

Centre de physique des particules de Marseille (CPPM)

Un laboratoire au coeur de l'Univers et de la matière



Le CPPM



Le Centre de Physique des Particules de Marseille

Les tutelles :

- ▶ le CNRS/IN2P3

Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules

- ▶ Aix-Marseille Université



Le personnel : ~ 160 personnes

- ▶ ~25 chercheurs + ~10 enseignants-chercheurs
- ▶ ~70 ITA (ingénieurs, techniciens, administratifs)
- ▶ 50 non permanents (visiteurs, post-doctorants, doctorants, stagiaires)

Les laboratoires de l'IN2P3 :



Vocation

▶ Recherche fondamentale

- Physique des particules

étude des constituants élémentaires de la matière et de leurs interactions

- Astroparticules

observation des particules élémentaires dans l'Univers

- Cosmologie observationnelle

compréhension de la composition de l'Univers primordial et de son évolution

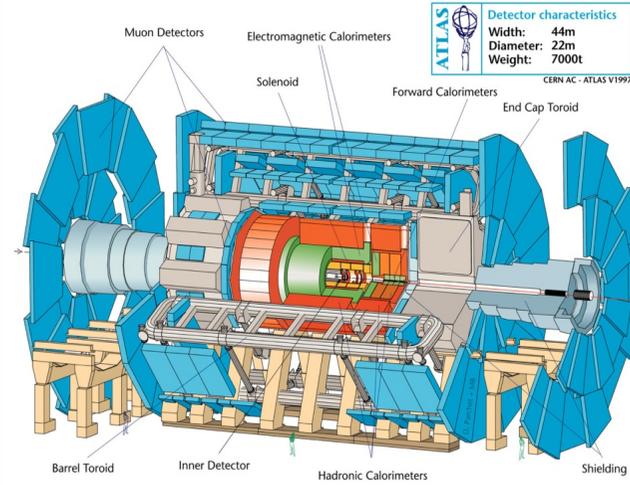
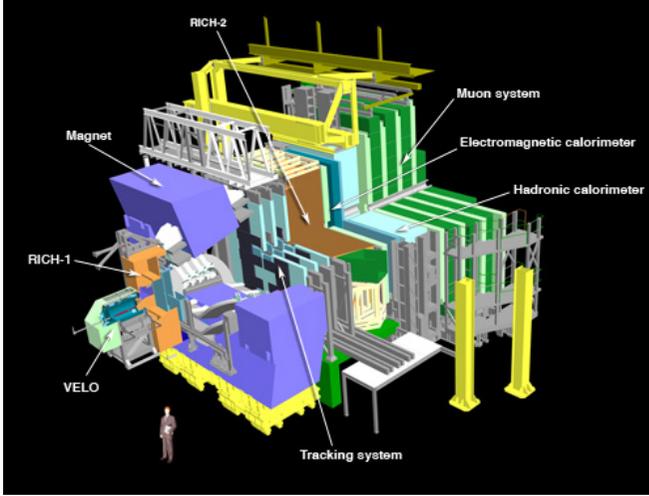
▶ Expérimentale

- Participation à de grands projets internationaux

- Mise en œuvre de moyens techniques avancés en électronique, en mécanique, en informatique et en instrumentation

▶ Sociétale (interdisciplinarité & valorisation)

- Application des techniques développées pour la physique fondamentale à d'autres thématiques (e.g. imagerie biomédicale)



Auprès d'accélérateurs :

- ▶ H1 @ HERA (Hambourg)
e-p [300 GeV]
- ▶ D0 @ Tevatron (Chicago)
p-p [2 TeV]
- ▶ ATLAS & LHCb @ LHC (Genève)
p-p [8 TeV]

En profondeur :

- ▶ sous les montagnes : SuperNemo (Modane)
- ▶ fond marin : Antares, MEUST, KM3NeT (Toulon)

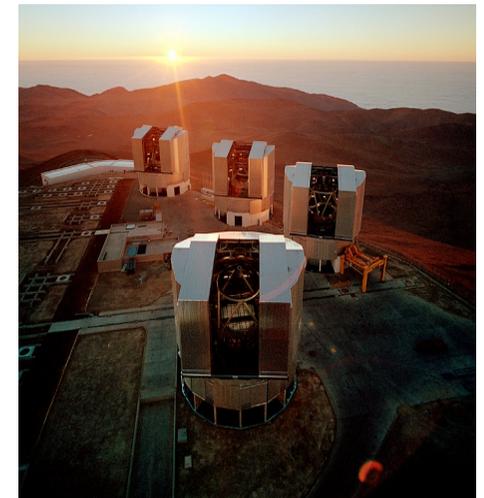
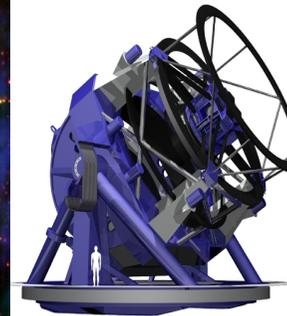
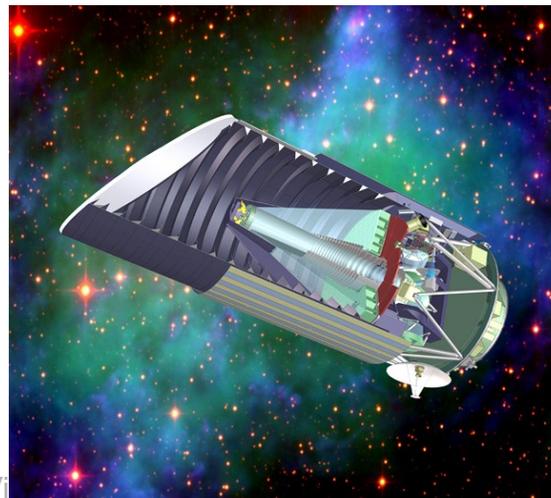
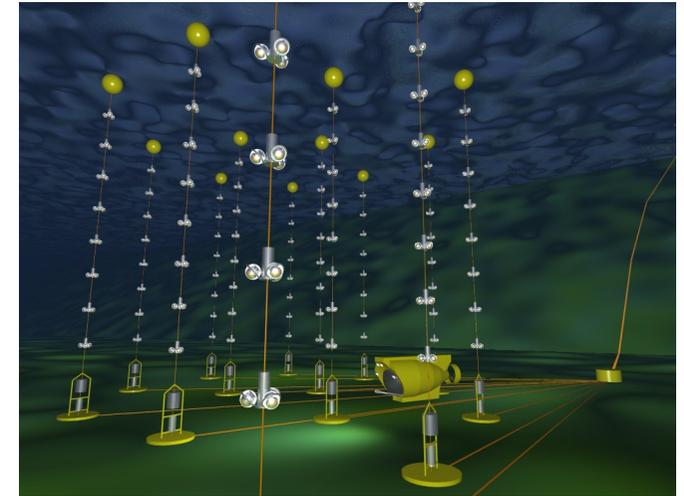
Face au ciel :

