

Masterclass Lycée Pont de Beauvoisin le 27 mars 2015

présidé par Jean-Pierre Lees (LAPP)

vendredi 27 mars 2015 de **09:00** à **17:30** (Europe/Paris)

vendredi 27 mars 2015

- 09:30 - 09:50 **Introduction et présentation du LAPP 20'** (Auditorium)
Intervenant: Isabelle Wingerter-Seez (LAPP)
- 09:50 - 10:20 **Physique des particules 30'** (Auditorium)
Intervenant: Dr. Vincent Tisserand (LAPP IN2P3 CNRS et Université de Savoie)
- 10:20 - 10:35 **Pause Café**
- 10:35 - 11:20 **Visite : 2 groupes et 20 mn par stand**
Stand Virgo (Loic Rolland) - Stand Neutrinos (Alberto Remoto)
- 11:20 - 12:00 **LHC ATLAS 40'** (Auditorium)
Intervenant: Stéphane Jezequel (LAPP)
- 12:00 - 12:15 **Film ATLAS 15'** (Auditorium)
- 12:15 - 13:30 **Déjeuner**
- 13:30 - 15:00 **Masterclass 1h30'** (Salles Parmelan et Fourmis)
Intervenant(s): Dr. Vincent Poireau (LAPP), Henri PESSARD (LAPP-IN2P3-CNRS), Pablo DEL AMO SANCHEZ (LAPP, Université de Savoie, IN2P3 - CNRS), Tetiana Hryn'ova (LAPP)
- 15:00 - 16:00 **Résultats - Préparation des questions 1h0'** (Auditorium)
- 16:00 - 17:00 **Visioconférence avec les autres classes 1h0'** (Auditorium)



