

Centre de Physique des particules de Marseille (CPPM)

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

Rencontres
professeurs
chercheurs

Yann Coadou
25 mars 2014



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



Les laboratoires de l'IN2P3 :



Le personnel : ~ 160 personnes

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

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

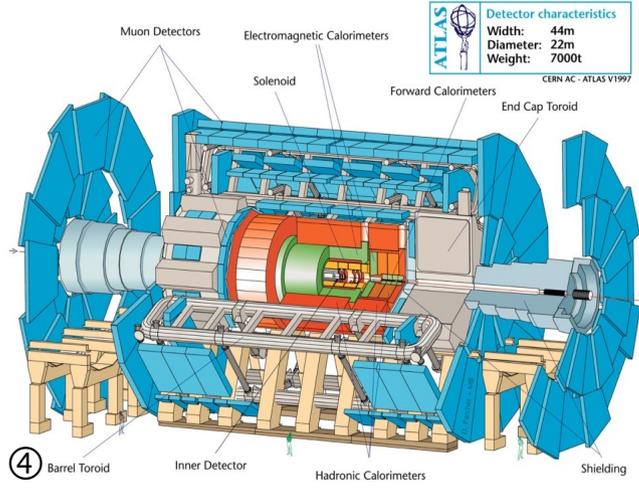
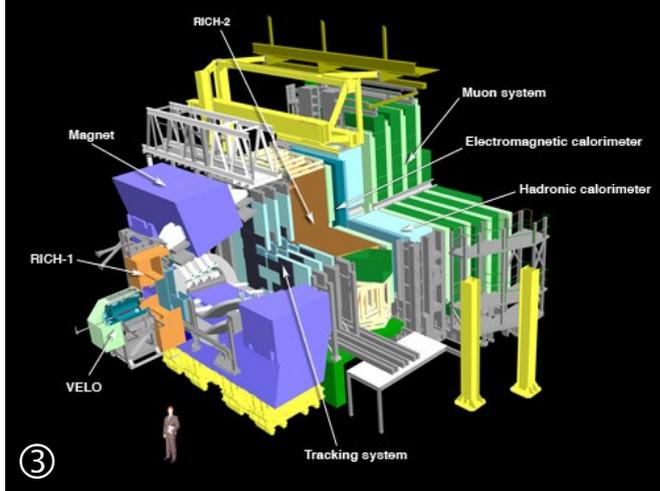
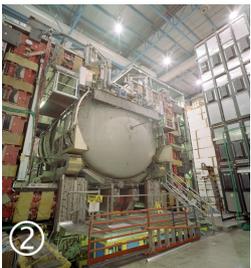
▸ expérimentale

- participation à de grands projets internationaux

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

Interdisciplinarité & valorisation

- application des techniques développées pour la physique fondamentale à d'autres thématiques



Après d'accélérateurs :

- ▶ H1 @ HERA (Hambourg) e-p [300 GeV] ①
- ▶ D0 @ Tevatron (Chicago) p-p [2 TeV] ②
- ▶ ATLAS & LHCb @ LHC (Genève) p-p [8 TeV] ③,④

En profondeur :

- ▶ sous les montagnes : SuperNemo (Modane) ⑤
- ▶ fond marin : Antares, MEUST, KM3NeT (Toulon) ⑥

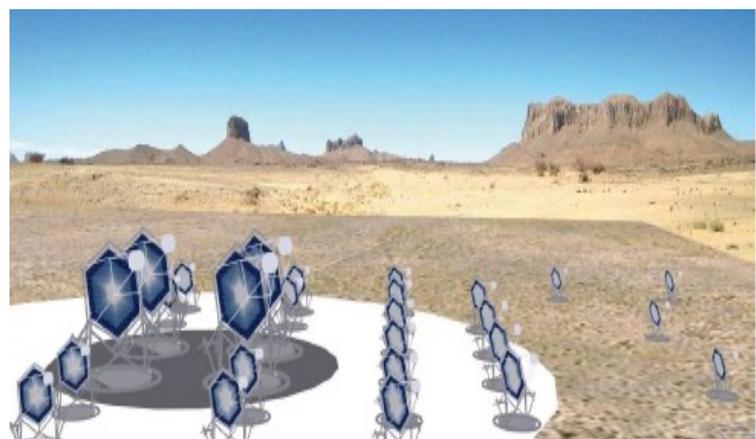
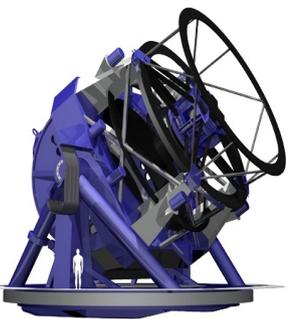
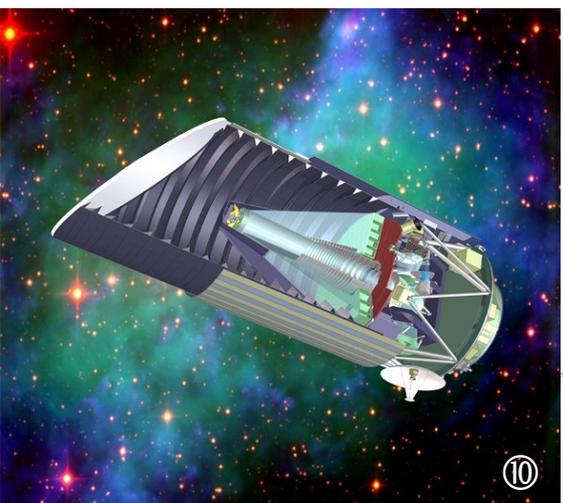
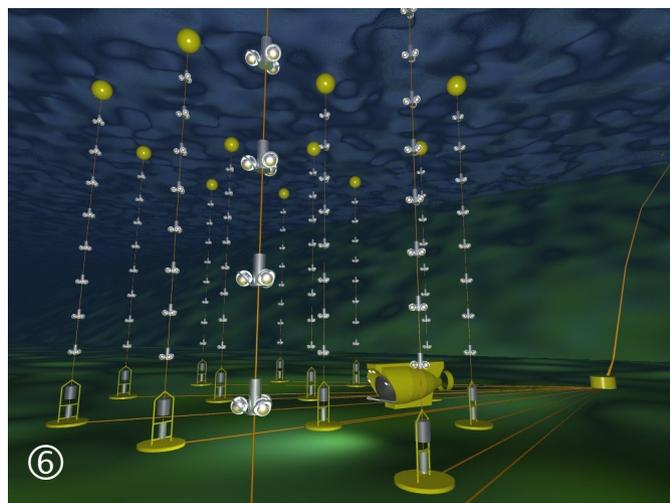
Face au ciel :

- ▶ dans le désert : CTA (Namibie) ⑦
- ▶ au sommet des montagnes : SNLS ⑧, SNFactory, BOSS, LLST ⑨
- ▶ dans l'espace : EUCLID ⑩

Etude des constituants élémentaires
Recherche de nouvelle physique

Astronomie
Approche multi-messagers

Caractérisation de l'énergie noire
Approche multi-sondes



⑩

⑨

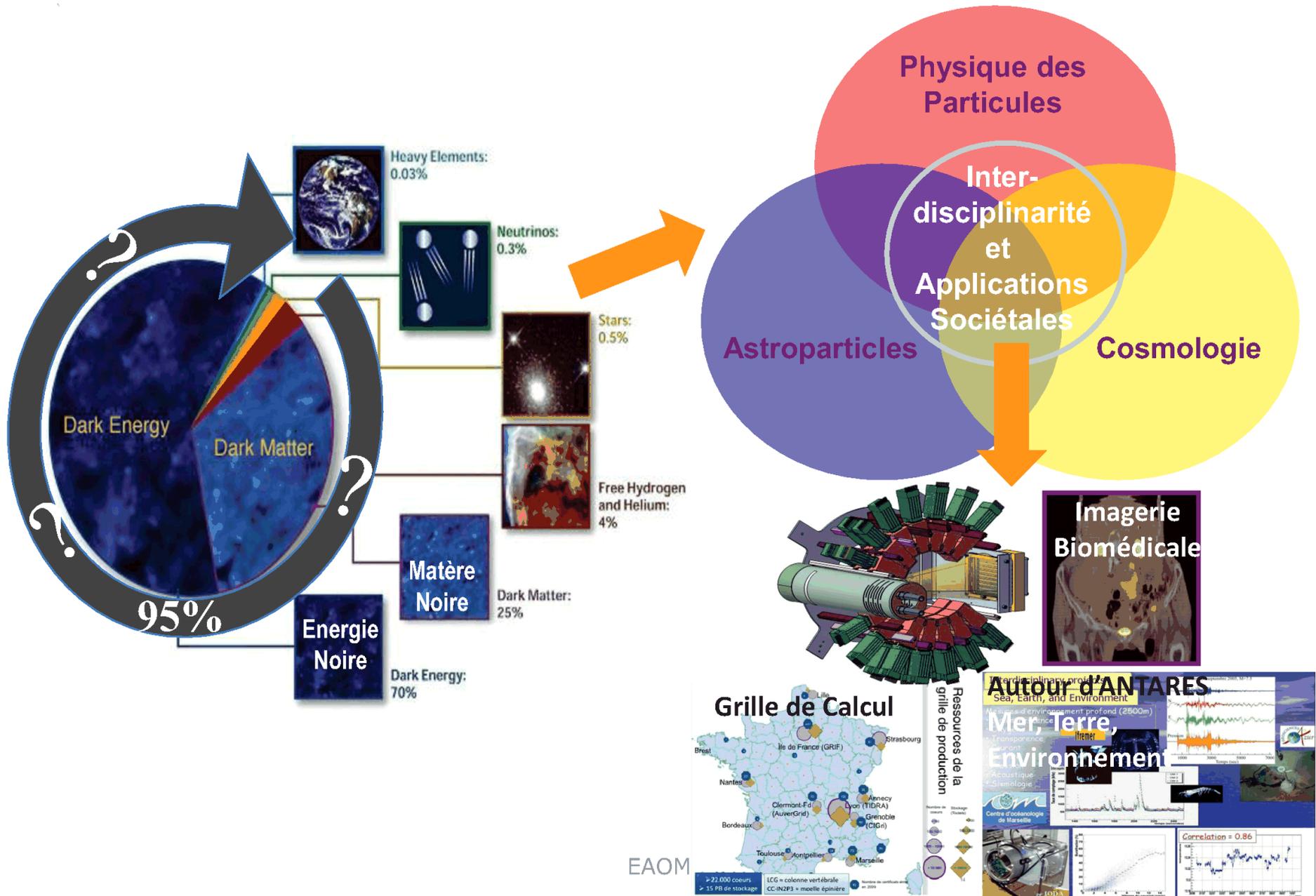
⑧

⑦

Rencon

rs

Interdisciplinarité et applications sociétales



La physique des particules

Voyage au coeur de la matière...



CPPM/SFP

La physique des particules

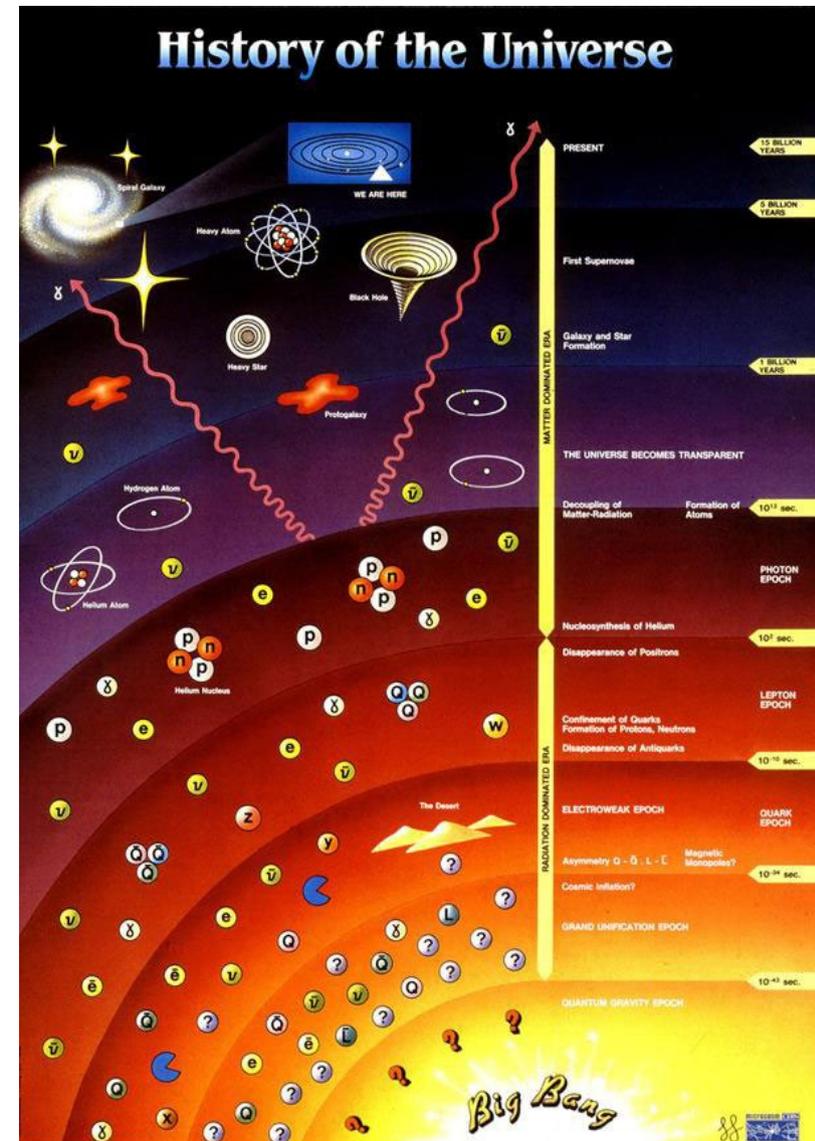
Étude des **constituants élémentaires** de la matière et de leurs **interactions**

- ▶ **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

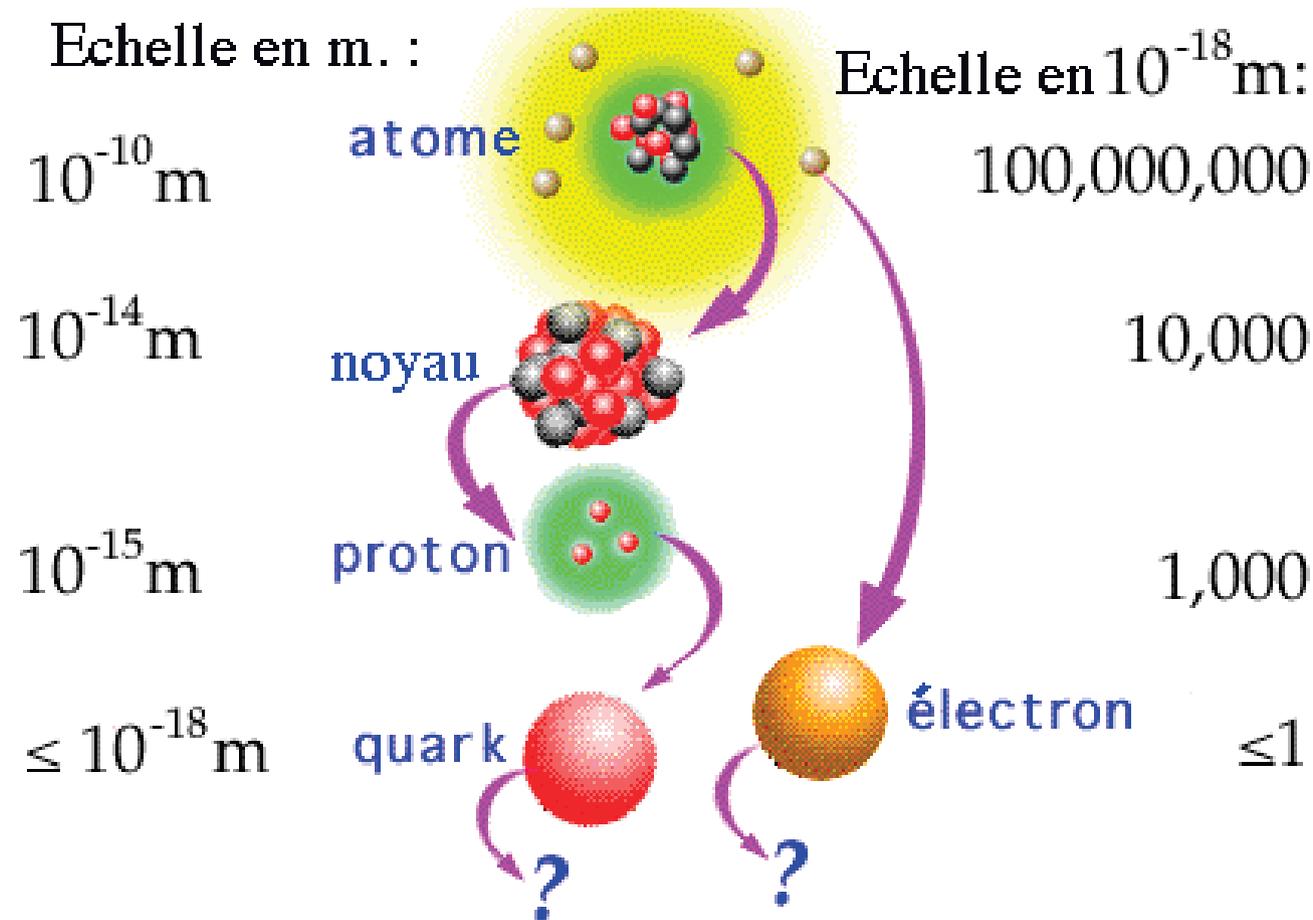
- ▶ **créées artificiellement dans des accélérateurs (collisionneurs) de particules qui reproduisent les conditions existant aux premiers instants de l'univers**
 - plus on accélère les particules,
plus on met d'énergie en jeu,
plus on remonte dans le temps



Le grand zoom de l'Univers

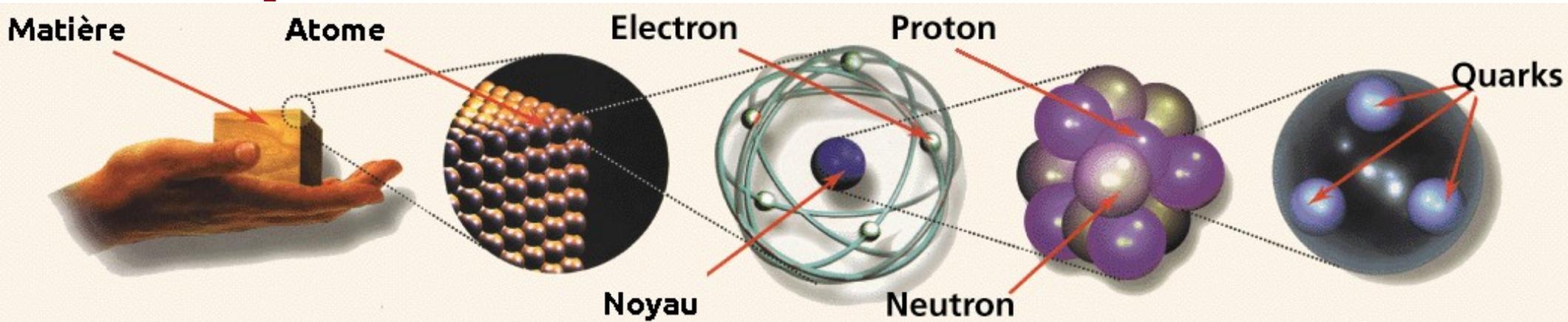


Échelle des distances en physique des particules

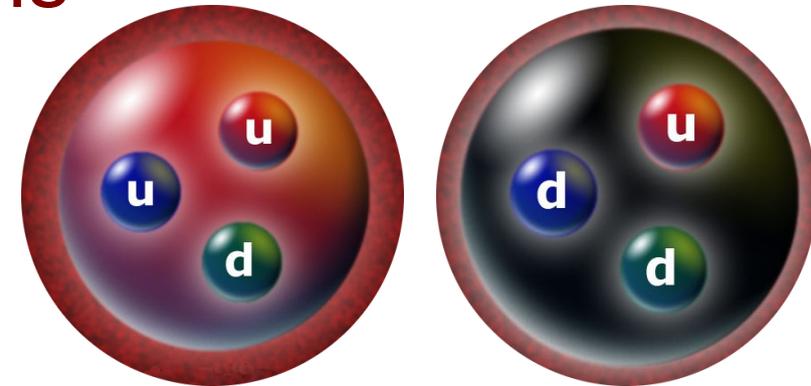


Si protons et neutrons étaient à **10 cm** l'un de l'autre, un quark ou un électron mesurerait **moins de 0,1 mm** et un atome environ **10 km**

De quoi est fait l'Univers visible ?