- ▶ dans le désert : CTA (Namibie)
- ▶ au sommet des montagnes : SNLS, SNFactory, BOSS, LLST
- ▶ dans l'espace : EUCLID

Etude des constituants élémentaires
Recherche de nouvelle physique

Astronomie
Approche multi-messagers

Caractérisation de l'énergie noire
Approche multi-sondes



Compétences techniques

Micro-électronique planaire et 3D, y compris résistante aux radiations

- Détecteurs à pixels hybrides pour la physique des particules (ATLAS)
- Transfert vers l'imagerie à rayons X (imXgam) => 4 brevets
création startup



Acquisition et traitement de très grandes quantités de données

Acquisition rapide et transmissions sur fibres optiques (LHCb)

- Conception générique pour pouvoir être transférée et valorisée

Caractérisation de détecteurs infrarouge pour le spatial (RENOIR)

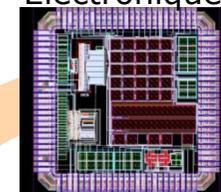
- Laboratoire bien identifié par le CNES et l'ESA

Infrastructures sous-marines (ANTARES)

- Systèmes en équipression
- Connectique sous-marine => 2 brevets;
startup Powersea, intérêt des industriels
(pétroliers et énergies renouvelables)



Electronique



DAQ/info



Instrumentation



**Très Fortes
Compétences
Techniques**

Mécanique



La physique des particules

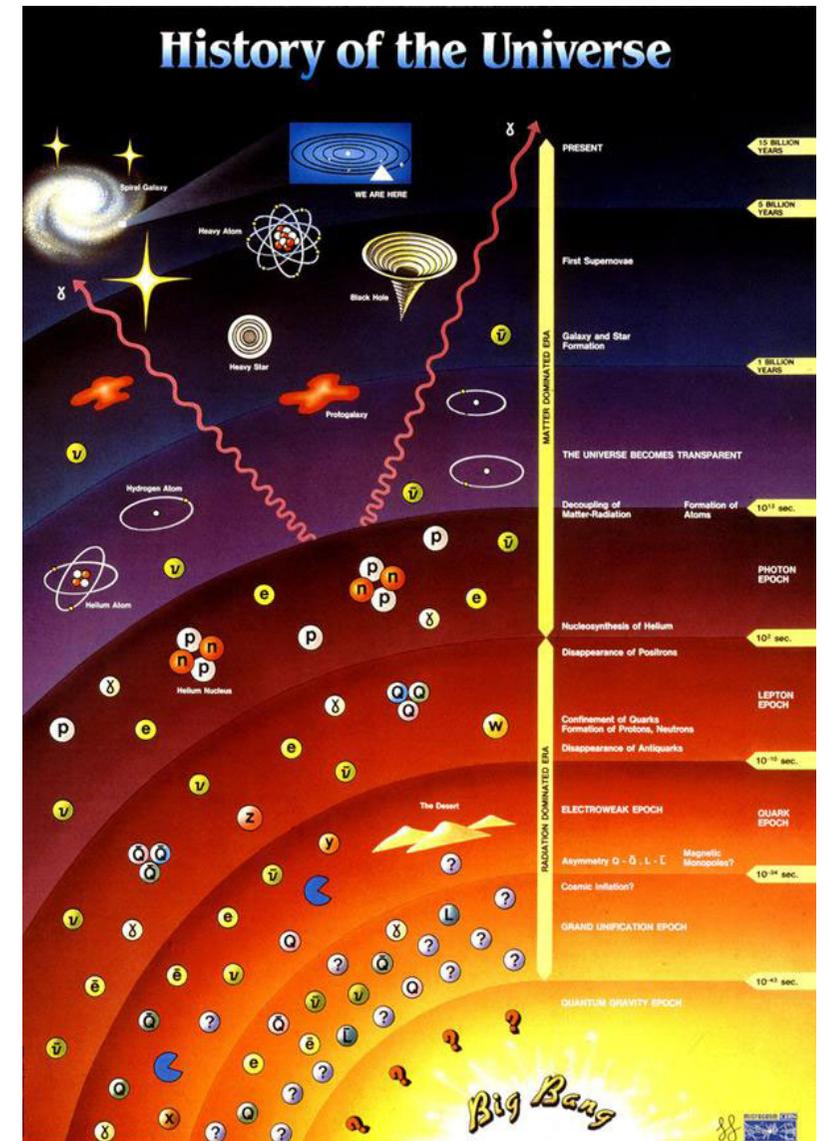
Étude des **constituants élémentaires** de la matière et de leurs **interactions**

- ▶ **constituants élémentaires** : « particules » sans structure interne
- ▶ **interactions** : les forces qui s'exercent entre ces composants élémentaires