Isabelle Wingerter-Seez
Directrice de Recherche au CNRS



LABORATOIRE d'ANNECY-le-VIEUX de PHYSIQUE des PARTICULES

Laboratoire du CNRS/IN2P3 depuis 1976

et

de l'Université Savoie Mont-Blanc depuis 1995

CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique

IN2P3: Institut de Physique Nucléaire et de Physique des Particules



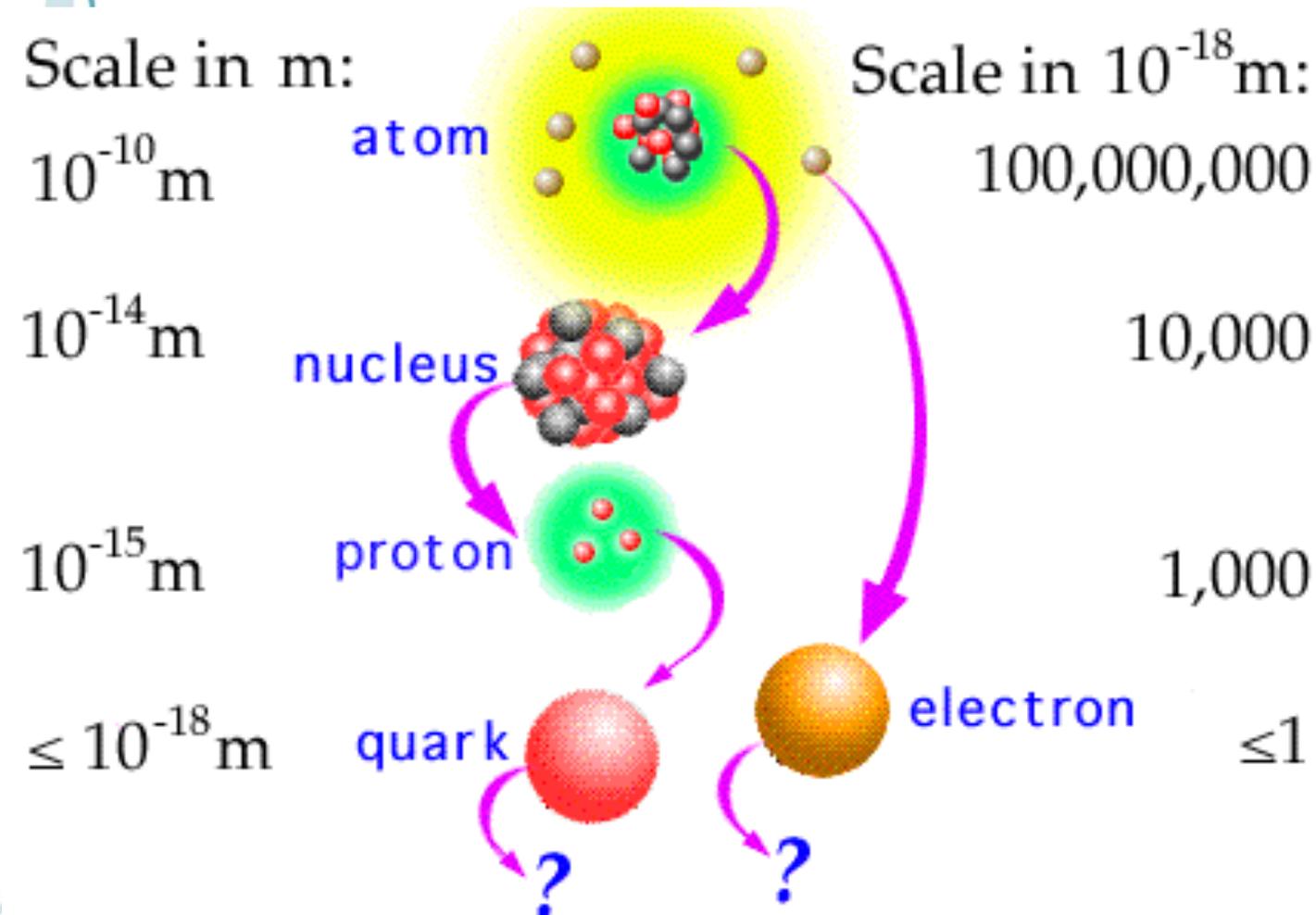
Présentation du laboratoire

Les accélérateurs de particules

Les expériences du laboratoire



La vocation du LAPP est l'étude des constituants élémentaires de la matière et des interactions (forces) fondamentales auxquelles ils sont soumis.

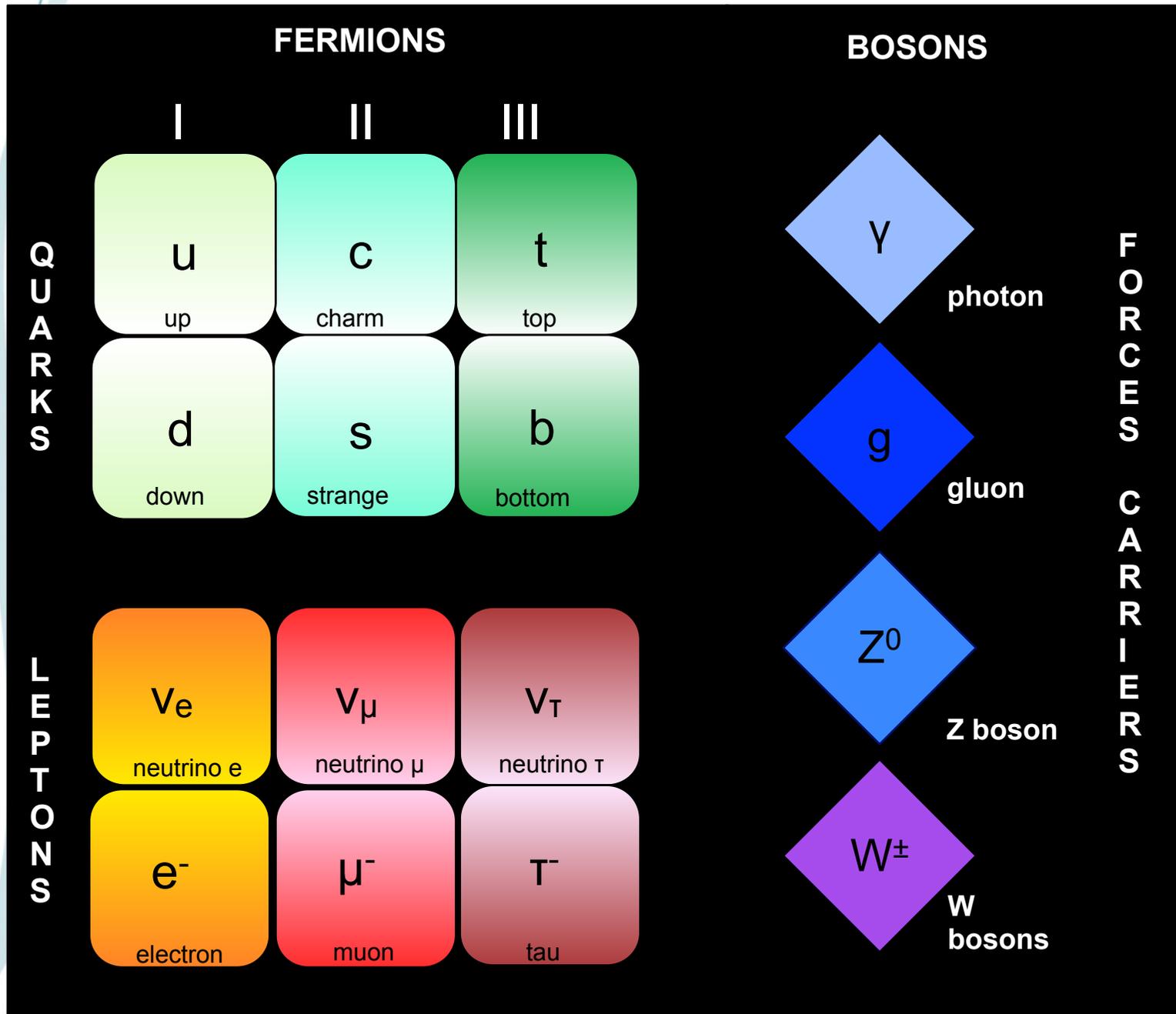


Pas la physique atomique....

