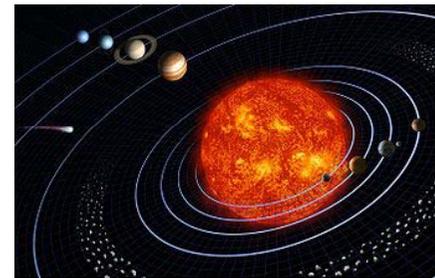
Interrogation surprise !

- Quelles sont les interactions fondamentales ?

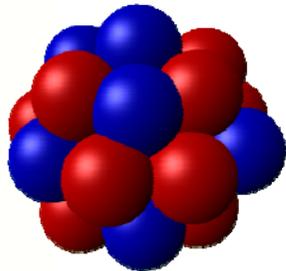
Interaction
électromagnétique



Interaction
gravitationnelle

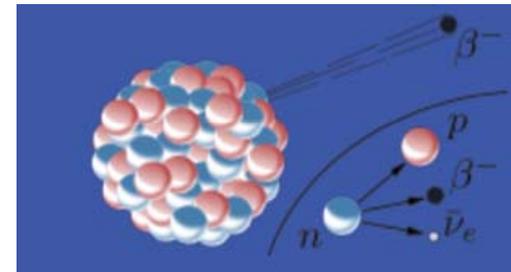


Interaction forte



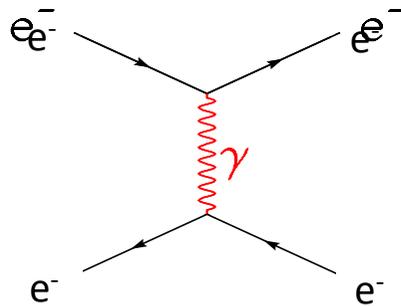
lapp.

Interaction faible

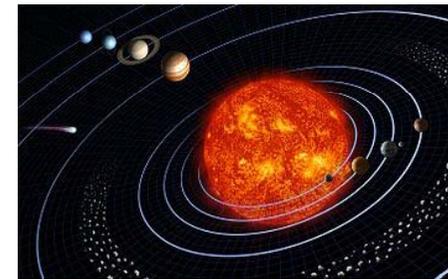


Interactions fondamentales

- Interaction **électromagnétique**
 - Phénomènes **électriques** et **magnétiques**
 - Aimantation, lumière, cohésion des atomes, ...
 - Particule **médiatrice** : le photon γ



- Interaction **gravitationnelle**
 - Phénomène de **pesanteur** (chute des corps)
 - Pomme qui tombe, orbites des planète, évolution de l'univers, ...
 - Particule **médiatrice** : le graviton ?? (non découvert !)
 - **Négligeable** au niveau des particules



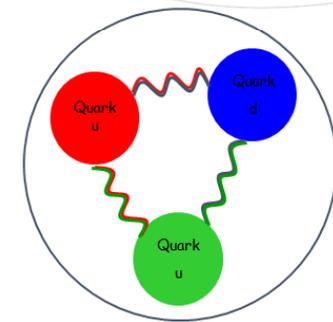
Interactions fondamentales

- Interaction **forte**

- Responsable de la **cohésion**

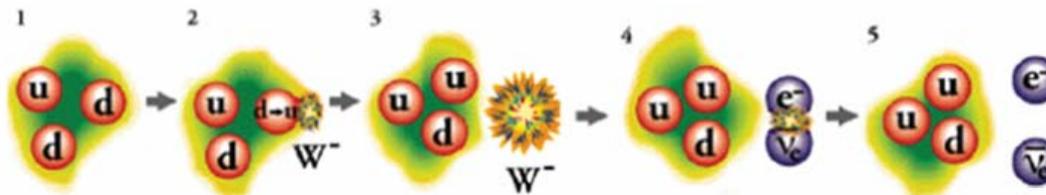
- des **protons** et **neutrons** dans le noyau
- des **quarks** dans les hadrons

- Particules **médiatrices** : les gluons g



- Interaction **faible**

- Responsable de la **radioactivité** « bêta », du fonctionnement du **soleil**, ...



– Particules **médiatrices** : les W^+ , W^- et Z^0

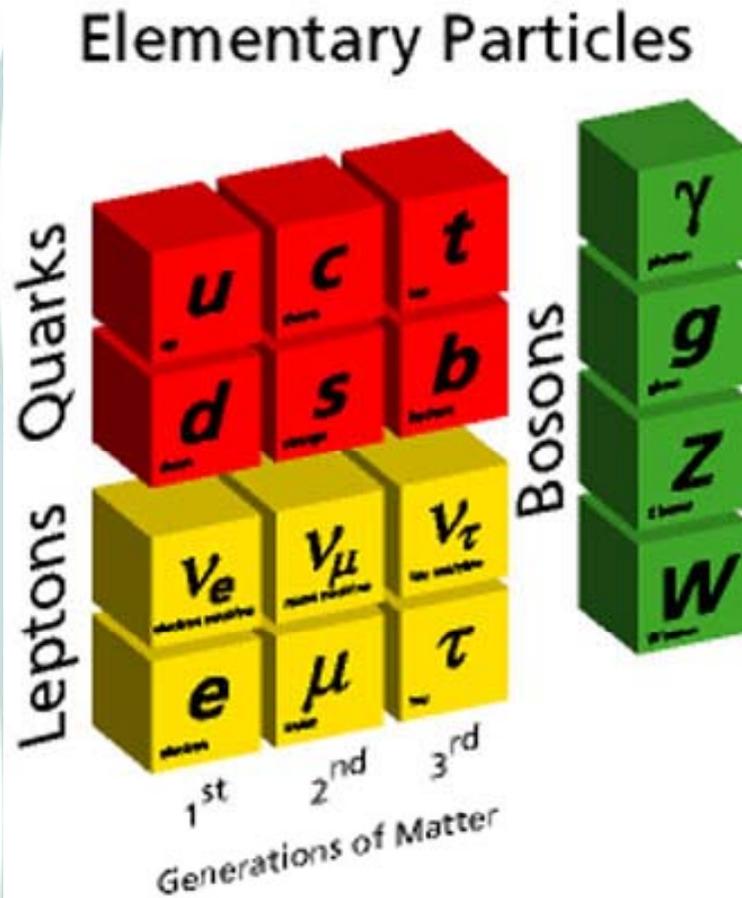
En résumé

interaction	électromagnétique	forte	faible	gravitationnelle
particule médiatrice	photon (1905) γ	8 gluons (1979) g	3 bosons (1983) W^+ W^- Z	graviton ? $g_{\mu\nu}$
amplitude relative (au niveau des particules)	10^{-2}	1	10^{-14}	10^{-40}

non décrite au niveau des particules

hypothétique

le modèle standard



Dans l'état actuel de nos connaissances, l'organisation de la matière est décrite par le **modèle standard**

- Interactions électromagnétique, faible et forte
- 12 particules élémentaires classées en 3 familles. (+ *antiparticules associées*)

→ La première famille rassemble les particules constitutives de la matière ordinaire.

→ Deuxième et troisième familles : matière produite uniquement dans les grands accélérateurs ou bien issue des rayons cosmiques.

Quelques grands mystères actuels

- Comment unifier la gravitation avec les autres forces ?
- Le nombre de familles.
- l'absence d'anti-matière dans l'univers.
- La masse des particules : le boson de Higgs
- La matière noire?
- Qu'y a t-il au delà du **Modèle Standard**
de nouvelles symétries (super symétries) ?
Avec de nouvelles particules expliquant la matière noire ?
Des dimensions d'espace temps supplémentaires ?

Avec son énergie colossale, le LHC pourrait nous permettre de découvrir de nouvelles particules massives expliquant certains de ces mystères...



LES ACCÉLÉRATEURS DE PARTICULES

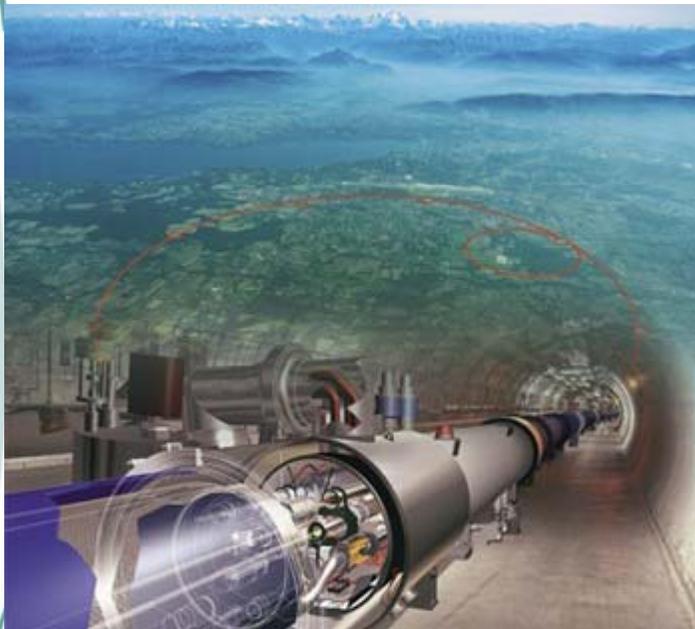
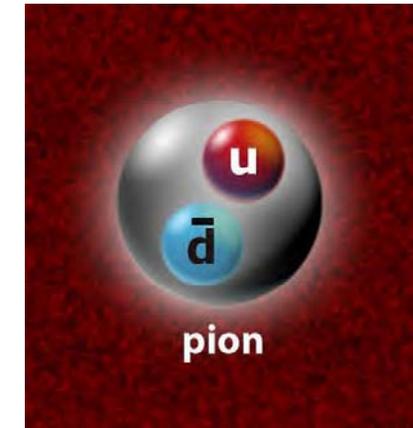


Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17
novembre 2013

La découverte des mésons

Les pions ont été découverts en 1947 en envoyant un ballon sonde à de très hautes altitudes pour étudier les rayons cosmiques (flux de particules venant de l'univers: explosion d'étoile, soleil...).

Depuis de nombreuses particules subatomiques ont été découvertes en associant les quarks et/ou les anti-quarks selon des règles bien précises.

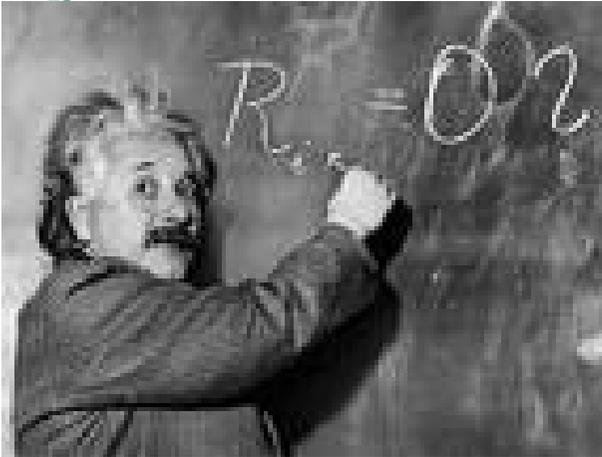


Les nouvelles particules à découvrir sont très énergétiques (masse élevée).

Malheureusement, les nouvelles particules sont rares dans les rayons cosmiques.

Il faut une nouvelle technologie : les **accélérateurs de particules.**

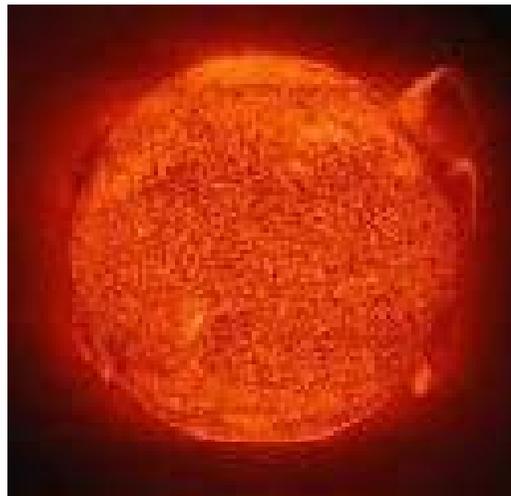
La fameuse équation $E = mc^2$



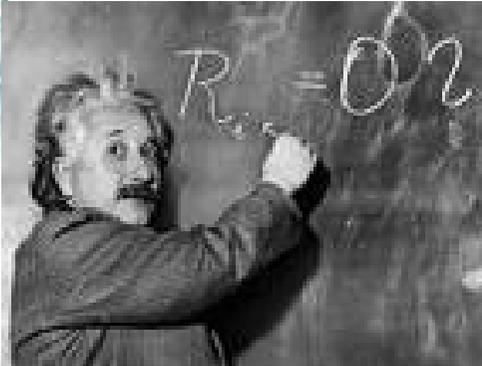
En 1905, Einstein montre l'équivalence masse-énergie par sa célèbre équation

$$\mathbf{E = mc^2}$$

On peut donc créer de l'énergie à partir de la masse :



E = mc² à l'origine des accélérateurs de particules



A partir du principe d'équivalence $E = mc^2$, on peut donc aussi créer de la masse (particules) à partir de l'énergie :

C'est ce principe qui est à l'origine de la construction des accélérateurs de particules à travers le monde.

Comment cré-t-on de nouvelles particules en laboratoire ?

- On accélère des particules pour augmenter leur énergie cinétique.
- On les fait entrer en collision.
- Dans ce flot d'énergie, de nouvelles particules émergent d'après $E = mc^2$
- On détecte ces nouvelles particules avec les détecteurs adéquats.

Accélérateurs de particules

Instruments qui utilisent des **champs électriques** (accélération) et **magnétiques** (guidage) pour accélérer des particules chargées et leur communiquer de l'énergie

En général on accélère:

- Des électrons e^- (antiélectrons e^+)
- Des protons p^+ (anti-protons p^-)

Masse (proton) $\cong 2000 \times$ masse (electron)

particules ultra relativistes:

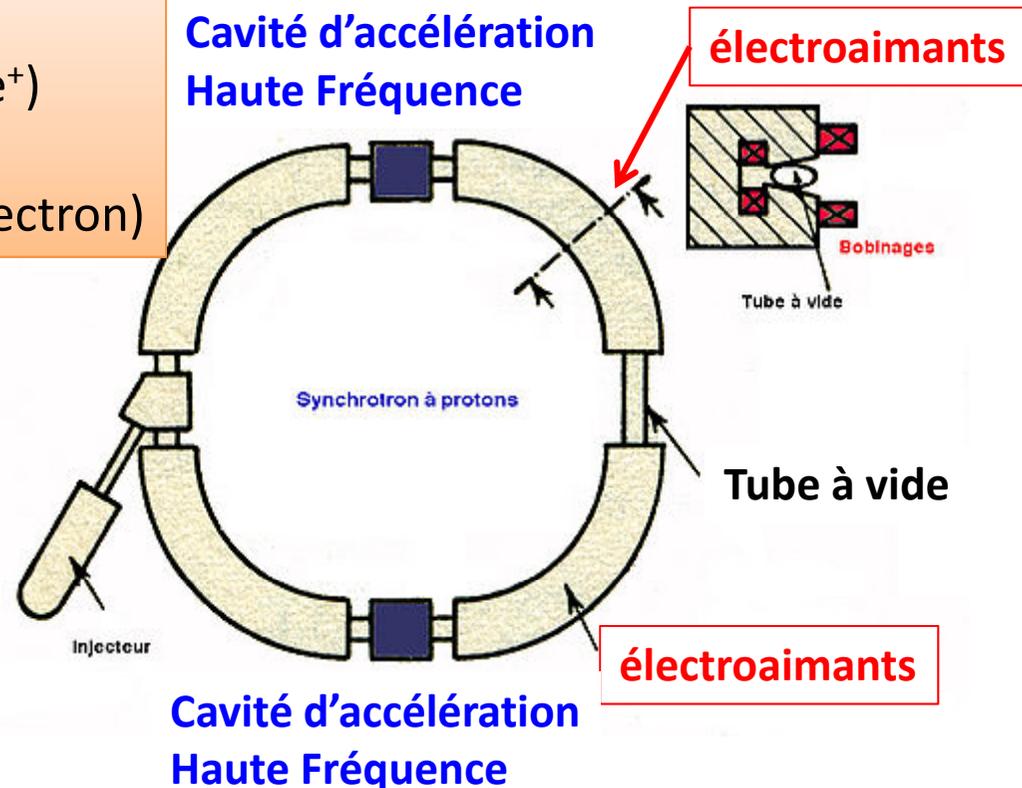
- Vitesse $v \cong c$ (300000km/s)

- Energie $E = \gamma mc^2$

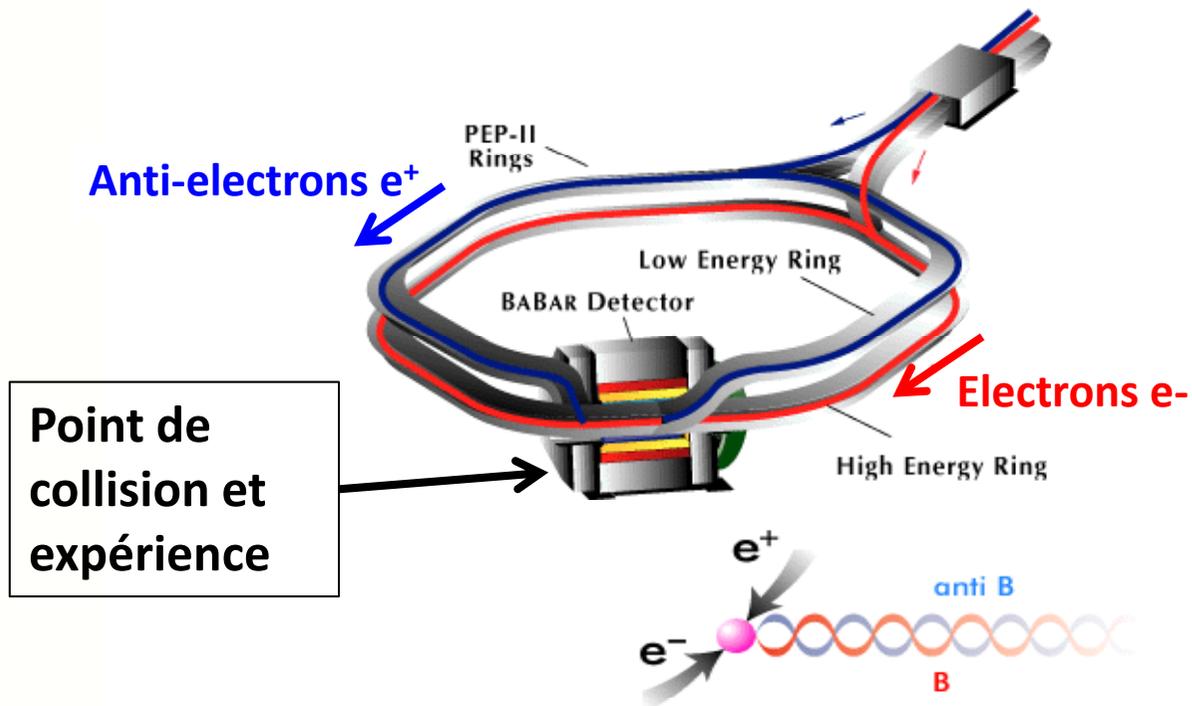
$$\gamma = 1 / \sqrt{1 - v^2/c^2} \gg 1$$

$$\gamma \cong 200000 \text{ (LEP, } e^+ e^-)$$

$$\gamma \cong 7000 \text{ (LHC, protons)}$$



Anneau de collision



Equivalence énergie-masse: $E = \gamma mc^2$.

Energie de l'accélérateur → création de nouvelles particules massives

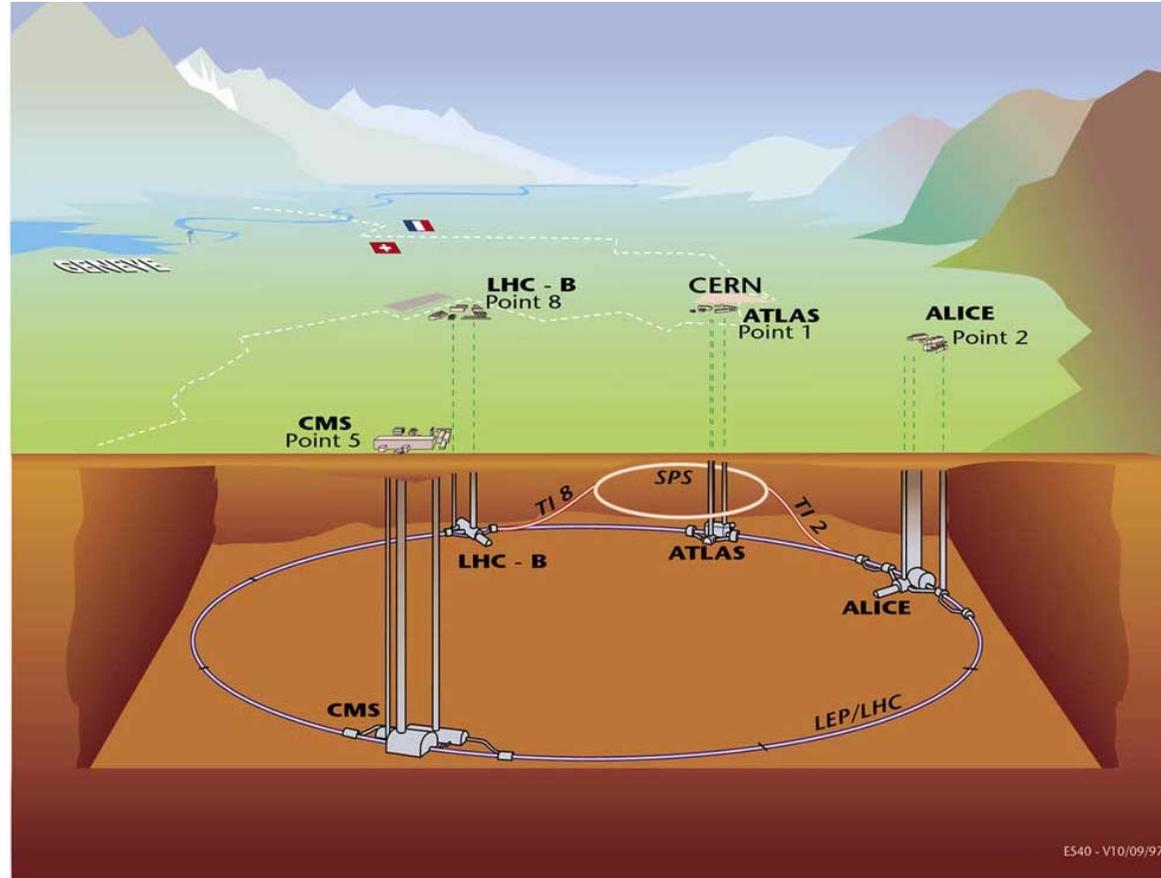
- Avant: deux particules légères de forte énergie cinétique
- Après: deux particules **lourdes** de faible énergie cinétique
masse(B) = masse(anti-B) \cong **10000** × masse(e^-)

Le LHC (1)

Lieu : CERN
Profondeur : 100 m
Circonférence : 27 km

LHC : Large Hadron Collider
= grand collisionneur de hadrons

Etudier les particules produites lors de collisions entre deux faisceaux de protons.