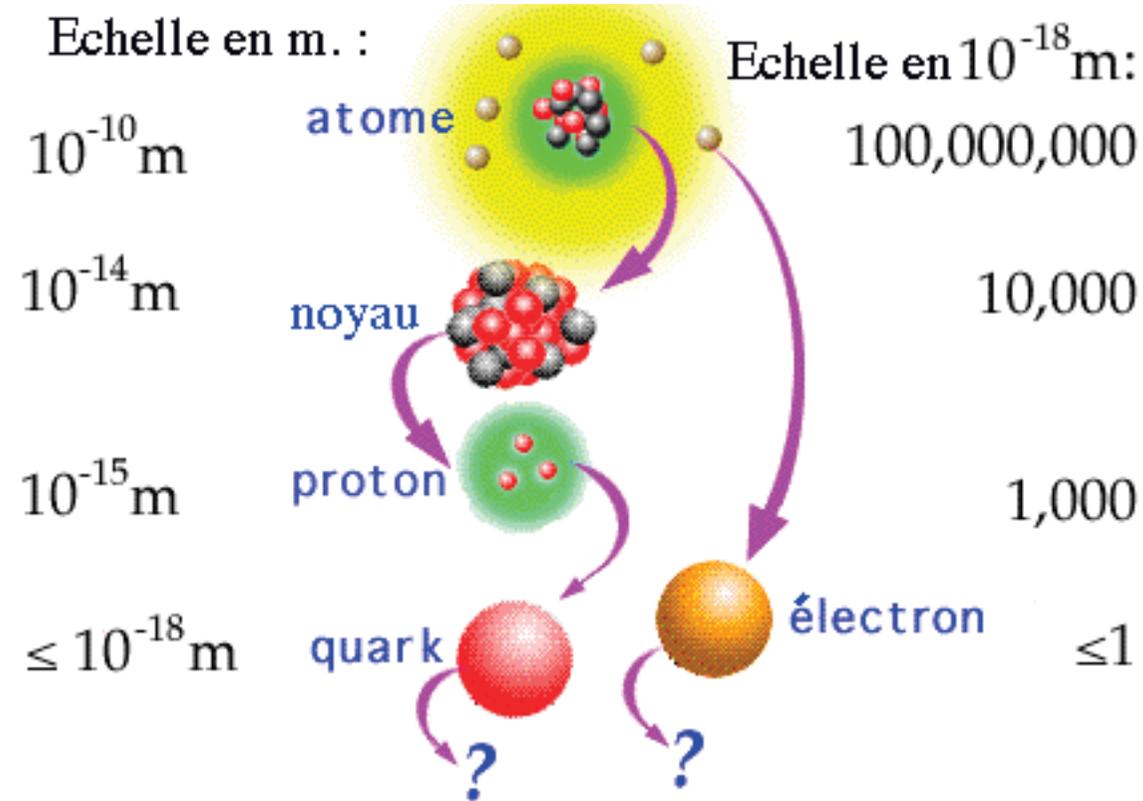
Présentes dans l'univers primordial, dense et chaud

Dans l'univers « froid » d'aujourd'hui, la plupart de ces particules ont maintenant disparu

- ▶ **créées artificiellement dans des accélérateurs (collisionneurs) de particules** qui reproduisent les conditions existant aux premiers instants de l'univers
 - **plus on accélère les particules, plus on met d'énergie en jeu, plus on remonte dans le temps**

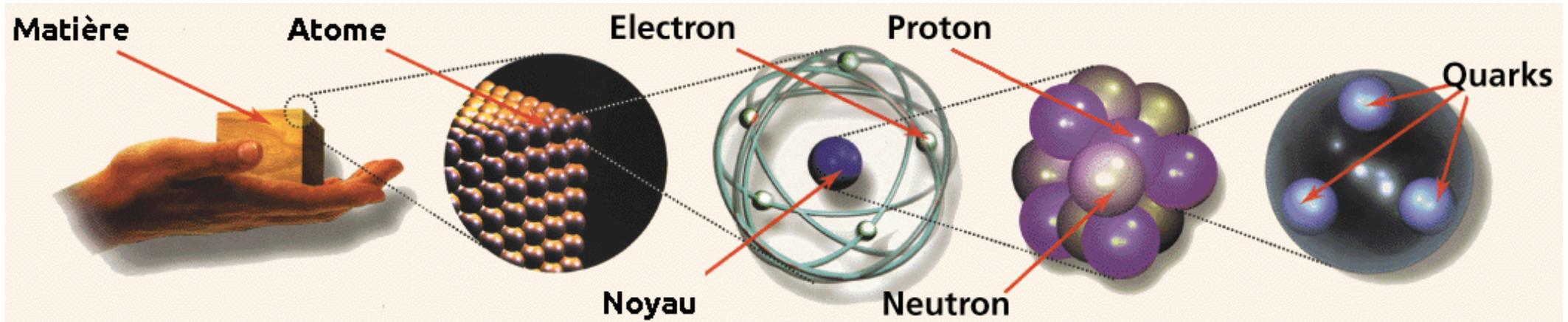


Échelle des distances en physique des particules

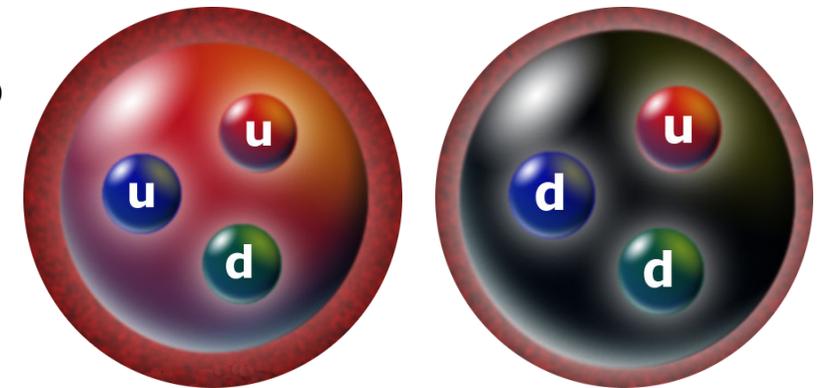


Si protons et neutrons étaient à **10 cm** l'un de l'autre, un quark ou un électron mesurerait **moins de 0,1 mm** et un atome environ **10 km**

De quoi est fait l'Univers visible ?

