

Physique des particules (Préambule)

Sébastien Descotes-Genon et Stéphane Monteil

descotes@th.u-psud.fr, monteil@in2p3.fr

Laboratoire de Physique Théorique
CNRS & Univ. Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Orsay

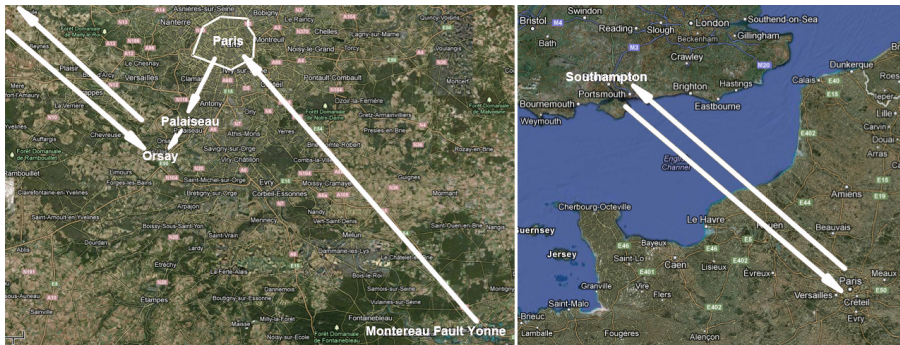
Laboratoire de Physique de Clermont,
IN2P3-CNRS, Université Clermont Auvergne, Clermont-Ferrand

French Teacher Programme, CERN 22/10/18



Préambule: Sébastien Descotes-Genon

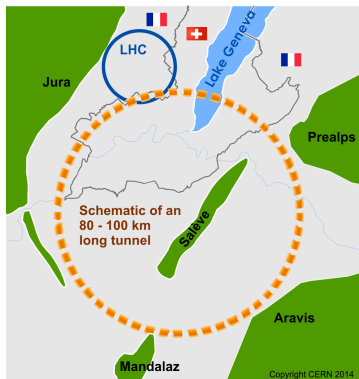
- ▶ 43 ans, directeur de recherche CNRS
- ▶ Thèse à Orsay (Institut de Physique Nucléaire)
- ▶ 2 ans de post-doctorat à Southampton (Grande-Bretagne)
- ▶ Actuellement, directeur du Lab. de Physique Théorique (Orsay)



Mots-clés: Phys. des particules, Phys. théorique, Interaction forte, Phys. des saveurs, Asymétrie particule/antiparticule, Vulgarisation

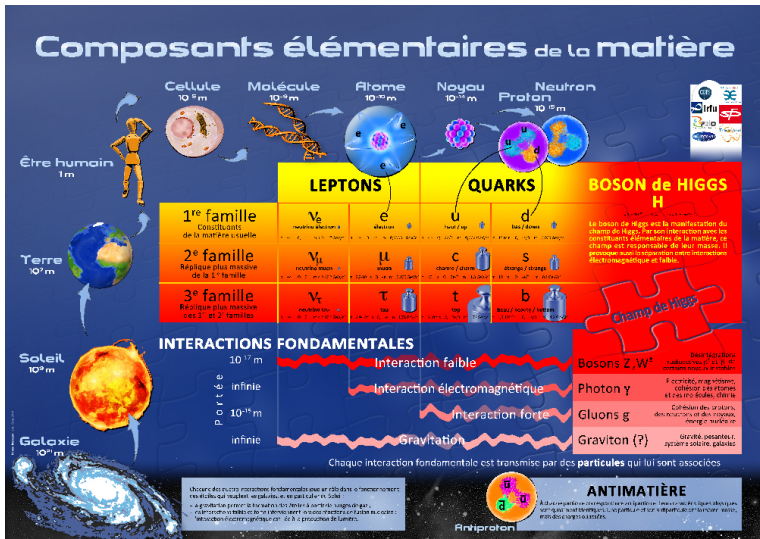
Préambule: Stéphane Monteil

- ▶ 48 ans, professeur des Universités
- ▶ Thèse à Clermont (Laboratoire de Physique Corpusculaire)
- ▶ Collaborations et et groupes ALEPH, CKMfitter, LHCb, FCC, SoLid
- ▶ Actuellement, professeur à l'Université de Clermont