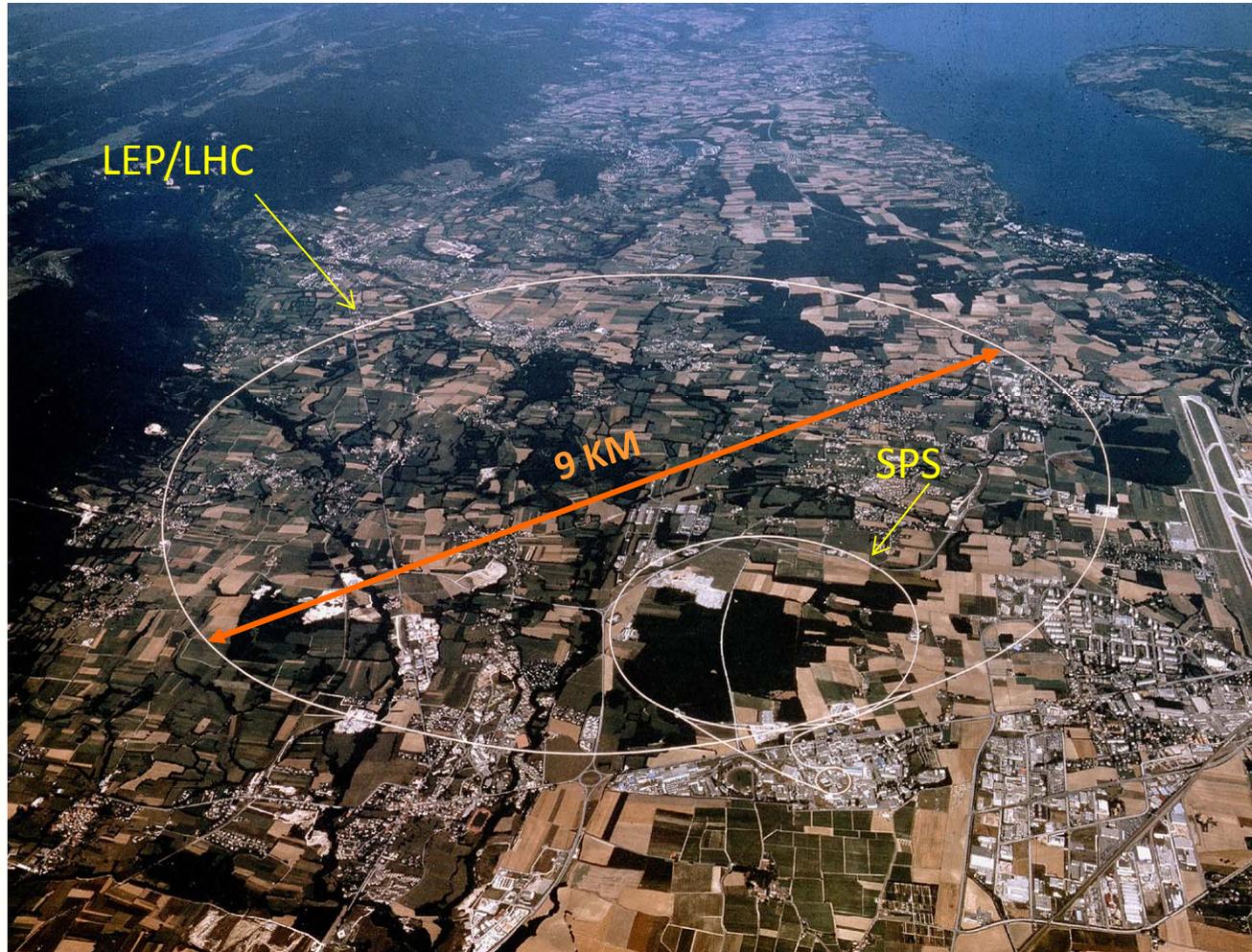
Protons de 7 TeV d'énergie

Protons de 7 TeV d'énergie



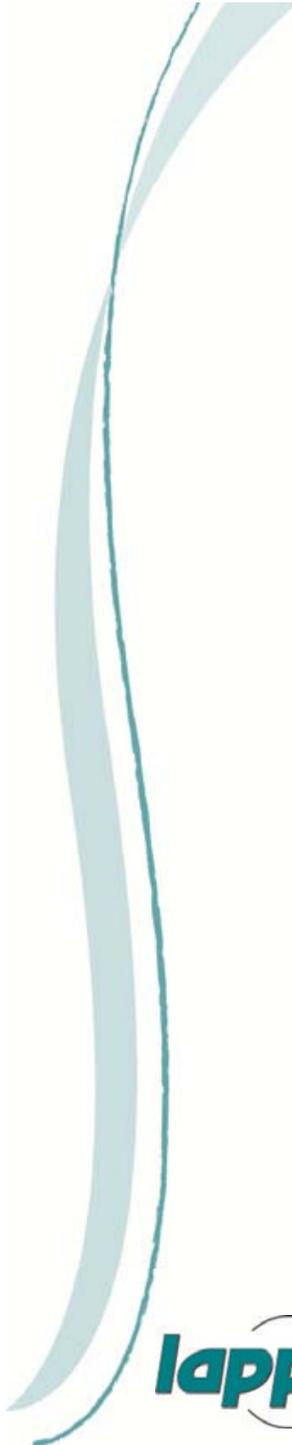
$E = mc^2 = 14 \text{ TeV}$ (énergie équivalente à environ 14000 fois la masse du proton)

le LHC (2)





Jean-Pierre Lees, Stages Sieme, 17 novembre 2013



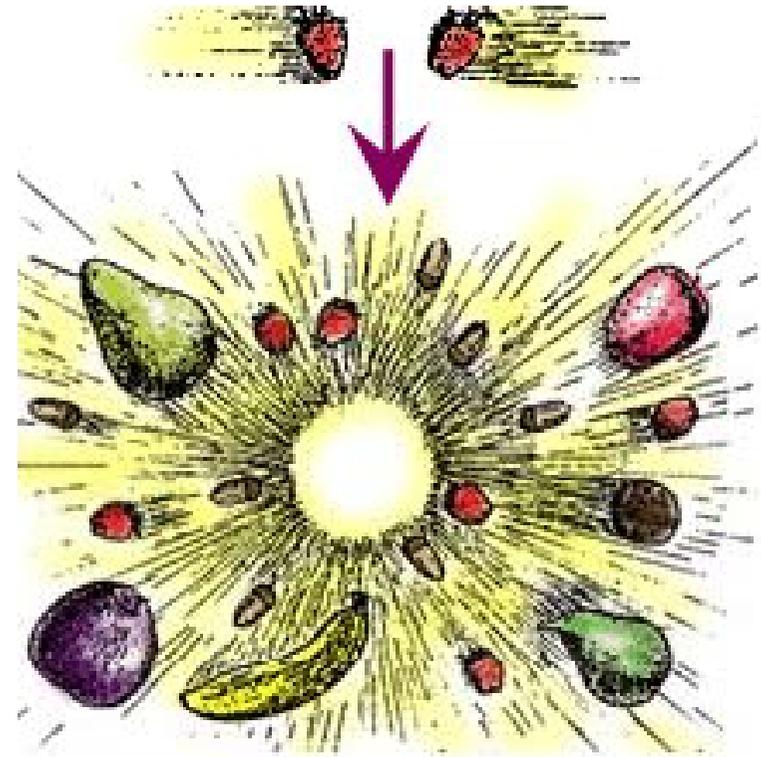
Les techniques de détection expérience ATLAS



Jean-Pierre Lees, Stages Sieme, 17
novembre 2013

Pourquoi construire des détecteurs ?

- Pour tester notre modèle de la physique des particules (Modèle Standard), il faut faire des **expériences**.
- Pour cela, on fait des collisions entre deux faisceaux de protons et on regarde **tout** ce qu'il y a dans l'état final afin de comprendre ce qui s'est passé et vérifier si cela correspond à la théorie.



Pourquoi construire des détecteurs ?

- Mais les particules dans l'état final sont **TRES** petites (100 milliards de fois plus petites qu'une fourmi ou 1 milliard de fois plus petites qu'une cellule) et pour certaines très **instables** (durées de vie très courtes)
- Comment va t'on les détecter ?

Construction de détecteurs spécifiques pour observer ou reconstituer le passage d'une particule.



Comment doit être notre détecteur ?

- On doit pouvoir détecter et reconnaître des centaines de particules différentes
- On va utiliser leurs propriétés :
 - Trajectoires
 - Charge
 - Vitesse (ou plutôt impulsion = $M \times V$)
 - Masse
 - Energies
 - Façon d'interagir avec la matière

lap



Jean-Pi



Façon d'interagir avec la matière : qu'est ce que cela veut dire ?

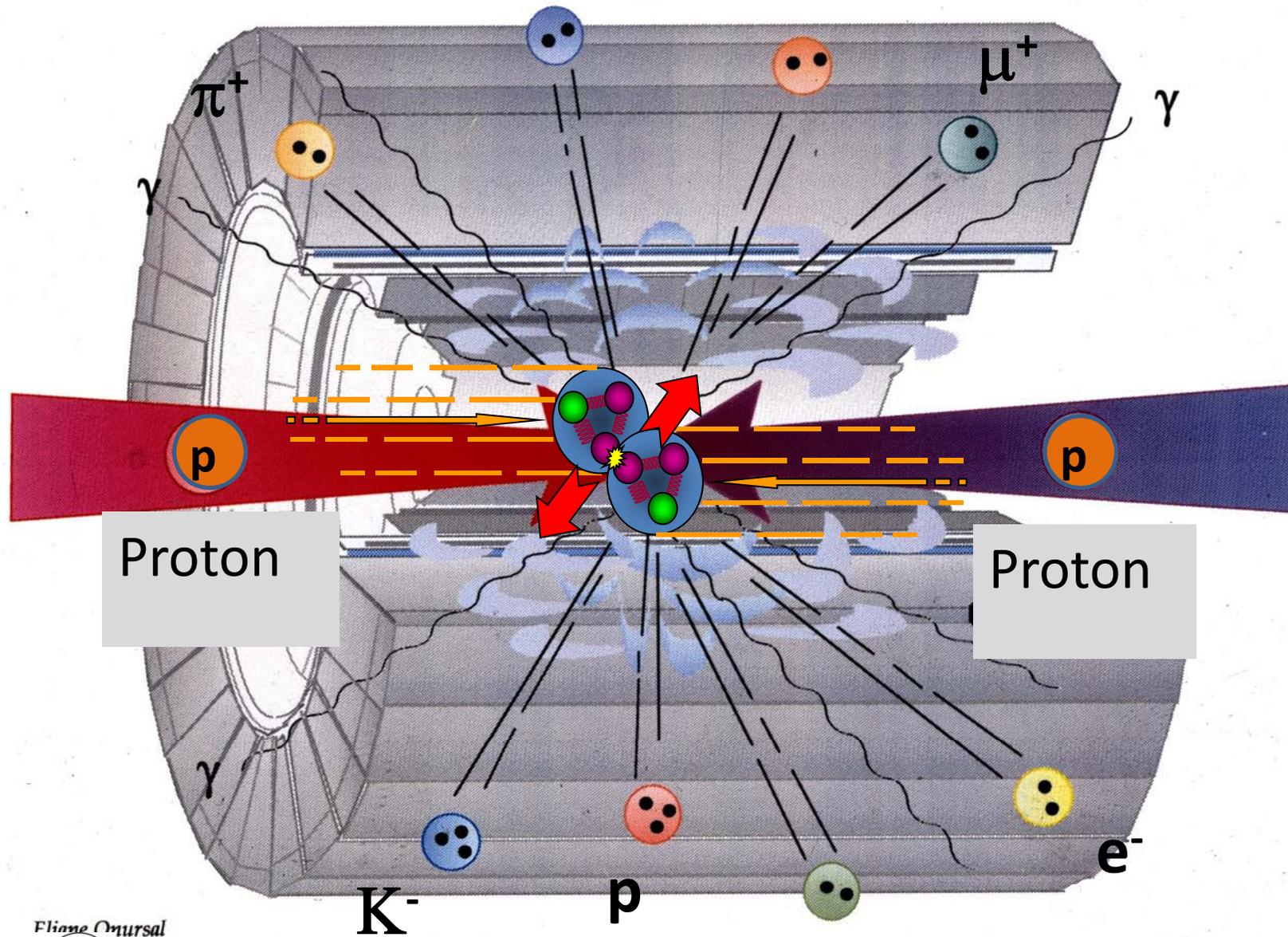
- Certaines particules interagissent beaucoup -> peu de matière suffit pour les arrêter (ex : **électrons, photons**)
- D'autres interagissent moins -> il faut plus de matière (ex : **protons, neutrons**)
- Enfin, certaines n'interagissent (presque) pas (**muon, neutrino**). Il faut ruser pour mieux les connaître !!

DETECTEUR :

- Une partie pour la mesure de la trajectoire.
- Une autre pour la vitesse et la charge
- Une autre pour la mesure de l'énergie.
- Matière pour mieux identifier la particule
- Système pour les particules n'interagissant pas ou peu avec la matière



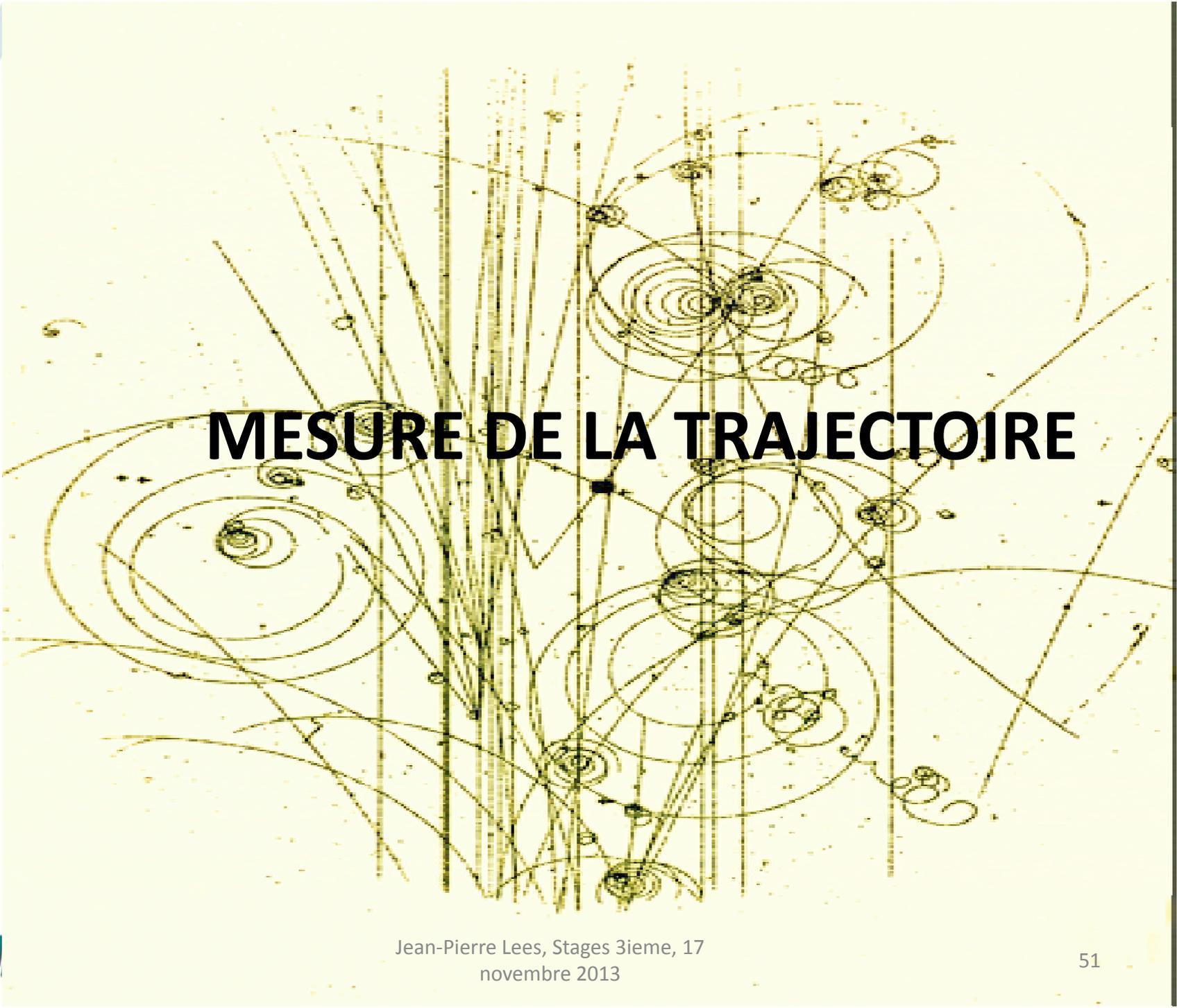
Un détecteur



Fliane Omursal

lapp

novembre 2013

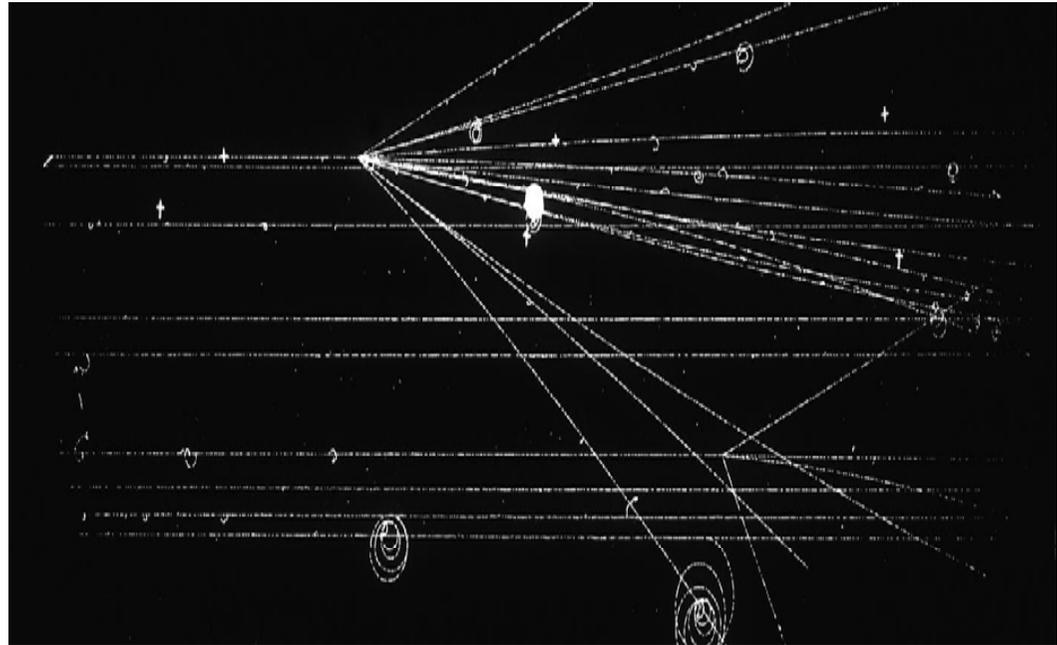


MESURE DE LA TRAJECTOIRE

Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17
novembre 2013

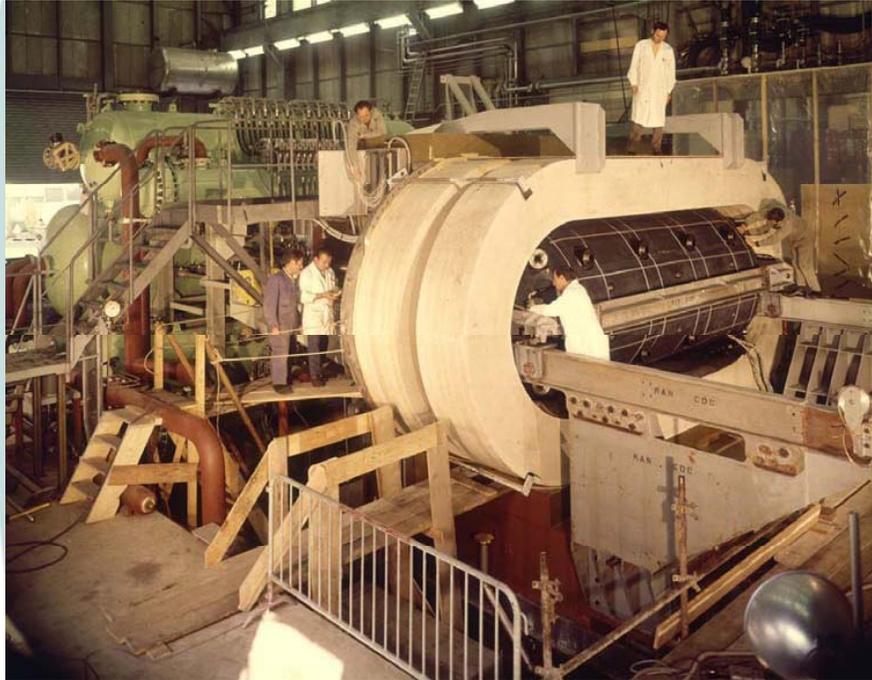
1960: les chambres à bulle

Interactions de protons avec de l'hydrogène



Des opérateurs devaient mesurer des milliers de photos

1973: découverte des « courants neutres »



La chambre à bulle Gargamelle



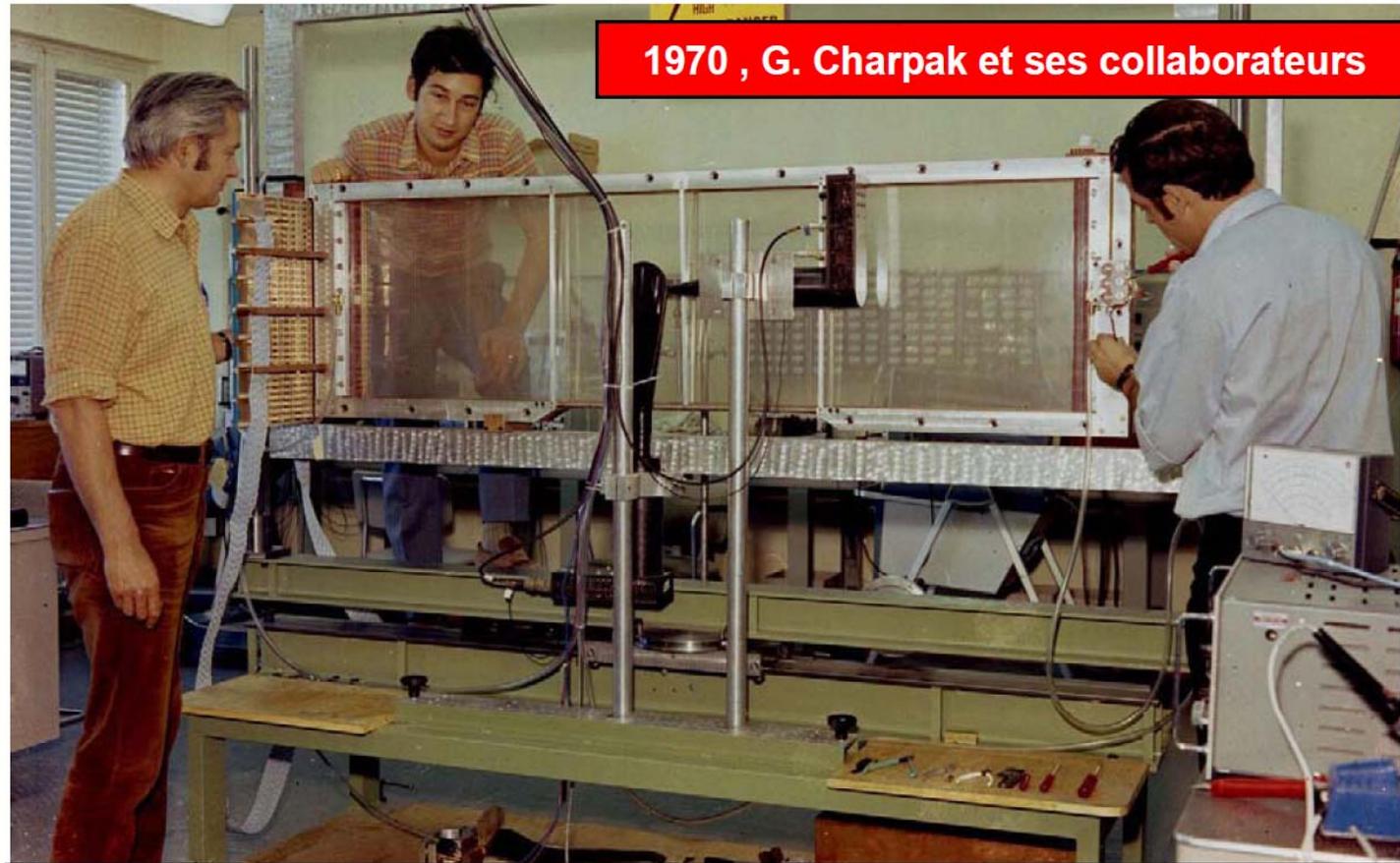
La réaction $\nu e \rightarrow \nu e$:
3 événements parmi
1000000 photos