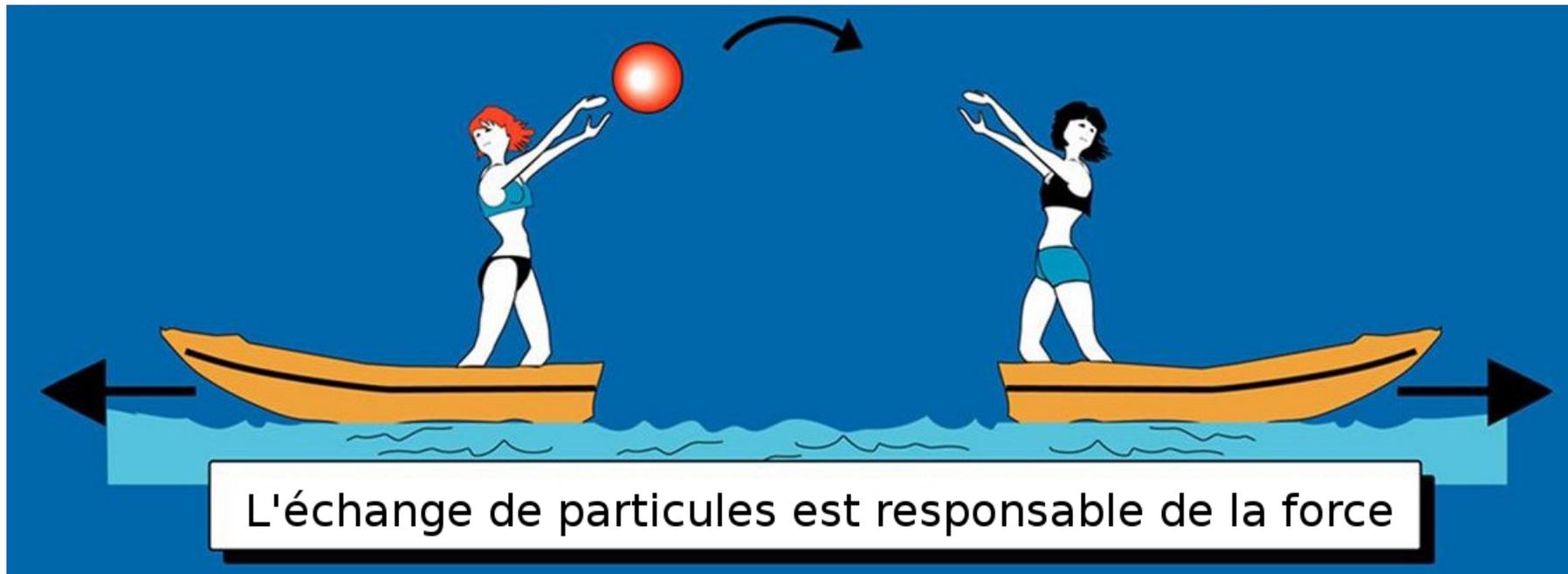


- Toute la matière visible, des galaxies aux virus en passant par les êtres humains, est faite de **quarks up** (u) et **down** (d) et d'**électrons**
- Protons et neutrons sont faits de 3 quarks
- Ils composent les noyaux
- Les électrons gravitent autour des noyaux
- Des **neutrinos** sont émis dans les réactions nucléaires au cœur des étoiles

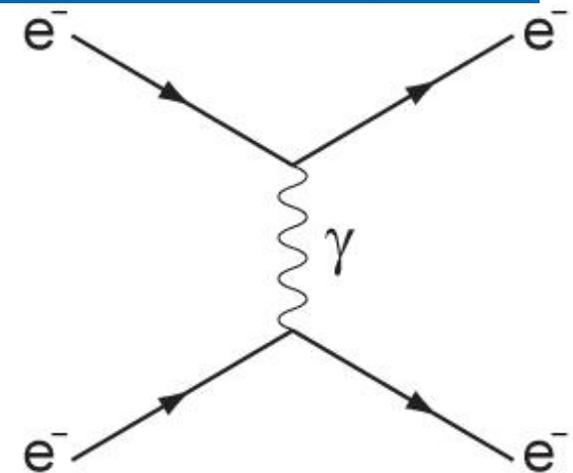


Interaction fondamentale

Échange de particules (bosons) entre particules de matière (fermions, comme les quarks ou les électrons)



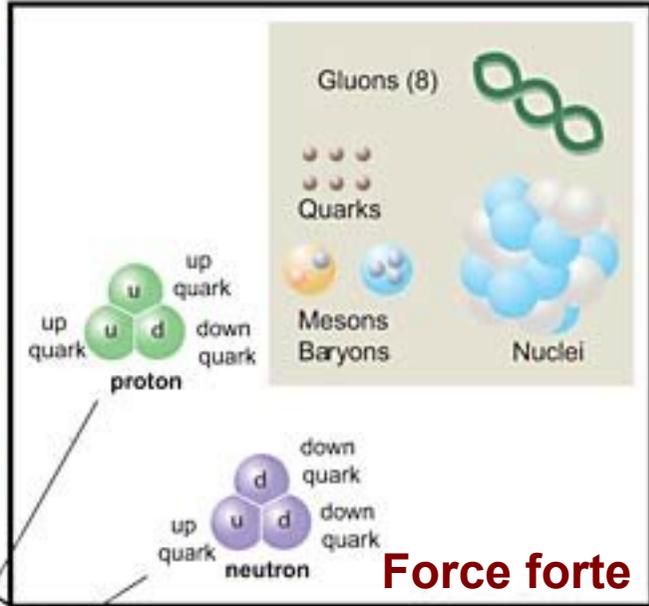
En physique des particules :