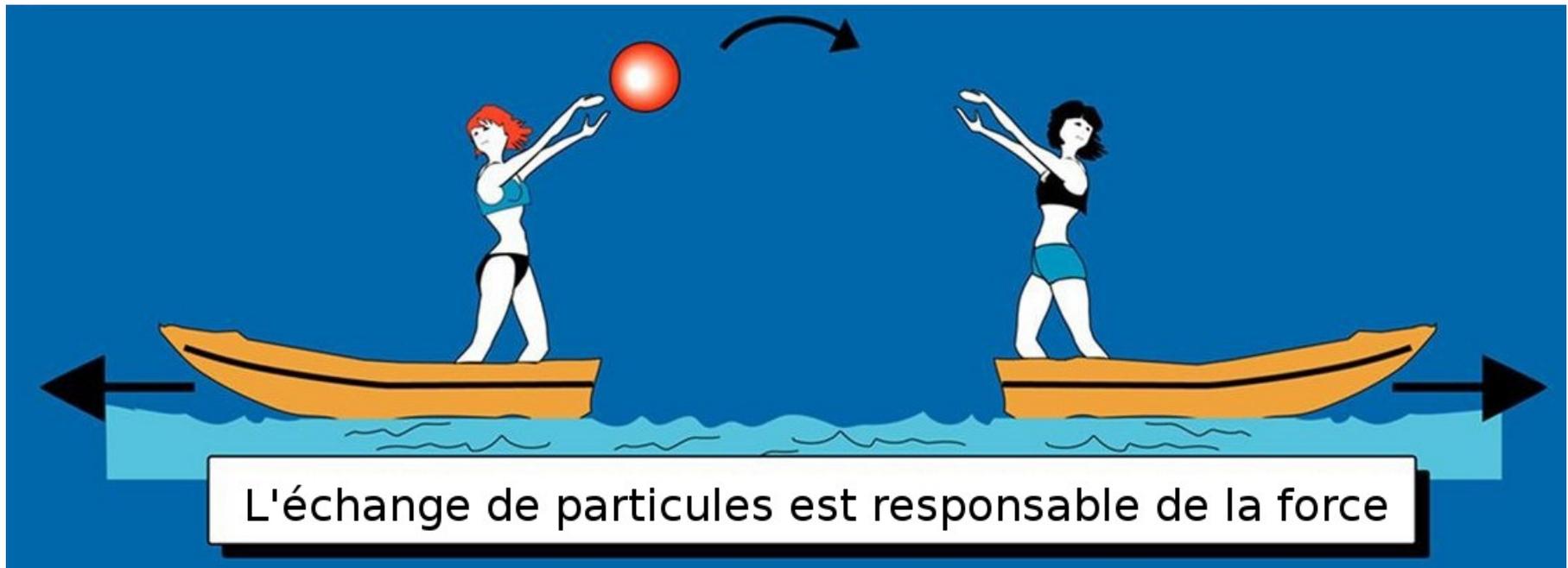


- Toute la matière visible, des galaxies aux virus en passant par les êtres humains, est faite de **quarks up** (*u*) et **down** (*d*) et d'**électrons**
- Protons et neutrons sont faits de 3 quarks
- Ils composent les noyaux
- Les électrons gravitent autour des noyaux
- Des **neutrinos** sont émis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



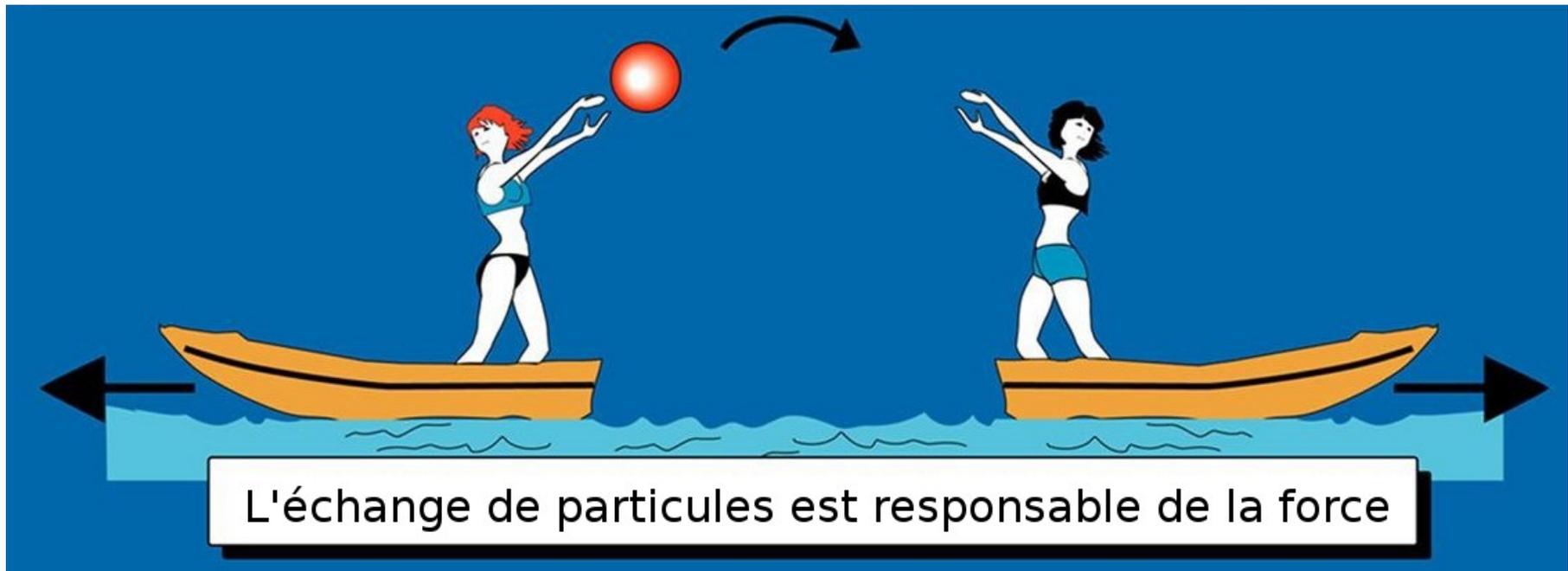
Interaction fondamentale

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

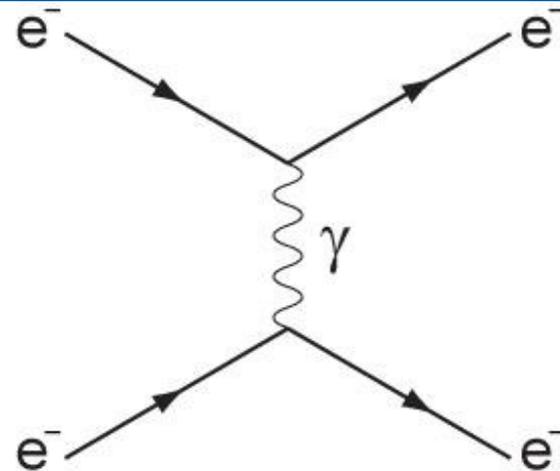


Interaction fondamentale

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

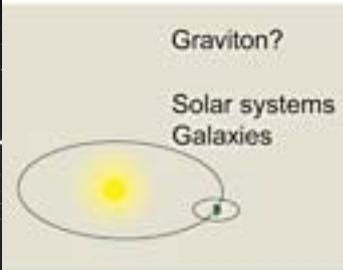
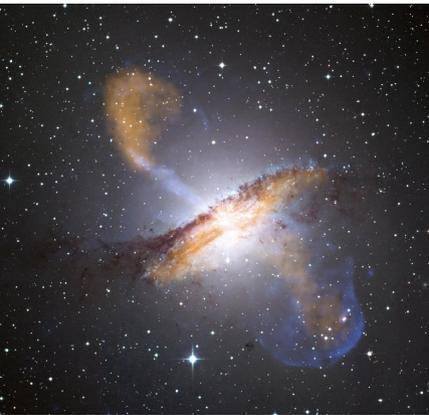


En physique des particules :



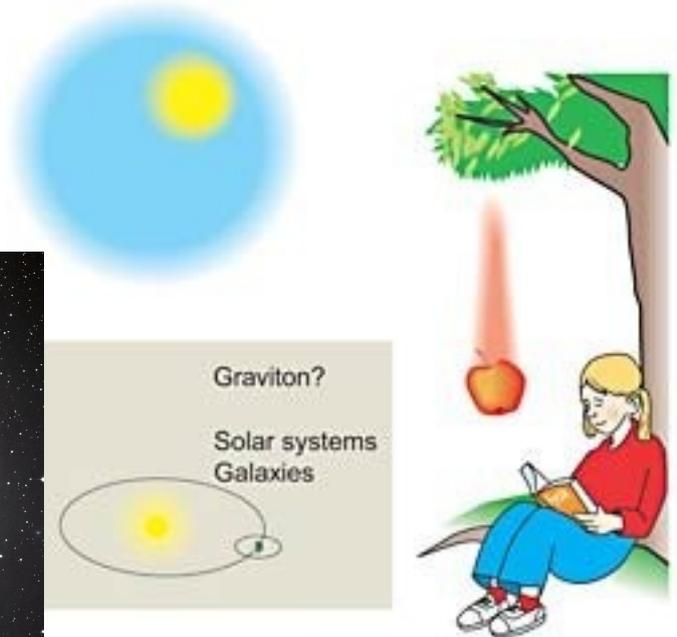
Les forces

Les forces

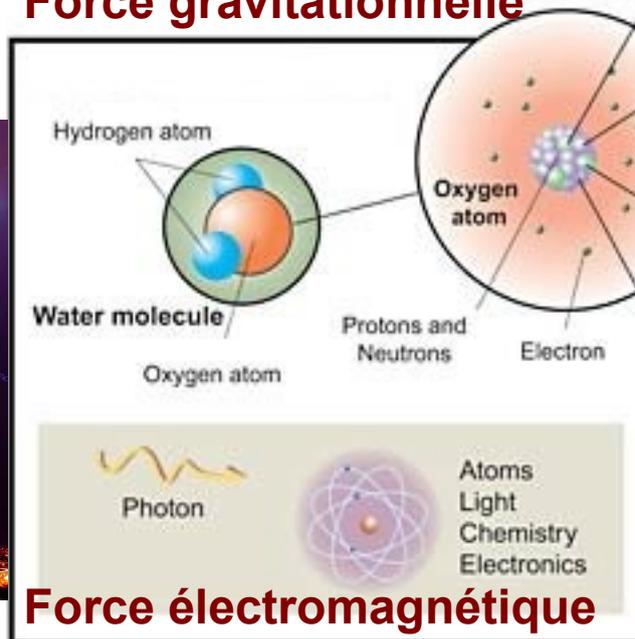


Force gravitationnelle

Les forces



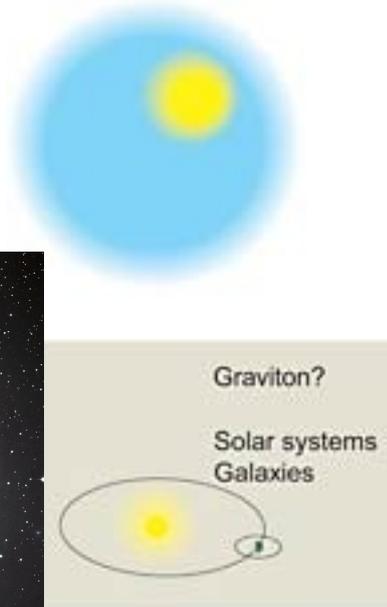
Force gravitationnelle



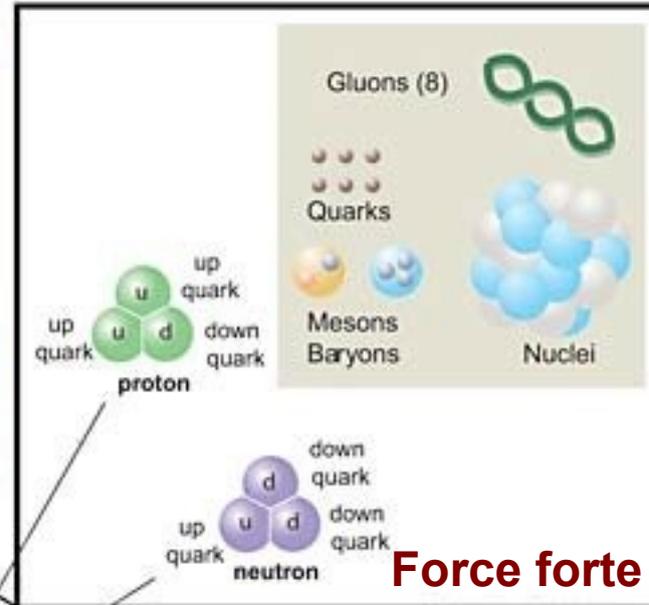
Force électromagnétique



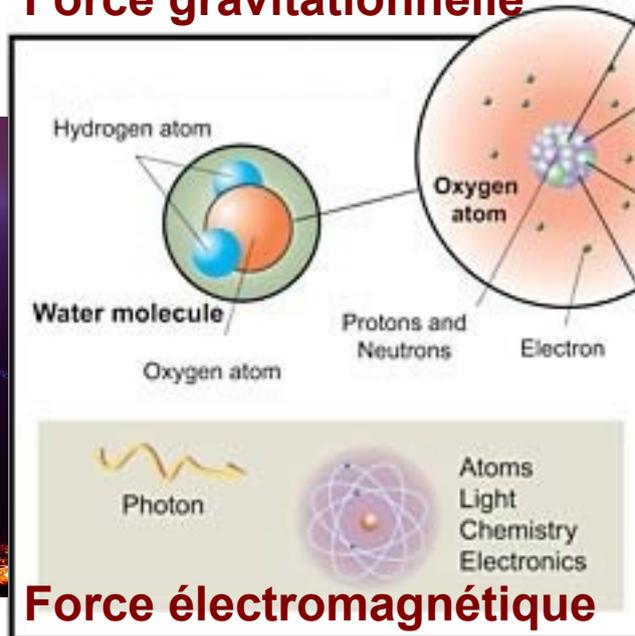
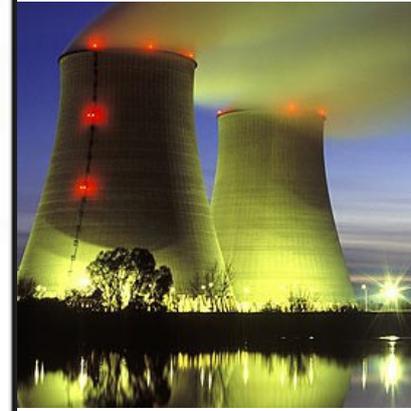
Les forces



Force gravitationnelle

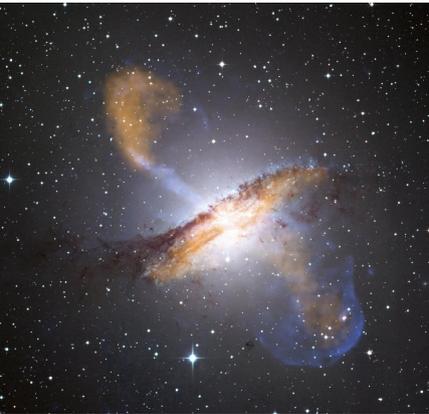


Force forte

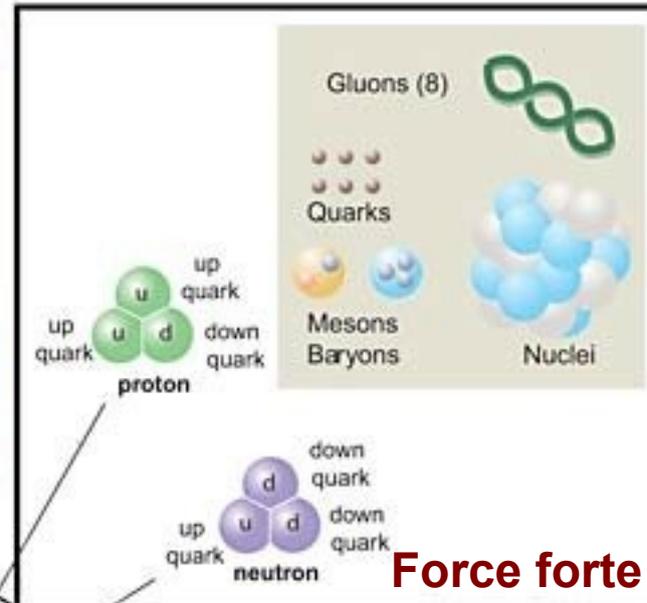


Force électromagnétique

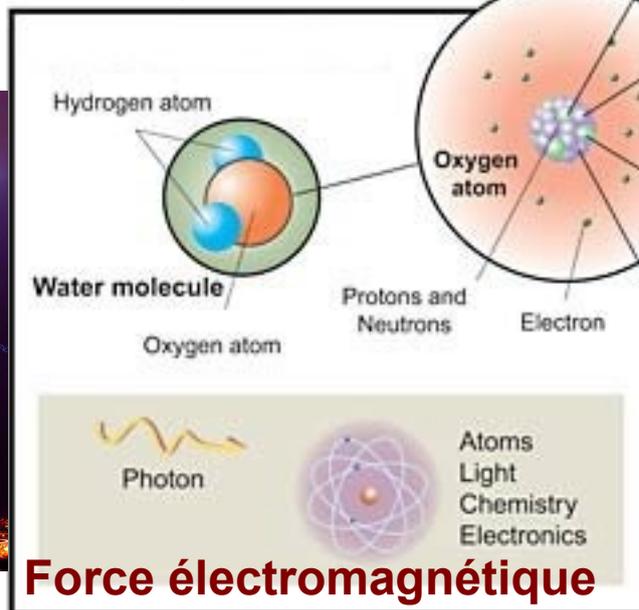
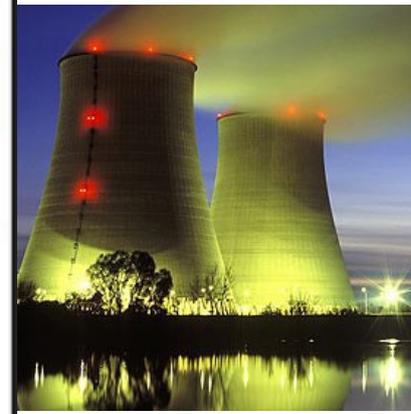
Les forces



