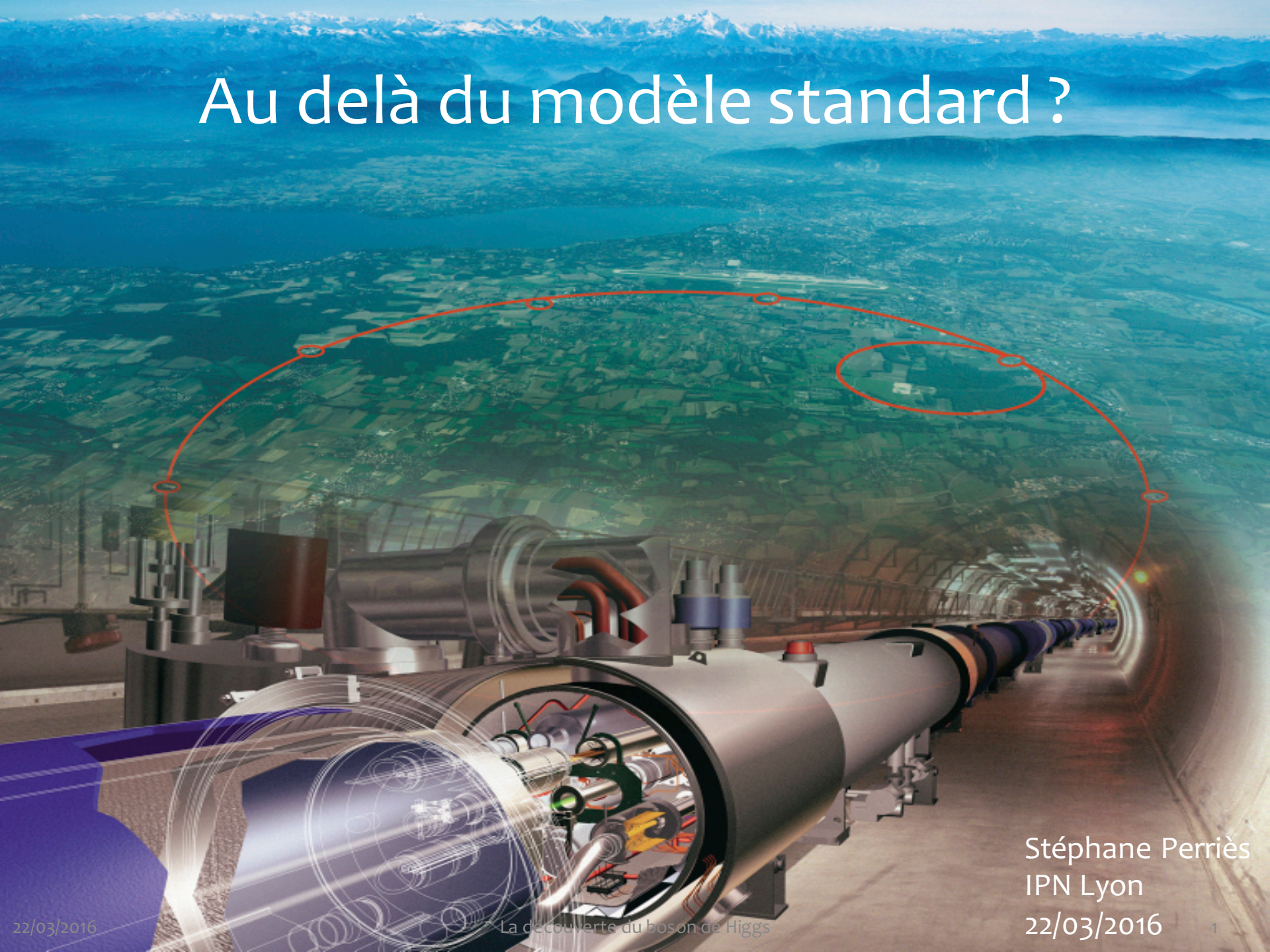


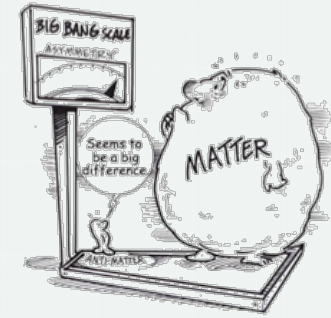
# Au delà du modèle standard ?