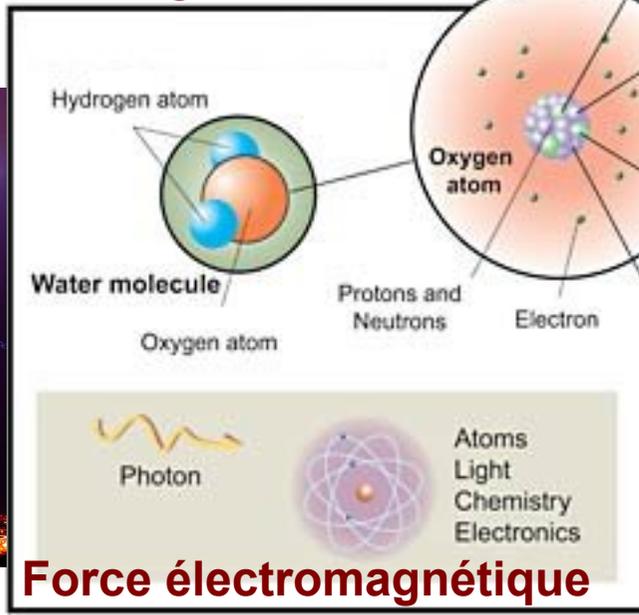
Les forces



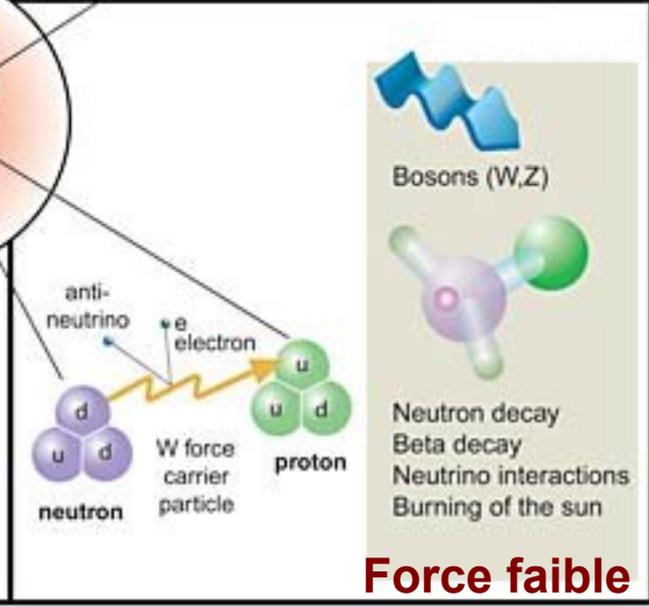
Force gravitationnelle



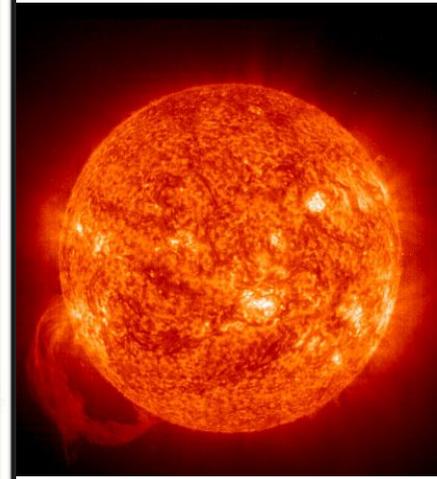
Force forte



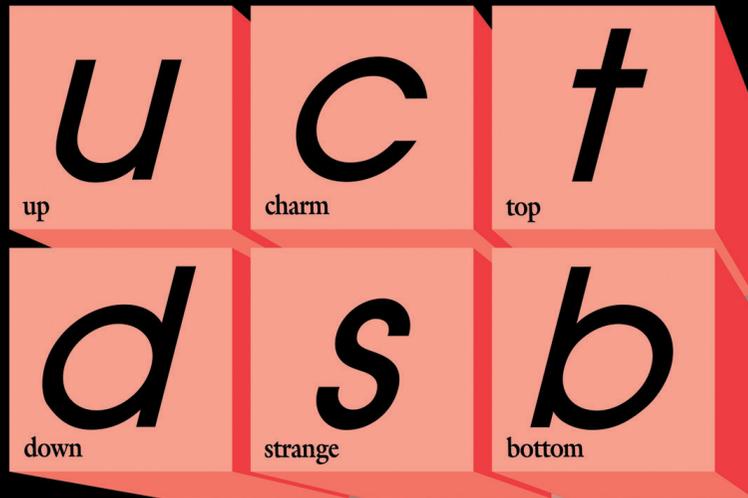
Force électromagnétique



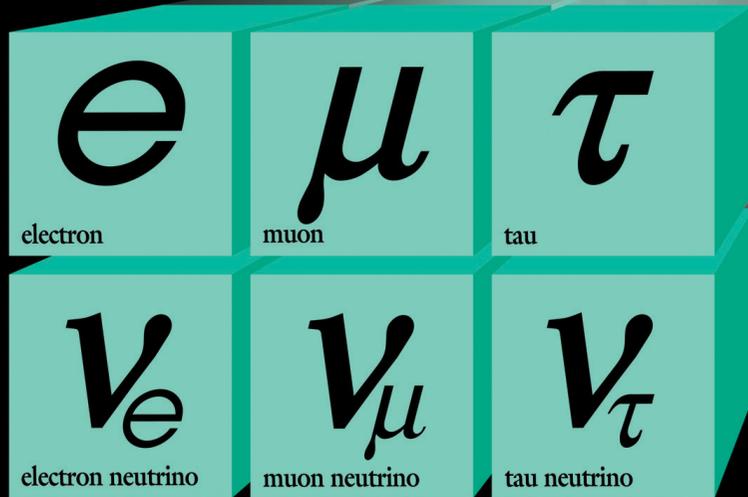
Force faible



Quarks



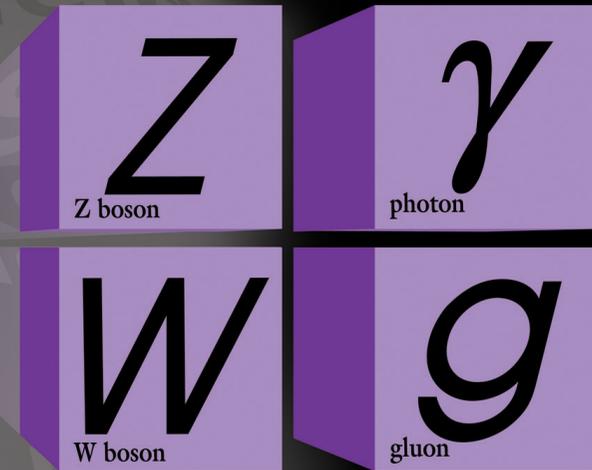
+ anti-matière



Leptons

Le modèle standard

Forces



Toutes ces particules ont une masse nulle, c'est contraire à l'expérience...

Solution : rajouter un champ de Higgs

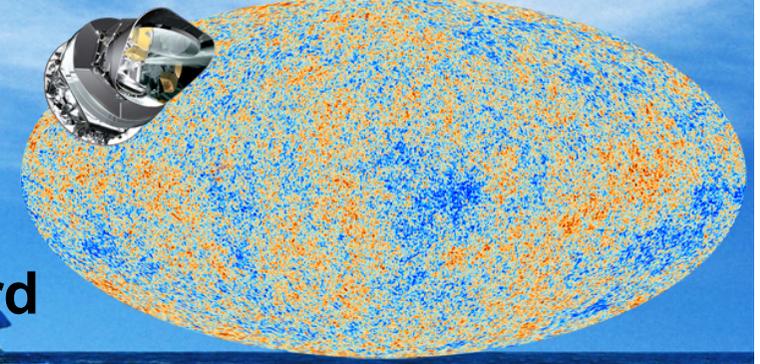
C'est tout ?