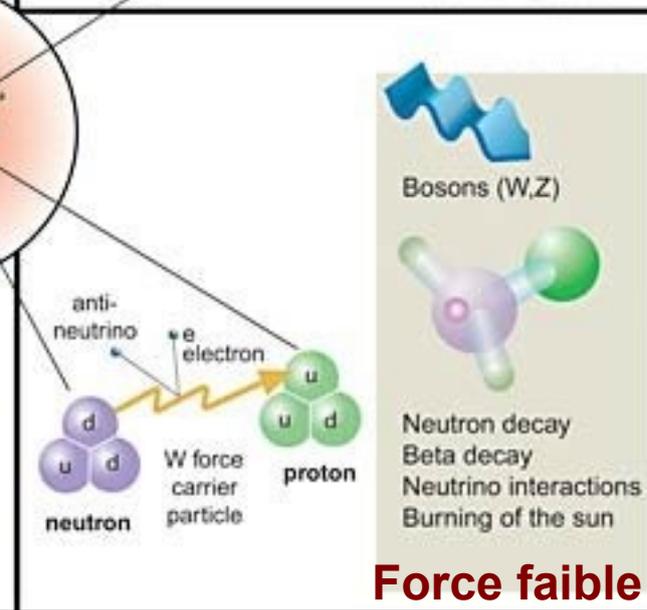
Force gravitationnelle



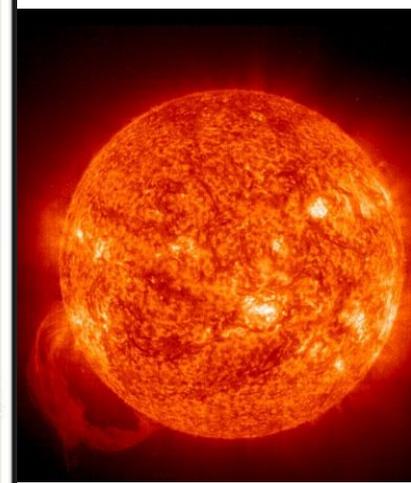
Force forte



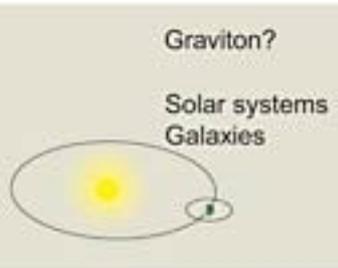
Force électromagnétique



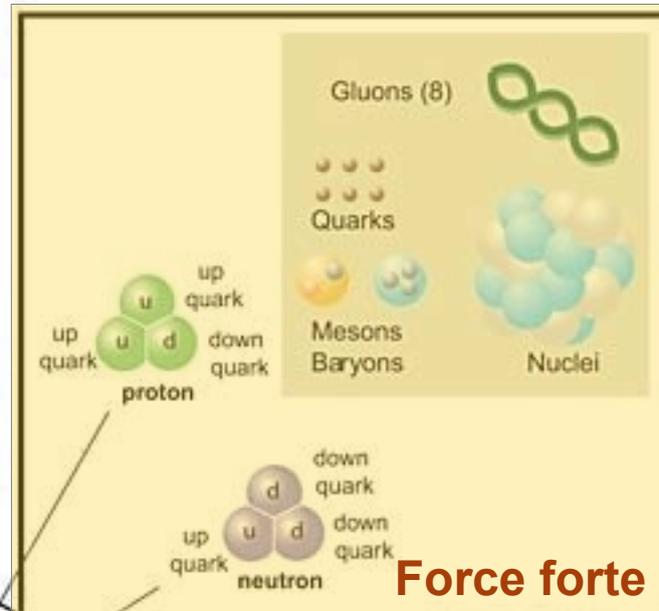
Force faible



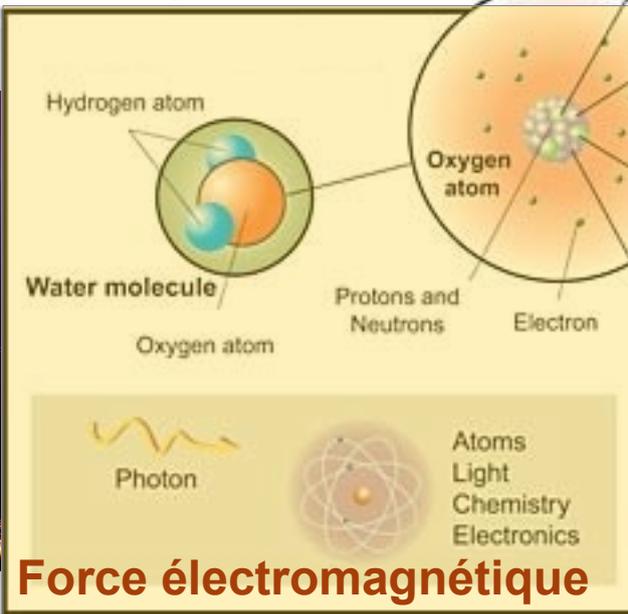
Les forces



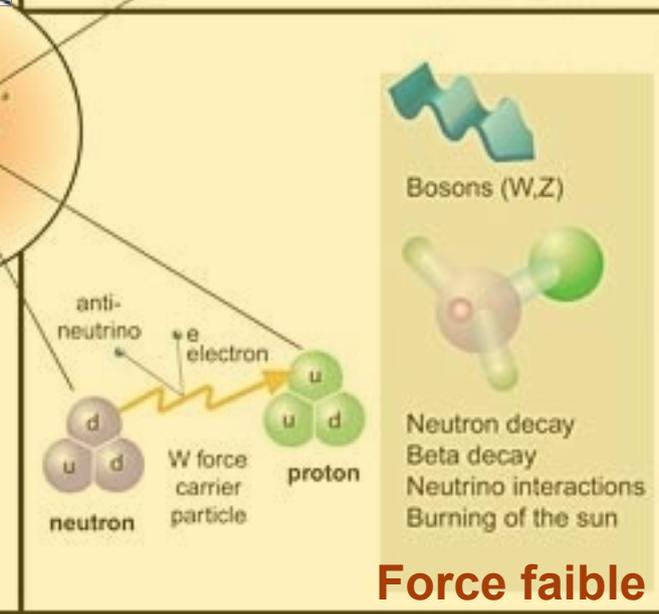
Force gravitationnelle



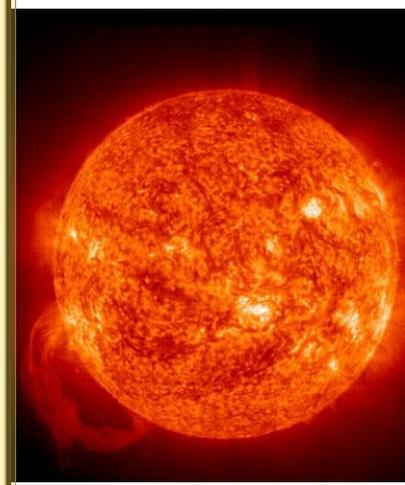
Force forte



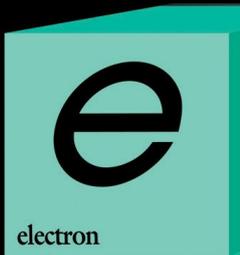
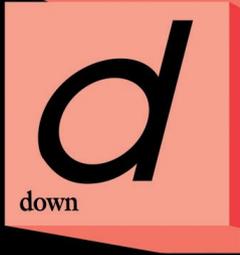
Force électromagnétique



Force faible



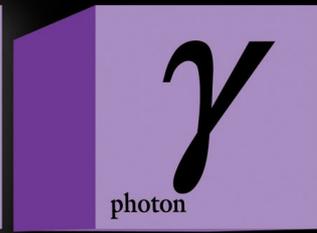
Quarks



Leptons

Le modèle standard

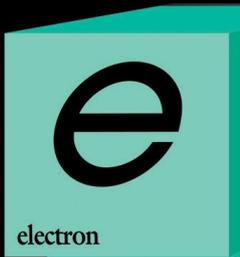
Forces



Quarks



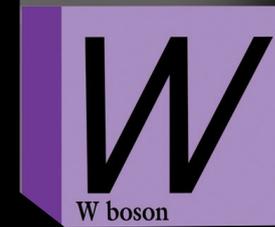
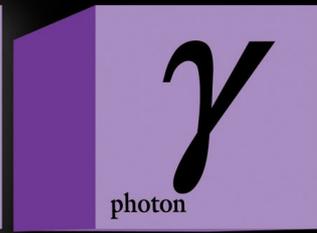
+ anti-matière



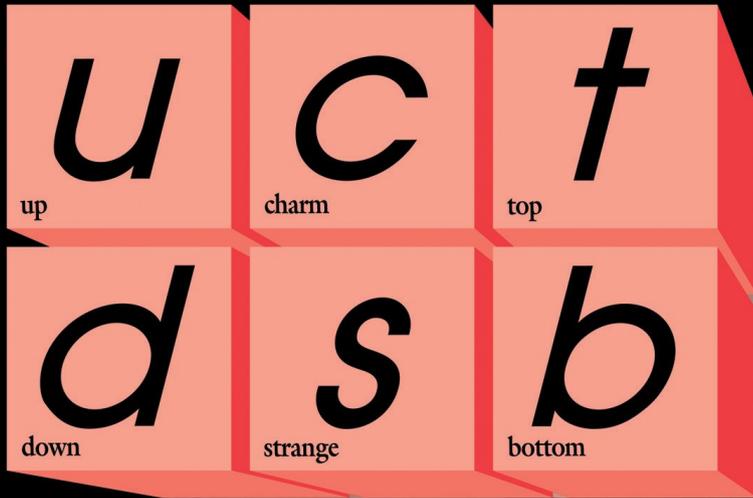
Leptons

Le modèle standard

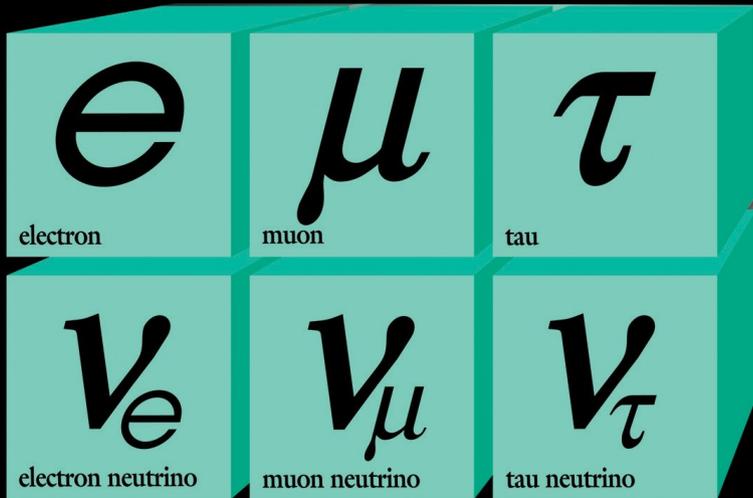
Forces



Quarks



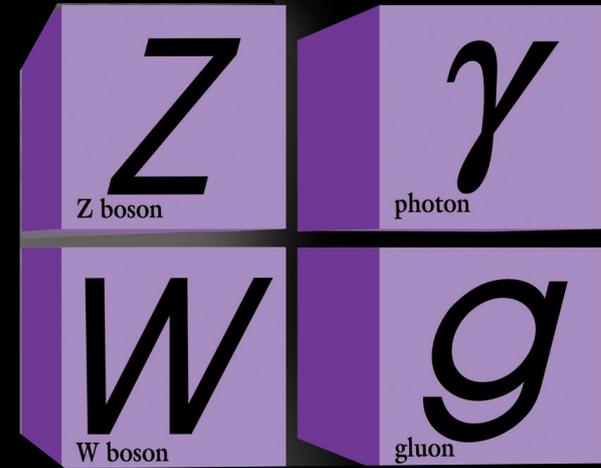
+ anti-matière



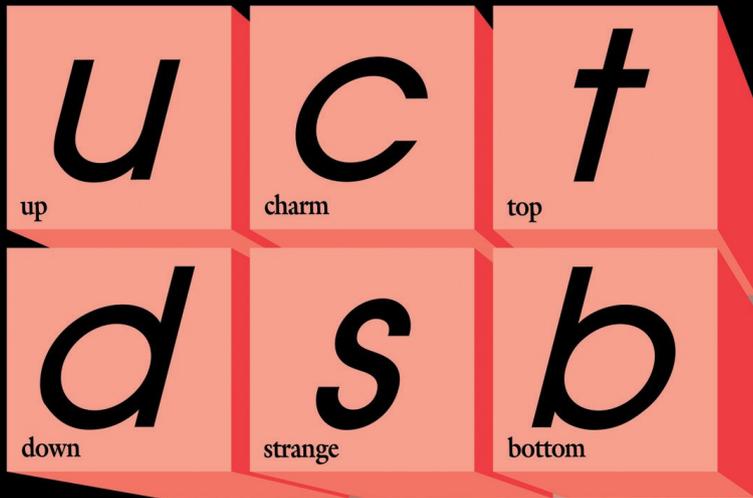
Leptons

Le modèle standard

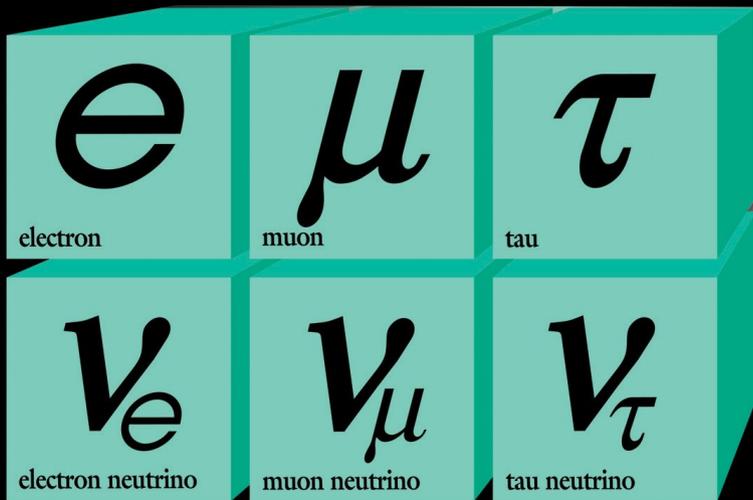
Forces



Quarks



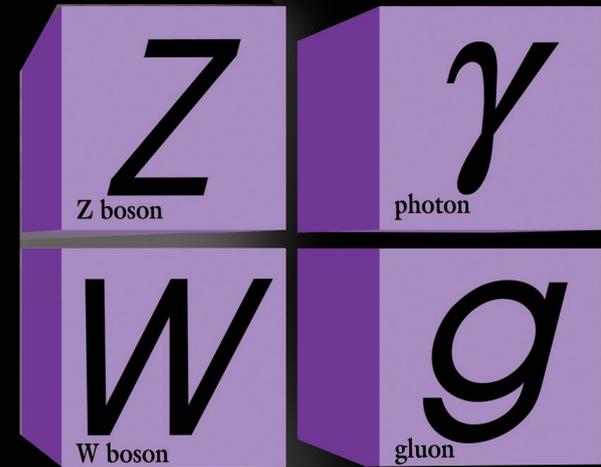
+ anti-matière



Leptons

Le modèle standard

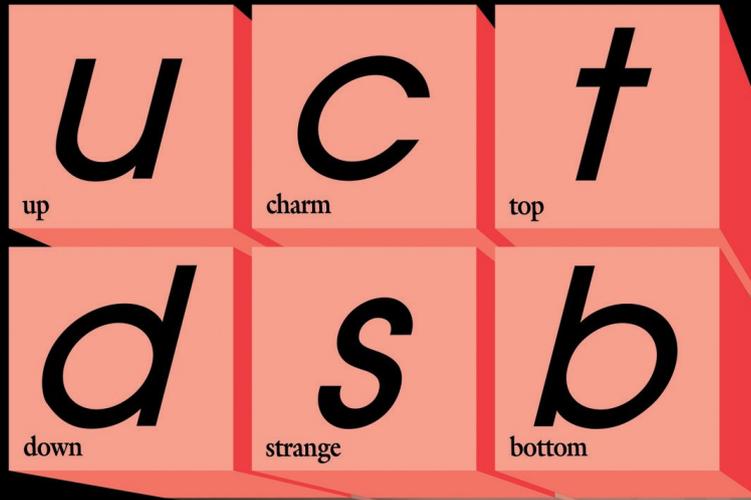
Forces



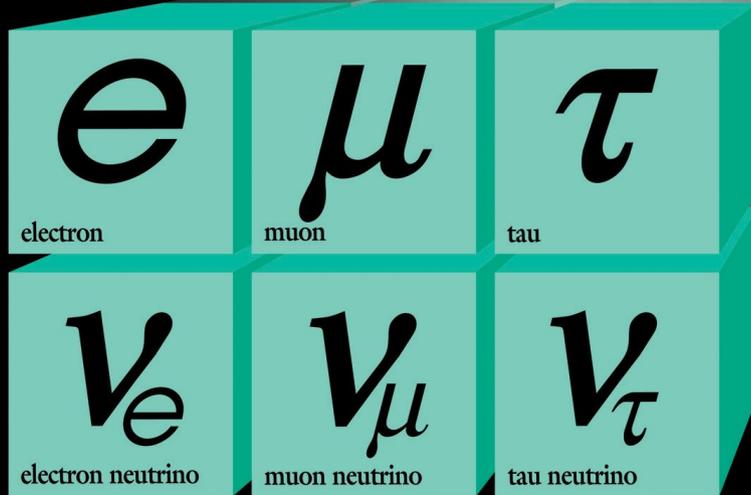
Toutes ces particules ont une masse nulle, c'est contraire à l'expérience...

Quarks

Le modèle standard

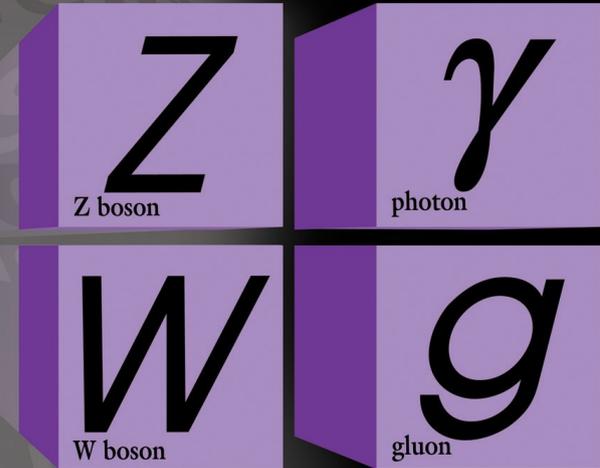


+ anti-matière



Leptons

Forces



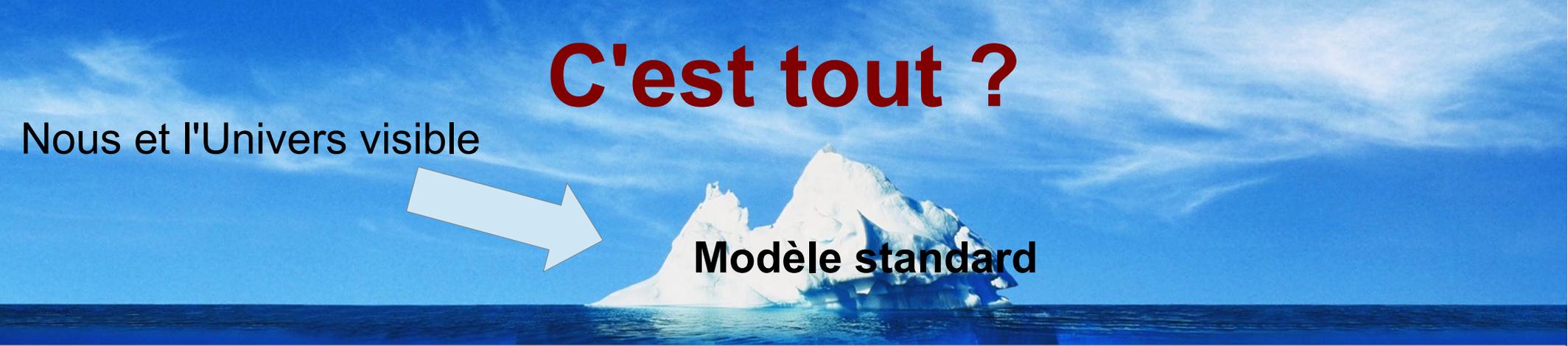
Solution : rajouter un champ de Higgs

C'est tout ?

Nous et l'Univers visible



Modèle standard

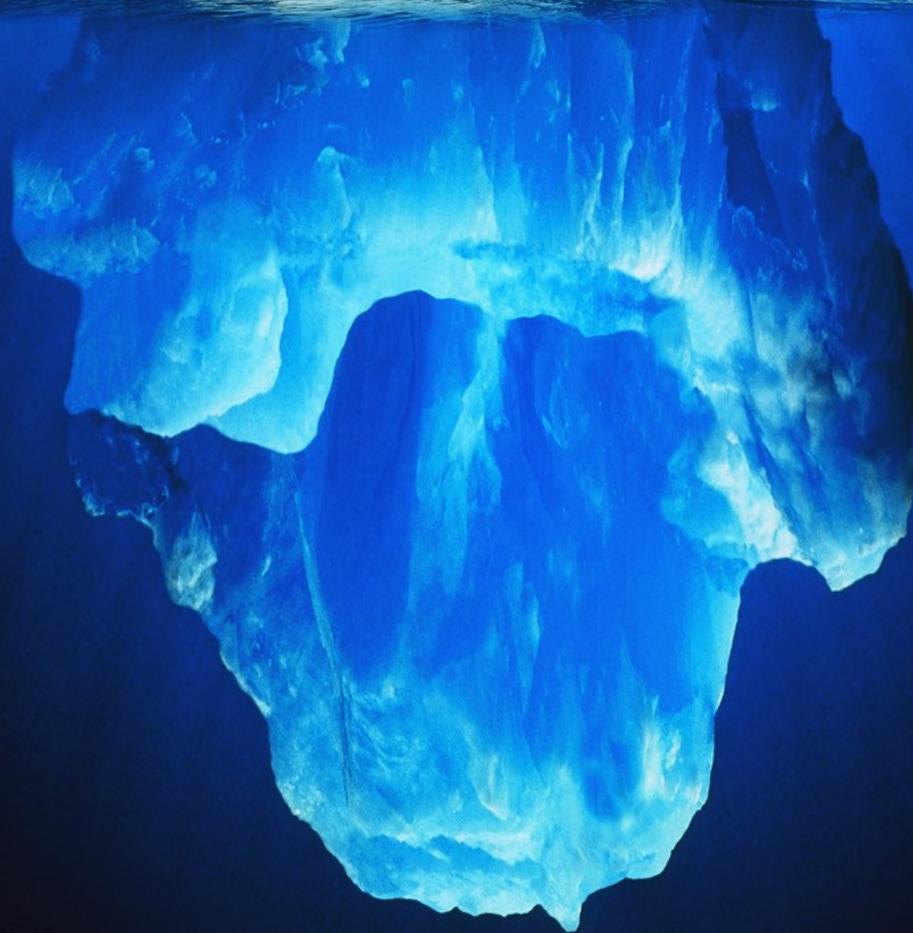


C'est tout ?

Nous et l'Univers visible



5% Modèle standard



C'est tout ?

Nous et l'Univers visible

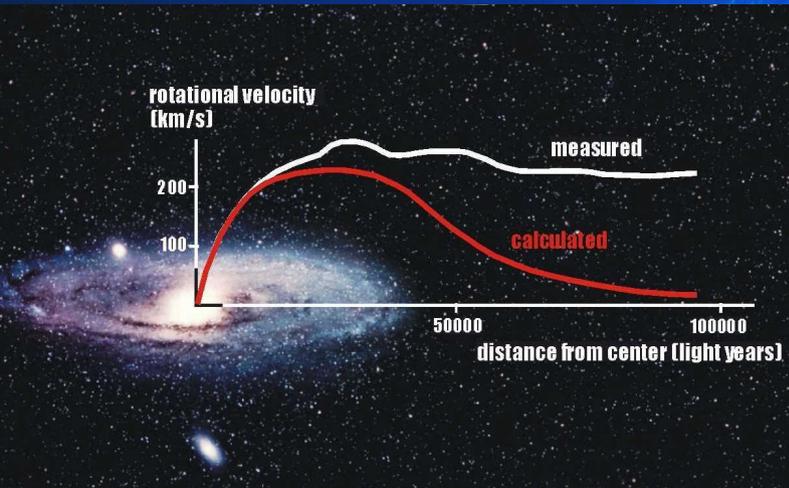


5% Modèle standard

27% Matière noire



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



C'est tout ?