Ni la physique nucléaire...

Mais la physique des particules

Le modèle standard de la physique des particules



Le CERN

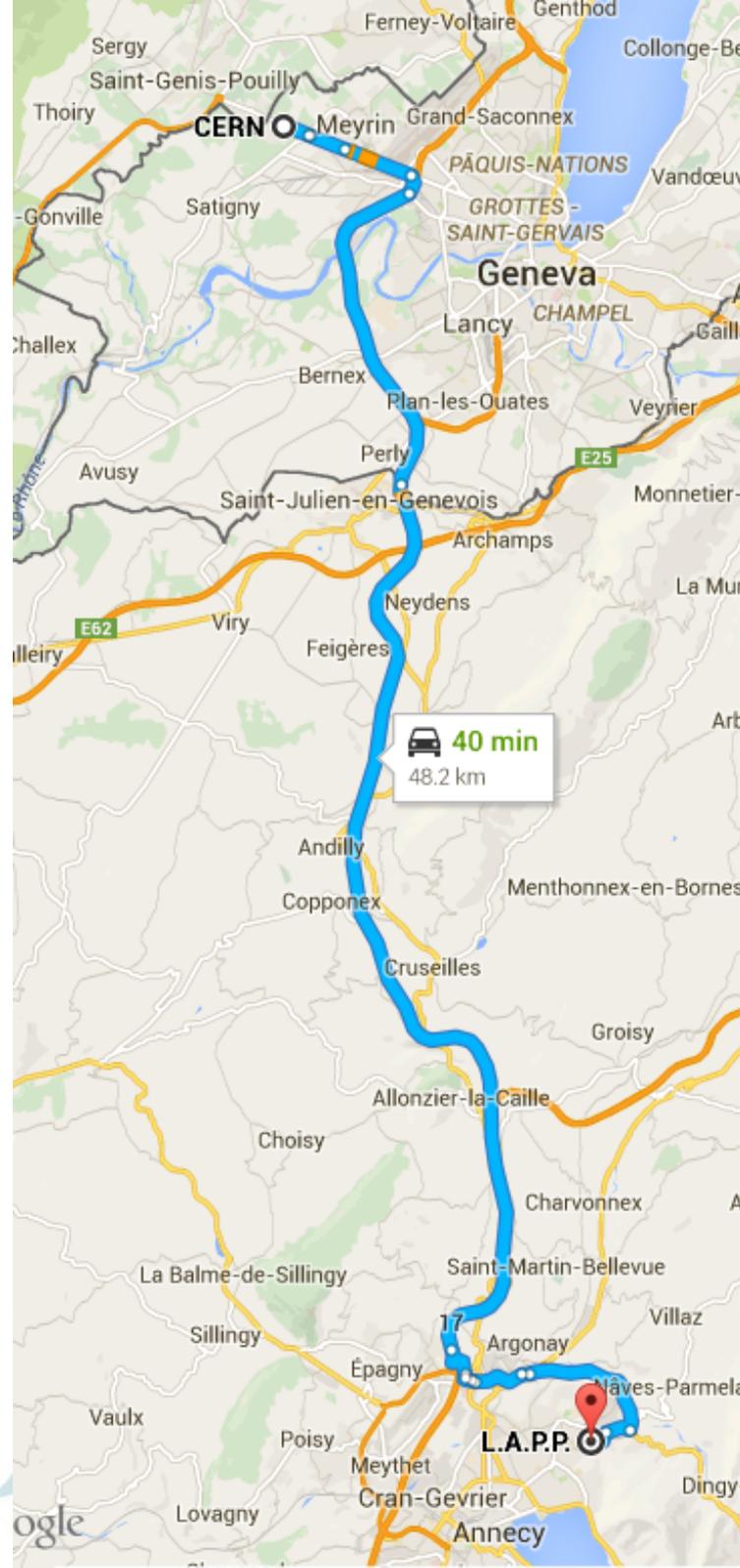
Le Centre Européen pour la Recherche Nucléaire a été créé il y a 60 ans pour étudier les interactions nucléaires.

Le mandat: "L'Organisation assure la collaboration entre Etats européens pour les recherches nucléaires de caractère purement scientifique et fondamental, ainsi que pour d'autres recherches en rapport essentiel avec celles-ci. « est clair.

Maintenant on parle souvent du **Laboratoire Européen de Physique de Particules**.

Le CERN est à une cinquantaine de kilomètres d'Annecy.

C'est pour cette raison que le LAPP a été construit ici.