Planck, mars 2013

Nous et l'Univers visible



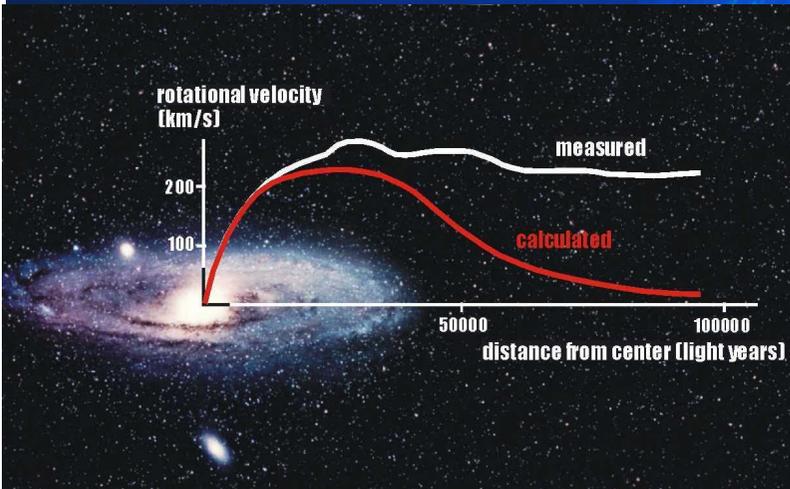
5% Modèle standard



27% Matière noire



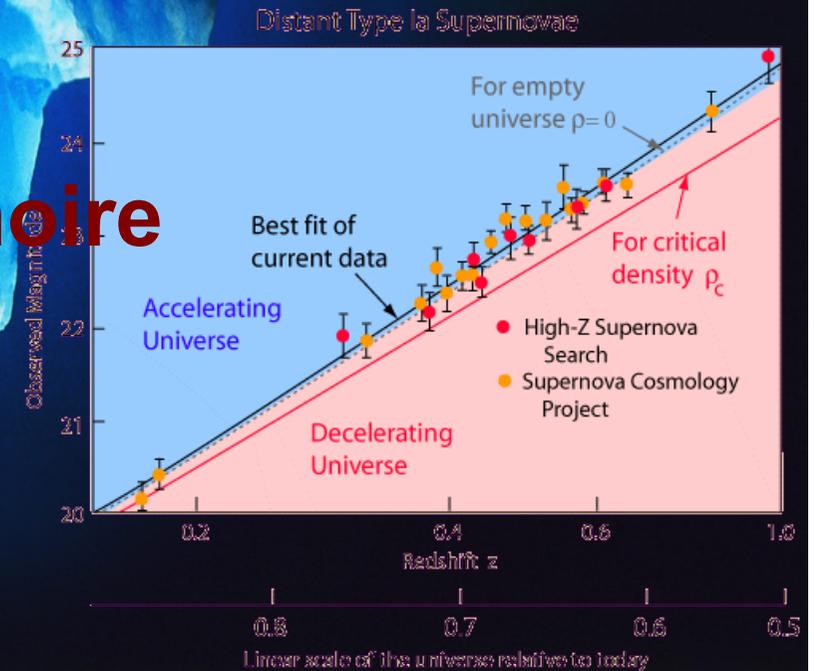
- On ne sait pas ce que c'est mais on croit savoir que c'est là
- Candidats observables au LHC (supersymétrie, ...) ?



68% Énergie noire



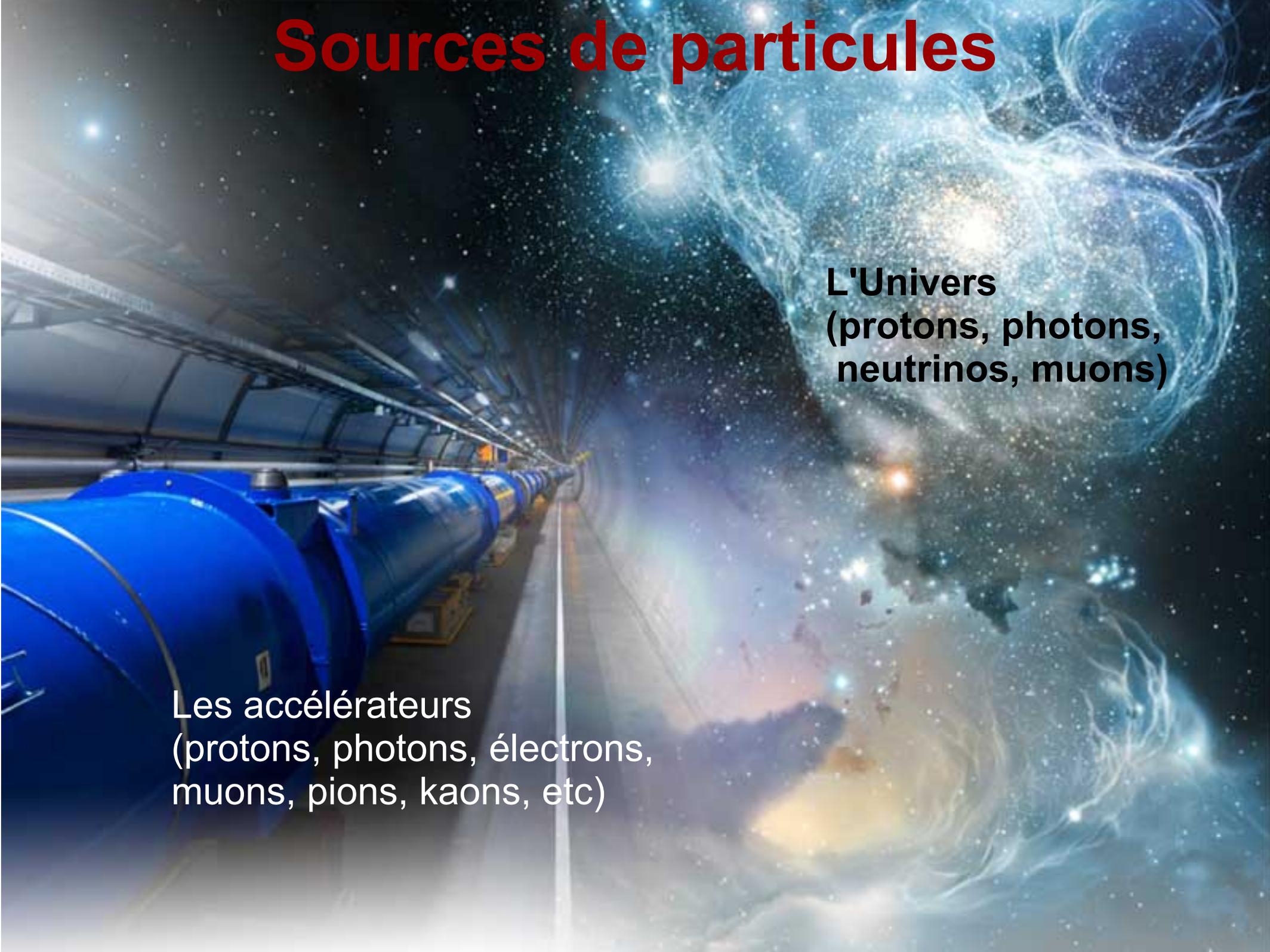
Pas la moindre idée de son origine !