1968: G.Charpak invente la chambre à fils (prix nobel 1992)

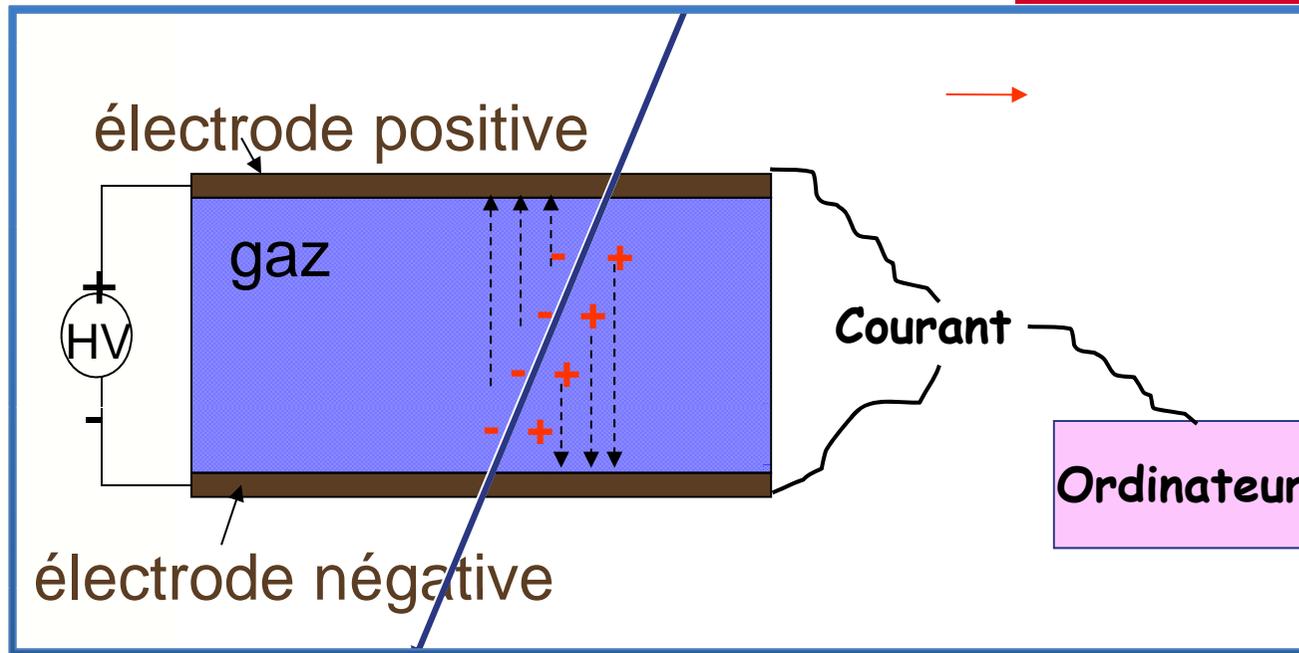
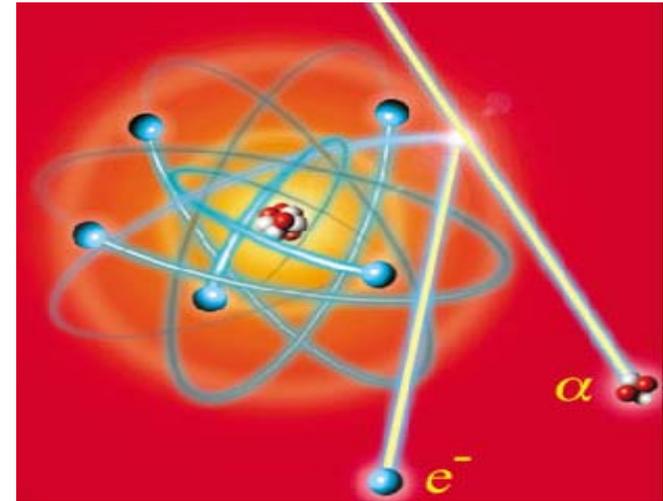
ère manuelle



ère électronique:
1000 fois plus rapide



- Pour mesurer la trajectoire, on va utiliser le phénomène de **l'ionisation** : la particule chargée arrache dans son passage un électron à un noyau.

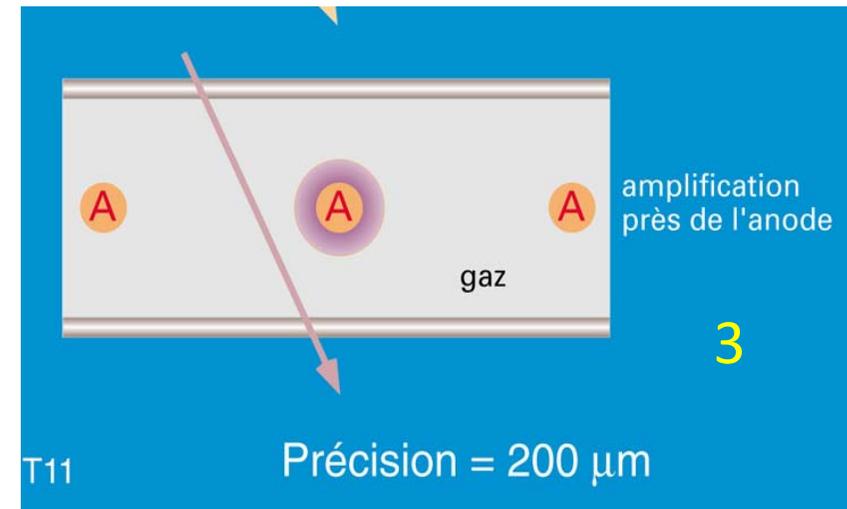
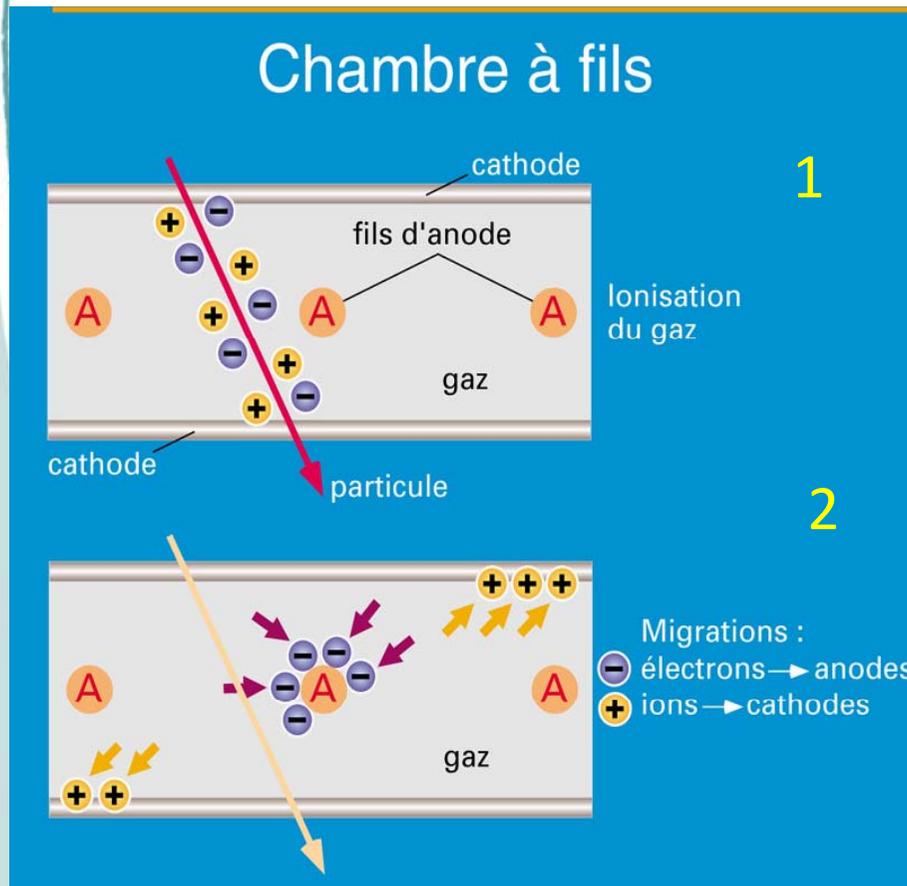


Cellule

- **Détecteur de traces** subdivisés en cellules très petites
 → on peut savoir où la particule est passée avec une grande précision (mais pas une vraie trace)

Exemple: chambres à fils

Mesurer le passage des traces chargées



Détecteur à silicium

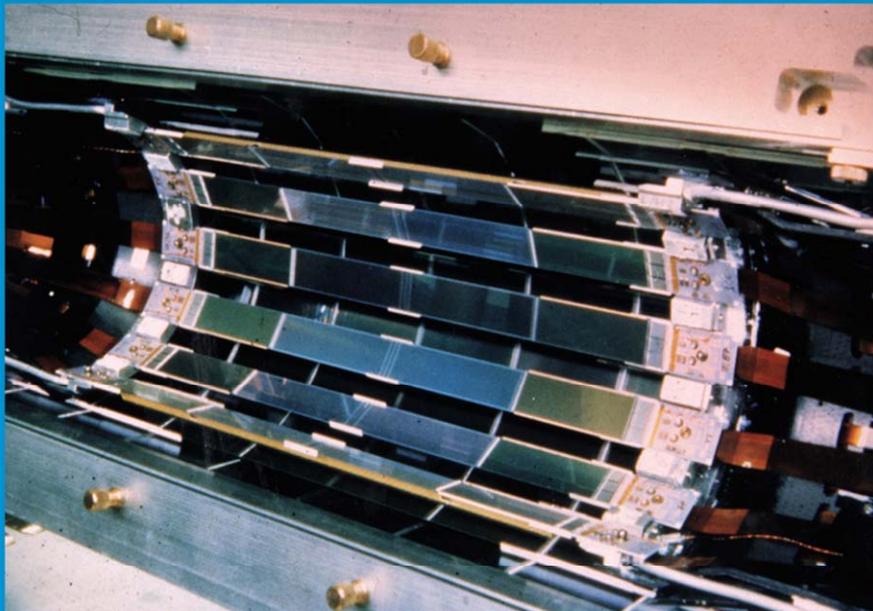
Détecteur au silicium

Implantation chaque $50 \mu\text{m}$

Précision = $10 \mu\text{m}$

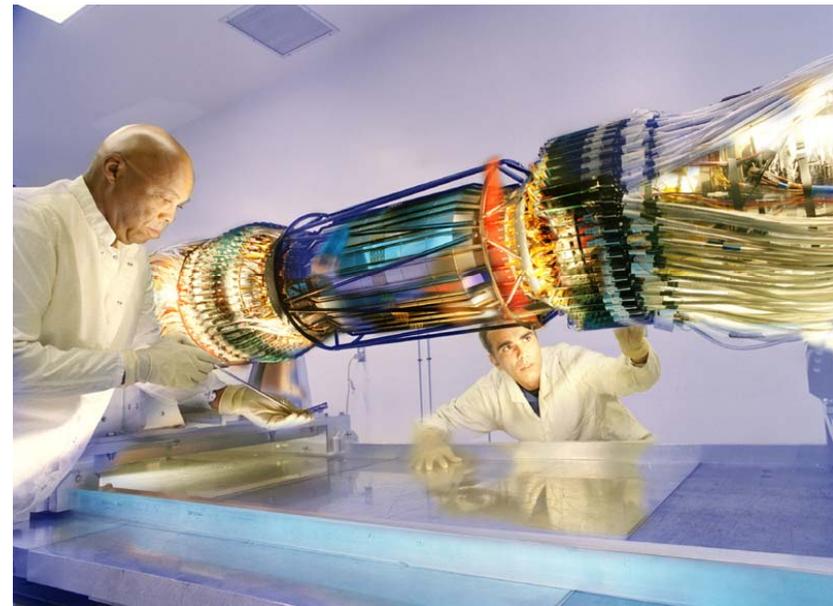
Diamètre = 20 cm

50 000 voies de détection



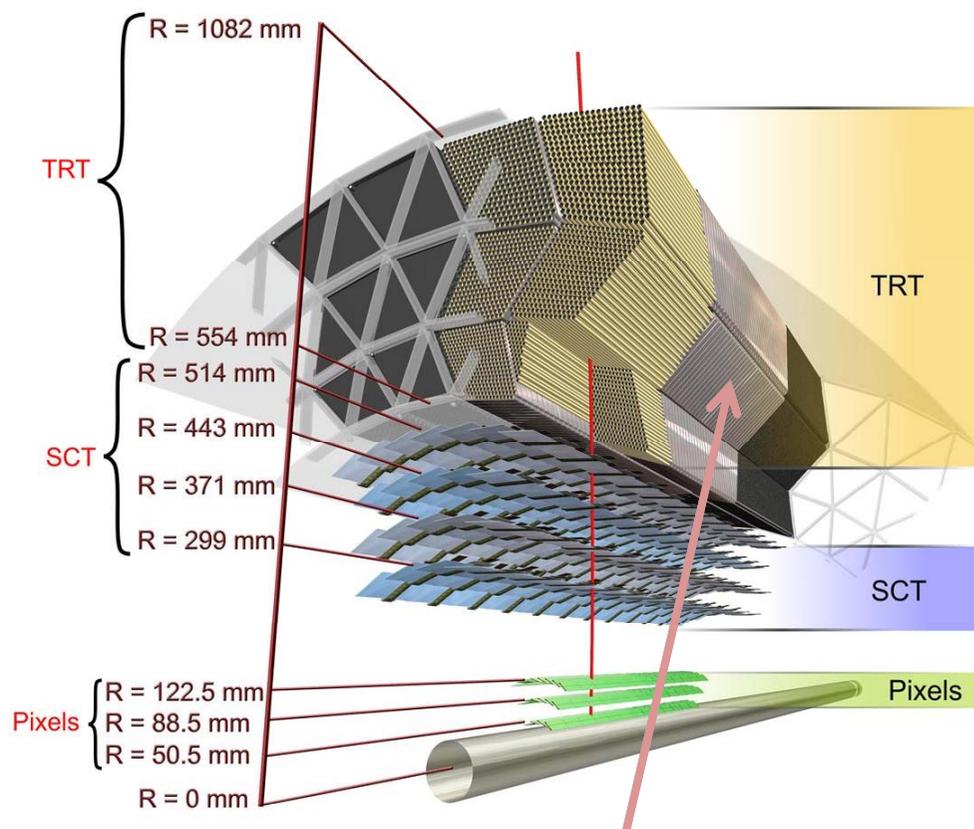
© CERN

Mesurer le passage des
traces chargées: détecteurs
au silicium



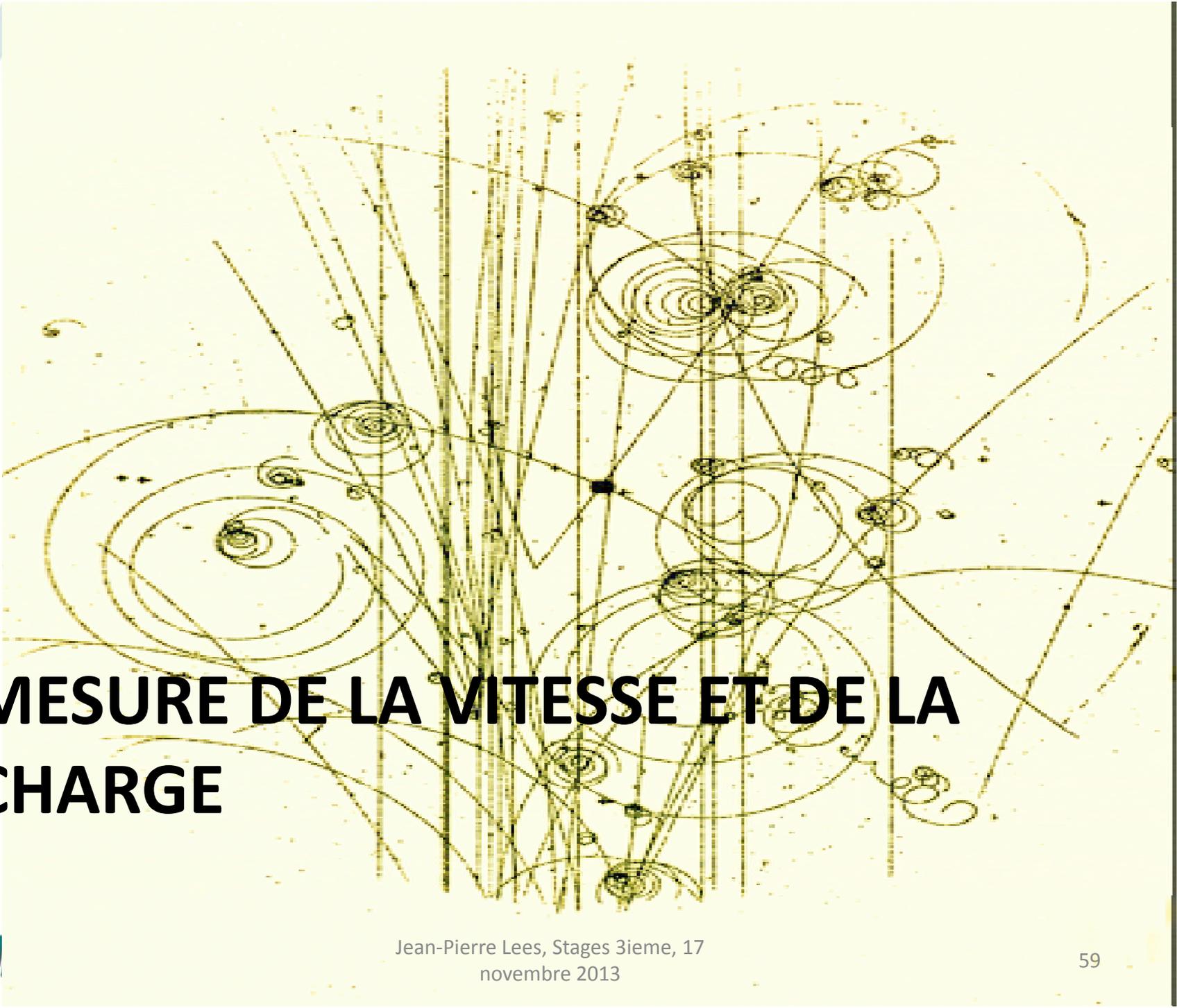
Exemple: ATLAS

Dans ATLAS détecteur de traces est divisé en trois parties



- Détecteurs pixel : constitués de **140 millions** de pixels carrés de **silicium** de **50 à 300 μm** de côté. Placé très près du faisceau pour minimiser sa taille (son coût est très élevé).
- Détecteur à bandes SCT (SemiConducteur Tracker) : il s'agit maintenant de **5 millions** de bandes de **80 μm** de largeur et de quelques centimètres de longueur disposées en cylindre. Moins précis que pixels.

- Détecteur de radiation de transition (TRT - Transition Radiation Tracker) : composé de **400 000 tubes** de **4mm de diamètre** et de **1,44m de long**. Dans chacun de ces tubes est inséré un fil métallique. Une différence de potentiel est appliquée entre le fil et le tube, ce qui permet la génération d'un signal lors du passage d'une particule chargée.



MESURE DE LA VITESSE ET DE LA CHARGE

la

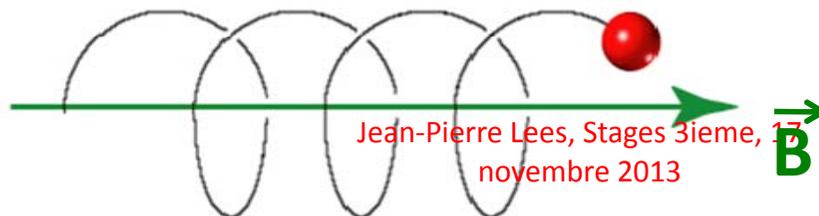
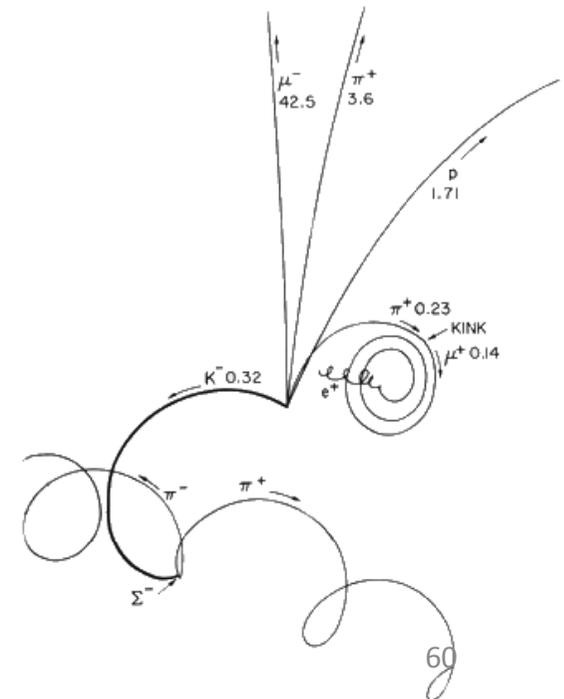
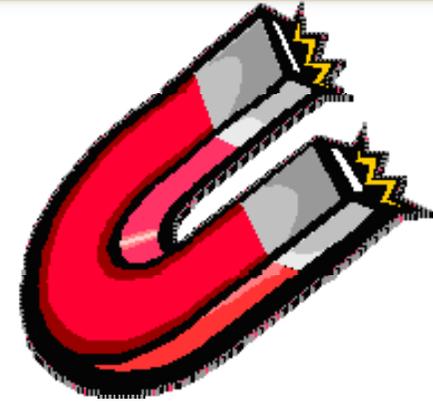
Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17
novembre 2013

Un aimant pour mesurer la masse, la vitesse et la charge !