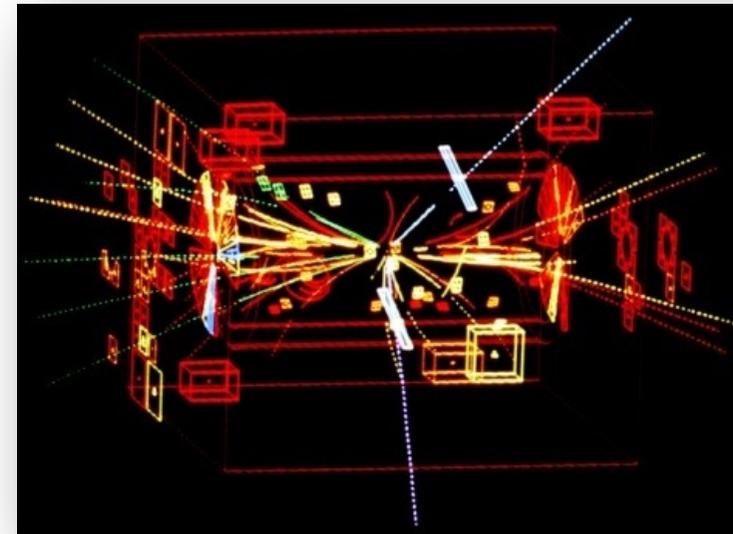




1976: création du LAPP par Marcel Vivargent (1926-2010) et un groupe de physiciens d'Orsay désireux de se rapprocher du CERN.



Le LAPP a participé à des expériences importantes de l'histoire de la physique des particules, dont UA1, qui permit en 1983 de découvrir les bosons W et Z [Carlo Rubbia, prix Nobel de physique 1984]



La reconstruction de désintégrations du Z sera le sujet de cette masterclass!

Carlo Rubbia, prix nobel 1984

Bernard Aubert, physicien
responsable du groupe UA1 LAPP



07/04/2013

Le LAPP évolue

1990-2000: Expériences au LEP (e^+e^-) au CERN: 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)

2013: Prix Nobel à F. Englert et P.Higgs

2015: Le LHC redémarre avec une énergie augmentée par un facteur 1.6.

1991 le LAPP s'agrandit...



2011 installation d'AMS sur l'ISS

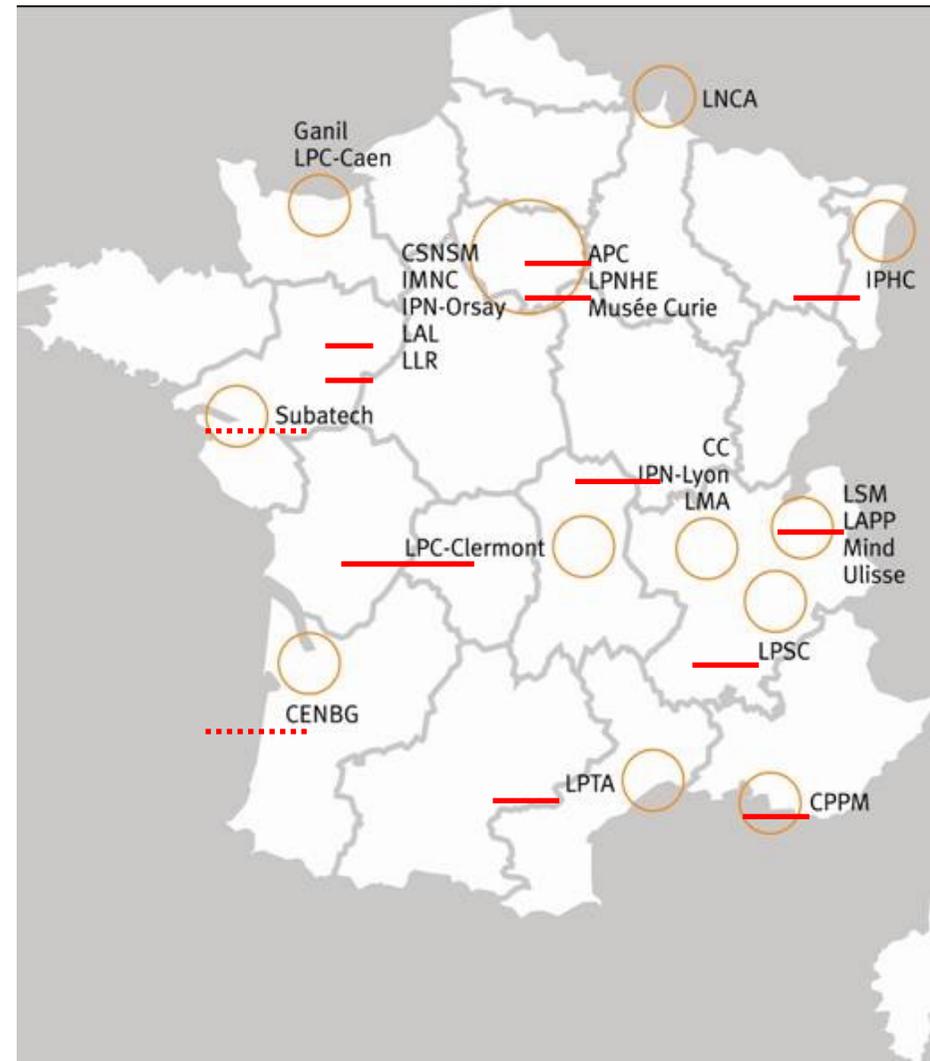


l'IN2P3 et ses laboratoires



L'IN2P3 est un institut du CNRS qui coordonne la recherche en physique nucléaire, **physique des particules** et **astroparticules** (connexions infiniment petit / infiniment grand) pour le compte du CNRS et universités, partenariat avec le CEA.