Sources de particules

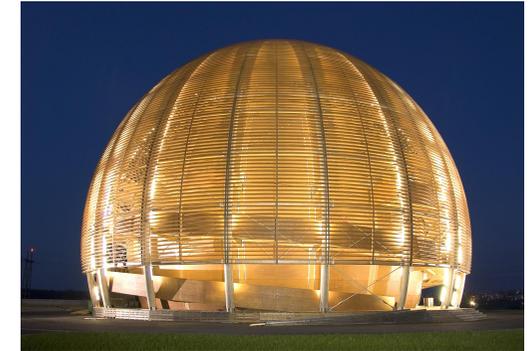
L'Univers
(protons, photons,
neutrinos, muons)

Les accélérateurs
(protons, photons, électrons,
muons, pions, kaons, etc)





Le CERN



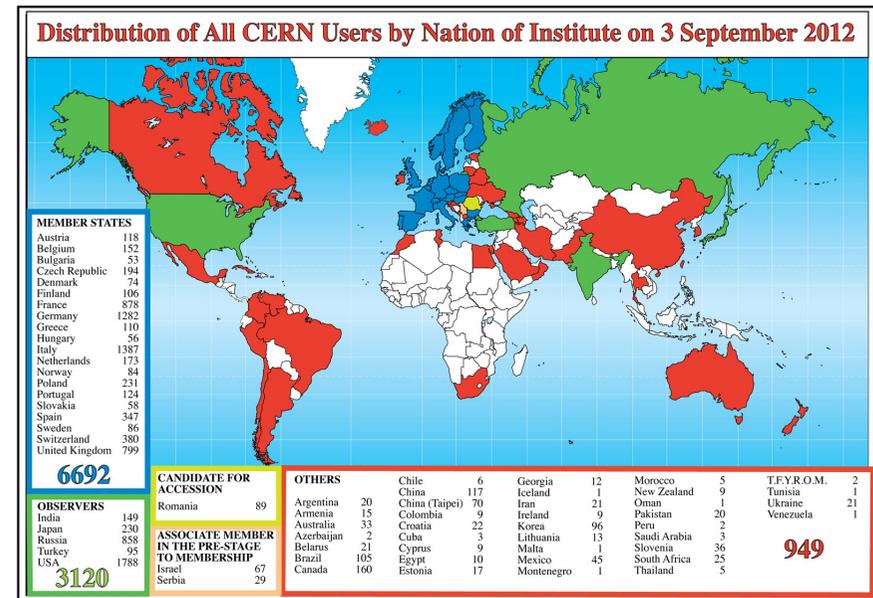
Organisation européenne pour la recherche nucléaire

Le laboratoire européen pour la physique des particules

- Organisation internationale
- Créée en 1954 (festivités pour ses 60 ans cette année)
- 21 états membres
- emploie ~2500 personnes
- ~10000 utilisateurs

- 500 instituts
- 80 pays

Formidable lieu de collaboration internationale
... et d'incubation pour les technologies de l'information



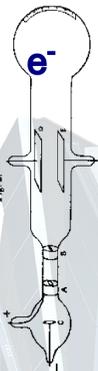
Le LHC : la machine à superlatifs



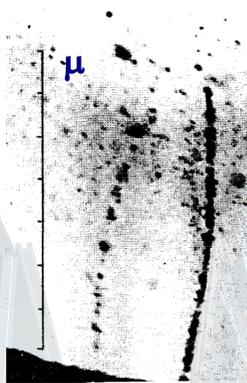
Le modèle standard redécouvert

LHC 2010 : un siècle en un an

Découverte historique



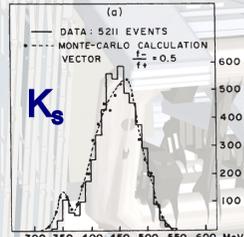
1897



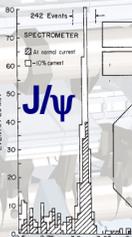
1937



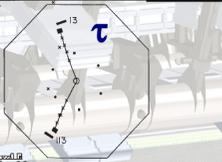
1947



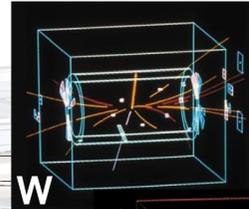
1964



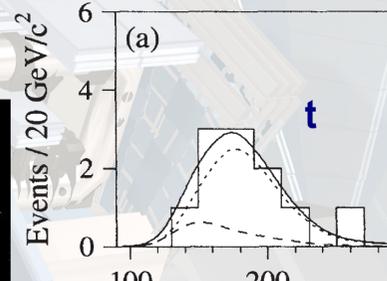
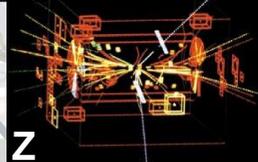
1974