Mots-clés: Phys. des particules, Phys. expérimentale, Phys. électrofaible, Physique des saveurs, Asymétrie particule/antiparticule, Enseignement

La matière, de l'infiniment grand à l'infiniment petit

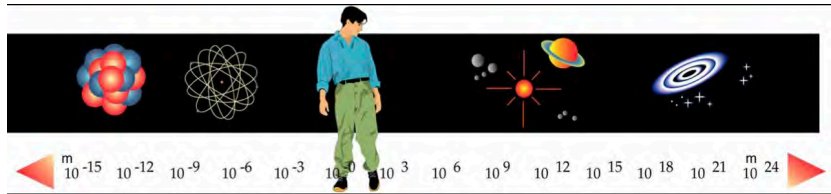


L'ordre des quatre interactions fondamentales que a été divisé en deux groupes ces étiquettes qui soulignent les particules, et en particulier les électrons

- à la collection par les neutrinos et les électrons à partir de la gravitation par
- à la collection par les neutrinos et les électrons à partir de la gravitation par
- à la collection par les neutrinos et les électrons à partir de la gravitation par

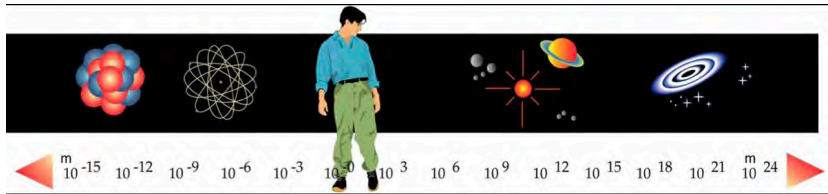


Monter en énergie, diminuer en taille

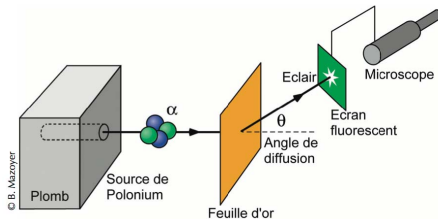


- ▶ sonder sur des distances plus petites
- ▶ avec des particules d' E de plus en plus élevée
- ▶ photons de plus en plus énergétiques (UV, X, γ)

Monter en énergie, diminuer en taille



- ▶ sonder sur des distances plus petites
- ▶ avec des particules d' E de plus en plus élevée
- ▶ photons de plus en plus énergétiques (UV, X, γ)



- ▶ ou d'autres projectiles déviés par constituants [cf. Geiger, Marsden, Rutherford qui "voient" le noyau avec α sur atome d'or]

Quelques ordres de grandeur



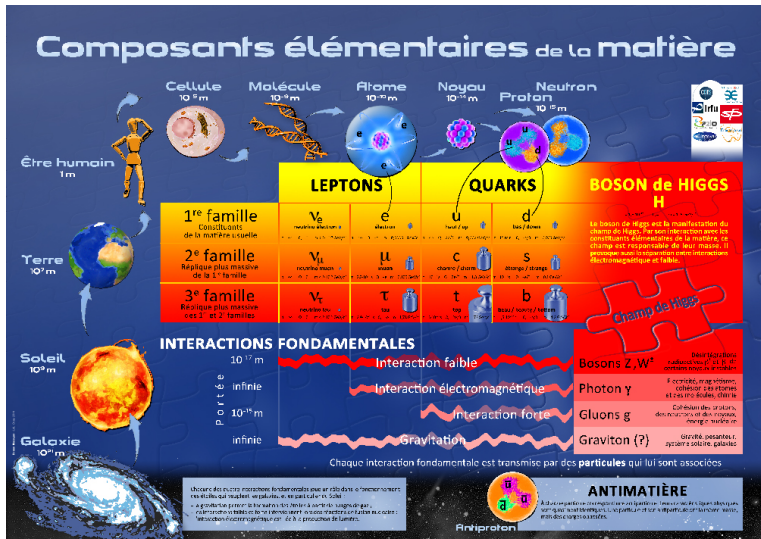
E : accélération d'un électron soumis à 1 volt de différence de potentiel