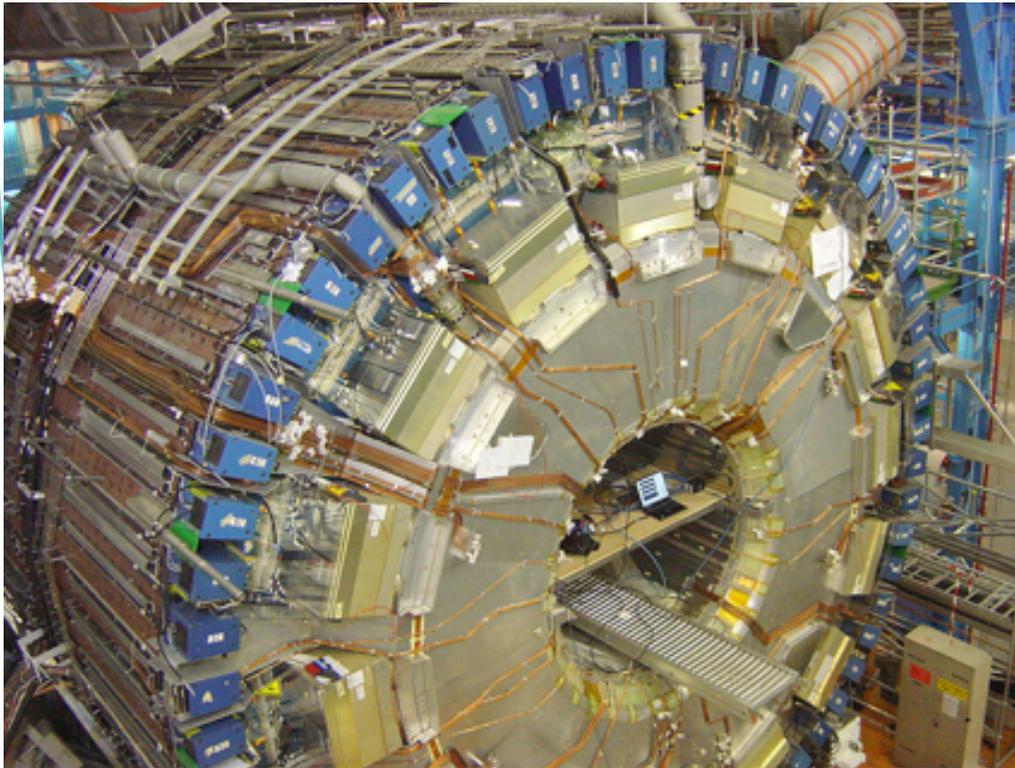
Une vingtaine de laboratoires en France



Des physiciens expérimentateurs



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.



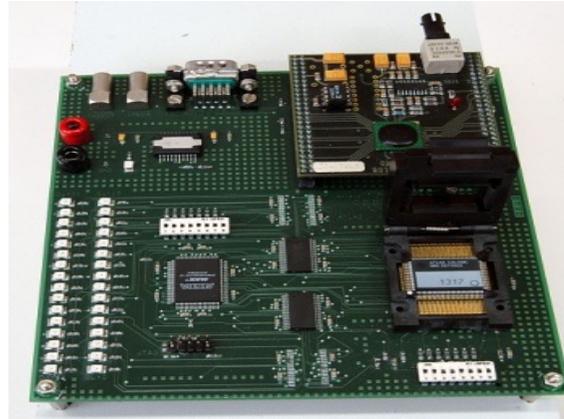
- Après des accélérateurs du **CERN** **ATLAS**, **LHCb**, **OPERA** (Grand Sasso)
- Sur des sites éloignés ou dans l'espace: **VIRGO** (Pise), **HESS** (Namibie), **AMS** (Station spatiale).