1976



1983

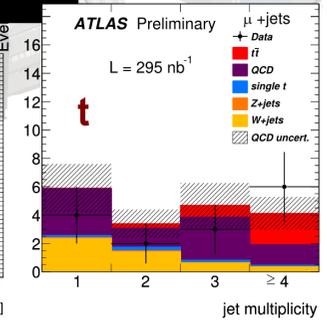
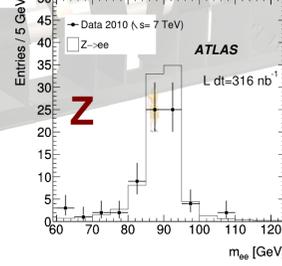
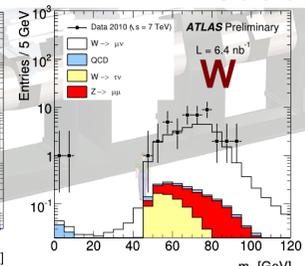
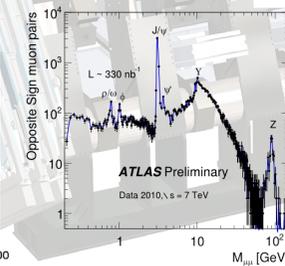
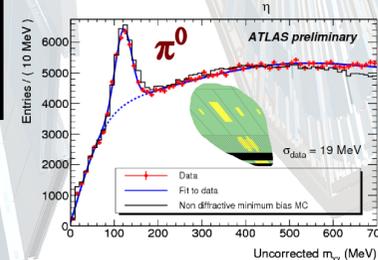
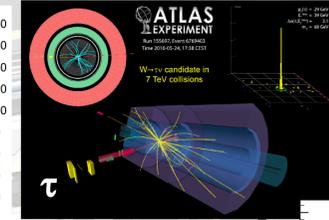
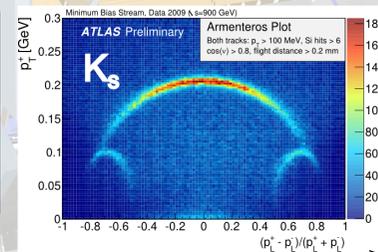
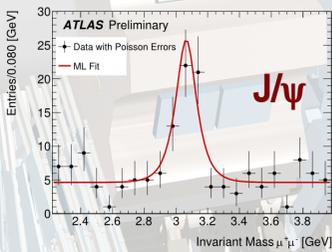
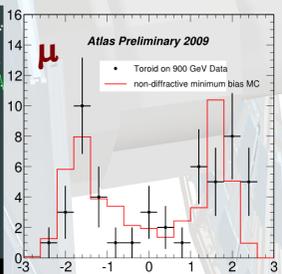


1995

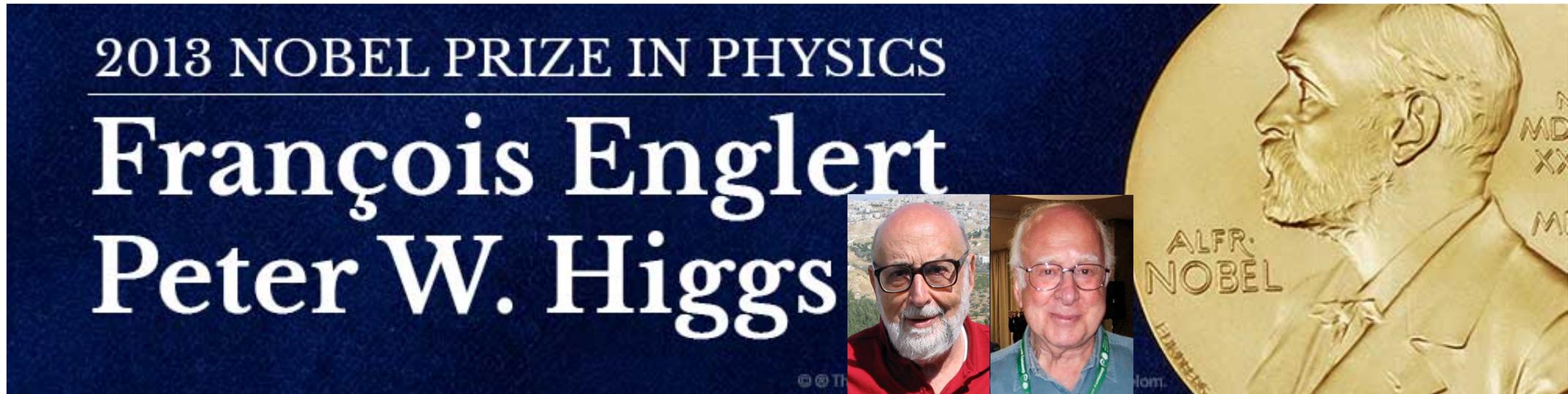
déc 2009

août 2010

Redécouverte par ATLAS



Prix Nobel de physique 2013



« pour la découverte théorique d'un mécanisme qui nous aide à comprendre l'origine de la masse des particules subatomiques, et qui a été récemment confirmé par la découverte de la particule fondamentale prédite, par les expériences ATLAS et CMS du grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN »



Le CERN et les expériences ATLAS & CMS

A quoi sert la recherche fondamentale du CERN ?

Raison d'être : curiosité humaine pour comprendre le monde qui nous entoure

Applications :

- Concepts théoriques comme l'antimatière utilisés dans les scanners TEP
- Technologie des détecteurs utilisée en médecine
- Faisceaux utilisés en hadronthérapie

Plus inattendu :

- Grille de calcul
- Isolation des panneaux solaires de l'aéroport de Genève

► **Le Web a été inventé au CERN !**



Programme de la journée

La parole aux doctorant(e)s

- Thomas Serre: ATLAS (recherche de la supersymétrie)
- Aurore Mathieu: ANTARES (téléscope sous-marin à neutrinos)
- Margaux Hamonet: imXgam (tomographie hybride TEP/CT)

10 h 30: Pause café

- Alessandro Mordà: LHCb (recherche de désintégrations rares)
- Benoît Serra: EUCLID (cartographie de la géométrie de l'univers sombre)
- Fanny Hivert: T2DM2 (tomographie à muons)

12 h: Pause de midi

Programme de l'après-midi

14 h: Visites du CPPM (4 groupes, 1/2 h par poste)

- LSST: Pierre Karst (IR)
- MEUST: Sylvain Henry (IR) et Damien Dornic (CR)
- ClearPET/XPAD: Christian Morel (PR)
- DAQ LHCb: Jean-Pierre Cachemiche (IR) et Carlos Abellan (IE)

16 h: Pause café

- Film sur l'histoire et les retombées sociétales de l'expérience ATLAS (20 min)
- Emargement, discussion et conclusions

17 h: Fin de la journée

Thèmes pour les rapports

- **Astronomie neutrino sous-marine** (Aurore Mathieu)
- **Tomographie à muons** (Fanny Hivert)
- **Tomographie par émission de positons** (Margaux Hamonet)
- **Cartographie de la géométrie de l'univers sombre: qui sont les messagers ?** (Benoît Serra)
- **Expériences LHCb et ATLAS au LHC: en quoi ces deux expériences sont elles différentes ?**
(Thomas Serre et Alessandro Mordà)