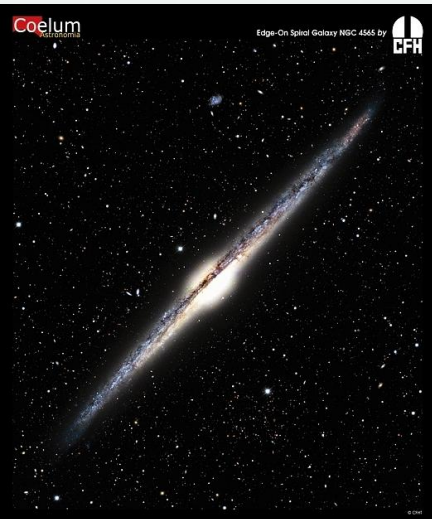
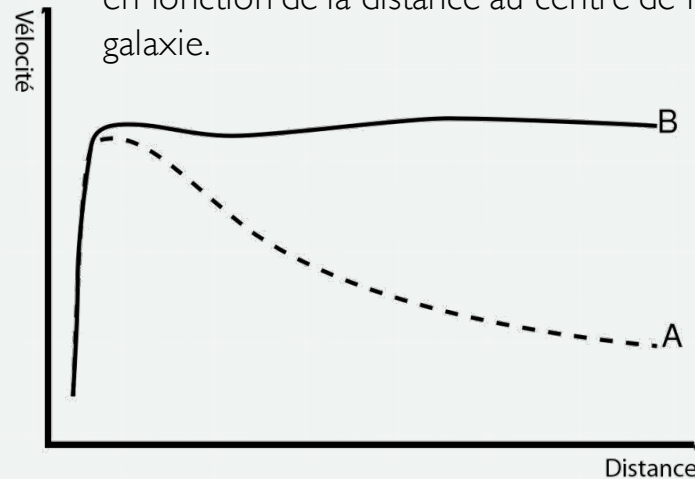
Stéphane Perriès  
IPN Lyon  
22/03/2016

# Les limites de la théorie : Des indices expérimentaux venus de l'univers

L'**anti-matière** a quasiment disparu de notre galaxie  
Violation de CP ?



Courbe de rotation prévue par les équations de Newton (A) et la courbe observée (B), en fonction de la distance au centre de la galaxie.



La cinématique des galaxies indique l'existence d'une matière supplémentaire non lumineuse : **la matière noire**

# Cosmologie avec les supernovae

Universalité dans les supernovae de type Ia

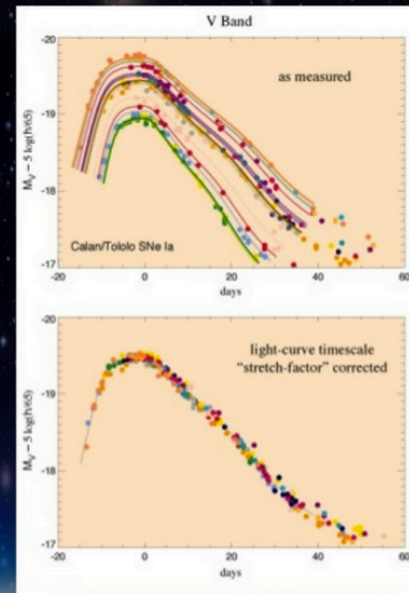
Corrélation entre la forme de la courbe de lumière et la luminosité intrinsèque