Nous et l'Univers visible

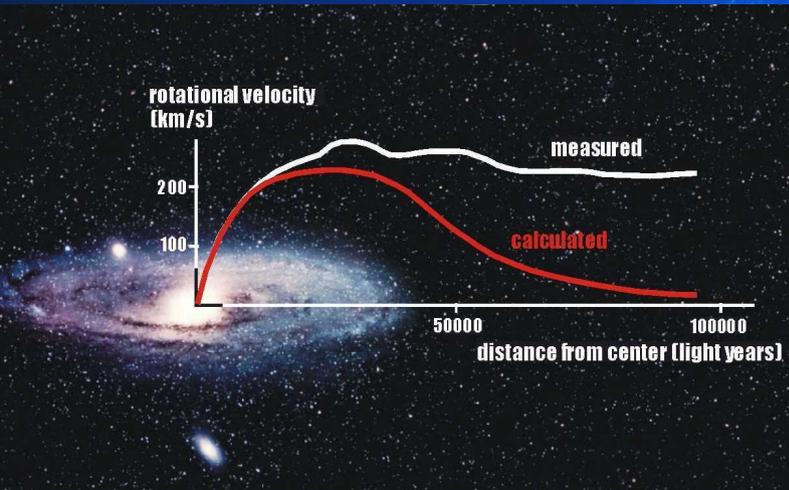


5% Modèle standard

27% Matière noire

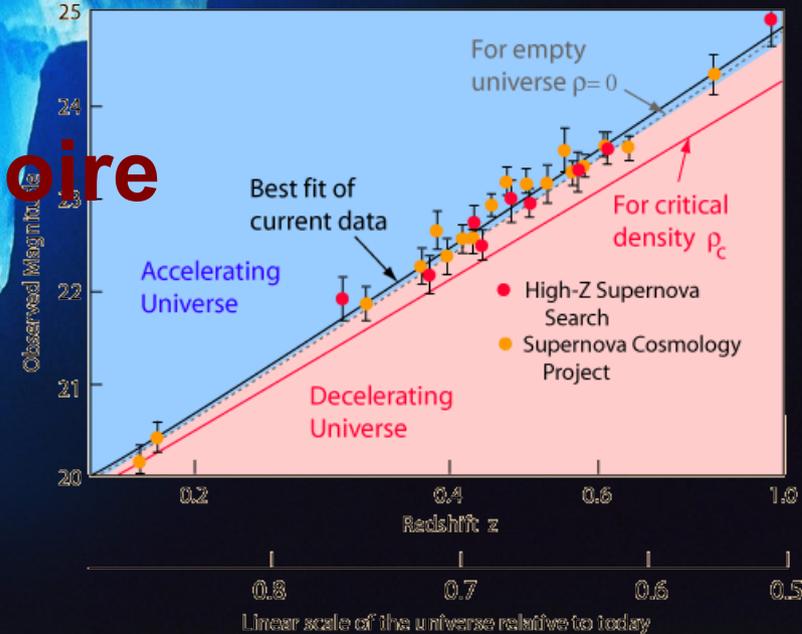


- On ne sait pas ce que c'est mais on croit savoir que c'est là
- Candidats observables au LHC (supersymétrie, ...) ?



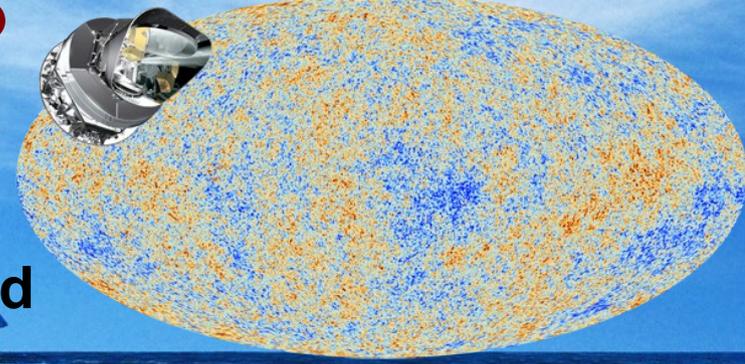
Distant Type Ia Supernovae

68% Énergie noire



Pas la moindre idée de son origine !

C'est tout ?



Nous et l'Univers visible

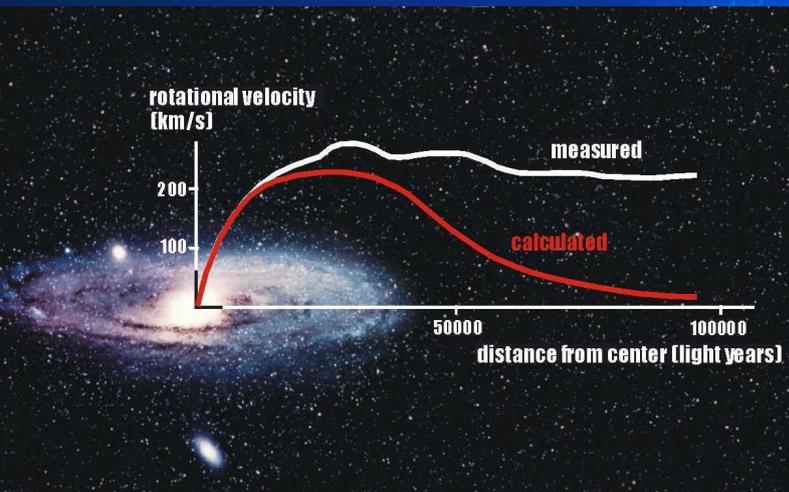


5% Modèle standard

27% Matière noire



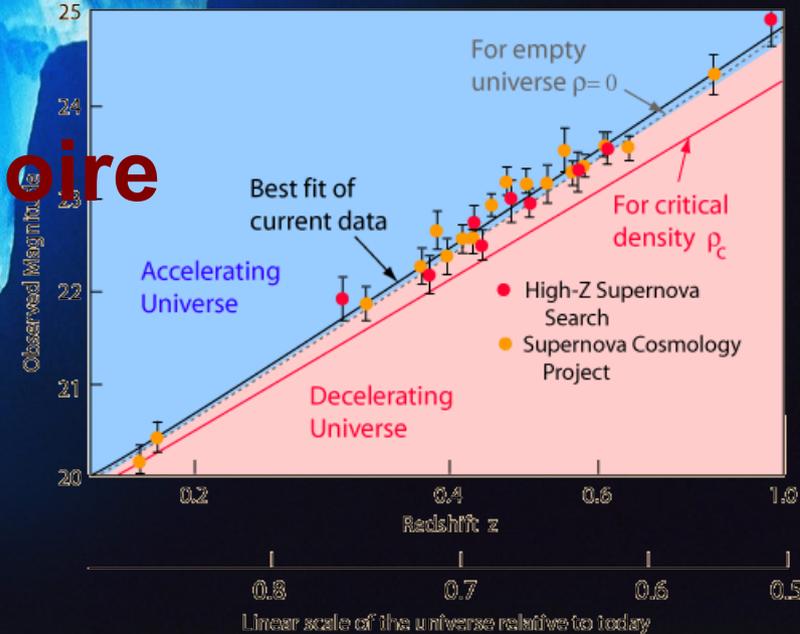
- On ne sait pas ce que c'est mais on croit savoir que c'est là
- Candidats observables au LHC (supersymétrie, ...) ?



68% Énergie noire



Distant Type Ia Supernovae



Pas la moindre idée de son origine !

Sources de particules

The image is a composite. The left side shows a perspective view of a particle accelerator tunnel, with large blue cylindrical components and a long, straight path leading into the distance. The right side shows a cosmic scene with a large, glowing blue and white nebula or galaxy structure, set against a dark background filled with stars and distant galaxies.

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

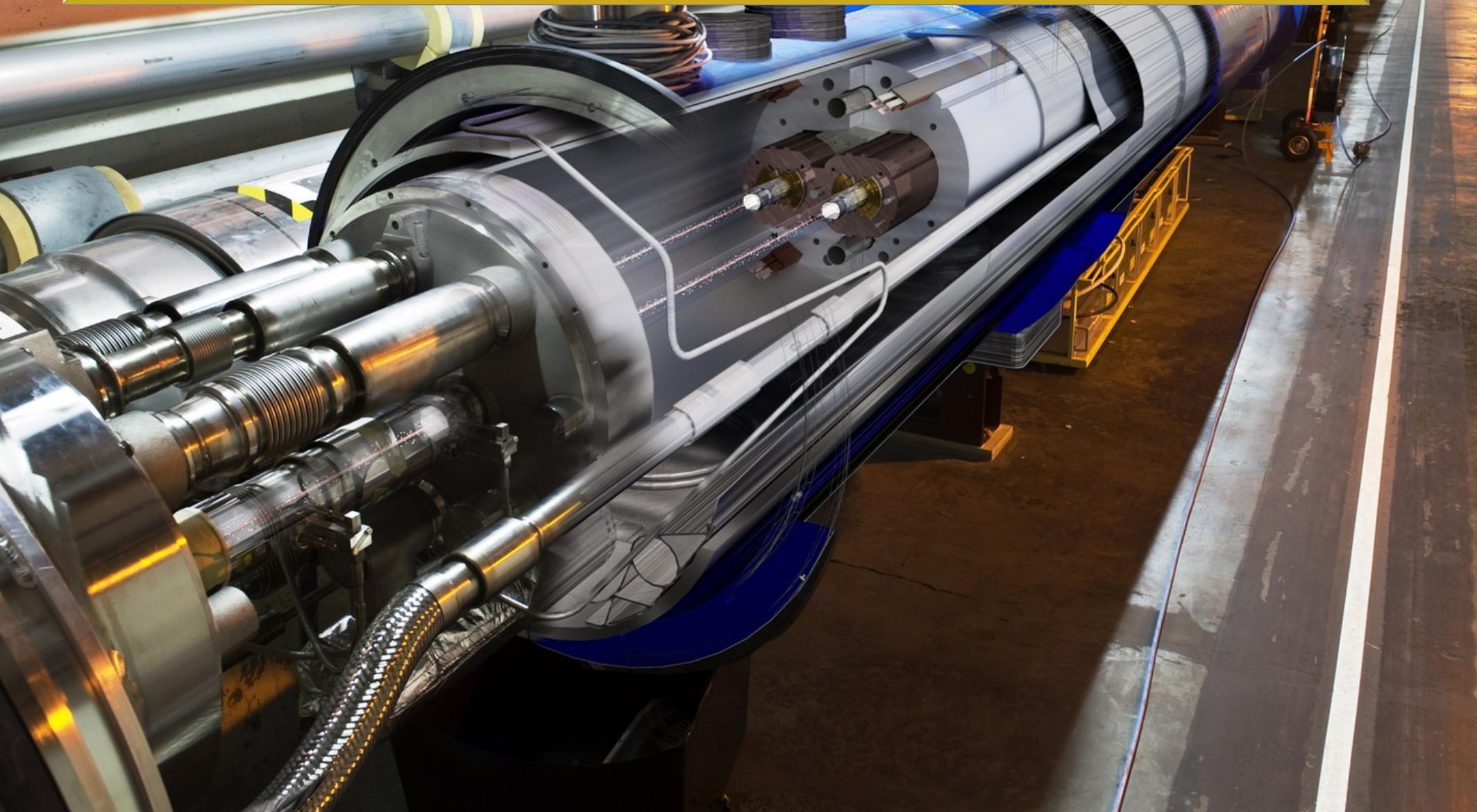
Les accélérateurs
(protons, photons, électrons,
muons, pions, kaons, etc)

Le LHC : la machine à superlatifs



Le LHC : la machine à superlatifs

La plus grande et la plus complexe machine scientifique jamais construite



Le LHC : la machine à superlatifs

A photograph of the LHC tunnel showing a long row of superconducting magnets. The magnets are blue and silver, and are arranged in a long line that recedes into the distance. A yellow callout bubble is overlaid on the image, containing text. The number '2385' is visible on a small black box attached to one of the magnets. A warning sign is visible on the left wall of the tunnel.

27 km de circonférence
100 m sous terre

Le LHC : la machine à superlatifs



Protons voyageant à
99,9999991%
de la vitesse de la lumière,
soit 11000 tours
par seconde

Le LHC : la machine à superlatifs



Le plus grand congélateur : 1,9 K (-271 °C), plus froid que l'espace intersidéral (2,7 K), avec de l'hélium superfluide pour rendre les câbles supraconducteurs et générer un champ magnétique de 8,3 T (200000 fois le champ magnétique terrestre)

Le LHC : la machine à superlatifs



1232 dipôles.
Un dipôle :
15 m de long
35 tonnes

Le LHC : la machine à superlatifs

Longueur des câbles supraconducteurs :
assez pour 5 aller-retours Terre-soleil



Le LHC : la machine à superlatifs

Vide presque parfait (10^{-13} atm) :
pression 10 fois plus faible
que sur la Lune



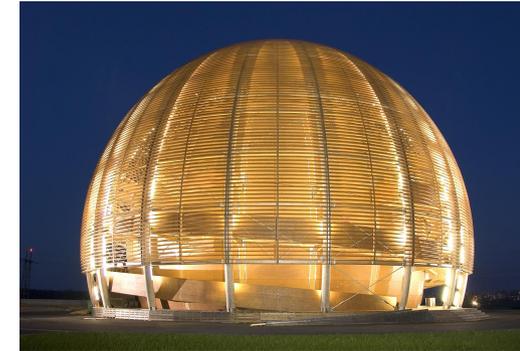
Le LHC : la machine à superlatifs



Énergie du faisceau : TGV à 150 km/h.
Chaque proton a l'énergie d'un moustique en vol,
mais il y en a 2800 paquets de 100 milliards !



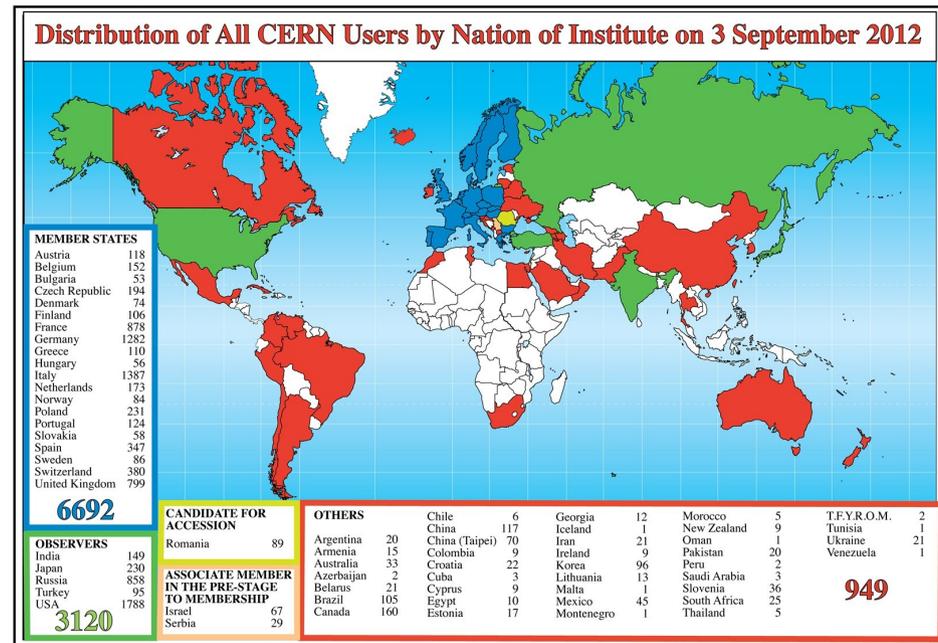
Le CERN



Organisation européenne pour la recherche nucléaire

Le laboratoire européen pour la physique des particules

- organisation internationale
- créé en 1954 (festivités pour ses 60 ans cette année)
- 21 état membres
- emploie ~2500
- ~10000 utilisateurs
- 500 instituts
- 80 pays



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

A quoi sert la recherche fondamentale du CERN ?

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

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

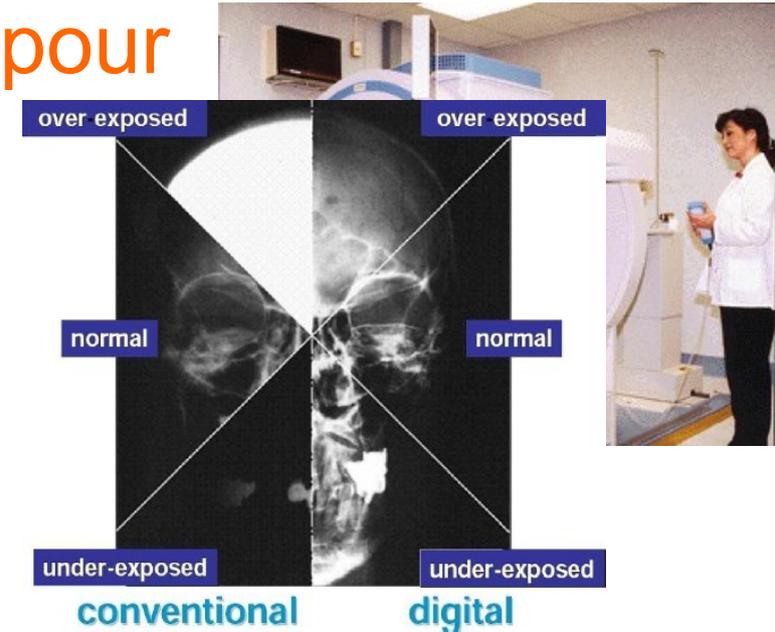


A quoi sert la recherche fondamentale du CERN ?

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

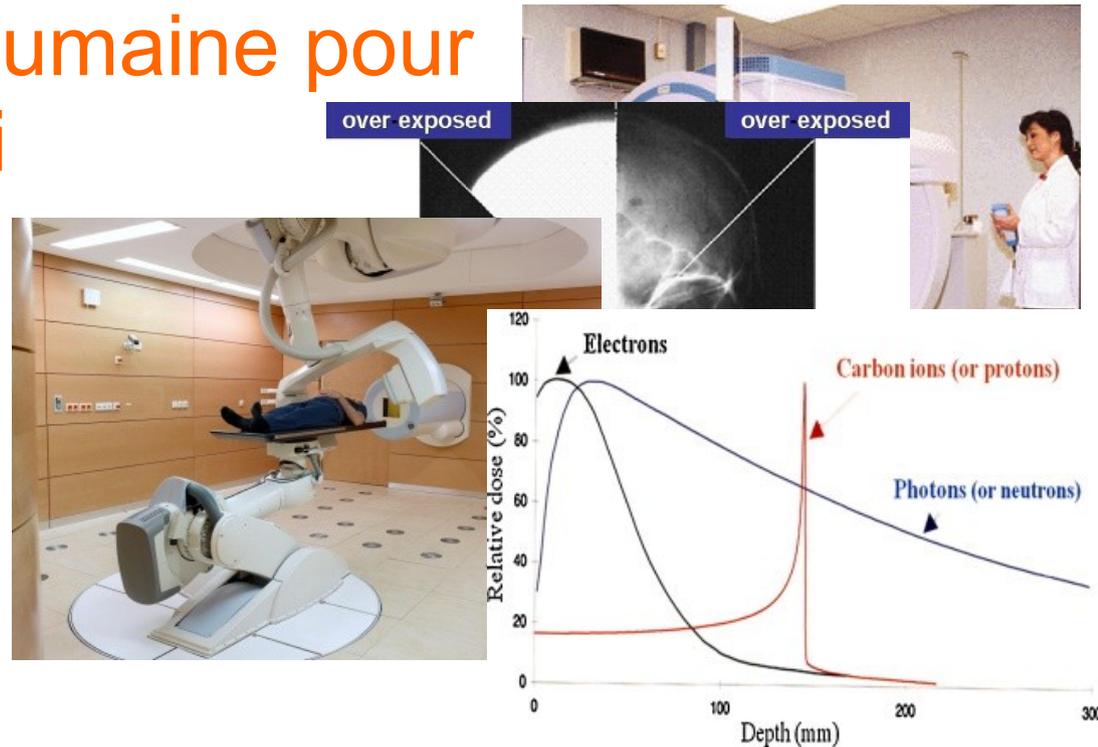


A quoi sert la recherche fondamentale du CERN ?

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



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



A quoi sert la recherche fondamentale du CERN ?