- Pour mesurer la charge et la vitesse, on va utiliser un **aimant**
- En effet les particules chargées, lorsqu'elles sont soumises à l'action d'un **champ magnétique**, vérifient l'équation du mouvement :

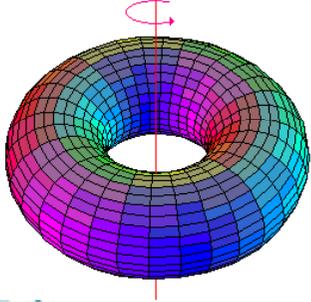
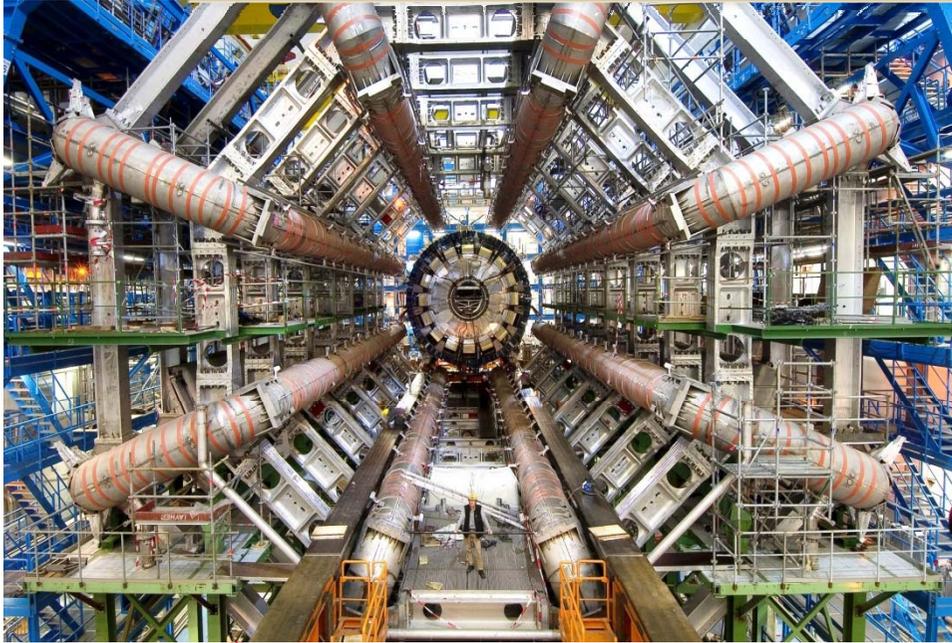
$$m\vec{a} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

- Rayon de courbure $R = mv/qB$



Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17 novembre 2013

Exemple d'ATLAS



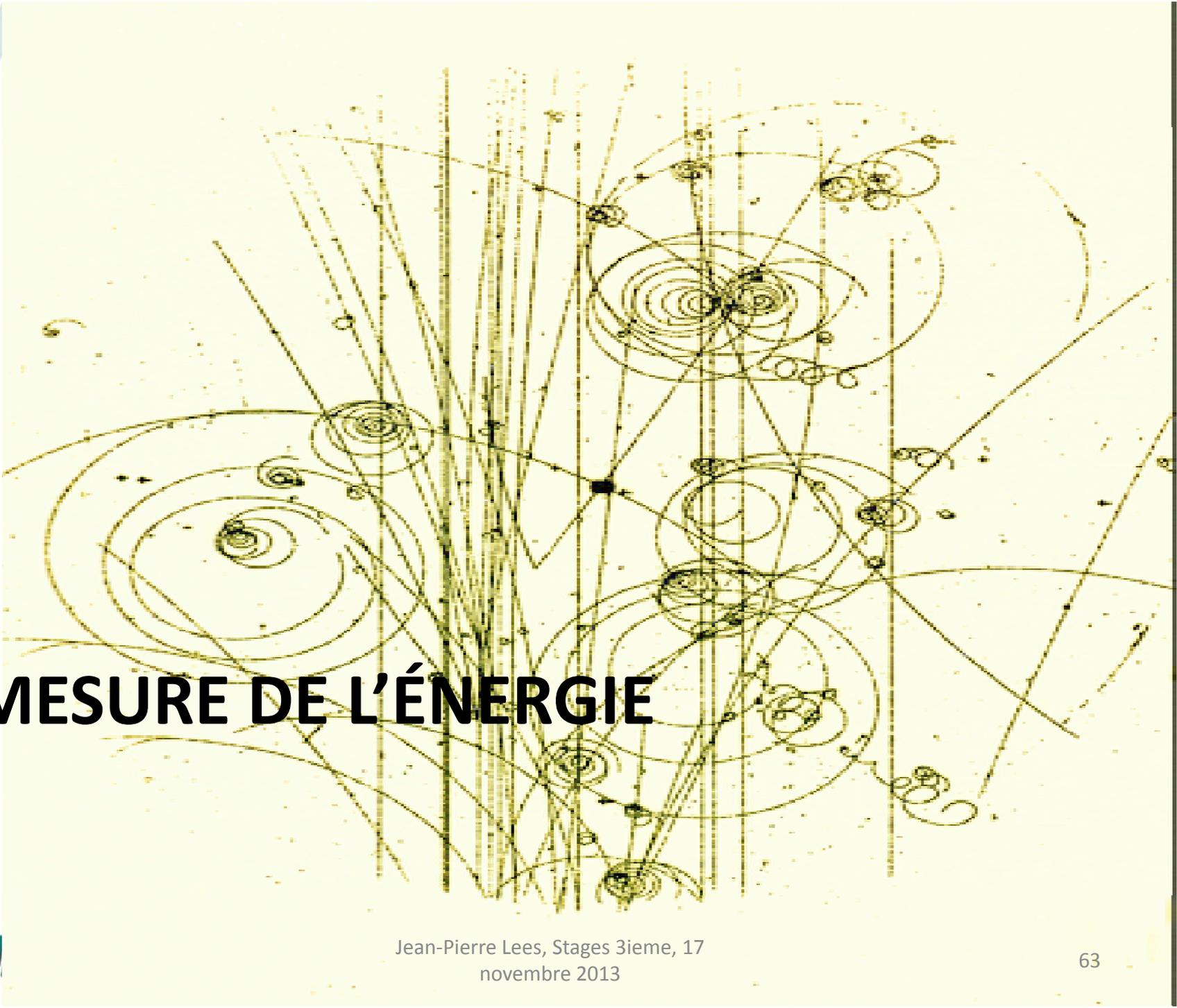
Aimant **toroïdal**



Aimant **solénoïdal**

L'ensemble du système magnétique pèse 1300 tonnes et est refroidi à -269°C . Ce refroidissement nécessite 40 jours.

L'énergie totale stockée dans ces aimants (1600MJ) est équivalente à l'énergie nécessaire pour faire 25 fois le tour de la Terre à vélo !!

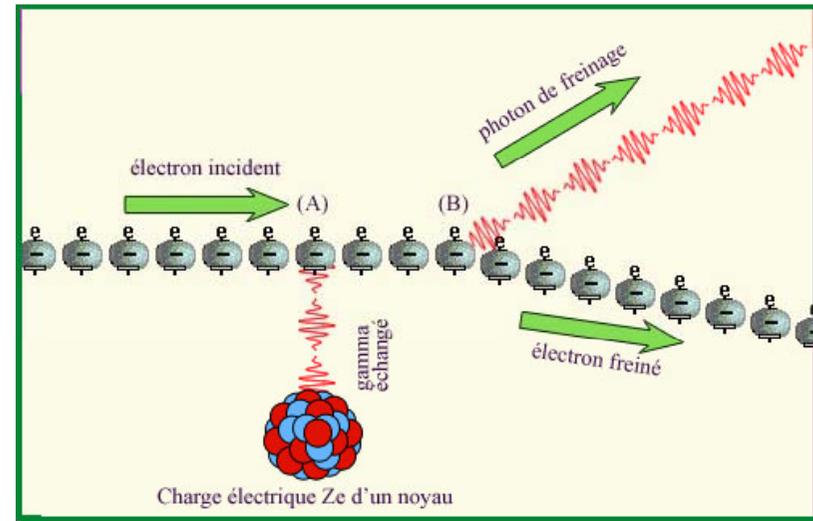


MESURE DE L'ÉNERGIE

Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17
novembre 2013

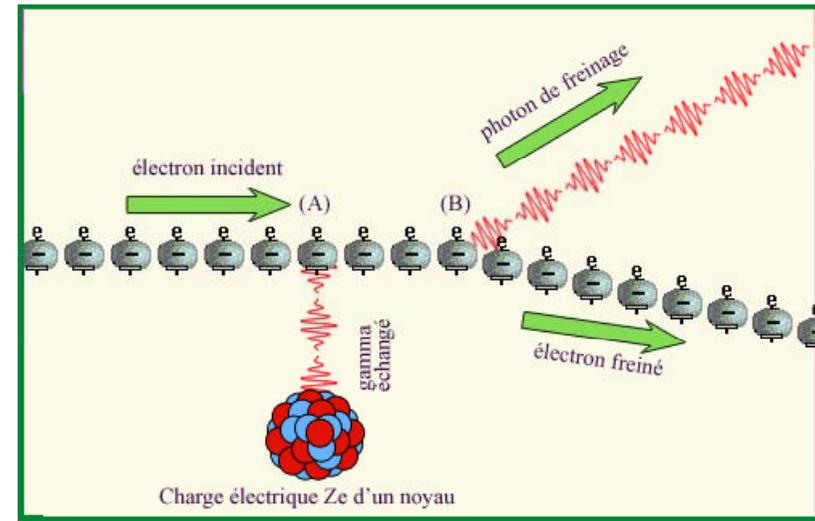
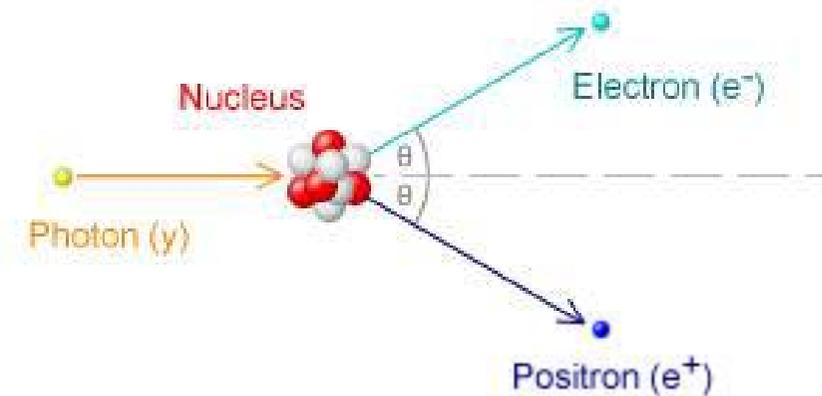
- Pour mesurer l'énergie, on arrête la particule avec de la matière :
➔ **Particules qui interagissent beaucoup (e, photon) -> peu de matière**
- Deux phénomènes vont freiner ces particules :

1- Le rayonnement de freinage ("*Bremsstrahlung*" en allemand)



- Pour mesurer l'énergie, on arrête la particule avec de la matière :
 ➔ **Particules qui interagissent beaucoup (e, photon) -> peu de matière**
- Deux phénomènes vont freiner ces particules :

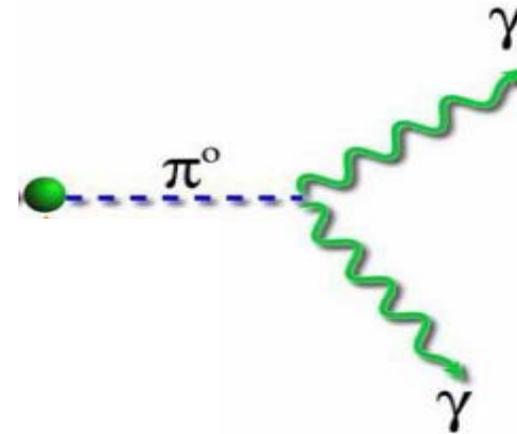
1- Le rayonnement de freinage ("Bremsstrahlung" en allemand)



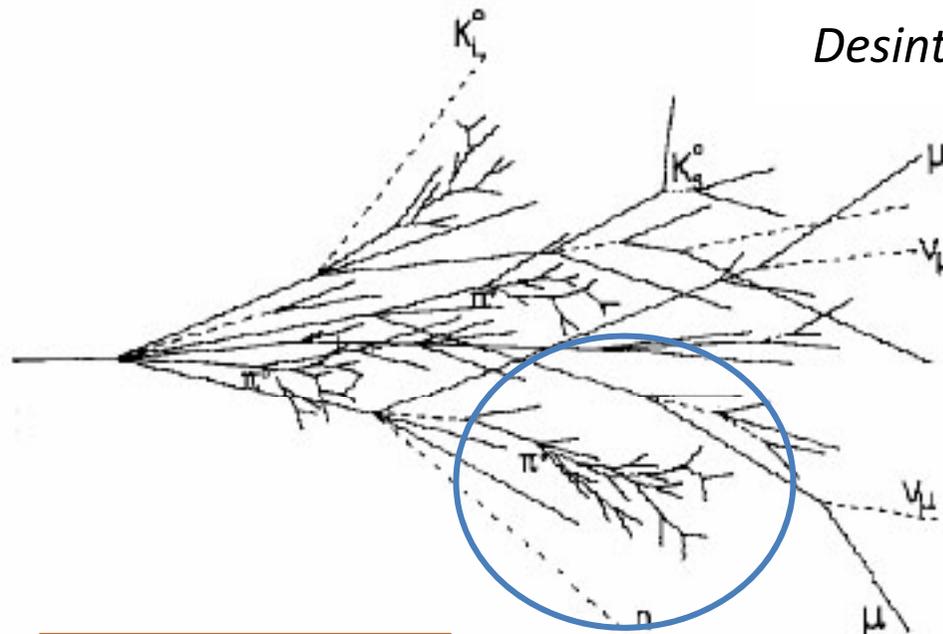
2- La création de paire e^+e^- (ou conversion)

- Pour mesurer l'énergie, on arrête la particule avec de la matière :
 → **Particules qui interagissent moins (proton) → beaucoup de matière**
- Un phénomène va freiner ces particules :

Interaction avec les
noyaux
aboutissant à
l'émission d'un π^0

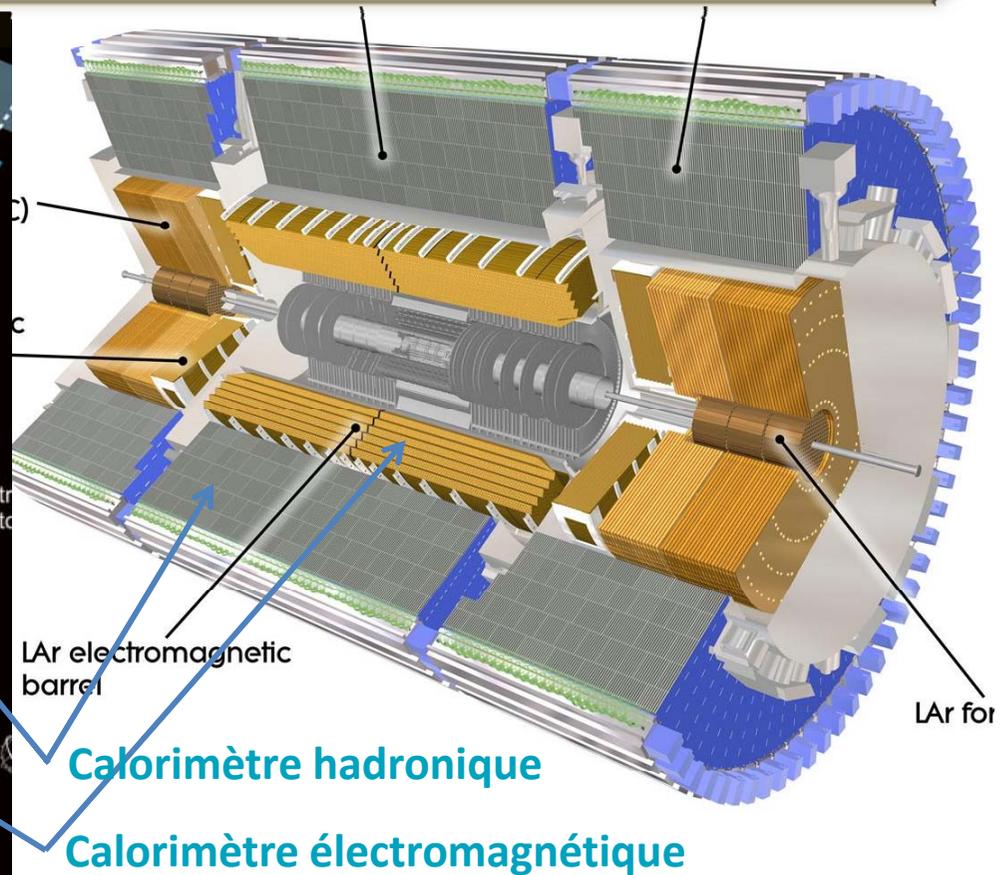
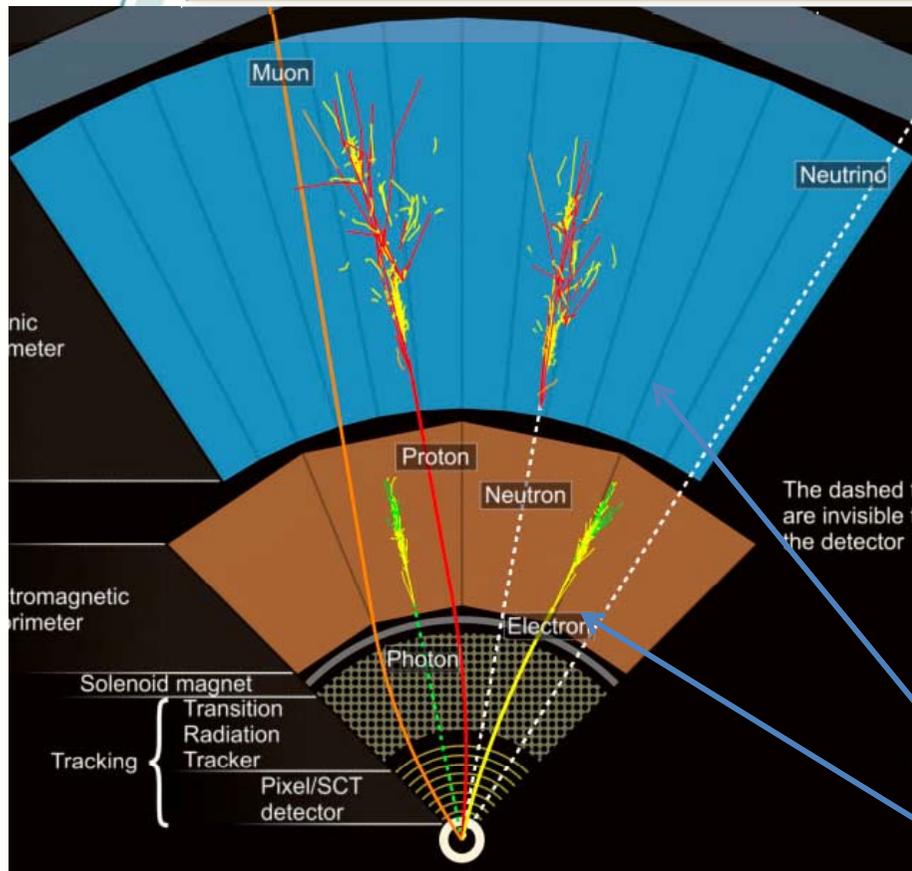


Desintégration du π^0 en deux photons



Puis chaque photon
initie une cascade
électromagnétique

Et dans ATLAS ?



La partie qui mesure l'énergie s'appelle le CALORIMETRE (vient de *calor* : "chaleur"). Il est divisé en deux parties :

- la partie électromagnétique (arrête particules interagissant beaucoup)
- la partie hadronique (arrête les particules interagissant peu)

Et dans ATLAS ?

1- Partie électromagnétique

Divisée en plusieurs parties :

-partie absorbante en Plomb pour arrêter particules : des gerbes vont s'y former

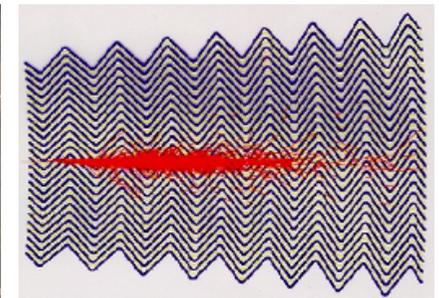
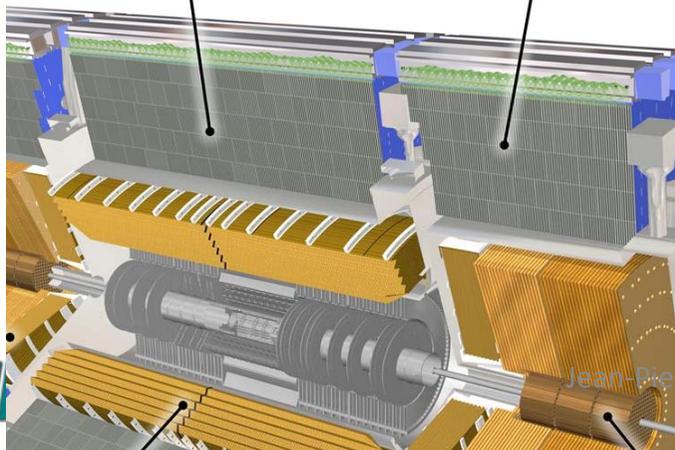
-**des électrodes** pour créer une ddp (très haute tension : 2000V sur 2 mm !!)

Ces deux parties sont en forme d'accordéon

- Le tout baigne dans **une partie active d'Argon liquide a -185°C** qui va être ionisée par particules de la gerbe

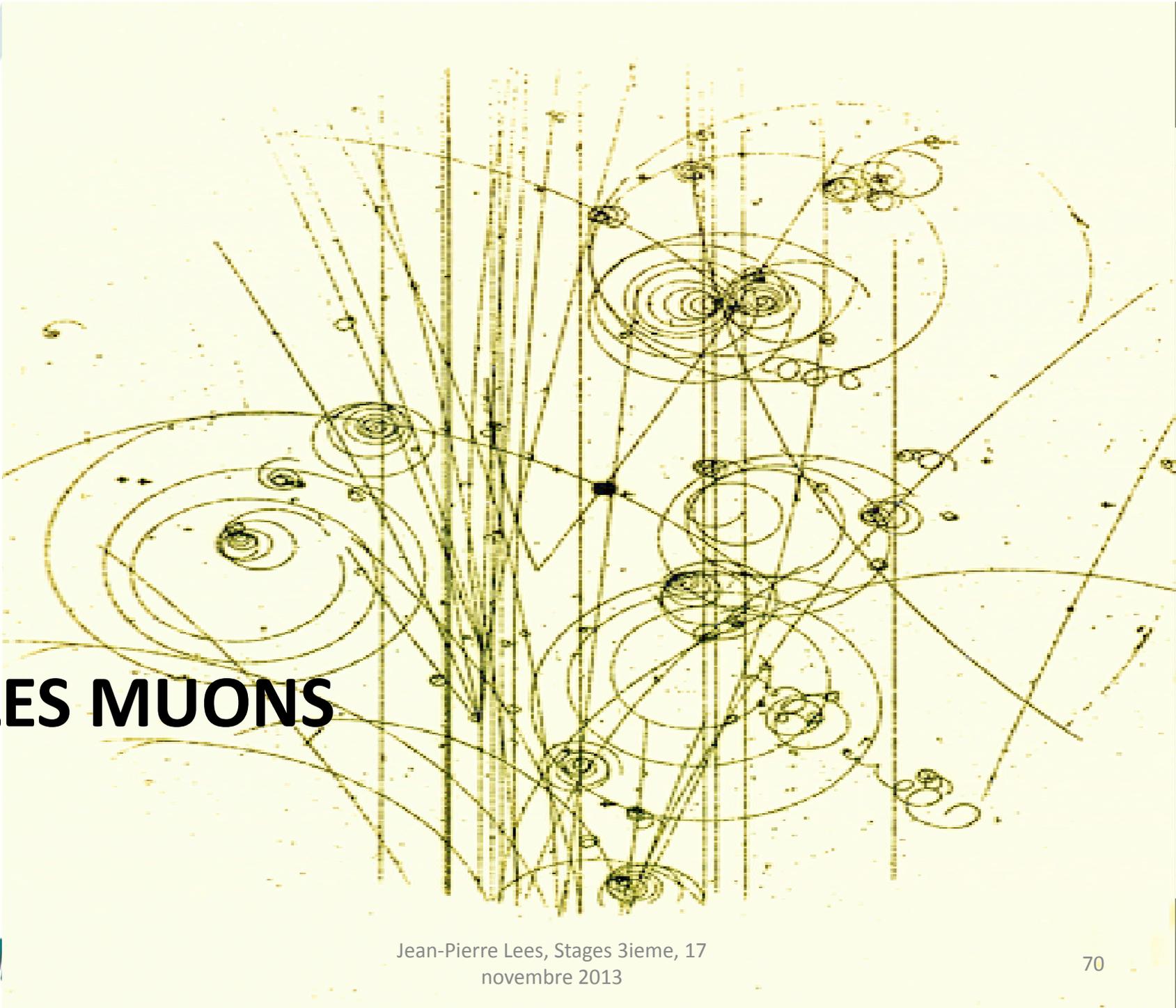


2- Partie hadronique



-Absorbeurs en fer pour stopper les particules (600000 plaques de 3 mètres de long !)