1 electron-volt: $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

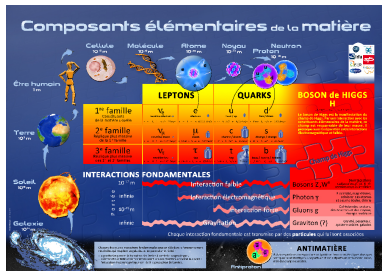
Energie thermique d'une molécule	0.04 eV
Lumière visible	1.5-3.5 eV
Energie de dissociation NaCl en ions	4.2 eV
Energie d'ionisation d'un atome d'hydrogène	13.6 eV
Energie d'un électron frappant un écran cathodique	20 keV
Rayons X pour la médecine	0.2 MeV
Rayonnements nucléaires (α , β , γ)	1-10 MeV
Energie de masse d'un proton	1 GeV
Énergie de collision au LHC	7-14 TeV
Rayons cosmiques	jusqu'à 10^{21} eV, <i>i.e</i> 10^9 TeV.

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}, 1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}, 1 \text{ TeV} = 10^{12} \text{ eV}$$

Le Modèle Standard, en fait

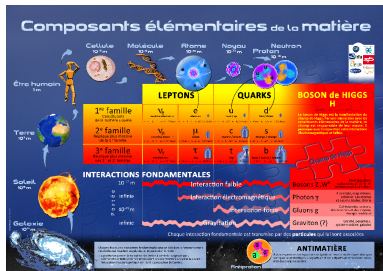


Le Modèle Standard (1)



- ▶ **3 familles** de fermions de masse croissante
 - ▶ 1 lepton chargé (e, μ, τ , charge électrique -1)
 - ▶ 1 lepton neutre (neutrinos, charge 0)
 - ▶ 1 quark de charge +2/3
 - ▶ 1 quark de charge -1/3

Le Modèle Standard (1)



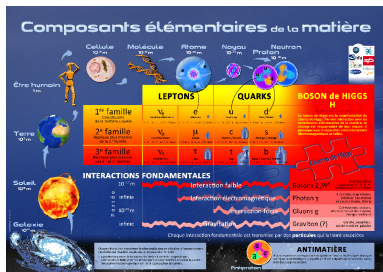
► **3 familles** de fermions de masse croissante

- 1 lepton chargé (e, μ, τ , charge électrique -1)
- 1 lepton neutre (neutrinos, charge 0)
- 1 quark de charge $+2/3$
- 1 quark de charge $-1/3$

► **3 interactions** transportées par bosons médiateurs

- électromagnétisme (photon) : toutes part. chargée électriquement
- interaction forte (gluons) : tous les quarks
- interaction faible (bosons W^\pm et Z) : toutes les particules, sauf gluons

Le Modèle Standard (1)



▶ **3 familles** de fermions de masse croissante

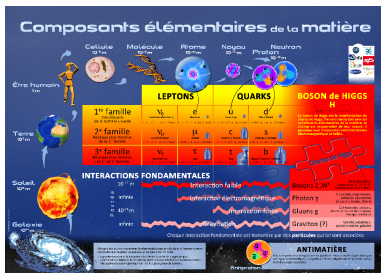
- ▶ 1 lepton chargé (e, μ, τ , charge électrique -1)
- ▶ 1 lepton neutre (neutrinos, charge 0)
- ▶ 1 quark de charge $+2/3$
- ▶ 1 quark de charge $-1/3$

▶ **3 interactions** transportées par bosons médiateurs

- ▶ électromagnétisme (photon) : toutes part. chargée électriquement
- ▶ interaction forte (gluons) : tous les quarks
- ▶ interaction faible (bosons W^\pm et Z) : toutes les particules, sauf gluons