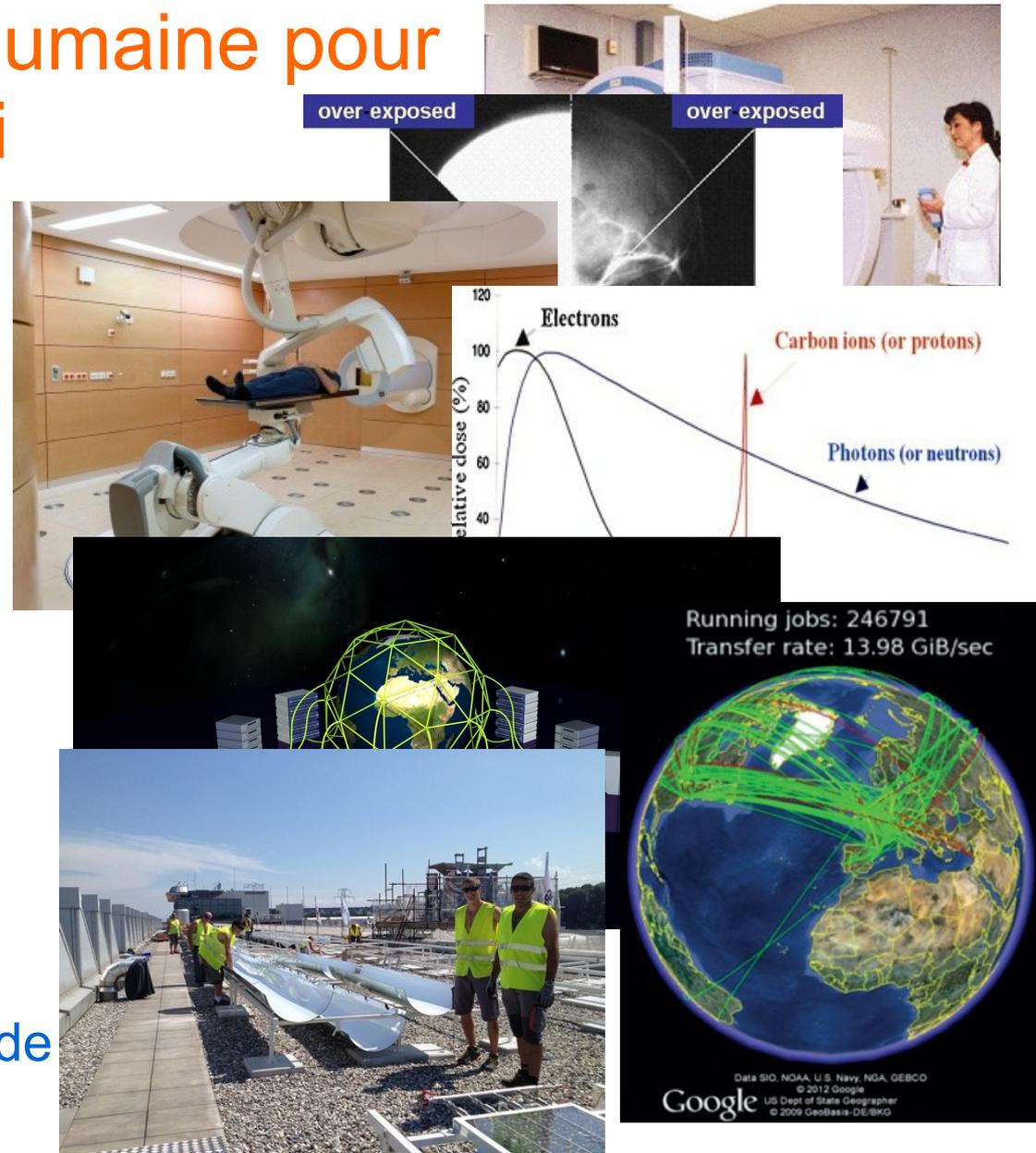
Raison d'être : curiosité humaine pour comprendre le monde qui nous entoure

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



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 !**

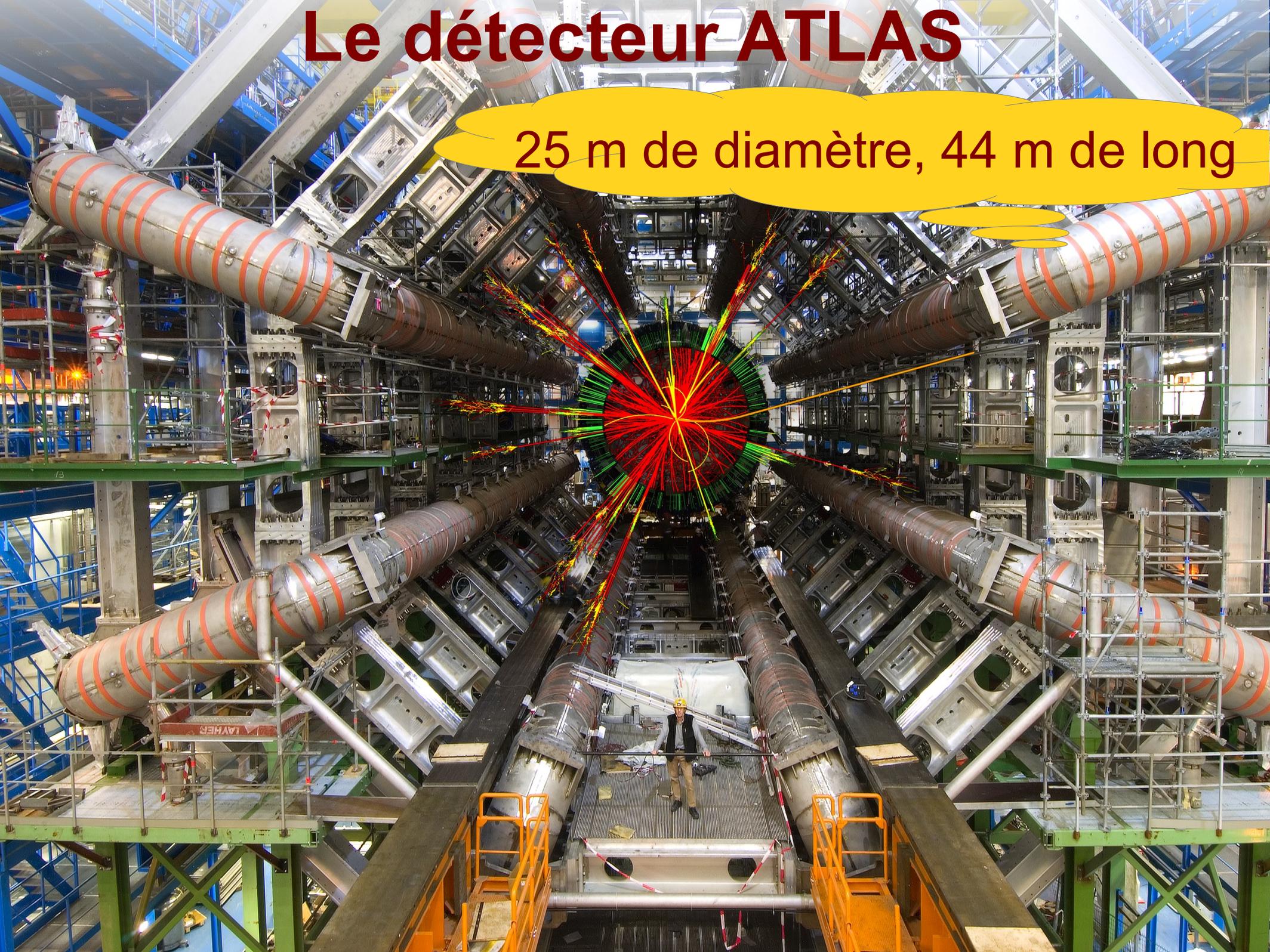


Le détecteur ATLAS



Le détecteur ATLAS

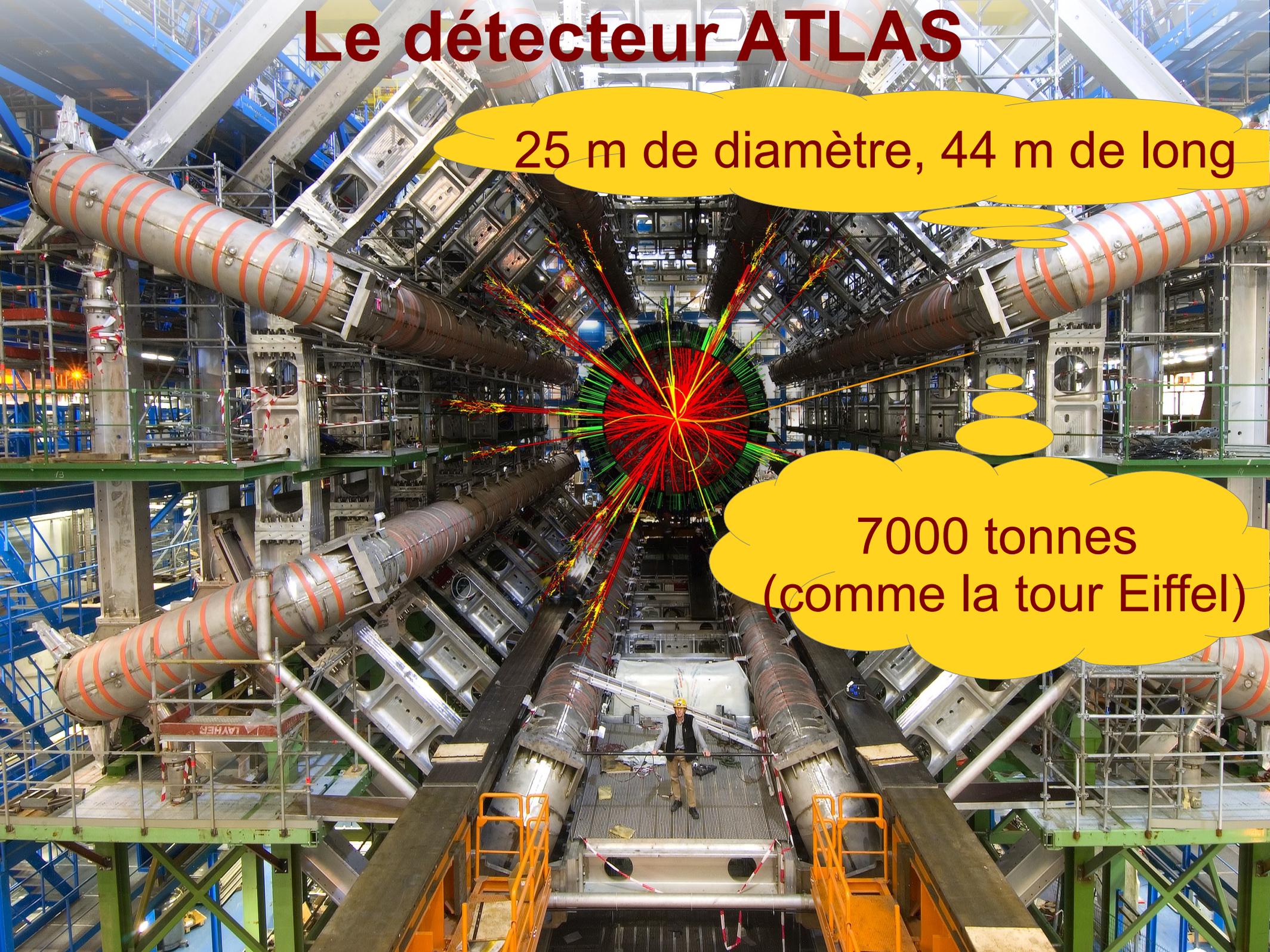
25 m de diamètre, 44 m de long



Le détecteur ATLAS

25 m de diamètre, 44 m de long

7000 tonnes
(comme la tour Eiffel)

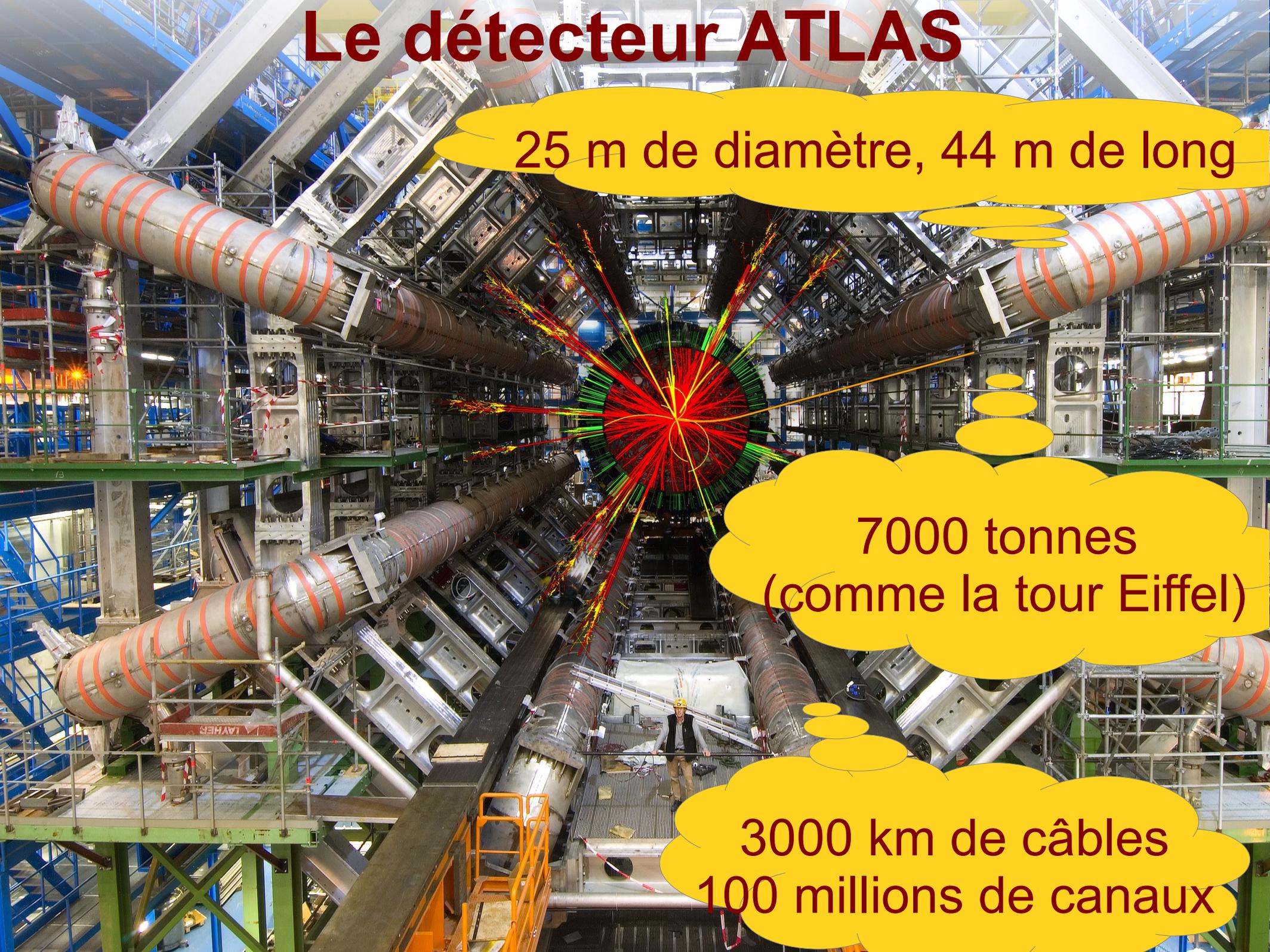


Le détecteur ATLAS

25 m de diamètre, 44 m de long

7000 tonnes
(comme la tour Eiffel)

3000 km de câbles
100 millions de canaux



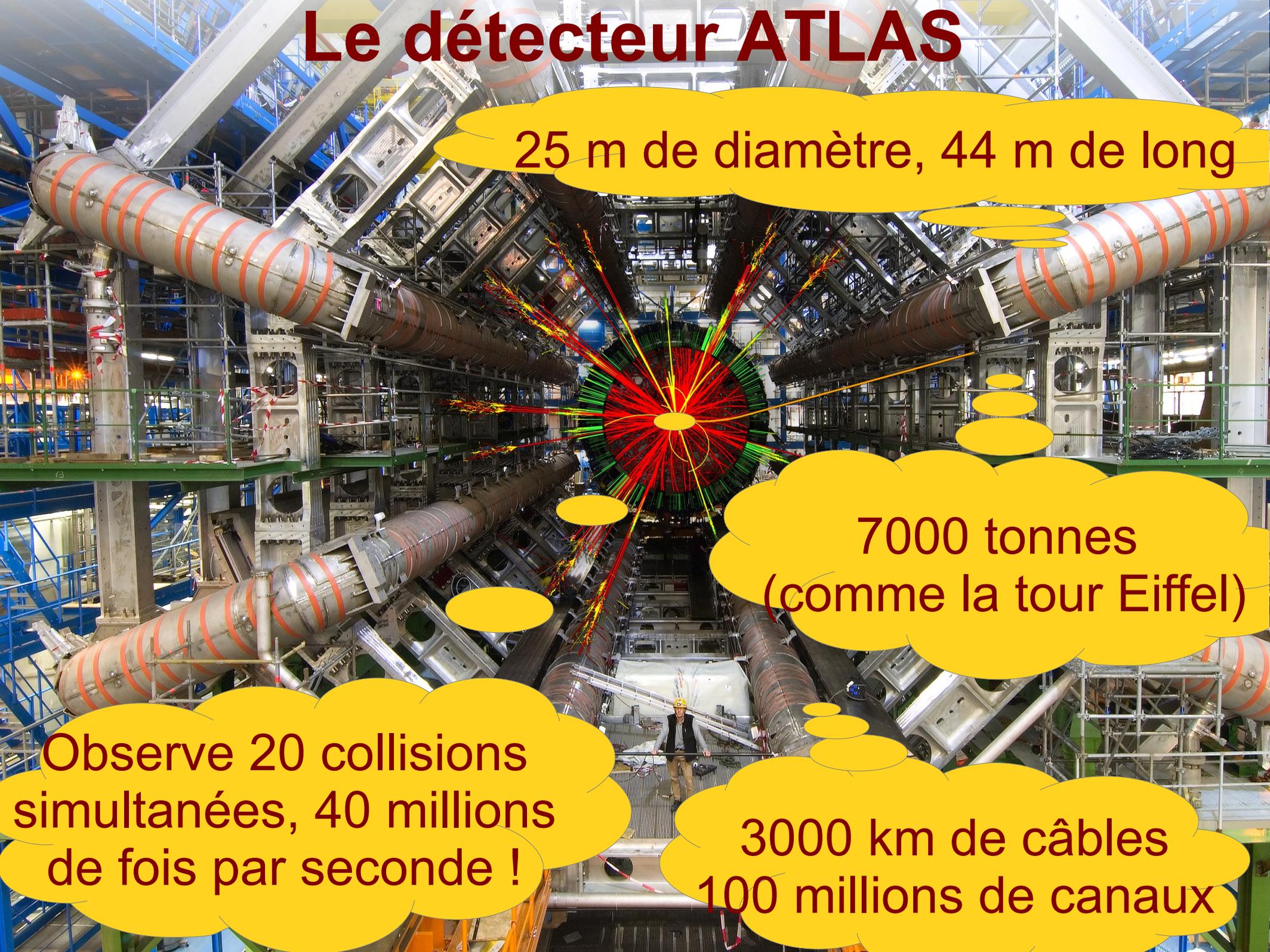
Le détecteur ATLAS

25 m de diamètre, 44 m de long

7000 tonnes
(comme la tour Eiffel)

Observe 20 collisions
simultanées, 40 millions
de fois par seconde !

3000 km de câbles
100 millions de canaux



Le détecteur ATLAS

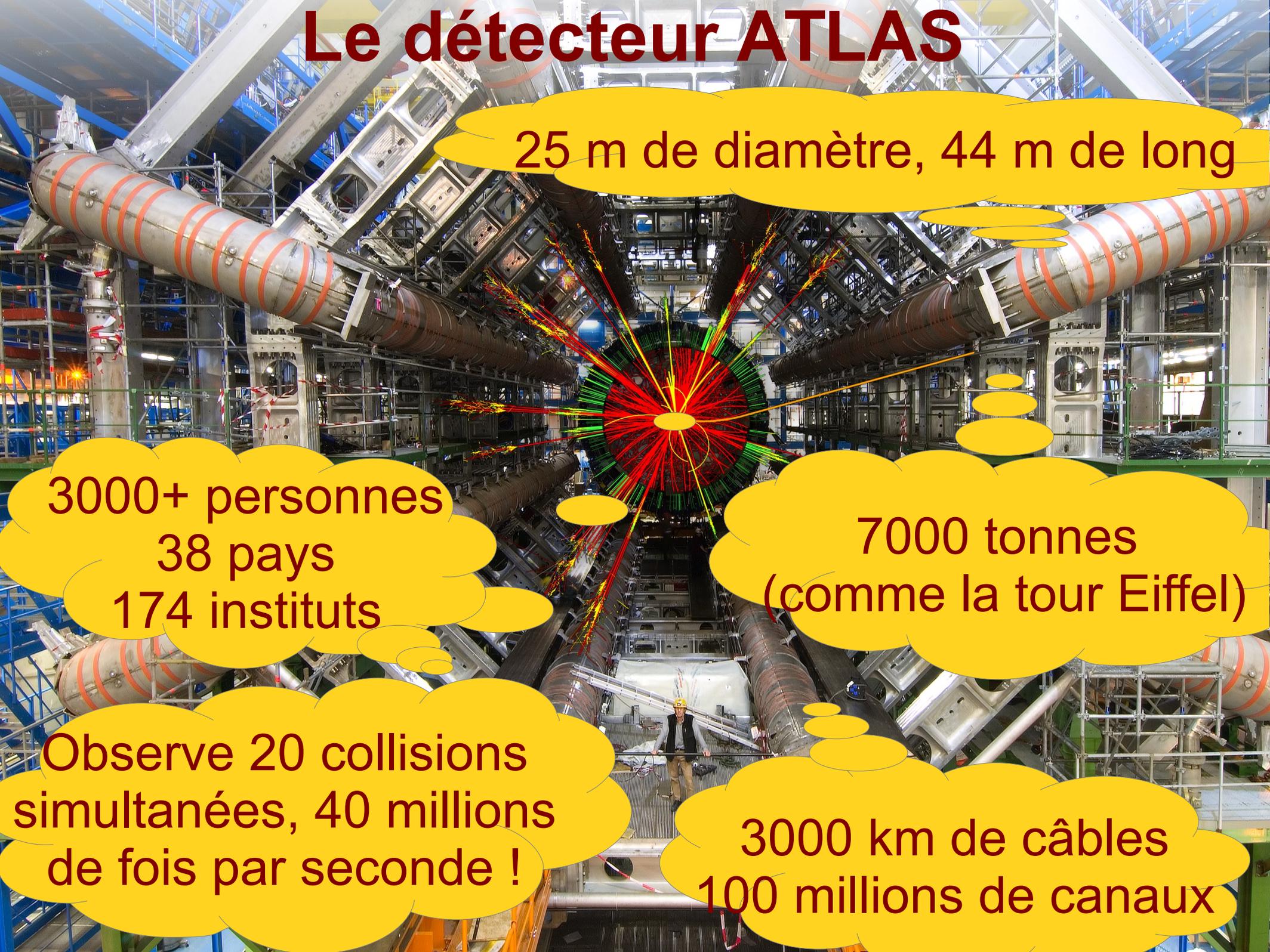
25 m de diamètre, 44 m de long

3000+ personnes
38 pays
174 instituts

7000 tonnes
(comme la tour Eiffel)

Observe 20 collisions
simultanées, 40 millions
de fois par seconde !