-Et scintillateurs pour mesurer l'énergie (400000 tuiles en polystyrène transparents)



LES MUONS

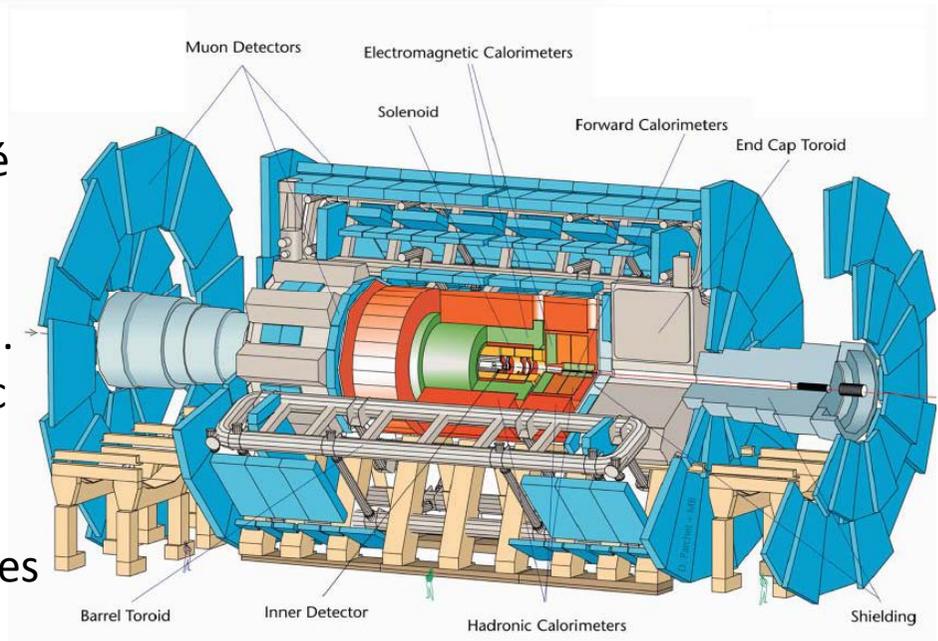
Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17
novembre 2013

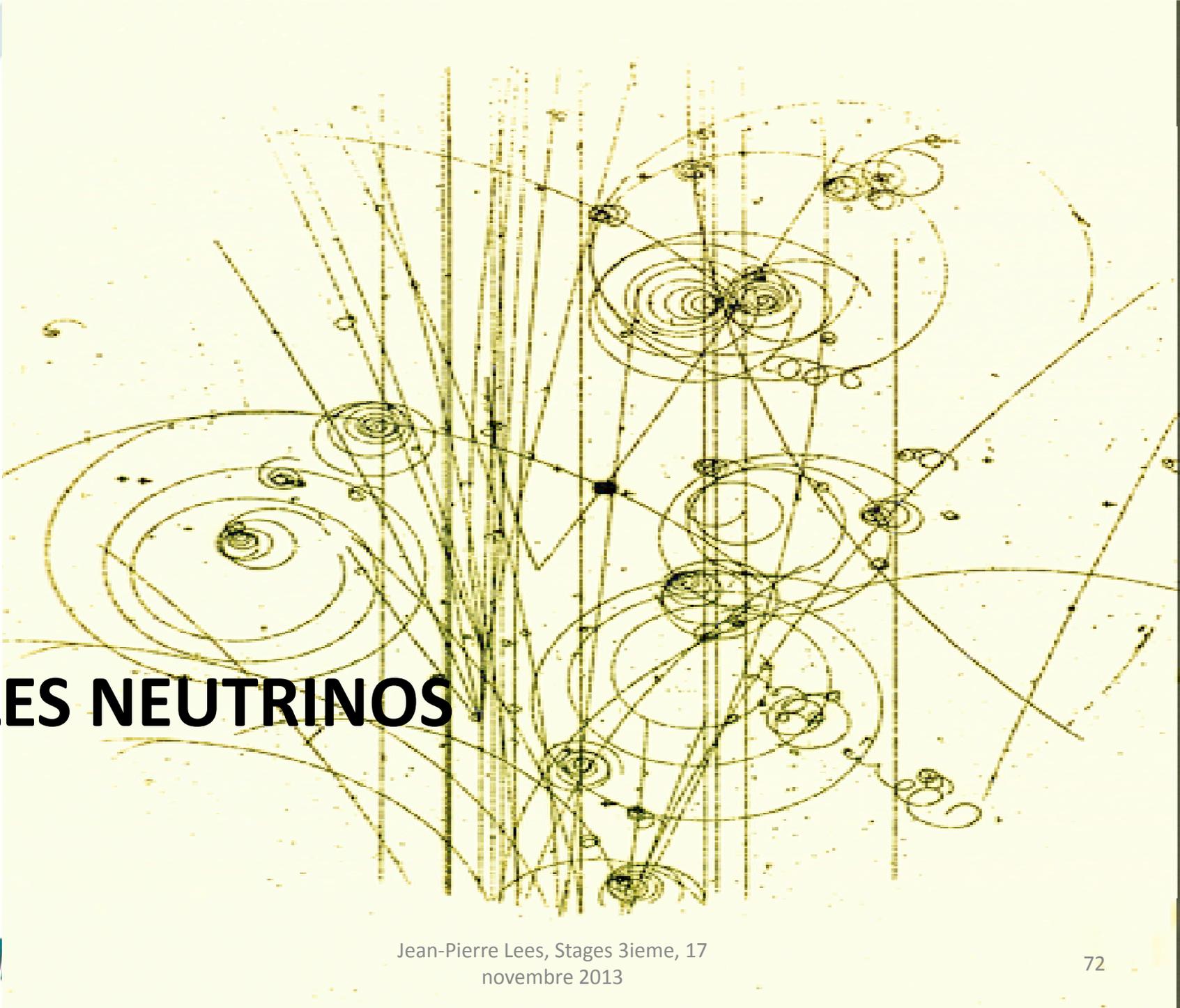
- Ce sont des particules chargées, on les voit dans le détecteur de traces (variété d'électron, plus massifs)
- Mais ne s'arrêtent dans aucun des deux calorimètres
- On construit des chambres à muons qui mesurent de façon très précise la vitesse et la trajectoire de ces particules (précision de l'ordre de l'épaisseur d'un cheveu !!)

Et dans ATLAS ?

Le système à muons se compose

- D'aimants toroïdaux.
- Tubes à dérive : un signal y est généré lors du passage d'un muon
- Chambre à rubans cathodiques : il détecte les muons proches du faisceau. La position des muons est connue avec une précision de 0,1mm.
- Chambre à plaques résistives et chambre multifils extraplate : ces parties du détecteur permettent la sélection des évènements en temps réel. (on ne garde que 100 évènements/s sur 1 milliard !)



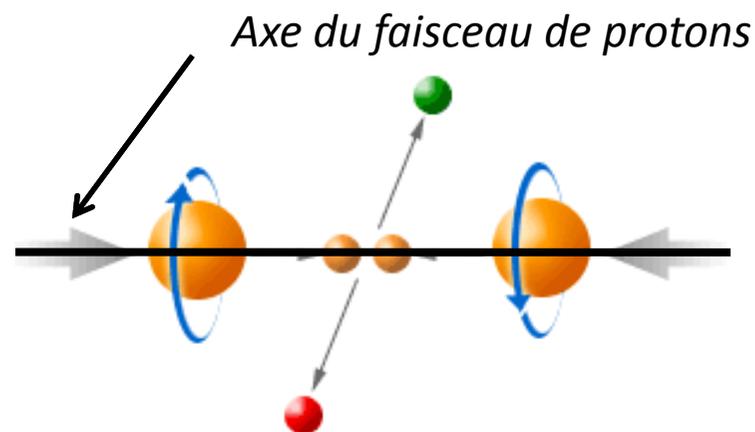
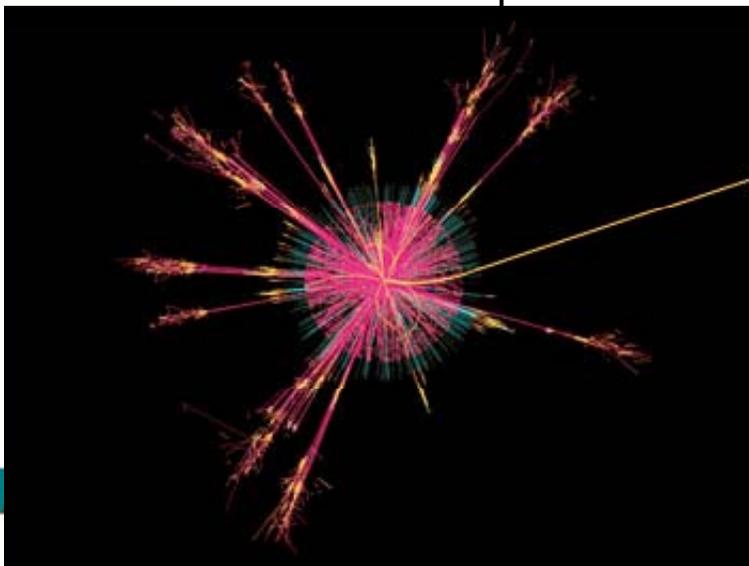


LES NEUTRINOS

Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17
novembre 2013

Une particule invisible !!!

- On ne peut les voir ni par leur trace (neutre) ni par leur passage dans les calorimètres (n'interagissent pas avec la matière)
- On va utiliser la loi de conservation du vecteur $M \times V$ dans le plan perpendiculaire à l'axe du faisceau: $\sum M \times V_i = 0 = \sum M \times V_f$



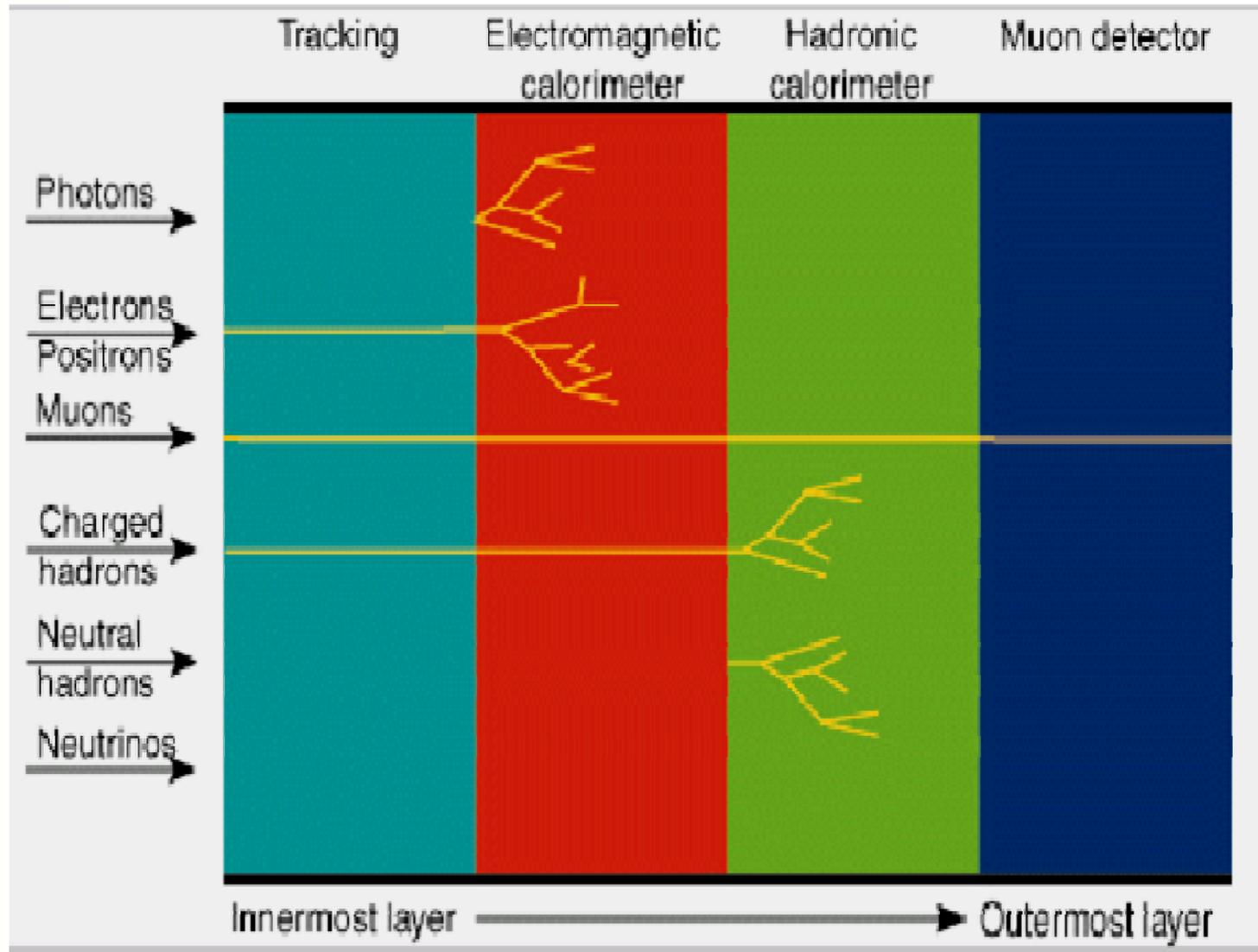
Seule la la composante de la vitesse parallèle au faisceau est non nulle

- A la fin, lorsqu'on a tout reconstruit, si cette loi n'est pas vérifiée, il peut s'agir d'un neutrino.



Il peut aussi s'agir d'une défaillance du détecteur (en général, il manque dans ce cas peu d'énergie)

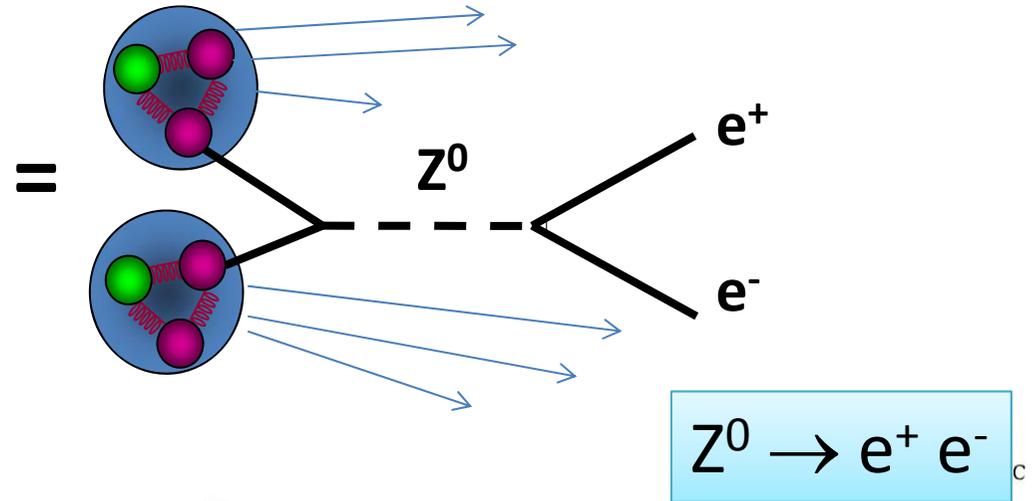
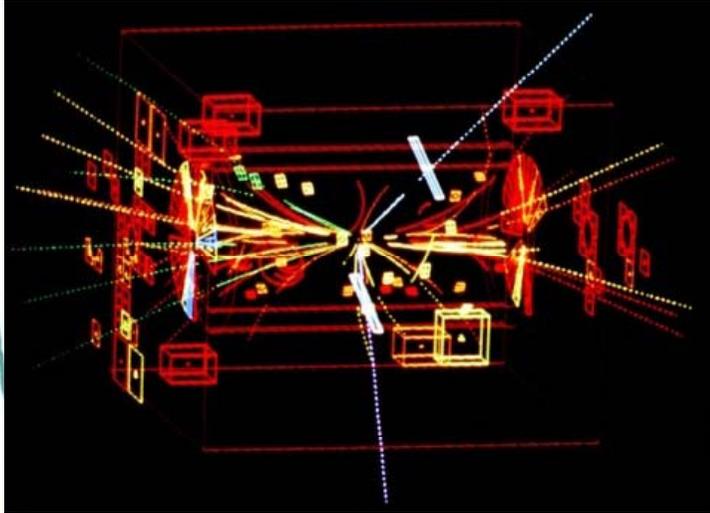
Résumé



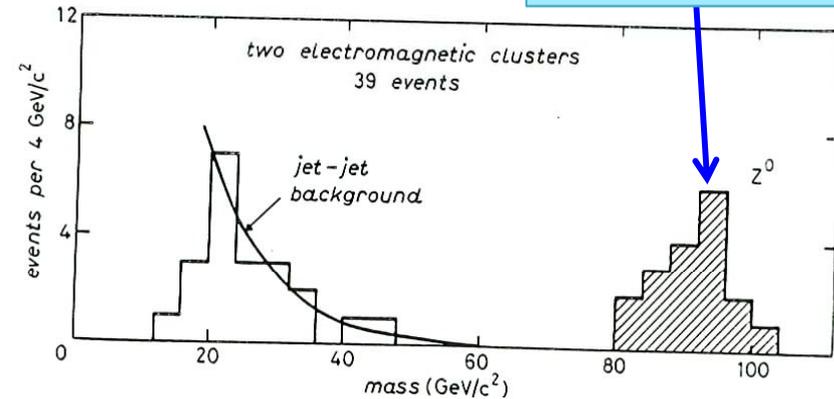


L' ANALYSE DES RÉSULTATS: QUELQUES EXEMPLES

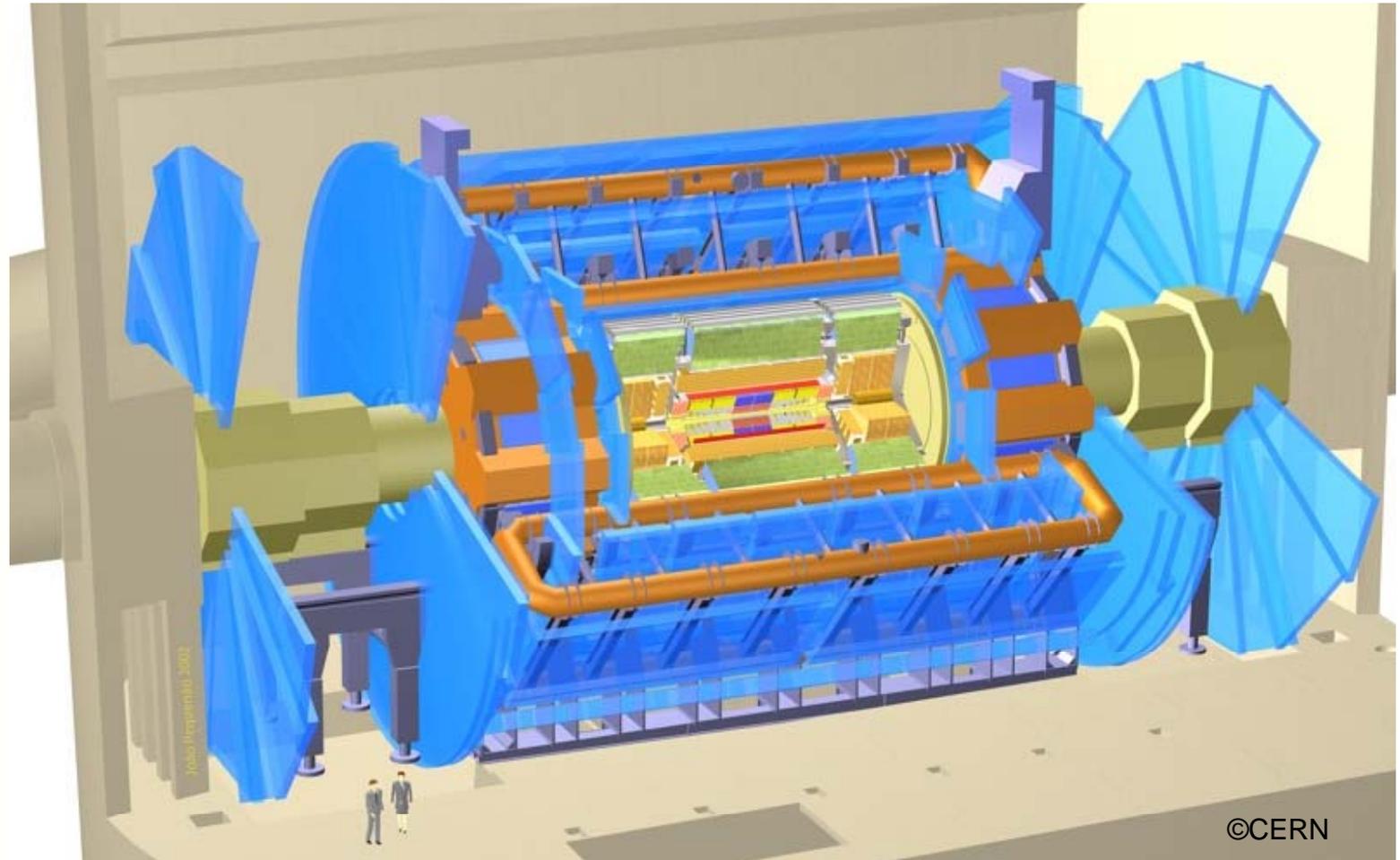
Découverte du Z^0 par UA1 (1983)



proton ($m=0.938\text{GeV}/c^2$, $E=270\text{GeV}$) +
 antiproton ($m=0.938\text{GeV}/c^2$, $E=270\text{GeV}$)
 $\rightarrow Z^0$ ($m=91.2\text{GeV}/c^2$) + particules
 résiduelles



Spectre en masse des paires $e^+ e^-$



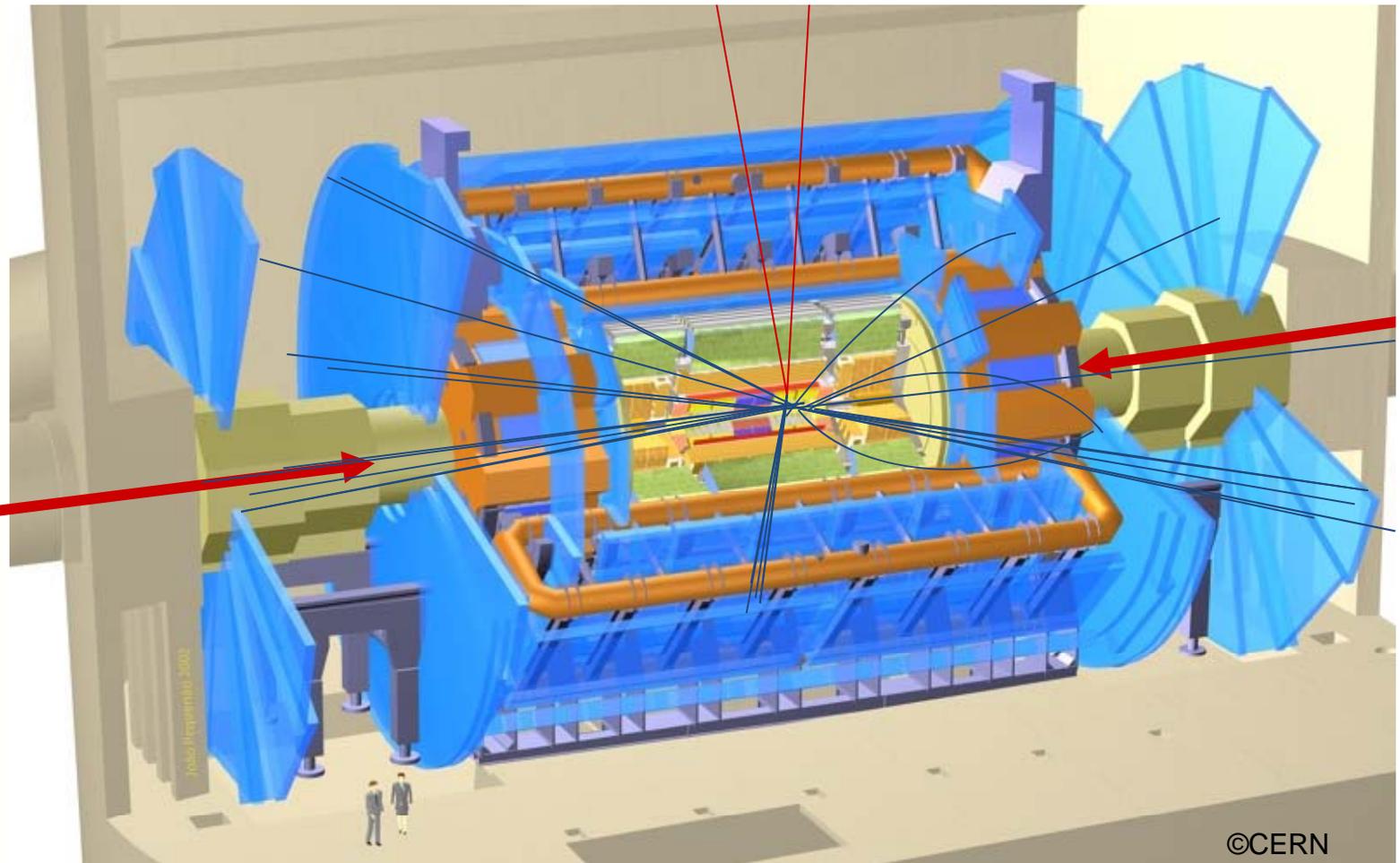
Le détecteur ATLAS au LHC

22 m de haut, 44 m de long, poids de 7000 tonnes, dans une caverne à 100m sous terre