Supernovae de type Ia comme indicateurs de distance



Vastes programmes de recherche de supernovae



Source: High-z Supernova & Supernovae Cosmology Project

14

Mesure de la distance et de la vitesse des supernovae

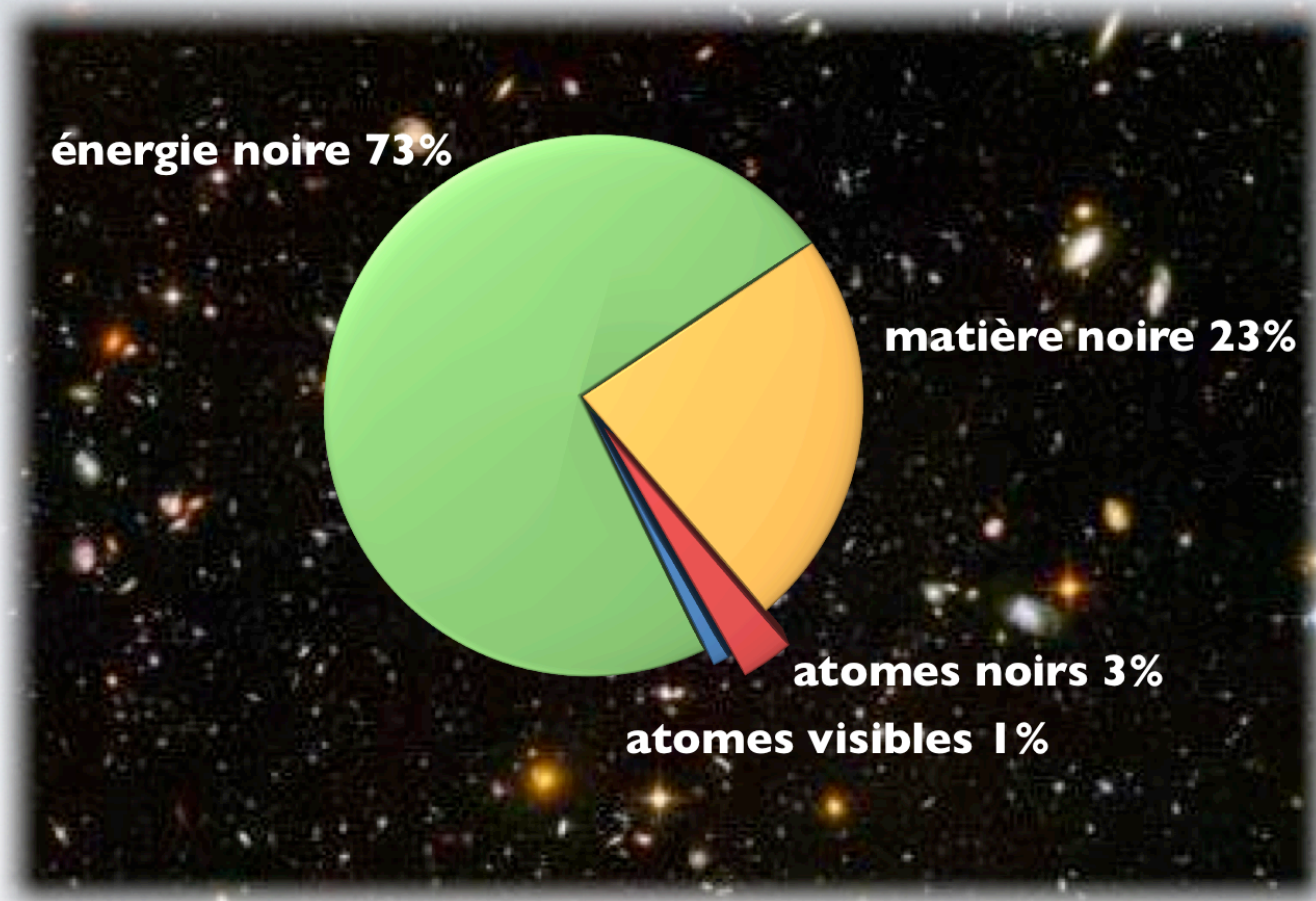
On observe une accélération de l'expansion de l'univers qui n'est pas compatible avec le contenu de l'univers (incluant la matière noire)

→ concept d'**énergie noire**

forme d'énergie hypothétique emplissant uniformément tout l'Univers et dotée d'une pression négative, qui la fait se comporter comme une force gravitationnelle répulsive

→ retour de la constante cosmologique ?

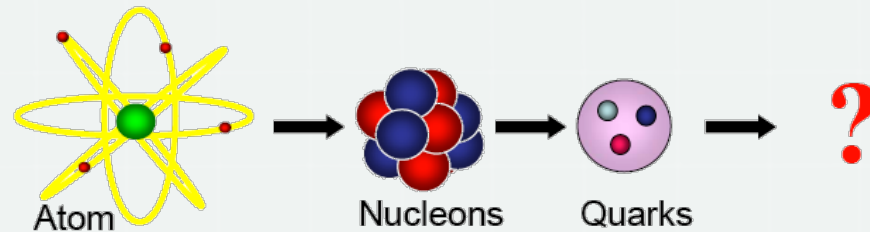
# bilan : que connaissons-nous ?



Energie noire + matière noire > 96 %.