3000 km de câbles
100 millions de canaux



Le détecteur ATLAS



En France : le diamètre, 44 m de long
6 laboratoires CNRS,
1 CEA, 400 personnes
(physiciens, ingénieurs,
étudiants)

3000+ personnes
38 pays
174 instituts

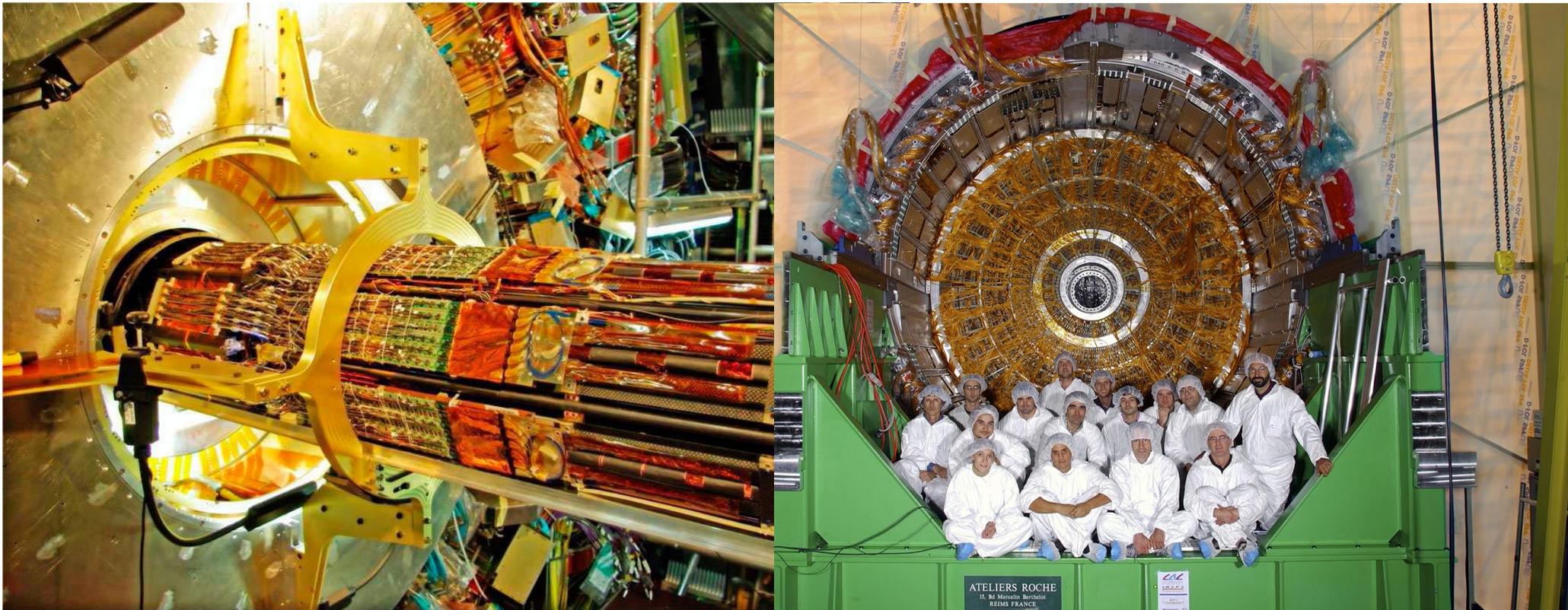
7000 tonnes
(comme la tour Eiffel)

Observe 20 collisions
simultanées, 40 millions
de fois par seconde !

3000 km de câbles
100 millions de canaux

Activités ATLAS

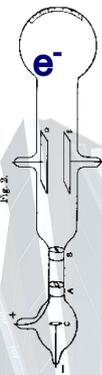
- Design, construction, tests en faisceau, installation et maintenance, opérations au jour le jour de plusieurs parties:
 - ▶ Bouchon du calorimètre électromagnétique à argon liquide
 - ▶ Bouchon du détecteur à pixels
 - ▶ Système de déclenchement
- Physique : mesures du modèle standard, étude du quark top, découverte du boson de Higgs, recherche de nouvelle physique



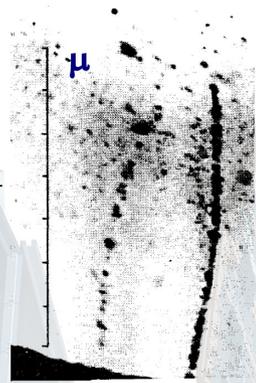
Le modèle standard redécouvert

LHC 2010 : un siècle en un an

Découverte historique



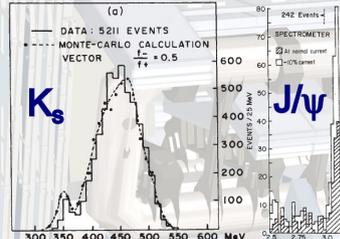
1897



1937



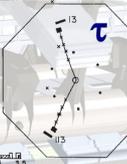
1947



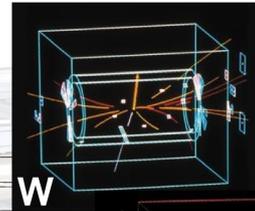
1964



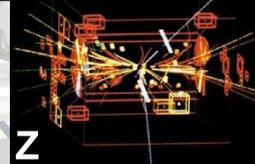
1974



1976

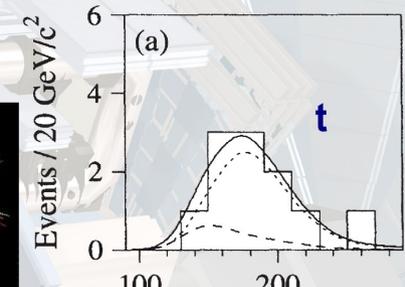


W



Z

1983

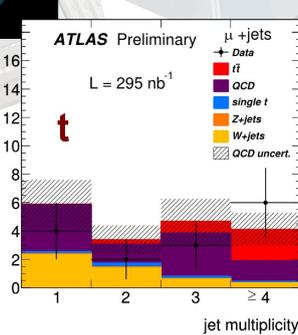
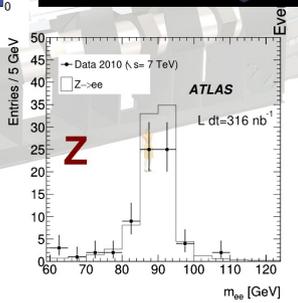
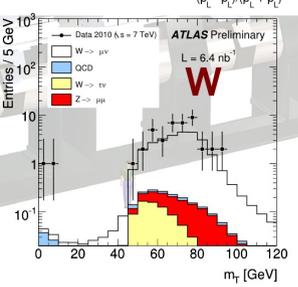
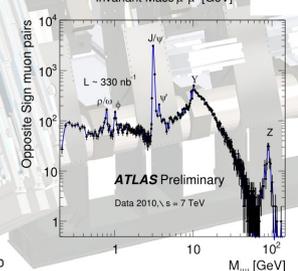
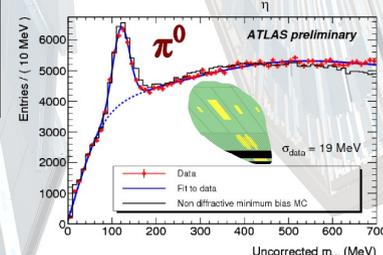
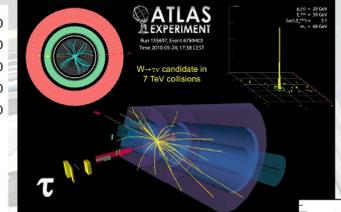
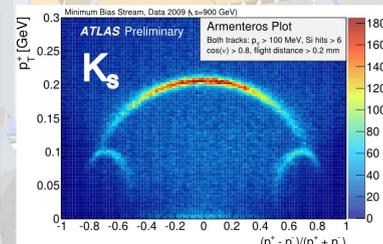
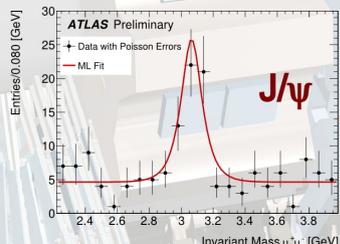
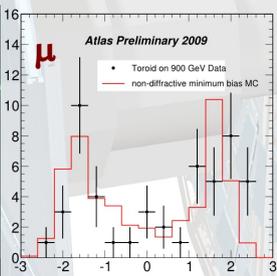


1995

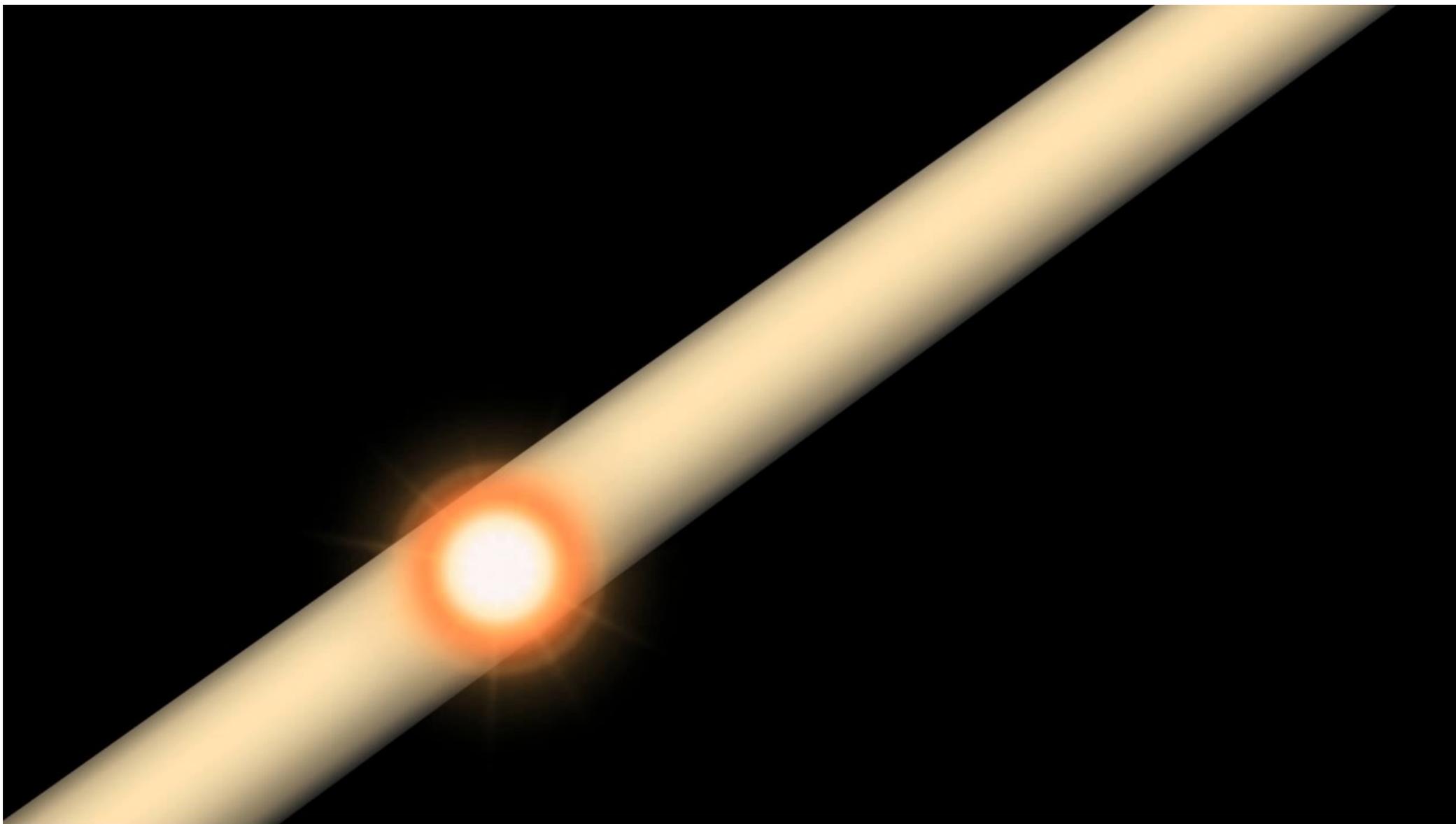
déc 2009

août 2010

Redécouverte par ATLAS



Boson de Higgs dans ATLAS



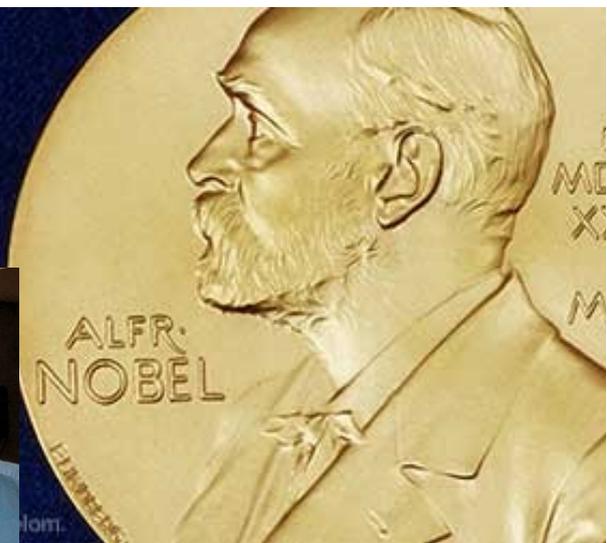
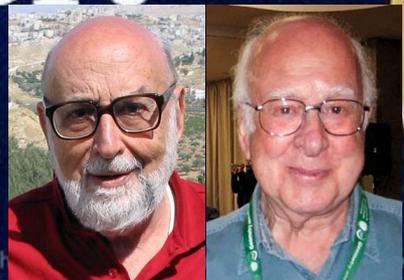
Interactions avec le champs de Higgs



Prix Nobel de physique 2013

2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

François Englert
Peter W. Higgs



« 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 »

Prix Nobel de physique 2013

2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

François Englert

Peter W. Higgs



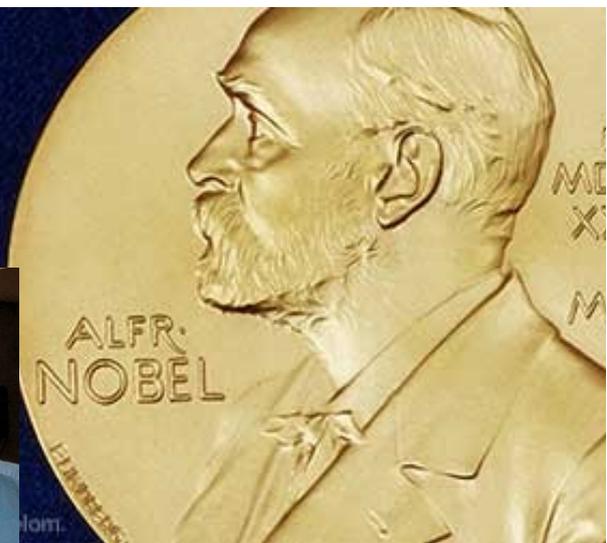
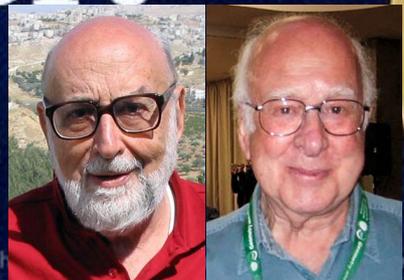
Félicitations !

« 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 »

Prix Nobel de physique 2013

2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

François Englert
Peter W. Higgs

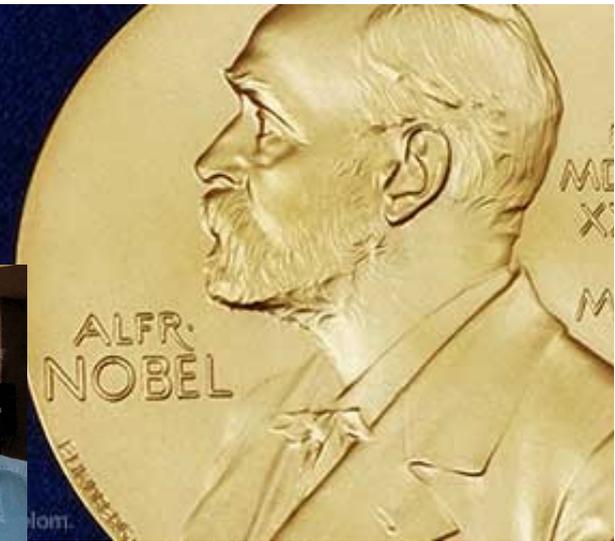
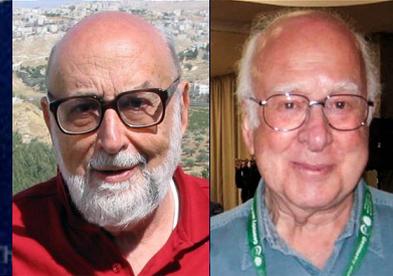


« pour la découverte théorique d'un mécanisme qui nous aide à comprendre l'origine de la masse des particules subatomiques, et qui a été récemment confirmé par la découverte de la particule fondamentale prédite, par les expériences ATLAS et CMS du grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN »

Prix Nobel de physique 2013

2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

François Englert
Peter W. Higgs



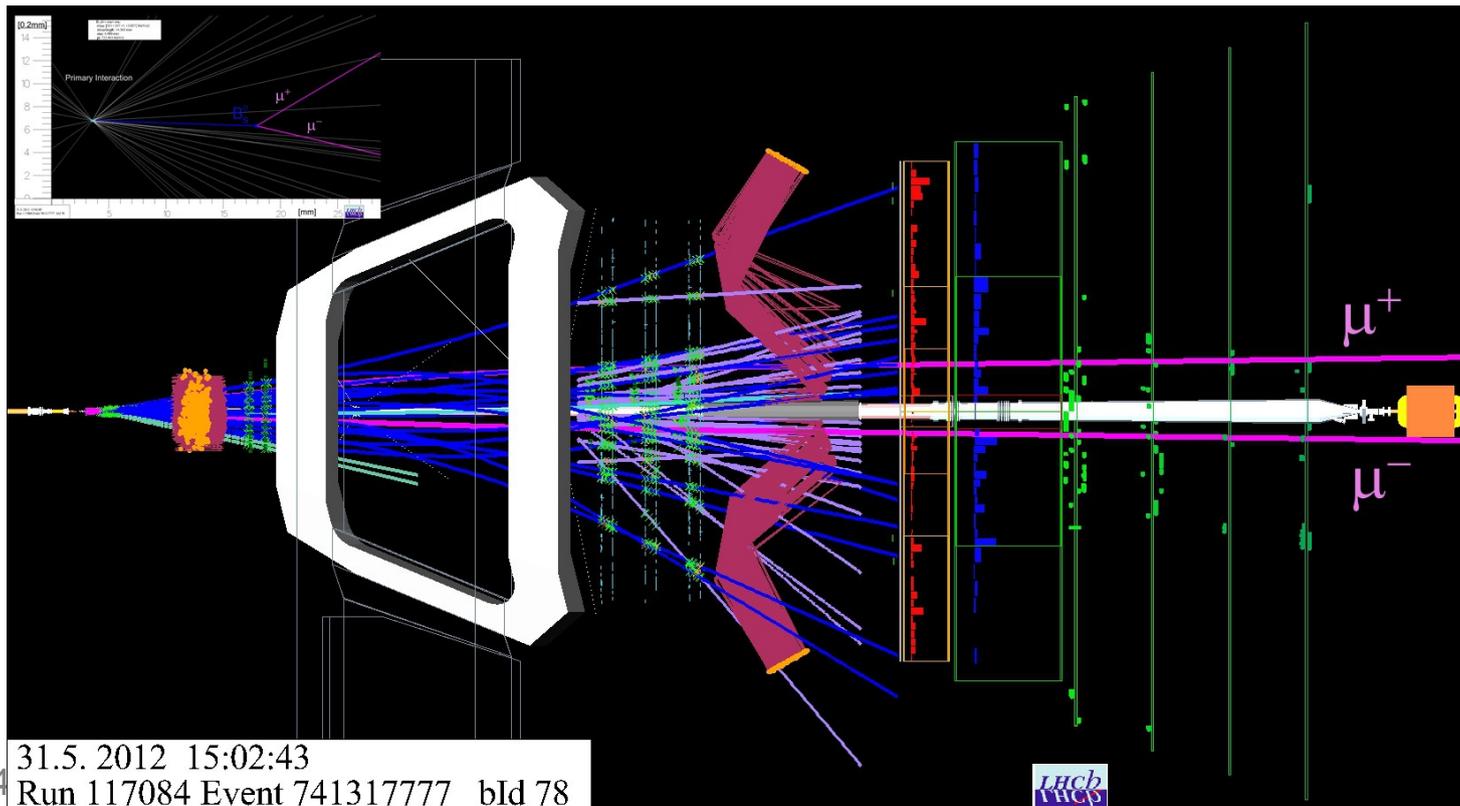
« pour la découverte théorique d'un mécanisme qui nous aide à comprendre l'origine de la masse des particules subatomiques, et qui a été récemment confirmé par la découverte de la particule fondamentale prédite, par les expériences ATLAS et CMS du grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN »



Le CERN et les expériences ATLAS & CMS

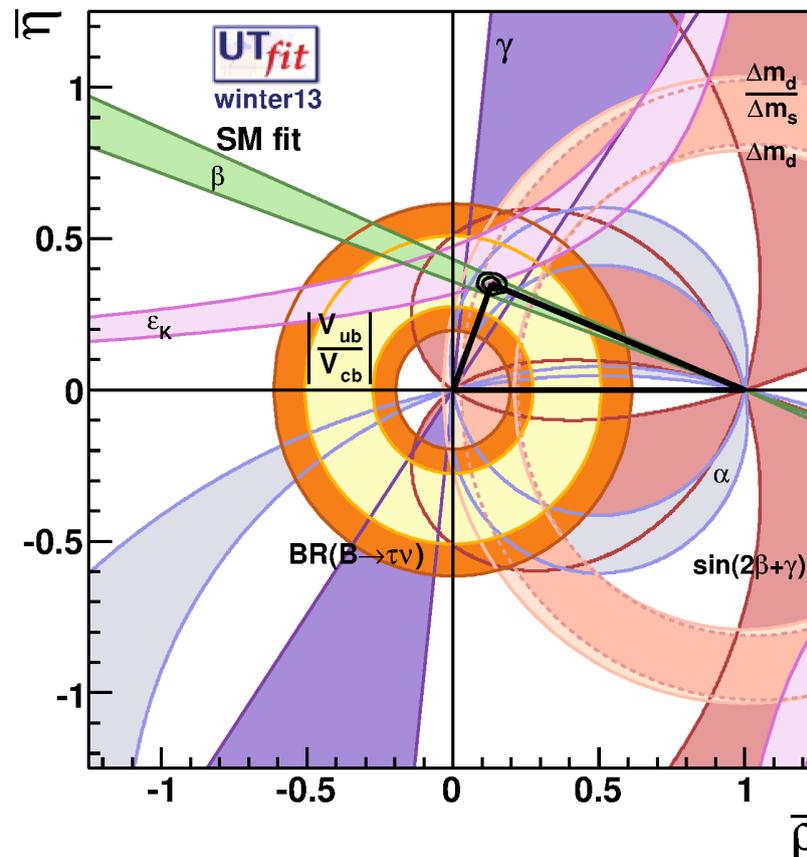
LHCb : nouvelle physique indirectement

- Déviations dans des mesures de précision
→ peuvent indiquer la présence de nouvelles particules
- Exemple : production de $B_s \rightarrow \mu\mu$
- Résultat : encore une fois presque exactement la prédiction du modèle standard, $(3.2^{+1.5}_{-1.2}) \times 10^{-9} \dots$



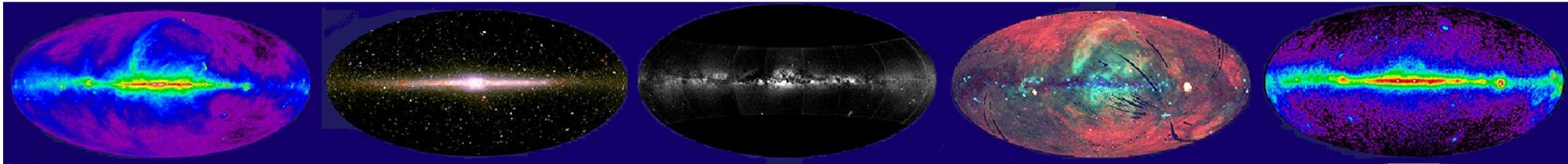
LHCb : asymétrie matière-antimatière

- Pas assez d'antimatière dans l'Univers
- Mesures de précision pour quantifier les infimes différences entre matière et antimatière
- Toutes les mesures sont compatibles avec les prédictions du modèle standard



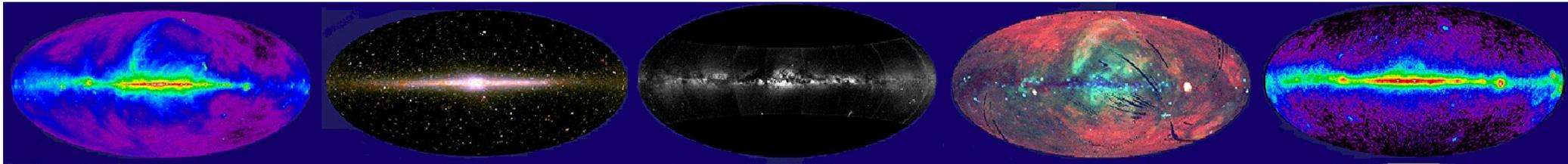
Astroparticules

- Connaissance de l'Univers par la lumière

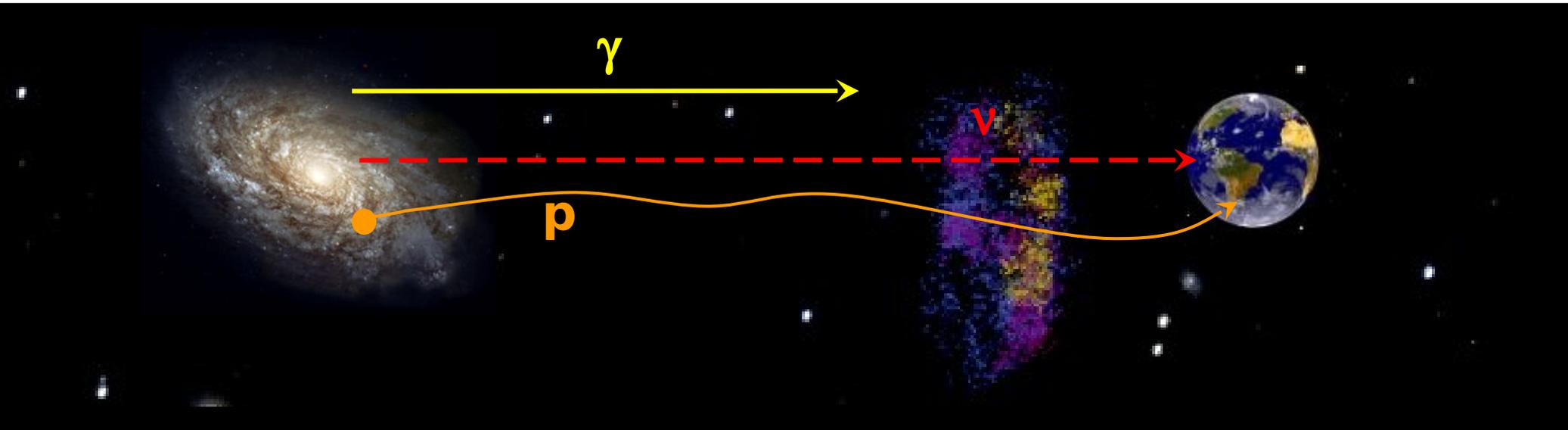


Astroparticules

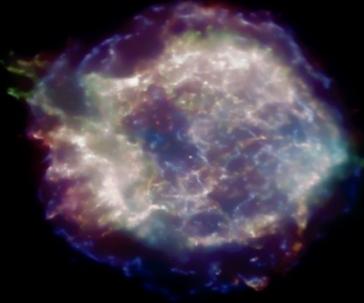
- Connaissance de l'Univers par la lumière



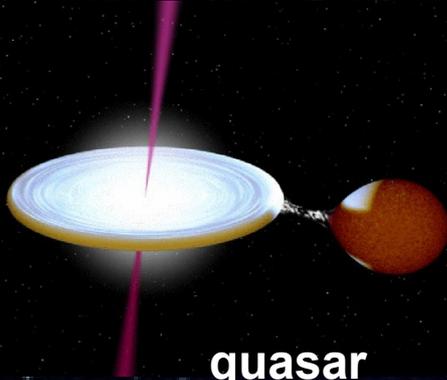
- Utilisation d'un nouveau messenger, le neutrino



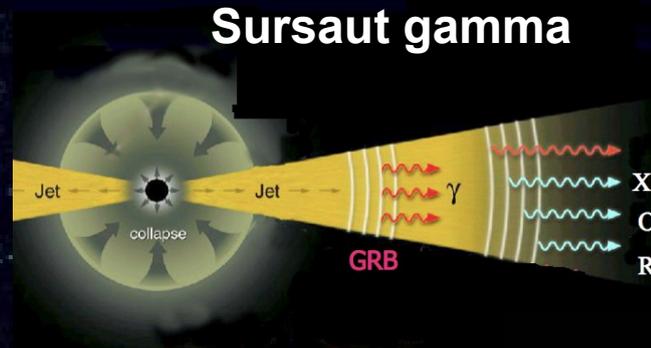
Sources potentielles de neutrinos de haute énergie



Restes de supernovae

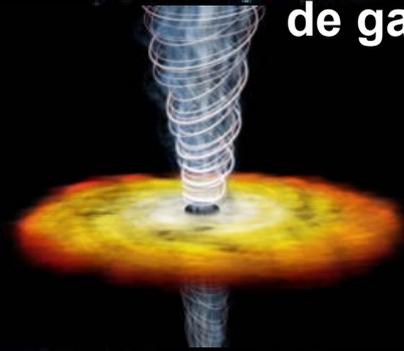


quasar



Sursaut gamma

GRB



Noyau actif de galaxie

Mais aussi la matière noire...

WIMP



Soleil

Accrétion dans le Soleil
Annihilations



ANTARES

2500m

- 900 PMTs
- 12 lignes
- 25 étages / ligne
- 3 PMTs / étage

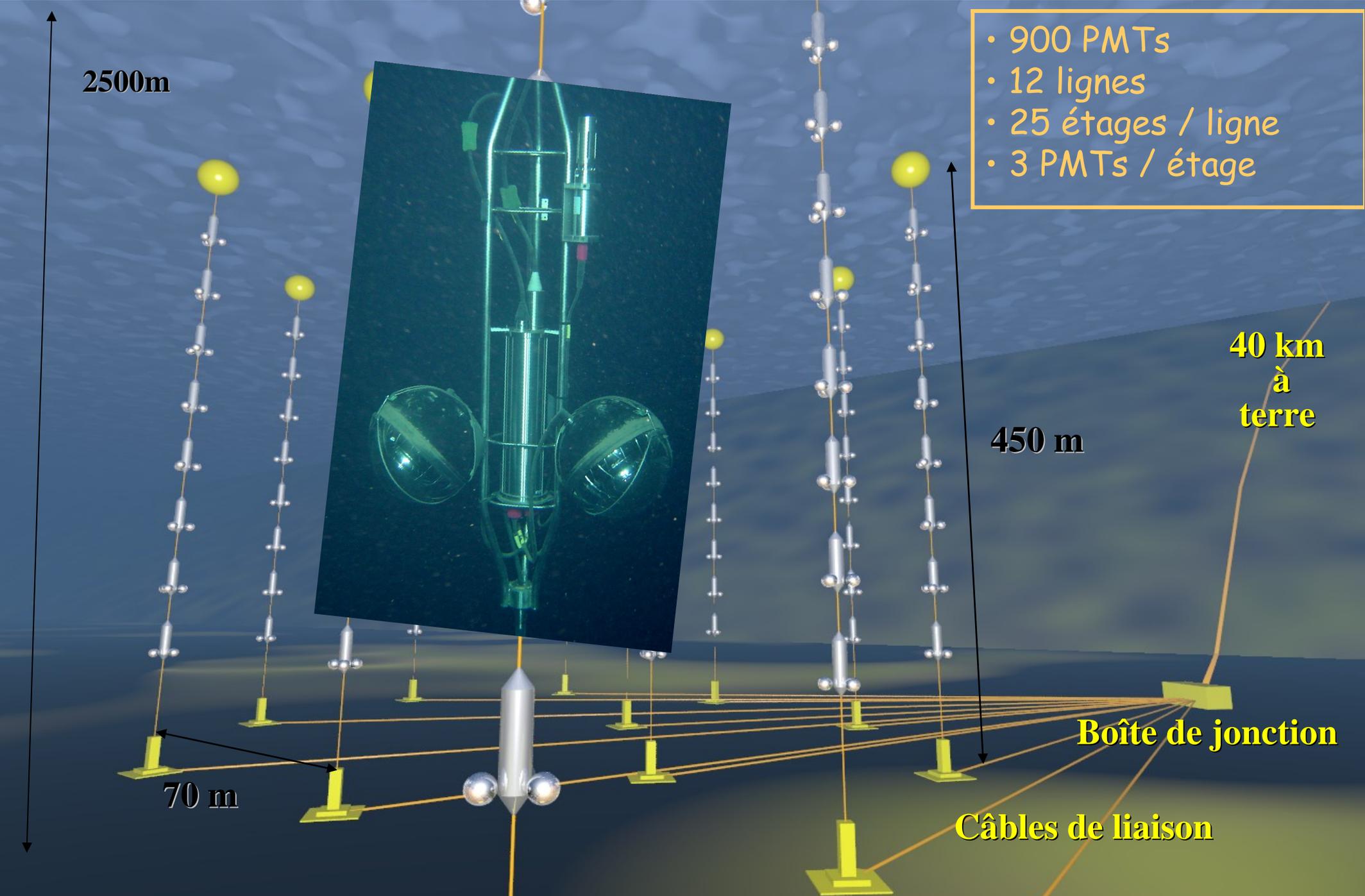
40 km
à
terre

450 m

Boîte de jonction

70 m

Câbles de liaison



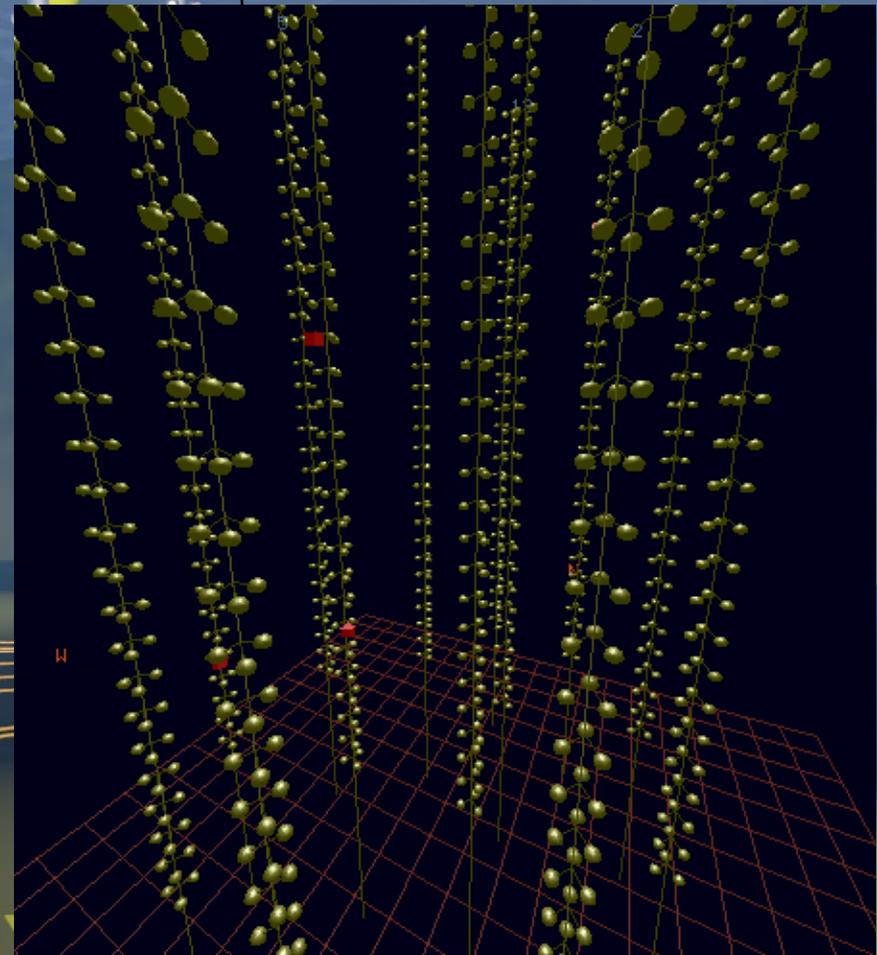


ANTARES

2500m

70 m

- 900 PMTs
- 12 lignes
- 25 étages / ligne
- 3 PMTs / étage

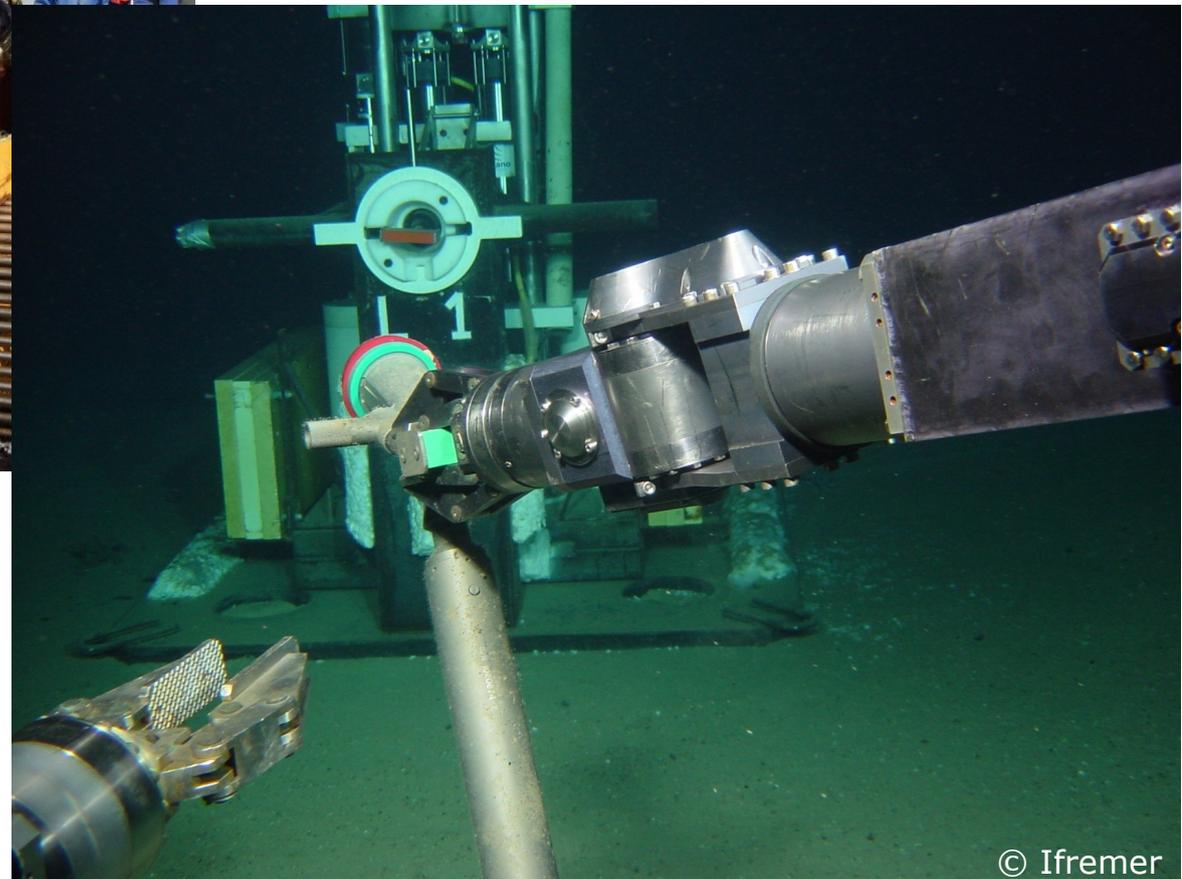


ANTARES



© Cea/L. Fabre

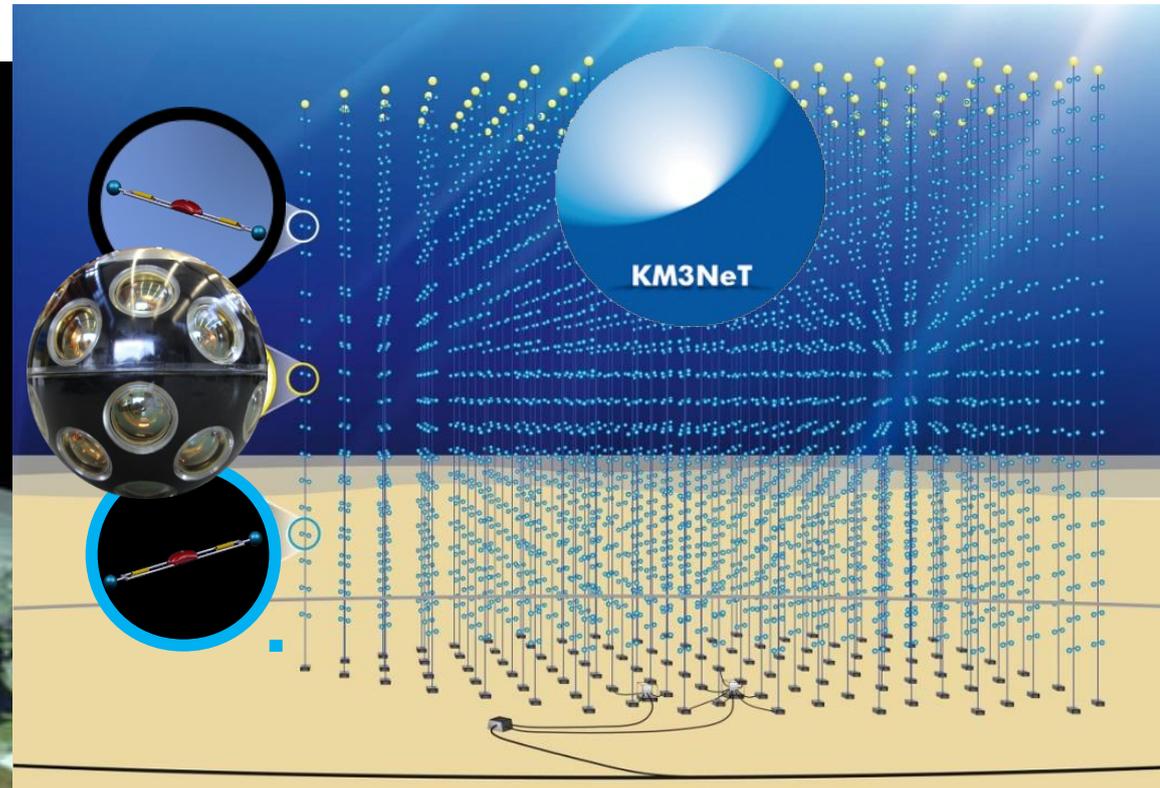
startup



© Ifremer

Futur : MEUST, KM3NeT

KM3NeT:
Telescope neutrino
sous-marin
de 2^{ème} génération



Configuration de référence:
320 lignes de 800 m de haut
séparées de 180m
40 multi-PM modules optiques / ligne
(sensibilité ~50 x ANTARES)