Composé de plusieurs sous-détecteurs

Une des expériences phare du LHC

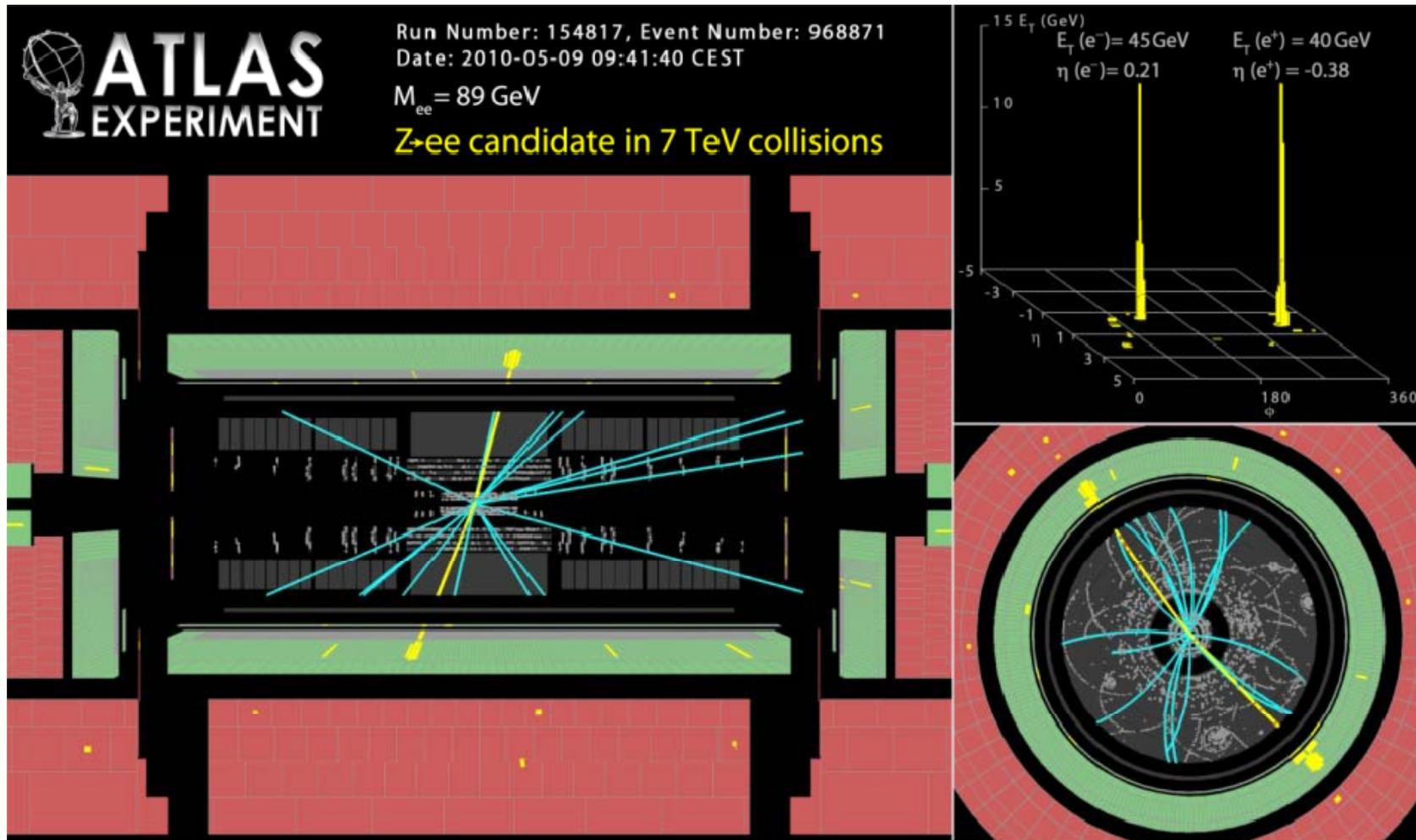
Jean-Pierre Lees, Stages Sieme, 17
novembre 2013



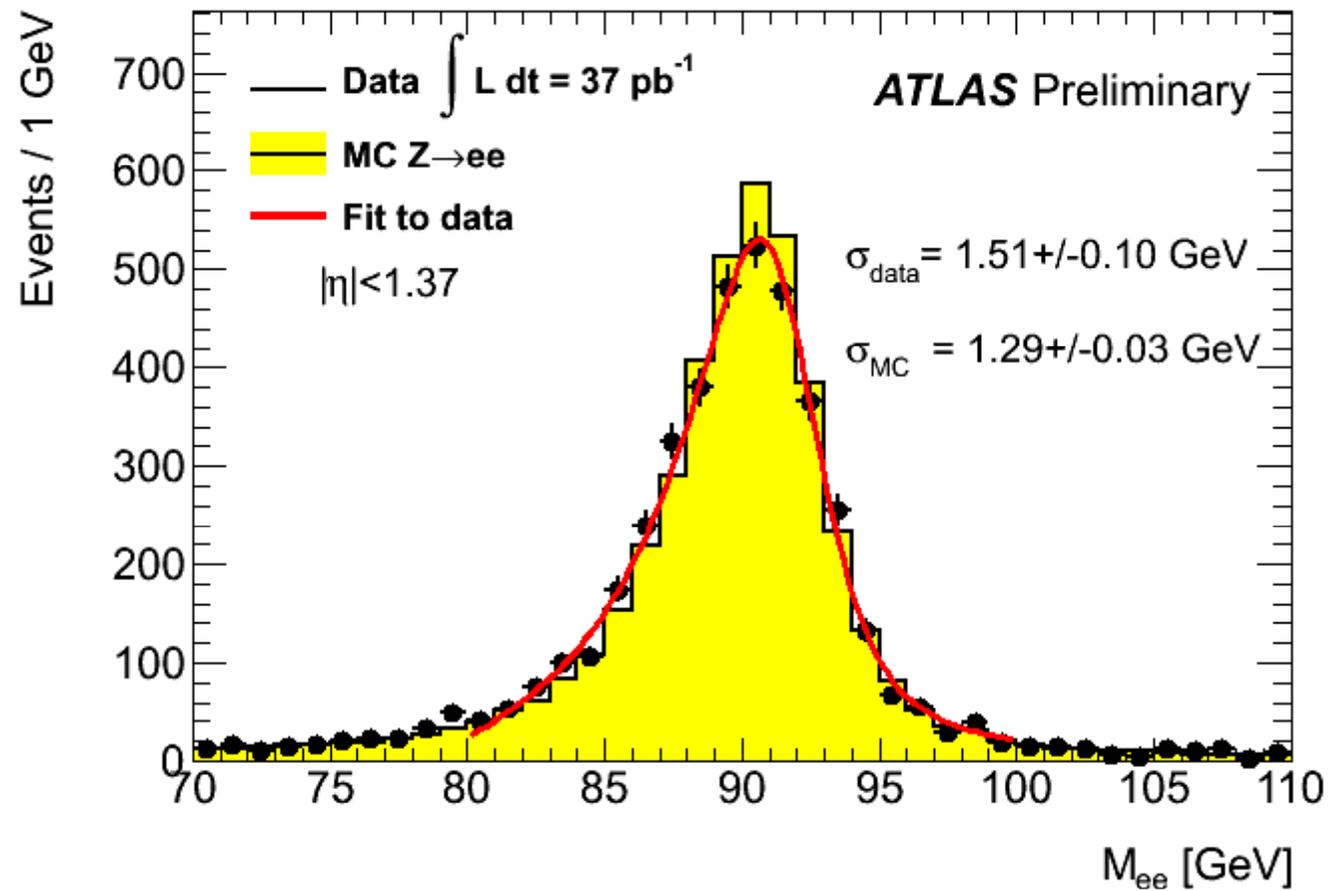
Le détecteur ATLAS au LHC

- Recherche du boson de Higgs?
- Découverte de nouvelles particules?

Un candidat Z^0 dans ATLAS

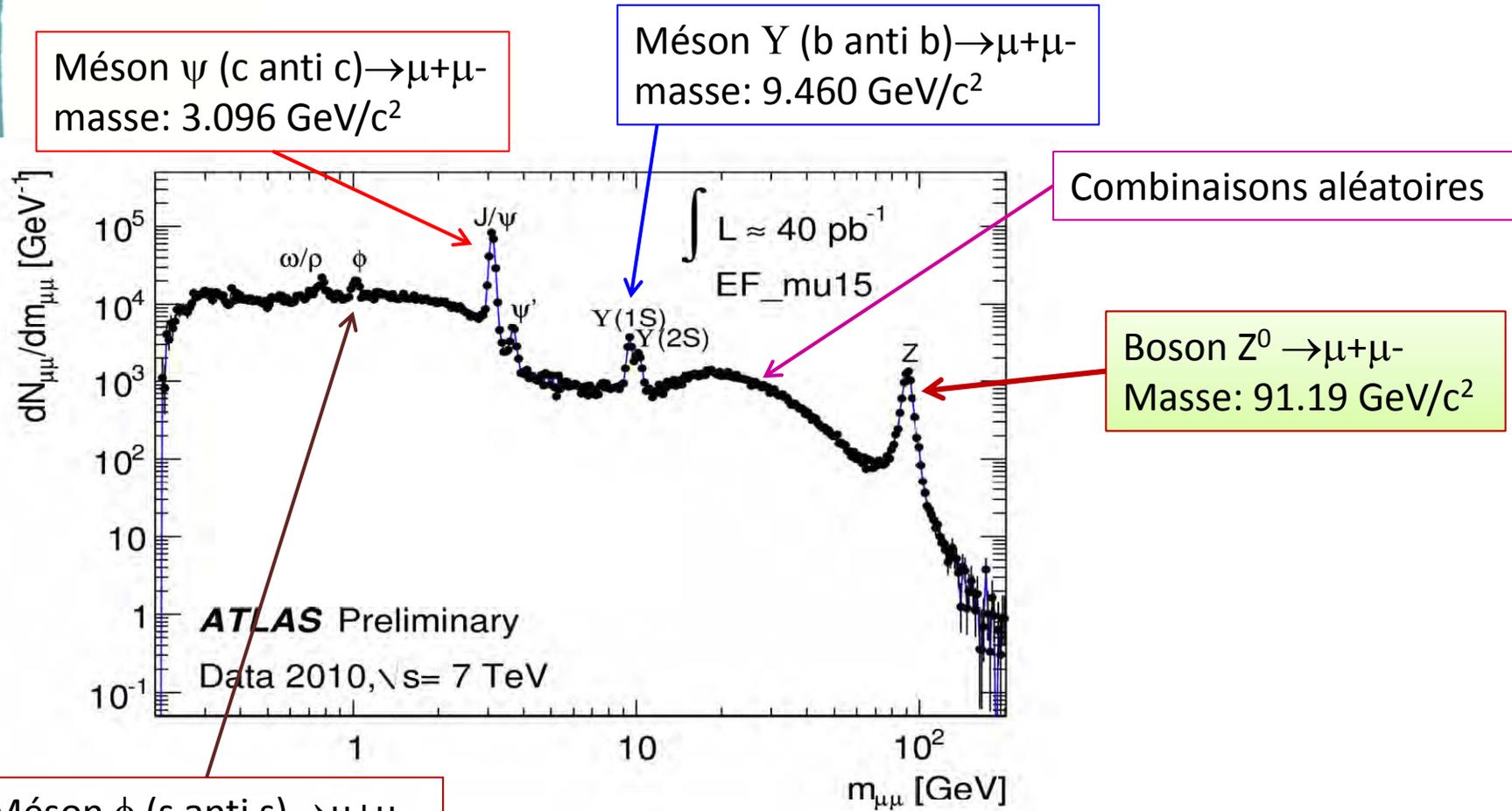


Masse des candidats $Z^0 \rightarrow e^+e^-$ dans ATLAS



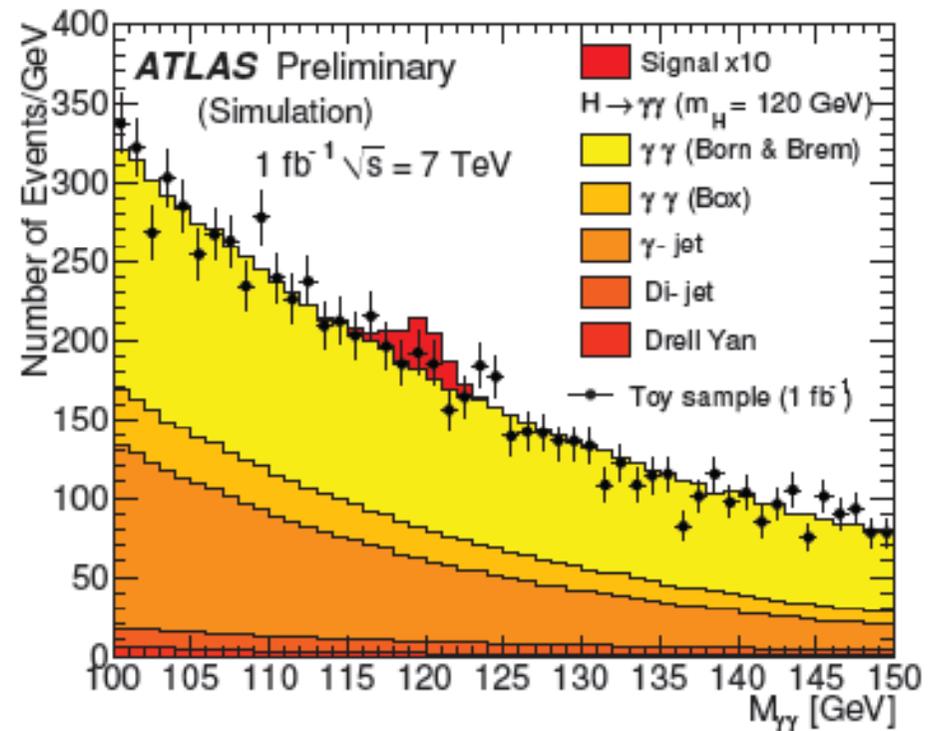
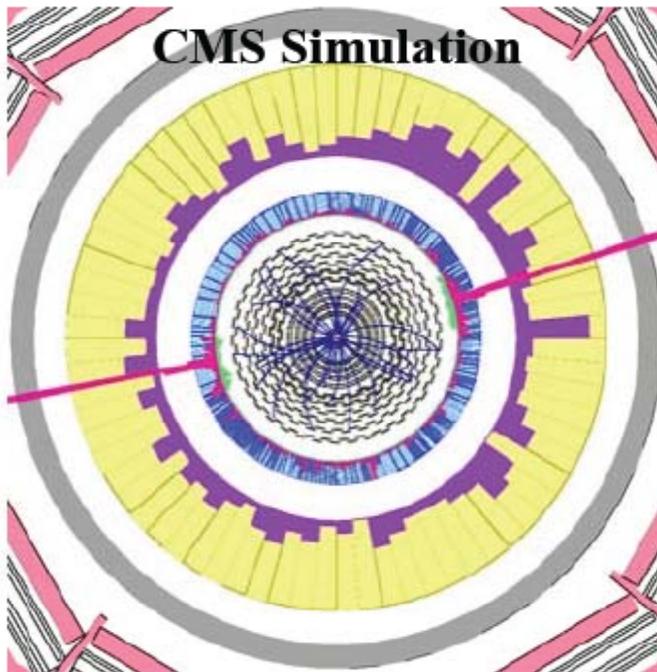
Exemple de désintégrations dans Atlas

Masse de toutes les combinaisons $\mu+\mu^-$



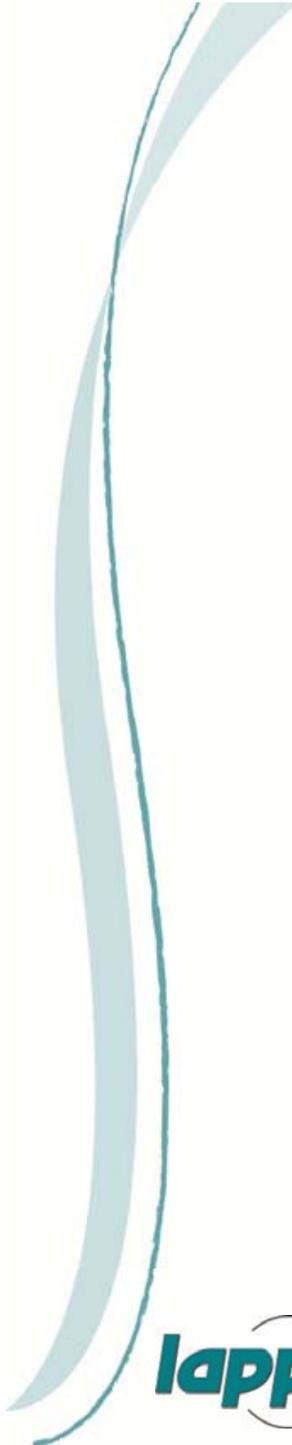
La recherche du Higgs $H \rightarrow \gamma\gamma$

- Recherche de deux photons de haute énergie
- Masse de toutes les combinaisons $\gamma\gamma$
- Important bruit de fond



Conclusion

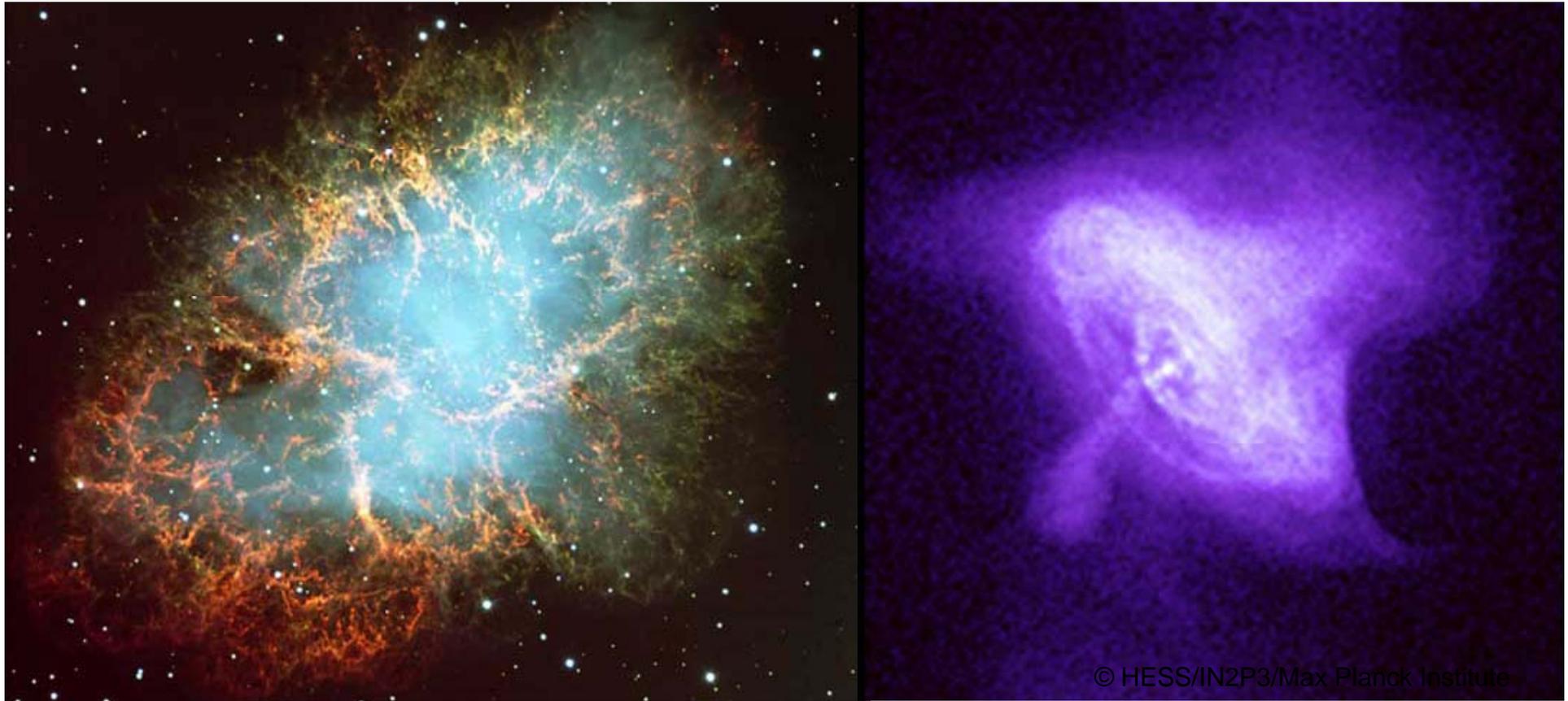
- ❖ On a besoin de détecteurs pour tester nos modèles théoriques et pour rechercher de la nouvelle physique.
- ❖ Ils ont pour but de reconstruire toute l'histoire de la collision entre les deux protons en utilisant les caractéristiques des particules pour les identifier.
- ❖ Doivent donc avoir une grande précision pour une bonne qualité des mesures.
- ❖ Les détecteurs sont de plus en plus grands car on cherche à découvrir des particules de masses de plus en plus grandes
 - ❖ Défi technologique
 - ❖ Défi informatique
 - ❖ Défi d'analyse
 - ❖ Défi humain



Les astroparticules expériences hess et ams



Jean-Pierre Lees, Stages Sieme, 17
novembre 2013



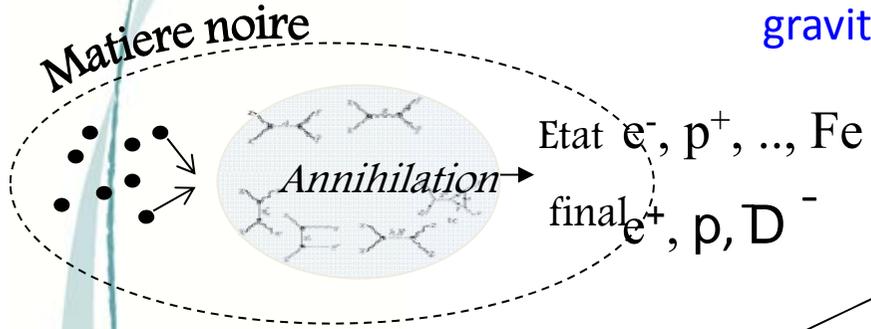
*Image optique et Image en rayons X de la nébuleuse du Crabe
(reste d'une explosion de supernova)*

*L'espace contient aussi des
accélérateurs naturels
extrêmement puissants*

Sources des rayons cosmiques galactiques et extra galactiques

messagers cosmiques: Particules chargées, neutres et ondes gravitationnelles

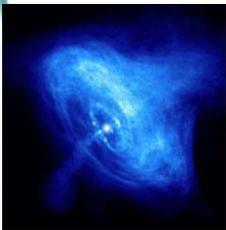
Identification et mesure de l'énergie des rayons cosmiques