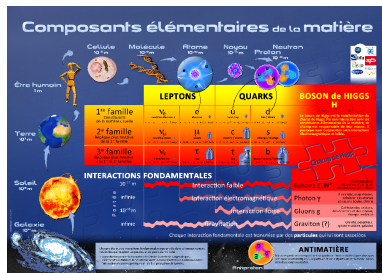
▶ **1 boson H** témoin du mécanisme de Higgs, séparant électromagnétisme/faible et donnant masse aux particules élémentaires (à la fois aux médiateurs de l'interaction faible et aux fermions)

Le Modèle Standard (2)



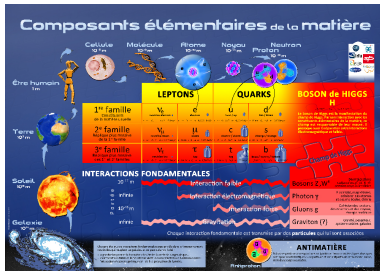
- ▶ à chaque particule, **antiparticule** de même masse et charges opposées

Le Modèle Standard (2)



- ▶ à chaque particule, **antiparticule** de même masse et charges opposées
- ▶ particules lourdes instables, se désintégrant en particules plus légères
- ▶ décrit par combinaison de relativité restreinte et de mécanique quantique, décrivant la création et l'annihilation de particules

Le Modèle Standard (2)



- ▶ à chaque particule, **antiparticule** de même masse et charges opposées
- ▶ particules lourdes instables, se désintégrant en particules plus légères
- ▶ décrit par combinaison de relativité restreinte et de mécanique quantique, décrivant la création et l'annihilation de particules
- ▶ très bien testé jusqu'à présent (excellent accord théorie-expérience)

“Voir” les particules élémentaires



- ▶ Voir, en science, c'est utiliser un outil plus ou moins complexe. . .
- ▶ Dont nous devons interpréter les signaux

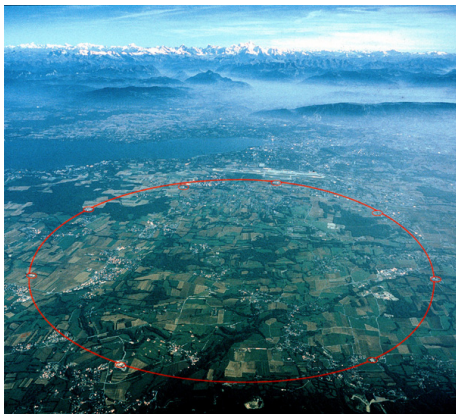
“Voir” les particules élémentaires



- ▶ Voir, en science, c'est utiliser un outil plus ou moins complexe. . .
- ▶ Dont nous devons interpréter les signaux

- ▶ En physique des particules, il s'agit d'un détecteur
- ▶ Il peut identifier les particules et déterminer leurs propriétés (masse, charge, désintégrations. . .)
- ▶ Encore faut-il avoir des particules à observer !

Mesurer les particules



*Le CERN près de Genève avec
le LHC [Large Hadron Collider]*

Mesurer les particules



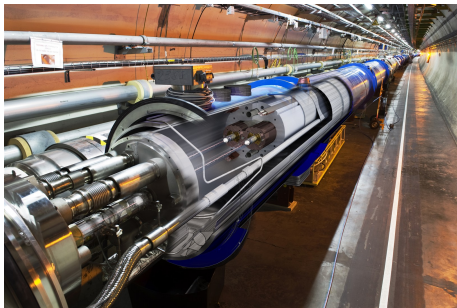
- ▶ un vrai periph' pour particules

Mesurer les particules



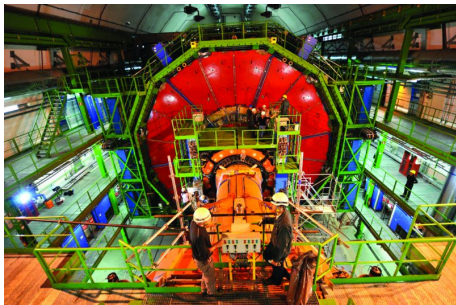
- ▶ un vrai periph' pour particules
- ▶ accélérées et déviées par des champs EM