Les services techniques

Mécanique: 24 personnes
dont 10 ingénieurs



+



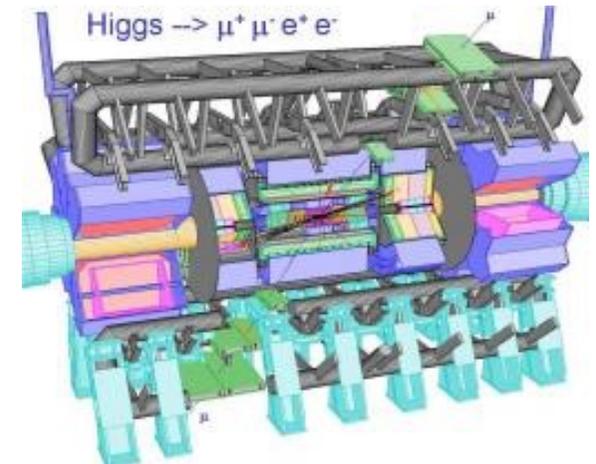
+



Informatique: 21 personnes
dont 15 ingénieurs



+

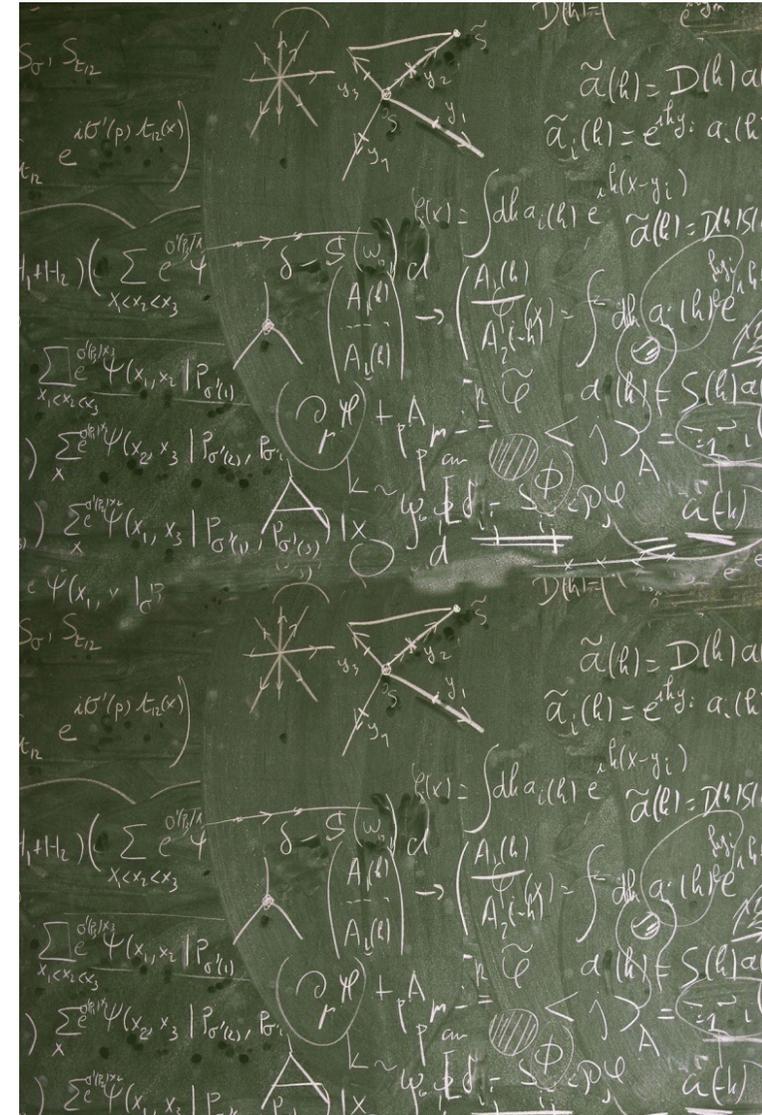


Administration: ~20 personnes

Ce bâtiment abrite également dans ses murs un important groupe de physique théorique, le **LAPTh** (~40 personnes).

Les théoriciens construisent des modèles et prédisent des effets que les expérimentateurs cherchent à mesurer

Parfois c'est le contraire: les théoriciens doivent modifier leurs modèles ou en créer de nouveaux pour interpréter les résultats des expérimentateurs





59 chercheurs expérimentateurs: permanents, post-doctorants et étudiants + 7 émérites

Au sein de grandes collaborations internationales, ils conçoivent et construisent les expériences, puis interprètent leurs résultats

Une quarantaine de chercheurs théoriciens
[LAPTH]

Ils élaborent de nouvelles théories et les confrontent aux expériences.