**Nous ne comprenons que 4 % de l'Univers !**

# Des questions sans réponses

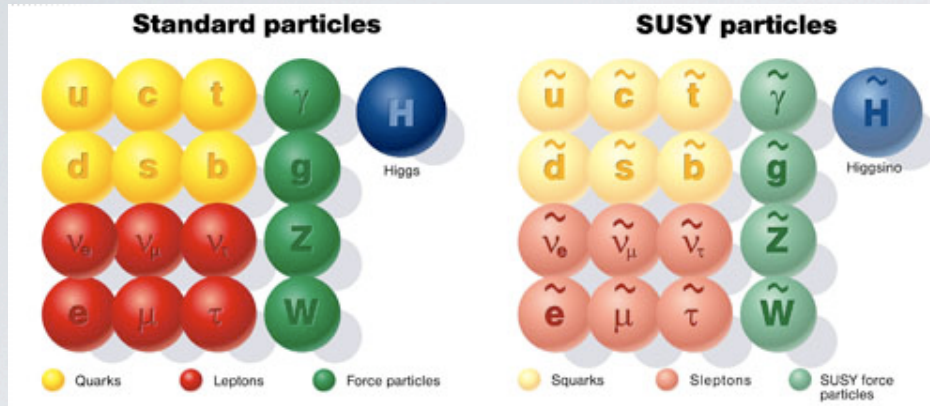


- Qu'est-ce que la matière noire ?
- Qu'est-ce que l'énergie noire ?
- Pourquoi l'antimatière a disparu ?
- Pourquoi les masses des particules sont si différentes ?
- Pourquoi 4 interactions fondamentales ? Pourquoi des intensités si différentes ? Comment réconcilier la gravité avec les autres interactions ? Peut-on les unifier ?
- Combien y-a-t-il vraiment de dimensions dans notre univers

La réponse à certaines de ces questions est probablement cachée dans la région jusqu'alors inexplorée du TeV ( $10^{12}$  eV)

- 🌐 Les questions fondamentales en physique des hautes énergies sont trop nombreuses pour croire que le Modèle Standard soit la théorie ultime. Le modèle est probablement une théorie valide seulement à l'échelle d'énergie que l'on arrive à sonder aujourd'hui.

# la recherche en physique des particules aujourd'hui

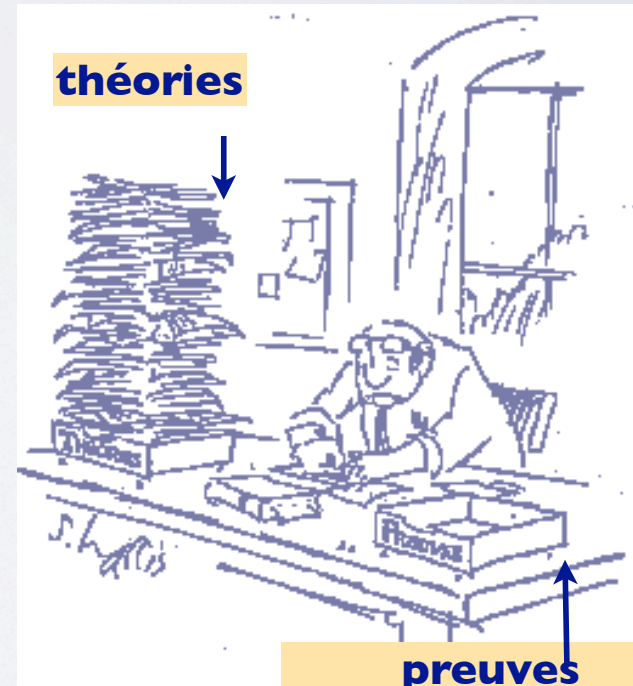


Le boson de Higgs !  
Des nouvelles particules ?  
Des dimensions supplémentaires ?

Des extensions du modèle standard prédisent l'existence de particules de matière noire, de nouveaux champs expliquant l'énergie noire (la quintessence)

Le **LHC** a déjà mis en évidence une nouvelle particule.

Il va peut-être en découvrir d'autres, et ainsi valider de nouvelles théories



**preuves  
expérimentales**

# Lois fondamentales de la physique < 1900

Fin XIX<sup>ème</sup> siècle :

*« La physique est définitivement constituée dans ses concepts fondamentaux ; tout ce qu'elle peut désormais apporter, c'est la détermination précise de quelques décimales supplémentaires. Il y a bien **deux petits problèmes** : celui du résultat négatif de l'expérience de Michelson et celui du corps noir, mais ils seront rapidement résolus et n'altèrent en rien notre confiance... »*

Lord Kelvin, 1900, british association for the advancement of science

Michelson → théorie de la relativité restreinte Einstein (1905)

Corps noir → Mécanique quantique Planck (1900)

Début XXI<sup>ème</sup> siècle :

Le modèle standard est une théorie très aboutie, mais il reste quelques “petits problèmes”

Nous pourrions bien nous trouver maintenant dans la même situation

**Le LHC (2010-2030) ouvre une nouvelle ère de la physique!**



# Un peu de pub : Masterclasses du CERN

- 🌐 Programme international initié par le CERN et destiné aux élèves de terminale scientifique (voire première).
- 🌐 Idée : Initiation à la recherche en physique des particules, en proposant aux étudiants d'être acteurs de la recherche.
- 🌐 Format :
  - 🌐 Cours/conférences d'introduction à la physique des particules, et aux techniques expérimentales associées
  - 🌐 Analyse de données réelles enregistrées en 2011 par le détecteur CMS auprès du LHC
  - 🌐 Visioconférence (en anglais) pour présenter les résultats obtenus