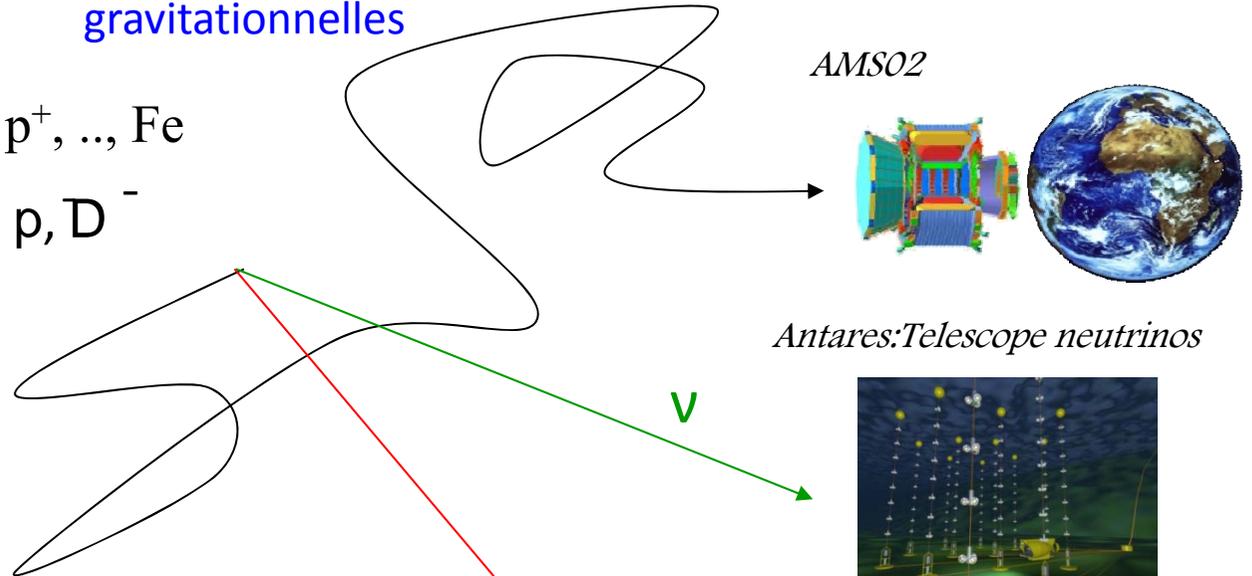
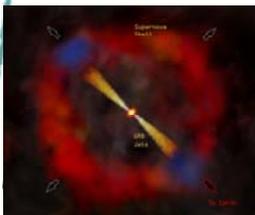
Restes de Supernovae



Nebuleuses de pulsar



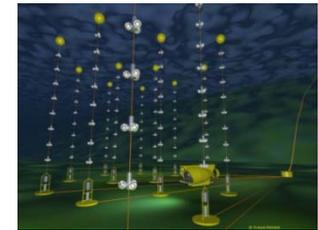
Sursaut Gamma associe



AMS02



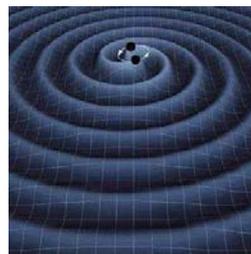
Antares: Telescope neutrinos



HESS: Telescope Gamma



Ondes gravitationnelles

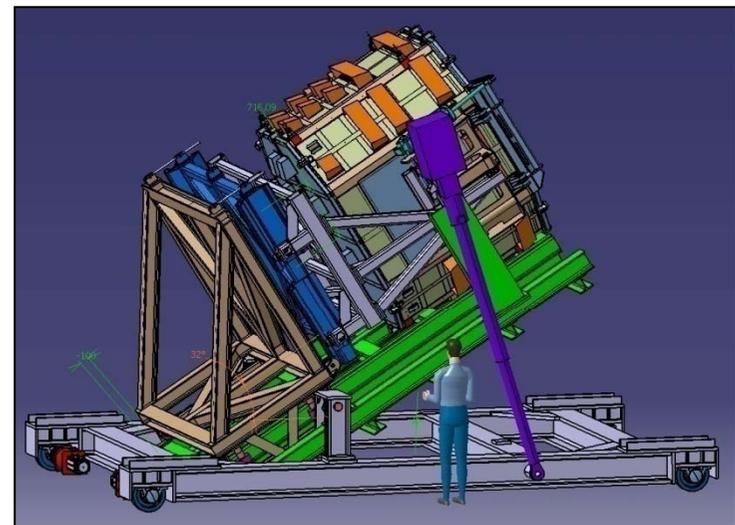


Virgo: detection des ondes gravitationnelles



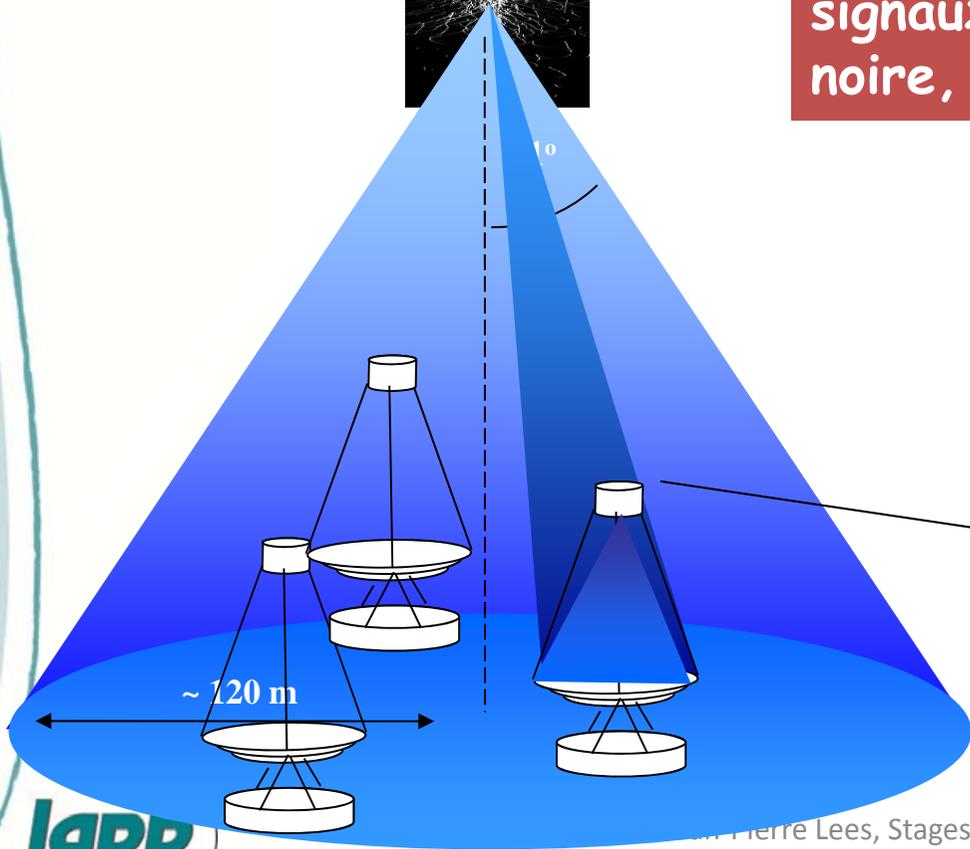
l'expérience H.E.S.S.

étudie les sources de rayons cosmiques
au pied du Gamsberg,
(Namibie)

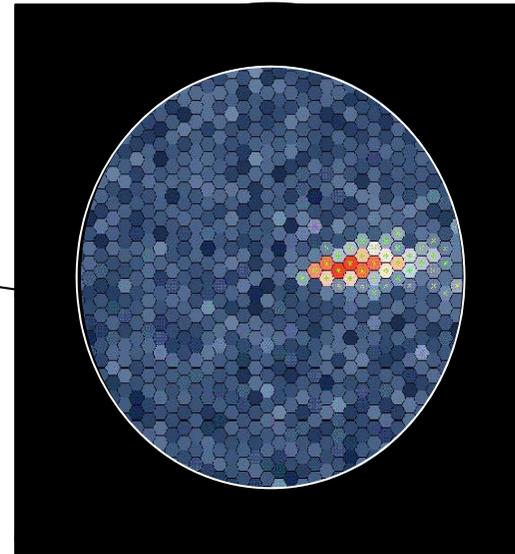


Principe de l'expérience H.E.S.S.

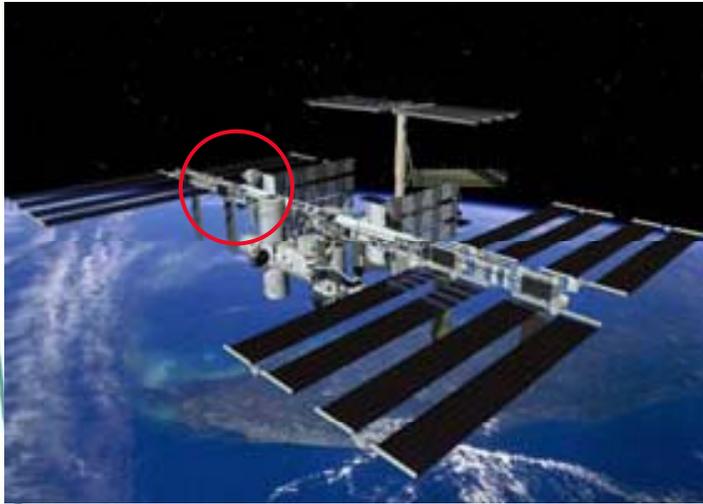
**Gerbe
Atmosphérique**



- Pour étudier les accélérateurs cosmiques à travers les sources de photons de haute énergie
- Et peut être observer des signaux inattendus? (matière noire, super symétrie...)



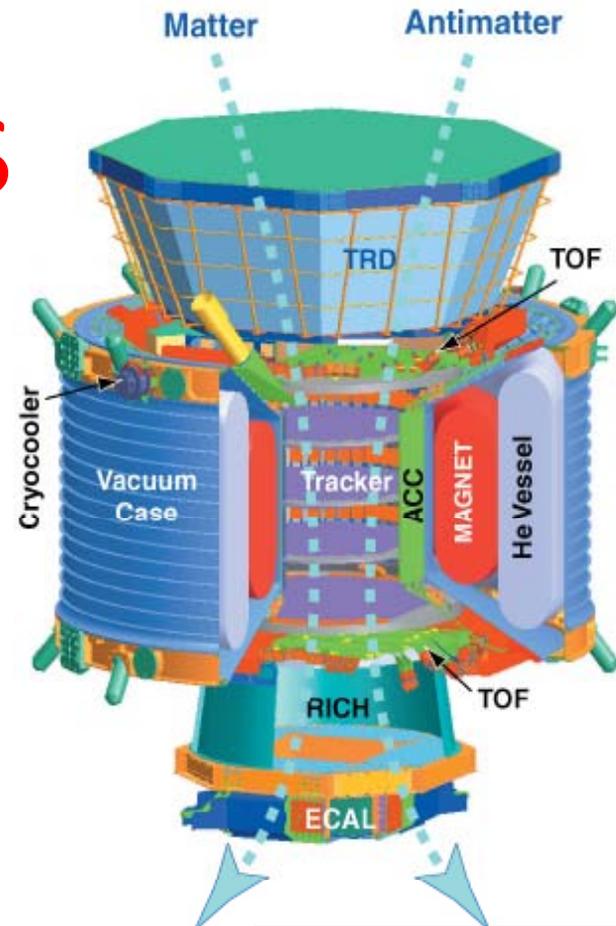
L'expérience AMS



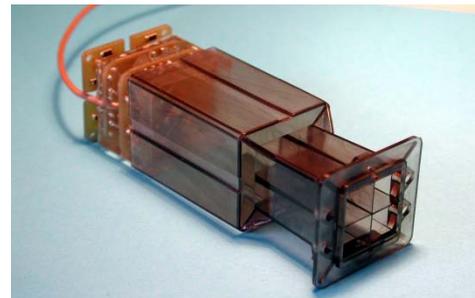
International Space Station et AMS

Alpha
Magnetic
Spectrometer

Pour
rechercher
de
l'antimatière
dans
l'espace...



Calorimètre Plomb-Scintillateur. Poids: ≤ 630 kg



Boîtier des photo-
multiplicateurs (PM)



Electronique front-end
des PM

re Lees, Stages de l'année
novembre

AMS: A TeV precision, multipurpose Spectrometer

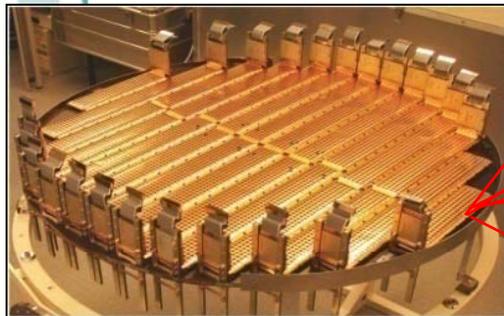
TRD

Identify e^+ , e^-



Silicon Tracker

Z, P

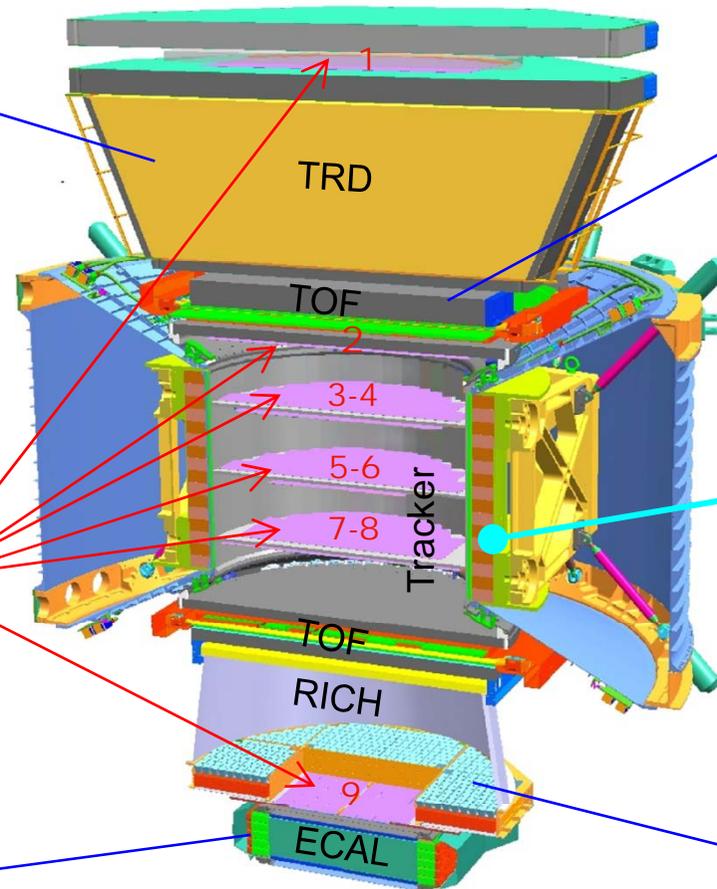


ECAL

E of e^+ , e^- , γ



Particles and nuclei are defined by their charge (Z) and energy ($E \sim P$)



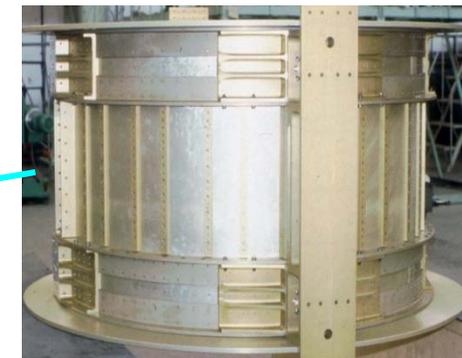
TOF

Z, E



Magnet

$\pm Z$



RICH

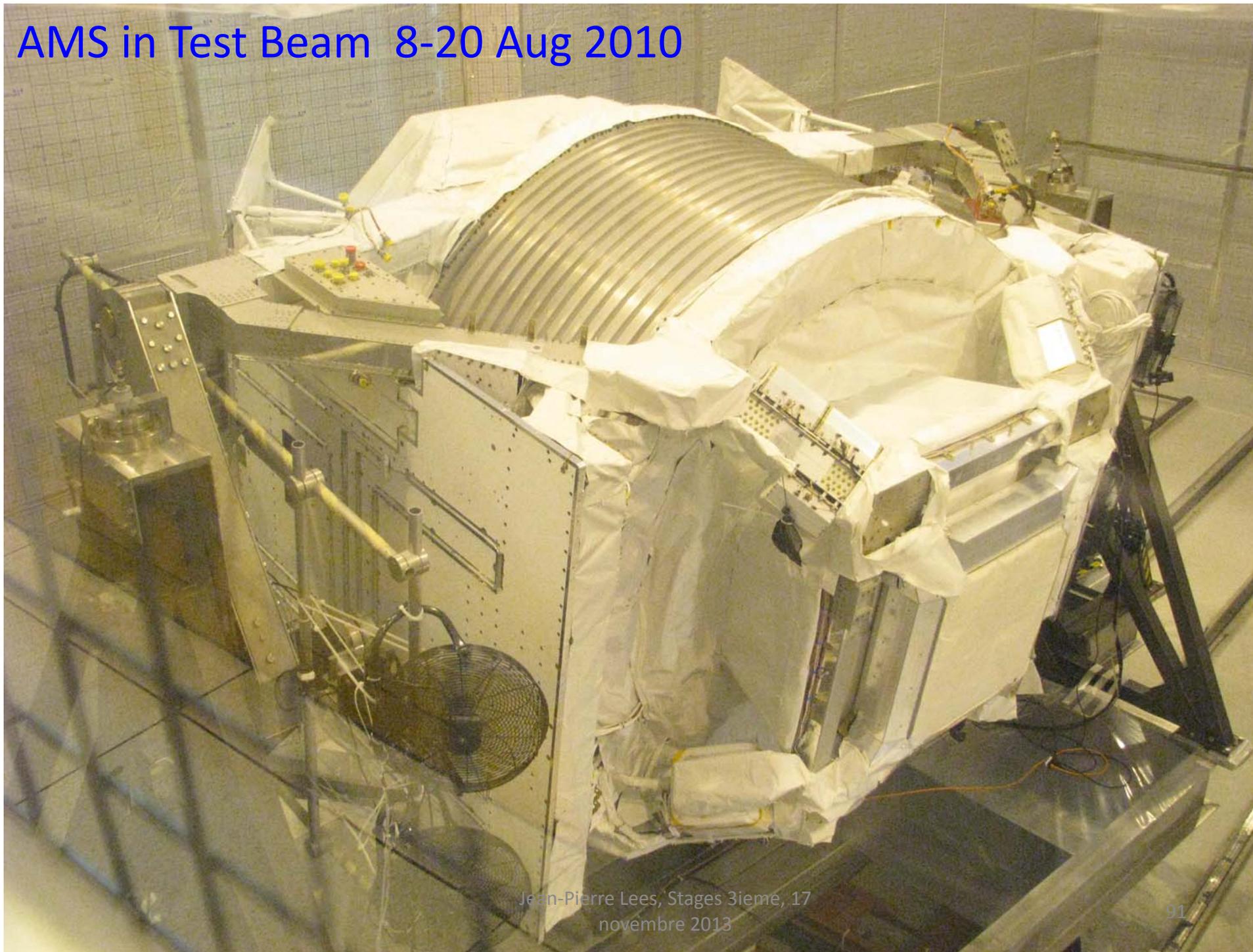
Z, E



Z, P are measured independently from Tracker, RICH,

TOF and ECAL.
Jean-François, Alges Sieme, 17 novembre 2013

AMS in Test Beam 8-20 Aug 2010



Jean-Pierre Lees, Stages Siemé, 17
novembre 2013



Jean-Pierre Lees, Stages Sieme, 17
novembre 2012

Loading of AMS into a US Air Force C5-M at Geneva Airport – 25 Aug 2010



Installation of AMS into Payload Canister for rotation and installation at the Launch Pad

AMS Transfer to the Shuttle, 26 March 2011



Jean-Pierre Lees, Stages Sieme, 17
novembre 2013

© Michele Famiglietti / AMS Collaboration



AMS in the Payload Bay
of Endeavour – ready
for launch

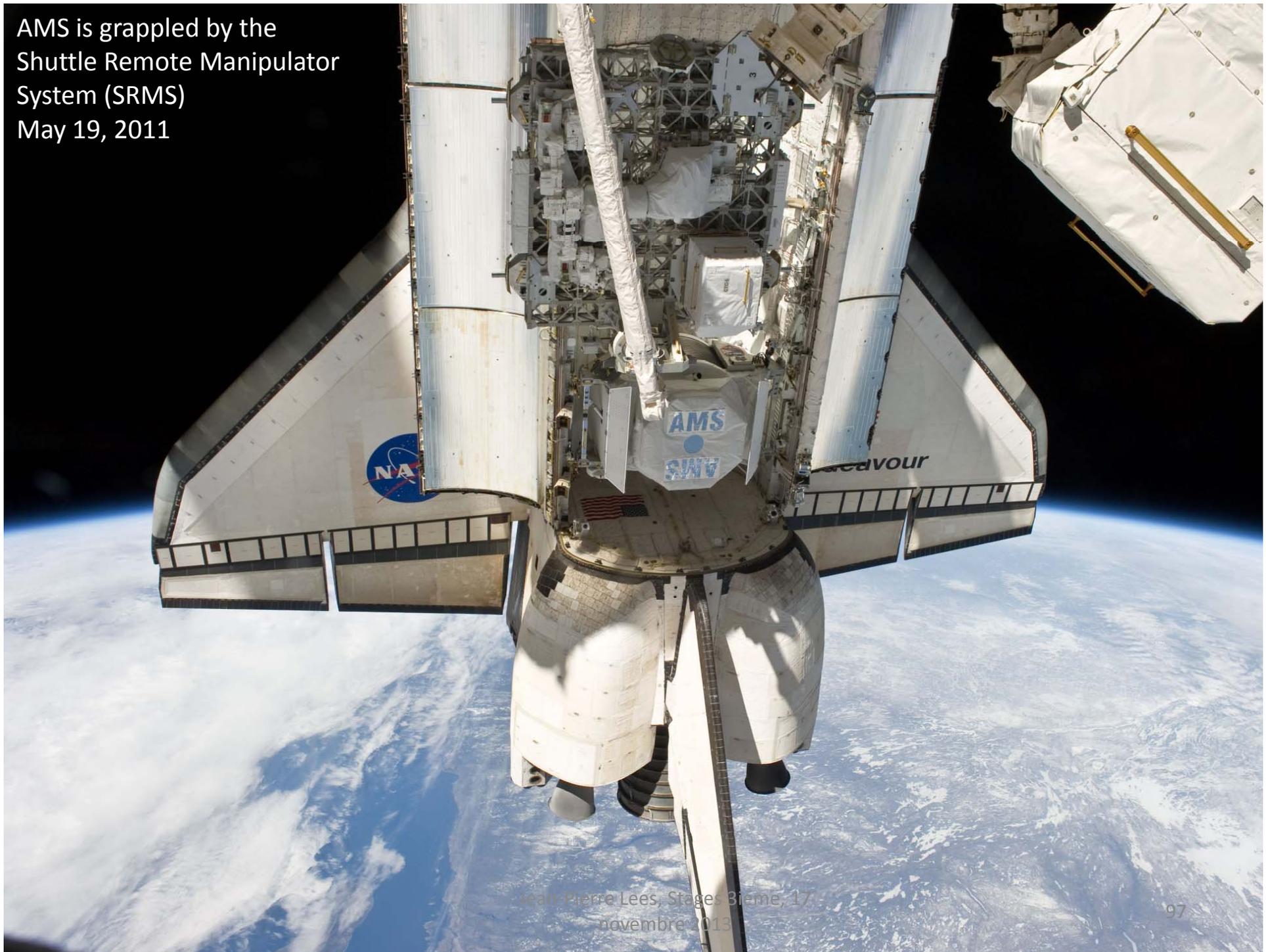
Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17
novembre 2013