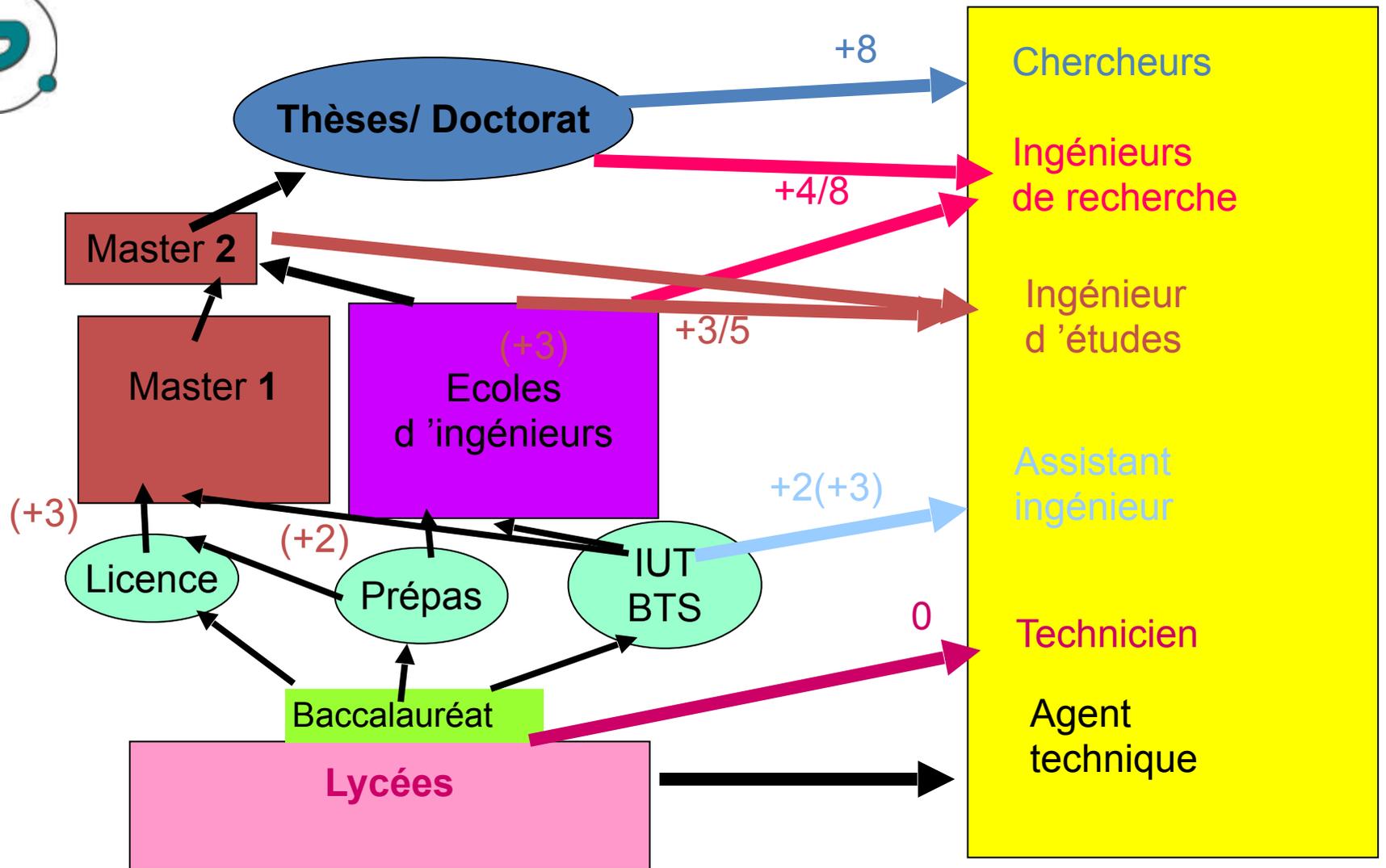
78 ingénieurs et techniciens CNRS:
électronique, informatique, mécanique et
administration)

Aident à concevoir des détecteurs innovants et souvent situés à la limite de la technologie existante

Budget annuel (hors salaires) : ≈ 2 M€

Sept gros projets internationaux et plusieurs projets de R&D

Les métiers de la recherche



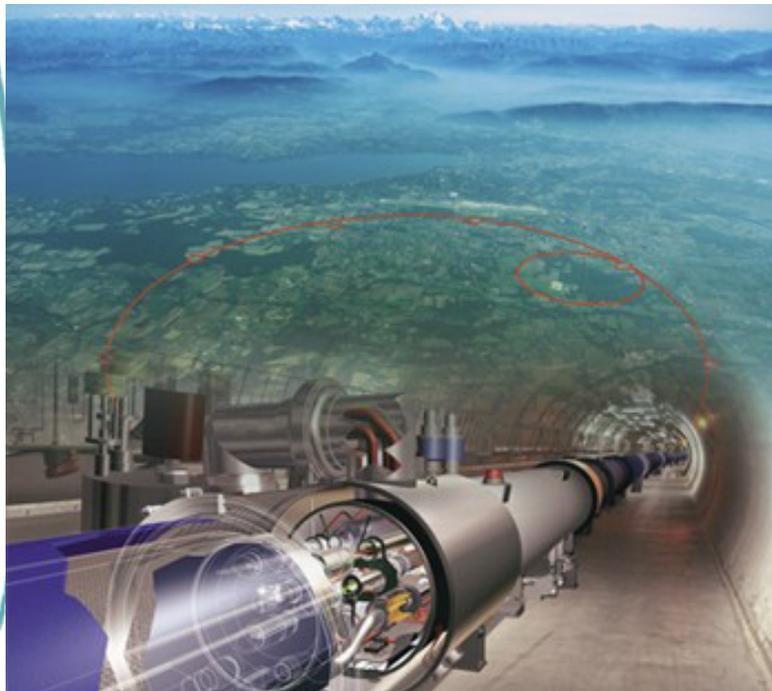
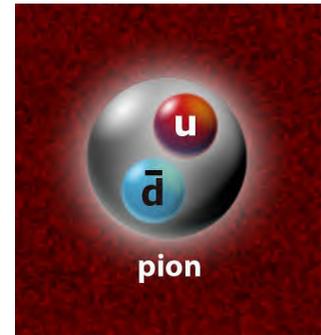


Pourquoi des accélérateurs de particules?



Les pions (ou mésons π) 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. (cf V.Poireau)



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.