Mesurer les particules



- ▶ un vrai periph' pour particules
- ▶ accélérées et déviées par des champs EM

Mesurer les particules



- ▶ un vrai periph' pour particules
- ▶ accélérées et déviées par des champs EM
- ▶ en certains points, il y a collision des faisceaux

Mesurer les particules



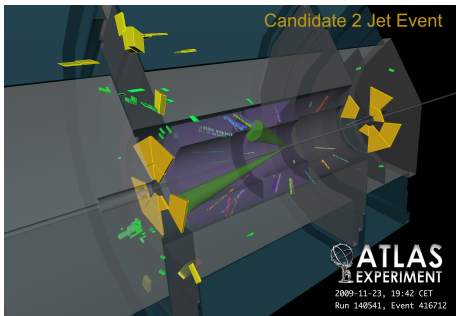
- ▶ un vrai periph' pour particules
- ▶ accélérées et déviées par des champs EM
- ▶ en certains points, il y a collision des faisceaux
- ▶ où se trouve aussi un détecteur

Mesurer les particules



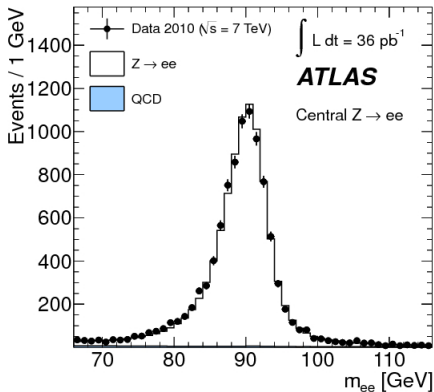
- ▶ un vrai periph' pour particules
- ▶ accélérées et déviées par des champs EM
- ▶ en certains points, il y a collision des faisceaux
- ▶ où se trouve aussi un détecteur

Mesurer les particules



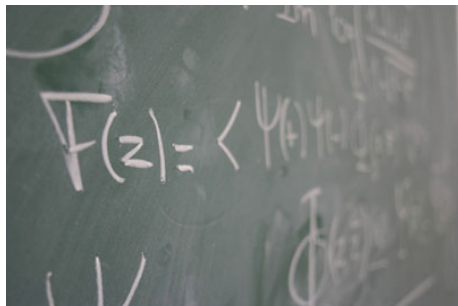
- ▶ un vrai periph' pour particules
- ▶ accélérées et déviées par des champs EM
- ▶ en certains points, il y a collision des faisceaux
- ▶ où se trouve aussi un détecteur
- ▶ pour identifier les particules créées au cours de la collision

Mesurer les particules



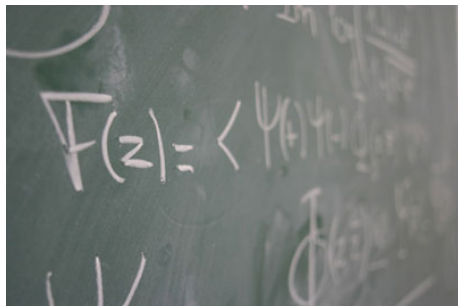
- ▶ un vrai periph' pour particules
- ▶ accélérées et déviées par des champs EM
- ▶ en certains points, il y a collision des faisceaux
- ▶ où se trouve aussi un détecteur
- ▶ pour identifier les particules créées au cours de la collision

Mesurer les particules



- ▶ un vrai periph' pour particules
- ▶ accélérées et déviées par des champs EM
- ▶ en certains points, il y a collision des faisceaux
- ▶ où se trouve aussi un détecteur
- ▶ pour identifier les particules créées au cours de la collision
- ▶ reste à interpréter ces données !

Mesurer les particules



- ▶ un vrai periph' pour particules
- ▶ accélérées et déviées par des champs EM
- ▶ en certains points, il y a collision des faisceaux
- ▶ où se trouve aussi un détecteur
- ▶ pour identifier les particules créées au cours de la collision
- ▶ reste à interpréter ces données !

Exemple: ATLAS au LHC