STS-134 launch May 16, 2011 @ 08:56 AM

Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17
novembre 2013

AMS is grappled by the Shuttle Remote Manipulator System (SRMS)
May 19, 2011



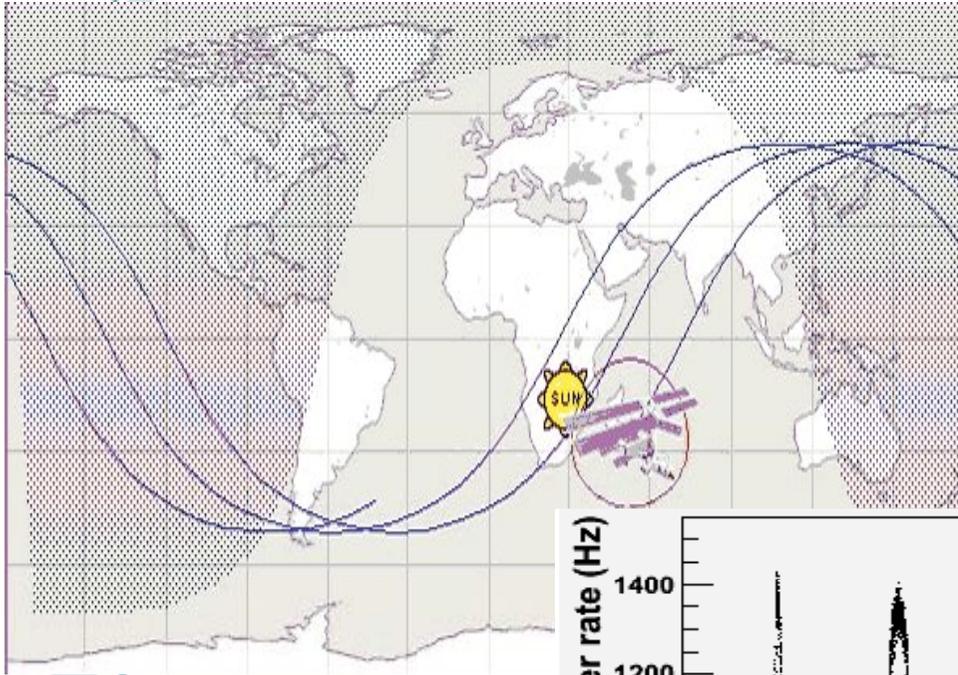


May 19: AMS installation completed at 5:15 CDT, start taking data 9:35 CDT
During the first week, we collected 100 million cosmic rays

Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17
November 2018

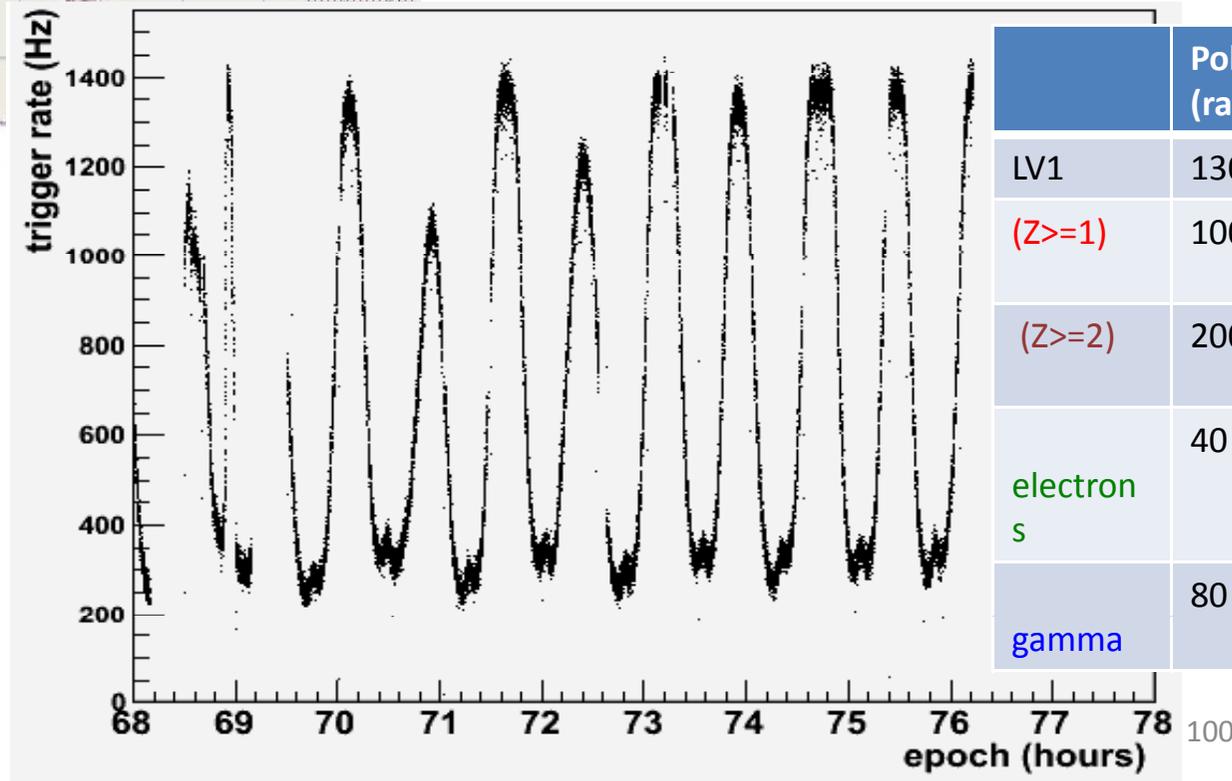


First data – 19 may 9:15



Temperatures ok: [5 – 10]
TRD no Gaz leak
RICH no light leak
Power Consumption :Ok

Nominal Trigger rate
200 - 1400 particles per
secondes
⇒ Minimal at Equator
⇒ Maximal at the poles

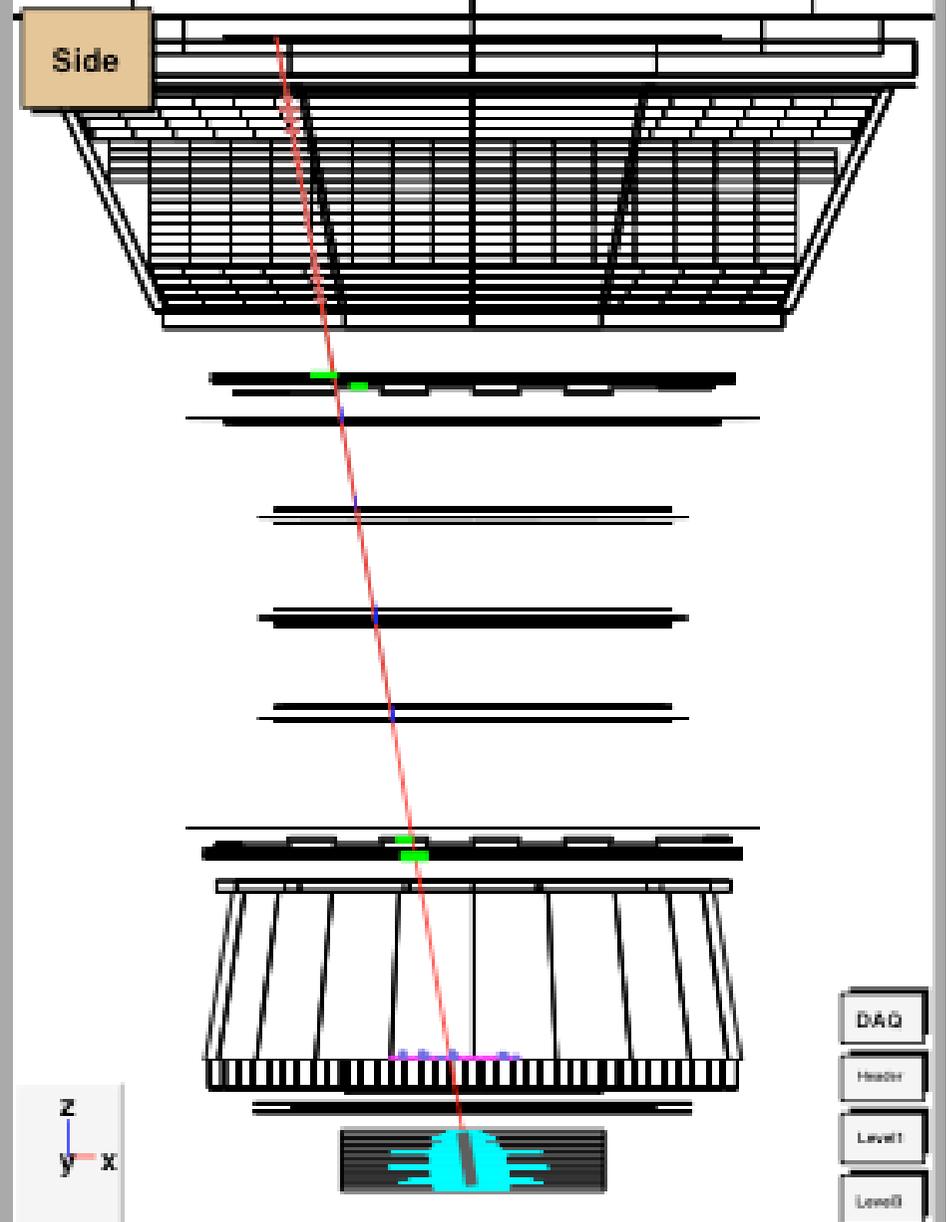
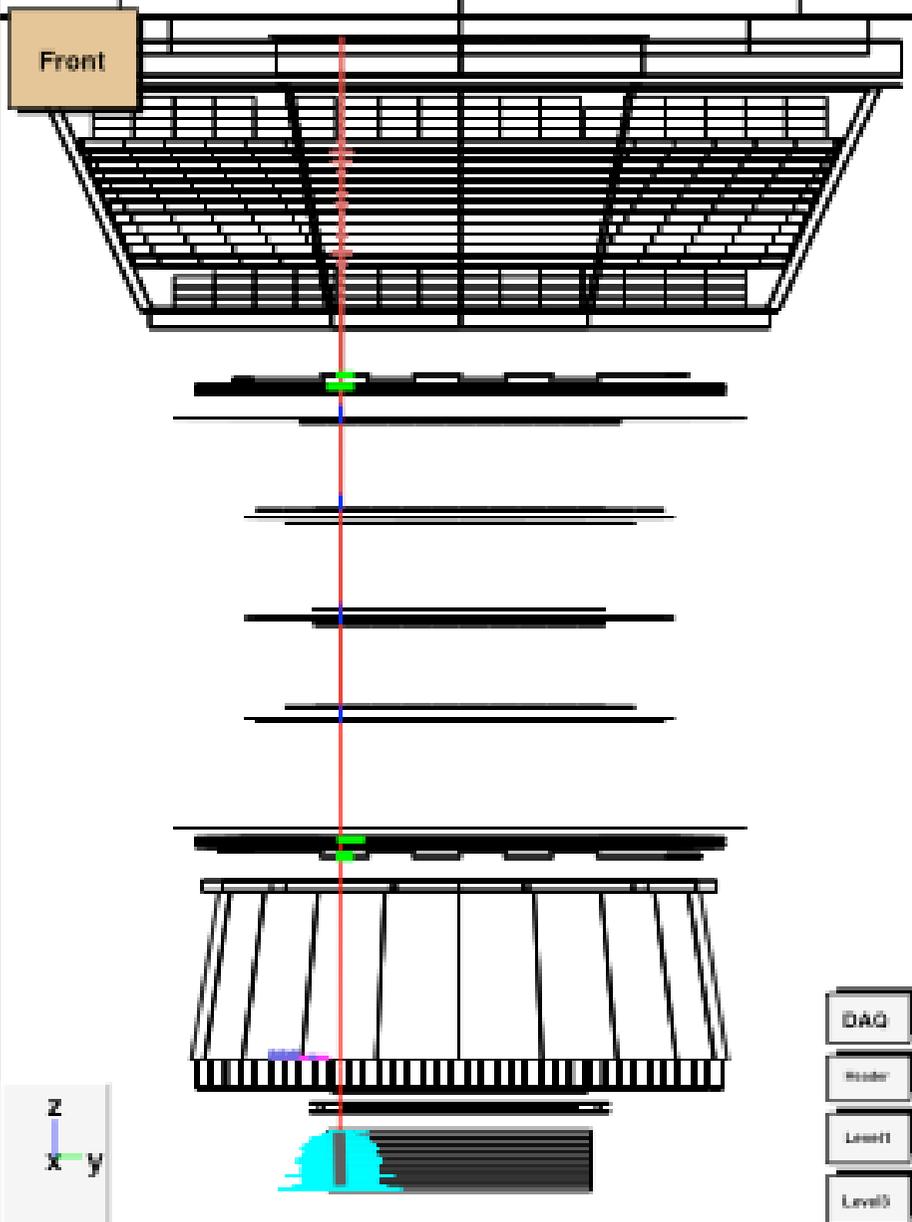


AMS data on ISS

Electron 240 GeV, 22 May

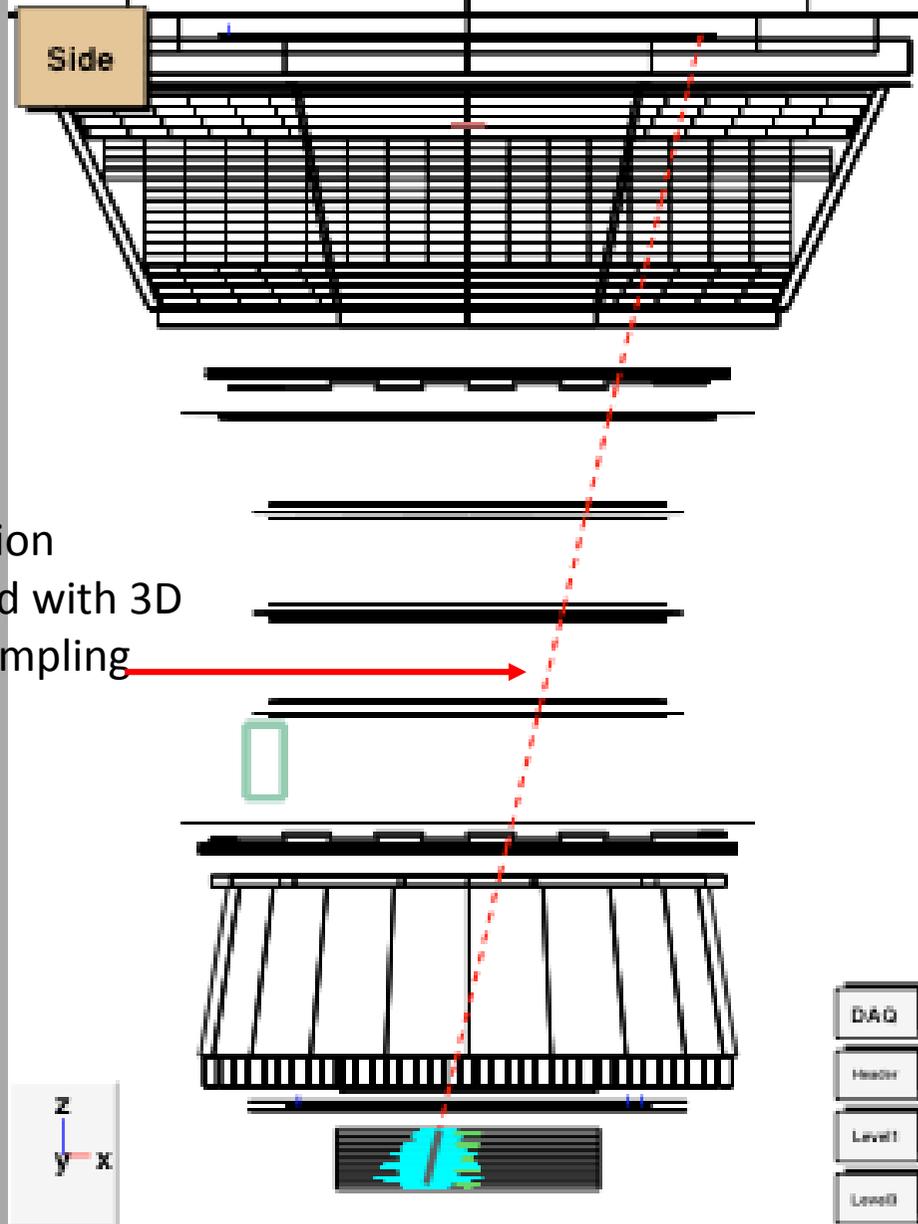
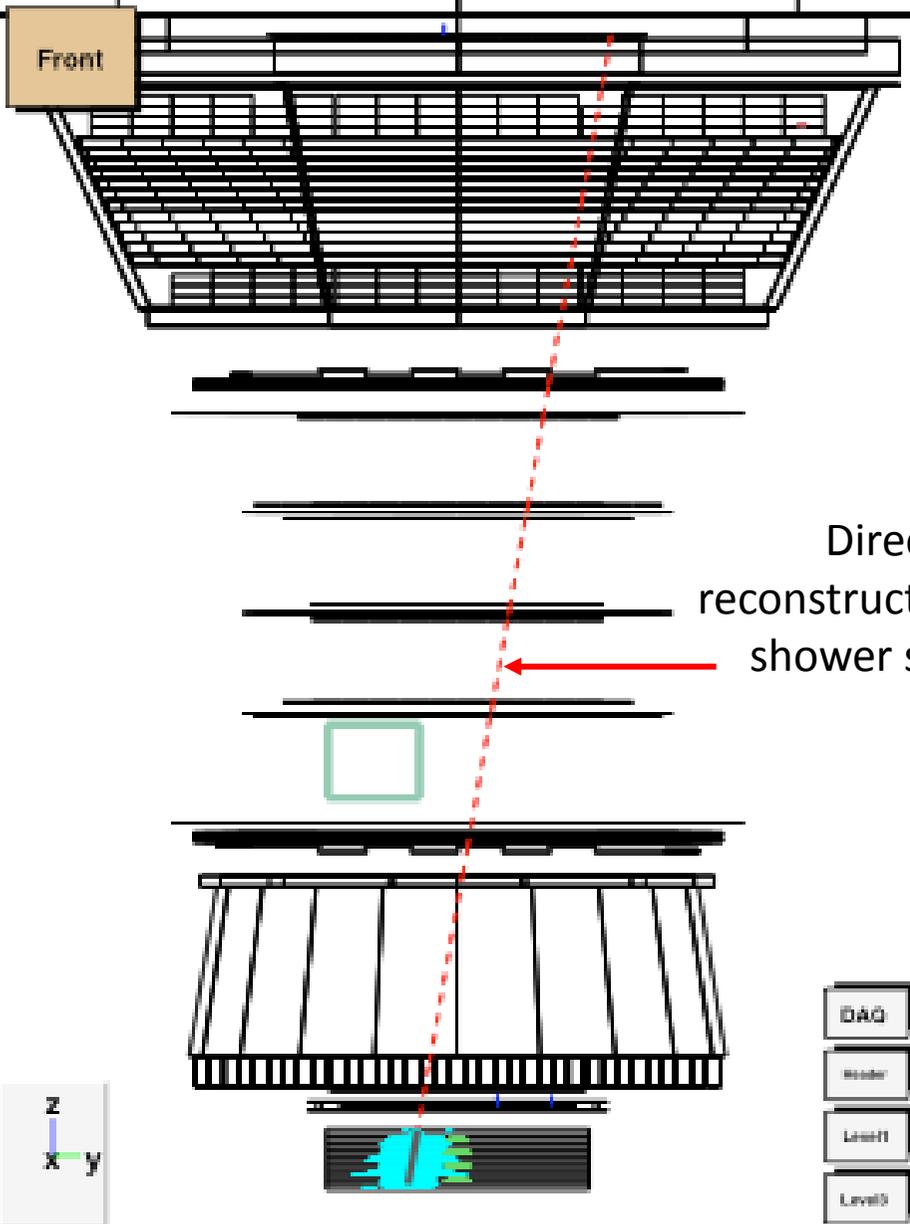
AMS Event Display

Run/Event 1306023159 / 120789 GMT Time 2011-142.00:18:04

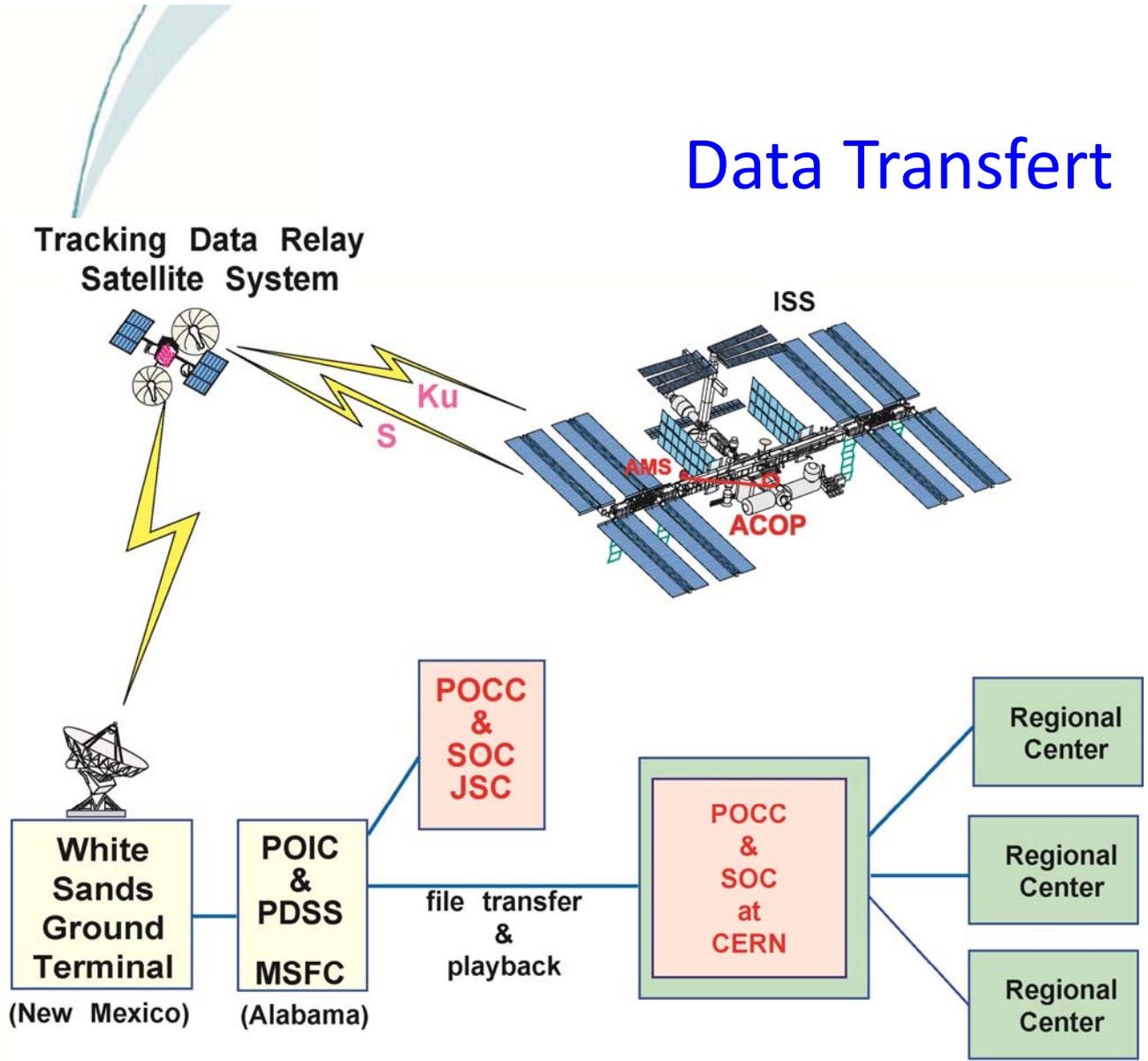


AMS Event Display

Run/Event 1306127850 / 159966 GMT Time 2011-143.05:26:24



Data Transfert



10 Mbits/sec average science data downlink Rate (at least 20%of the ISS band width)

ACOP (AMS Crew Operation Post) allows ISS local storage and backup of data when downlink is off.

Main processing center at CERN

ACOS: AMS Crew Operation Post

POCC: Payload Operation Control Center

SOC: Science Operation Center

MSFC: Marshall Space Flight Center (Al)

JSC: Johnson Space Flight Center (Tx)



AMS Payload Operation and Control Center, JSC



Jean-Pierre Lees, Stages 3ieme, 17 novembre 2013

POCC at CERN in control of AMS since 19 June 2011