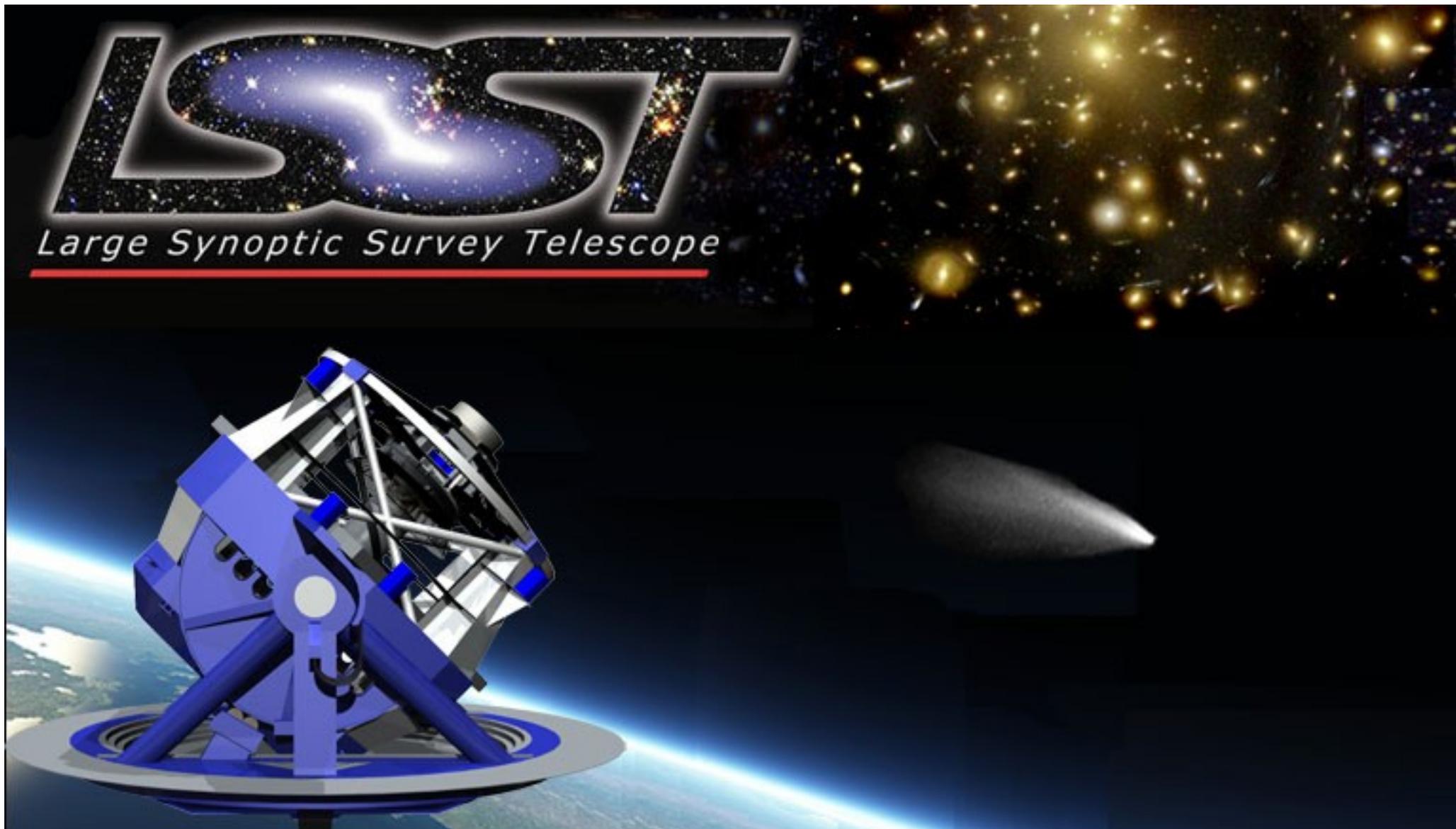
□
Toulon

□ □
Capo Pylos
Passero

CTA (Cherenkov Telescope Array)

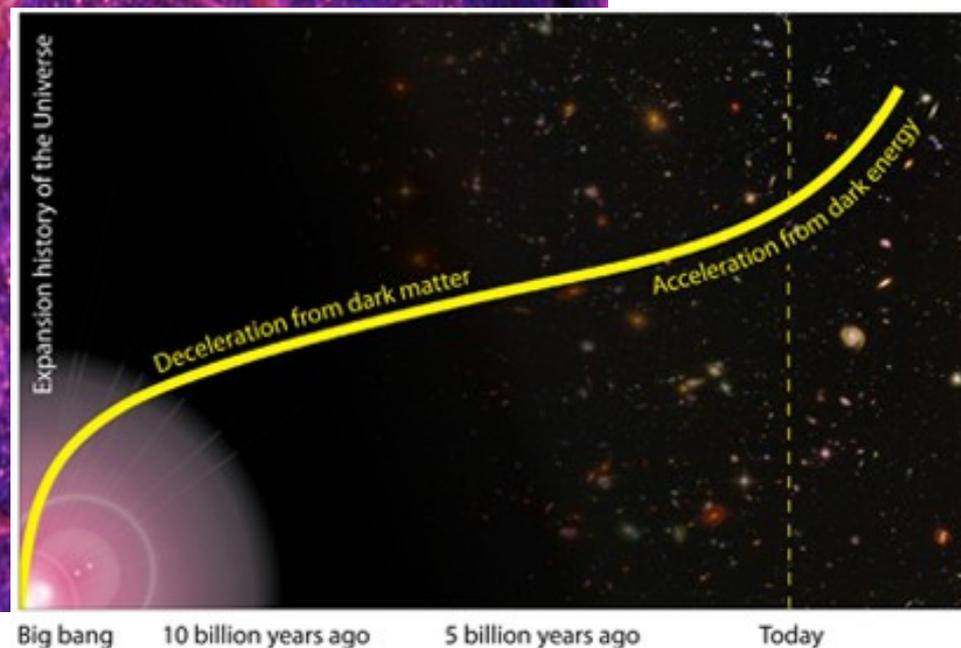
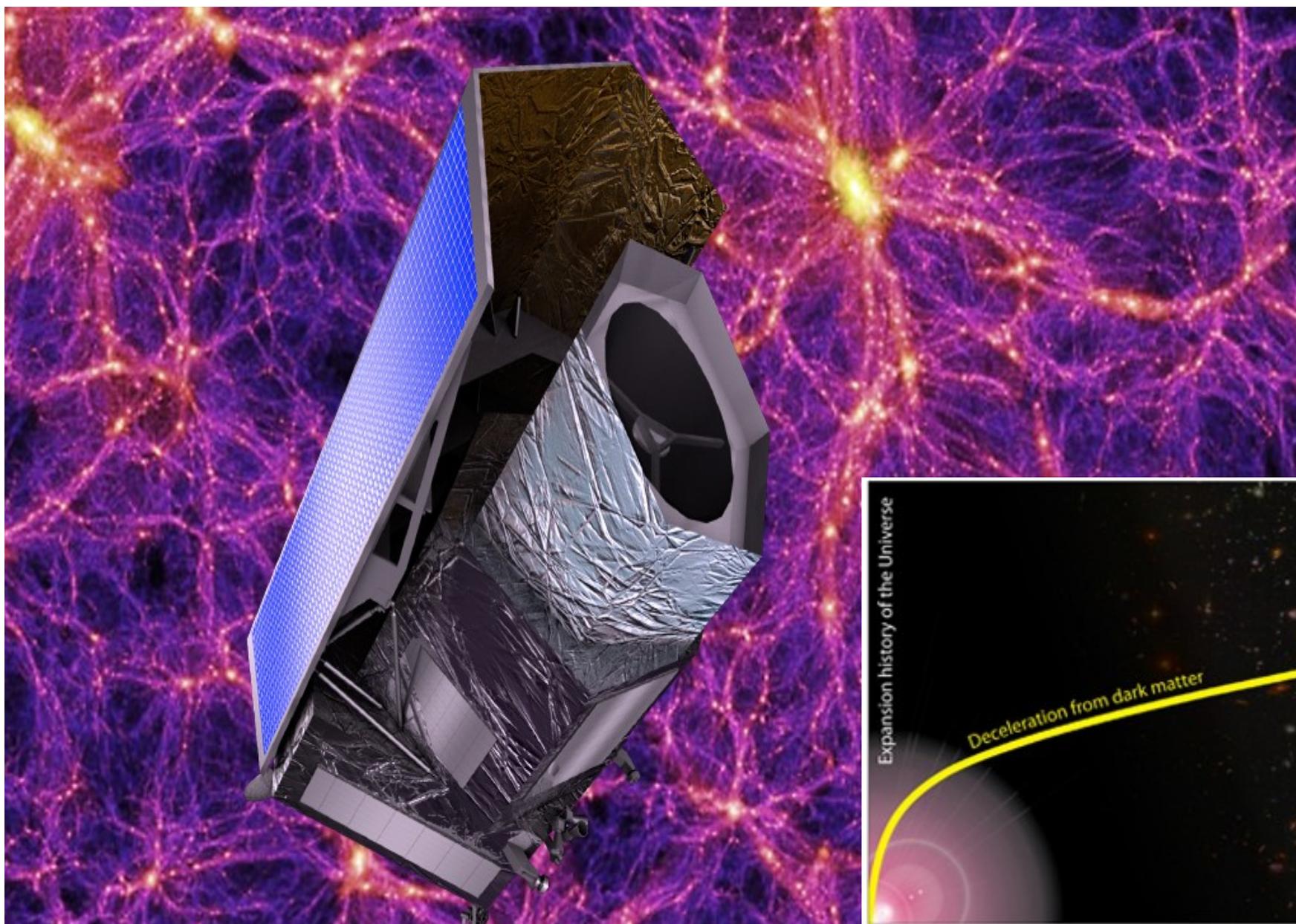


LSST



- Cartographier l'univers visible

Euclid



- Cartographier l'univers sombre

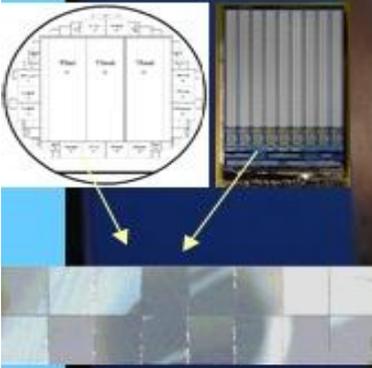
25 mars 2014

Rencontres professeurs/chercheurs

Imagerie



Imagerie biomédicale

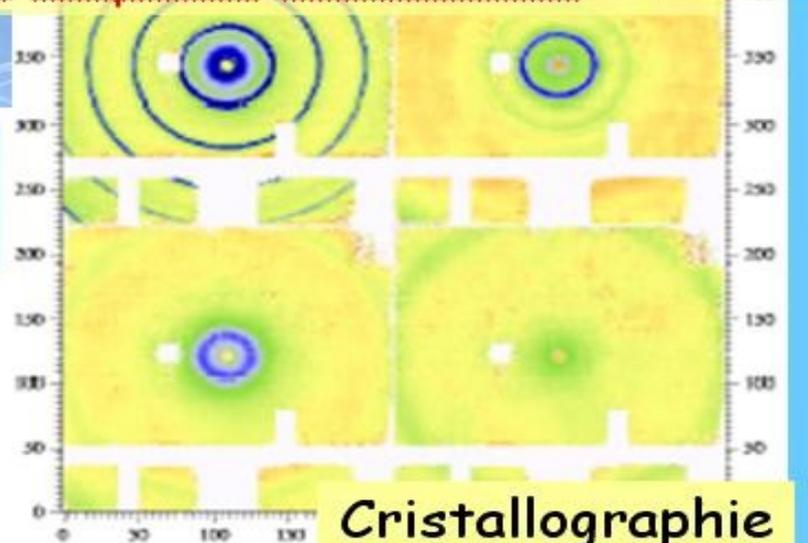


Corps de souris

- Plateforme  : de la R&D aux tests cliniques (Centre Europeen de Recherche en Imagerie Medicale)
- ASUR => développer imagerie X à très haut contraste, à très grande résolution spatiale et avec une résolution temporelle femtoseconde



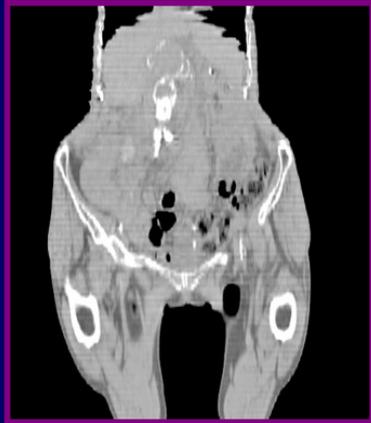
Creation d'une startup



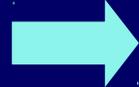
Cristallographie

Imagerie

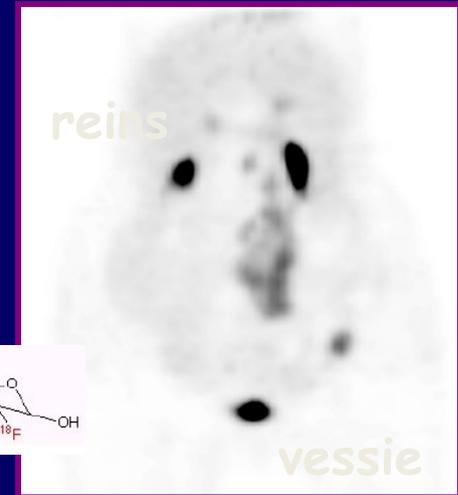
Anatomie + Biologie



X-Ray CTscan

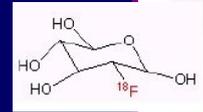


Fusion
logicielle



reins

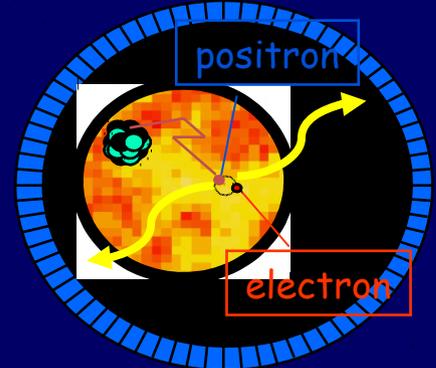
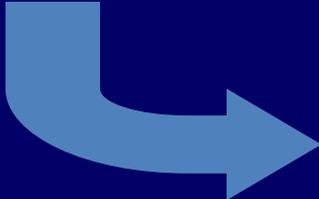
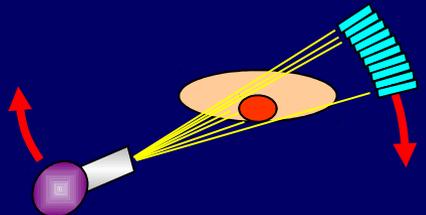
vessie



PET scan

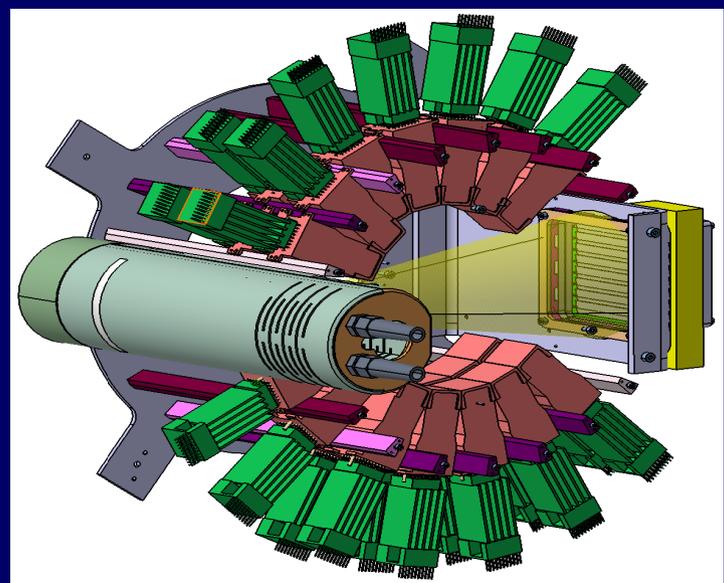


Fusion des images



positron

electron



Compétences techniques

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

- Détecteurs pixels pour la physique des particules (ATLAS)
- Transfert à 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

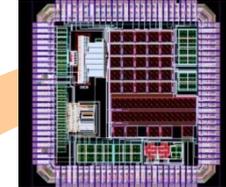
Caractérisation de détecteurs infrarouge pour le spatial (RENOIR)

- 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



Diffusion du savoir

- Enseignement supérieur
 - ▶ avec un fort investissement dans les formations et leur administration
- Formation des jeunes par la recherche
 - ▶ avec l'encadrement, en moyenne, de 25 doctorants et plus de 30 stagiaires par an
- Communication scientifique
 - ▶ avec l'organisation de manifestations scientifiques à portée nationale et internationale
- Actions de communication et de diffusion de culture scientifique
 - ▶ en direction des jeunes, professeurs, étudiants et du grand public.

Enseignement supérieur

- 28 personnes impliquées
 - ▶ 11 Enseignants-Chercheurs
 - ▶ 2 Chercheurs
 - ▶ 9 Ingénieurs
 - ▶ 6 doctorants
- Intervention dans de nombreux parcours
 - ▶ Master « Physique » spécialité Physique Théorique et Mathématique, Physique des Particules et Astrophysique (P3TMA)
 - ▶ Master « Instrumentation et Sciences de l'Information et des Communications »

 - ▶ Licence « Physique Chimie »
 - ▶ Licence « Mathématiques et Informatique »
 - ▶ Licence « Science de la Mer et de l'Environnement »
 - ▶ Licence « Biologie des Organismes et Evolution »

 - ▶ IUT La Ciotat (Risque nucléaire) + IUT Saint Jérôme

 - ▶ Écoles d'Ingénieurs : Polytech Marseille, Centrale de Marseille, ISMIN/Ecole des Mines de Saint Etienne

Communication vers les jeunes

Sciences à l'école

- ▶ Opération Cosmos à l'école avec la roue cosmique
- ▶ Travaux Pratiques (TP) pour les lycéens
- ▶ Stages cosmodétecteurs (retours d'expérience) pour les professeurs (18 au 21 juin 2014)

Masterclasses internationales de physique

- ▶ Exposés, TP avec des données d'ATLAS et de LHCb, et vidéo-conférence en anglais
- ▶ En 2014 : 470 lycéens, 8 sessions (17, 18, 25, 28 mars – 1er, 4, 8, 10 avril 2014)

Projet de masterclasses sur les rayons cosmiques

Summer Camp

- ▶ En 2014, avec les 3 rectorats (Marseille, Montpellier, Toulouse)
- ▶ Lieu : Observatoire de Haute Provence (04)

Stages de découverte

- ▶ ~12 élèves /an , 3 sessions
- ▶ Jeunes de 3^{ème}, 2^{nde}, 1^{ère} sont accueillis au CPPM pendant 1 semaine

TPE : quelques sollicitations

TIPE : ~7/an

Rencontres Professeurs du secondaire avec les chercheurs/enseignants-chercheurs

- ▶ Présentation du laboratoire + Visite
- ▶ 1 fois /an (25 mars 2014)

Conférences dans les lycées

Communication grand public

Conférences grand public 2012-2013

- ▶ 28 conférences dont 17 conférences sur le boson de Higgs
- ▶ Prochaines :
 - « L'existence du boson de Higgs révélée : une avancée majeure et de nouvelles perspectives » par Emmanuel Monnier (CPPM), Les Jeudis du CNRS, jeudi 3 avril 2014 à 18h00 sur le camplus CNRS Joseph Aiguier
 - conférence à deux voix sur le boson de Higgs avec une visite virtuelle de la salle de contrôle d'ATLAS, par Yann Coadou (CPPM) et Michel Davier, mercredi 28 mai 2014, à la Villa Méditerranée, à partir de 19h30

Cycle de conférences du CPPM « Mystères au cœur de l'Univers et de la matière »

- ▶ depuis 2005, conférences mensuelles, le samedi matin à 10h00, plus de 80 personnes/conférence
- ▶ Prochaine : « Lumières sur l'Univers » par Anne Ealet (CPPM), samedi 12 avril 2014 à 10h00

Participation à la Fête de la science

- ▶ Selon les années, participation sur plusieurs sites (Marseille-Luminy, Marseille-centre ville, La Seyne-sur-Mer, Carpentras, Ardèche)
- ▶ 26 septembre 2014 au 19 octobre 2014

Exposition portée par le Labex OCEVU

- ▶ « Voyage vers les deux infinis » , autour de 6 grandes questions
- ▶ Dans le cadre de MP2013, au Pavillon M, Marseille, du 2 au 7 novembre 2013
- ▶ En itinérance pour 2014