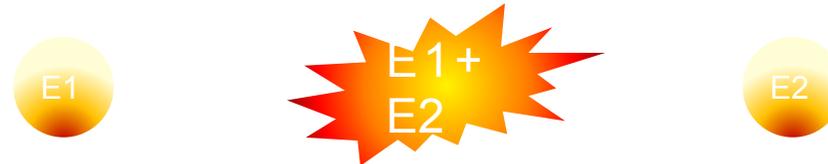
Créer de nouvelles particules massives



Comment créer une nouvelle particule dont la masse est au niveau du TeV (1000GeV) ?



En envoyant 2 particules de 500GeV (au moins) l'une contre l'autre.



Problème: énergie disponible dans particule au repos au mieux de $E=mc^2=1\text{GeV}$ (proton)

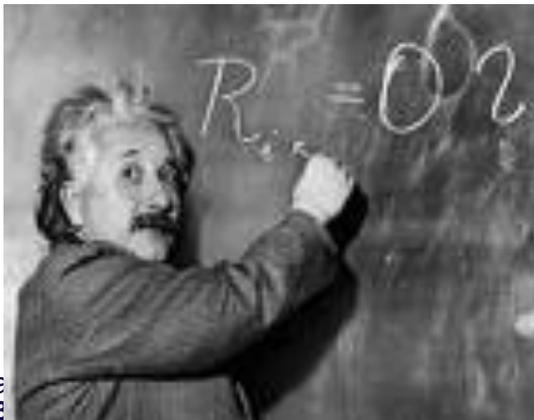
Solution: accélérer les particules



$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Si v approche c , E devient très élevé

Exemple: Au LHC, on a des protons avec $E = 7000\text{GeV} \Rightarrow v = 0,999999991c$



→ Seulement 11km/h de moins que la vitesse de la lumière...

→ On va donc devoir accélérer beaucoup....

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

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

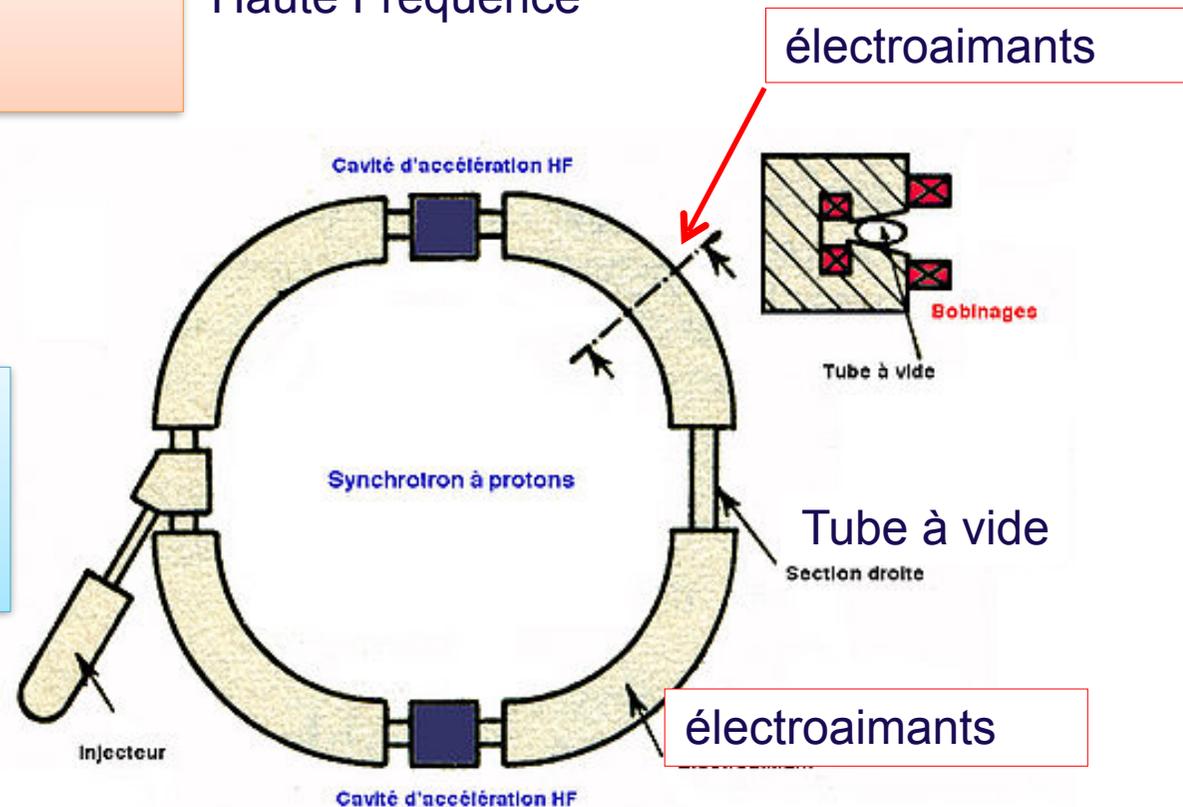


En général on accélère:

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

Principe: équivalence énergie-masse:
 $E = \gamma mc^2$.
Energie de l'accélérateur → création
de nouvelles particules massives

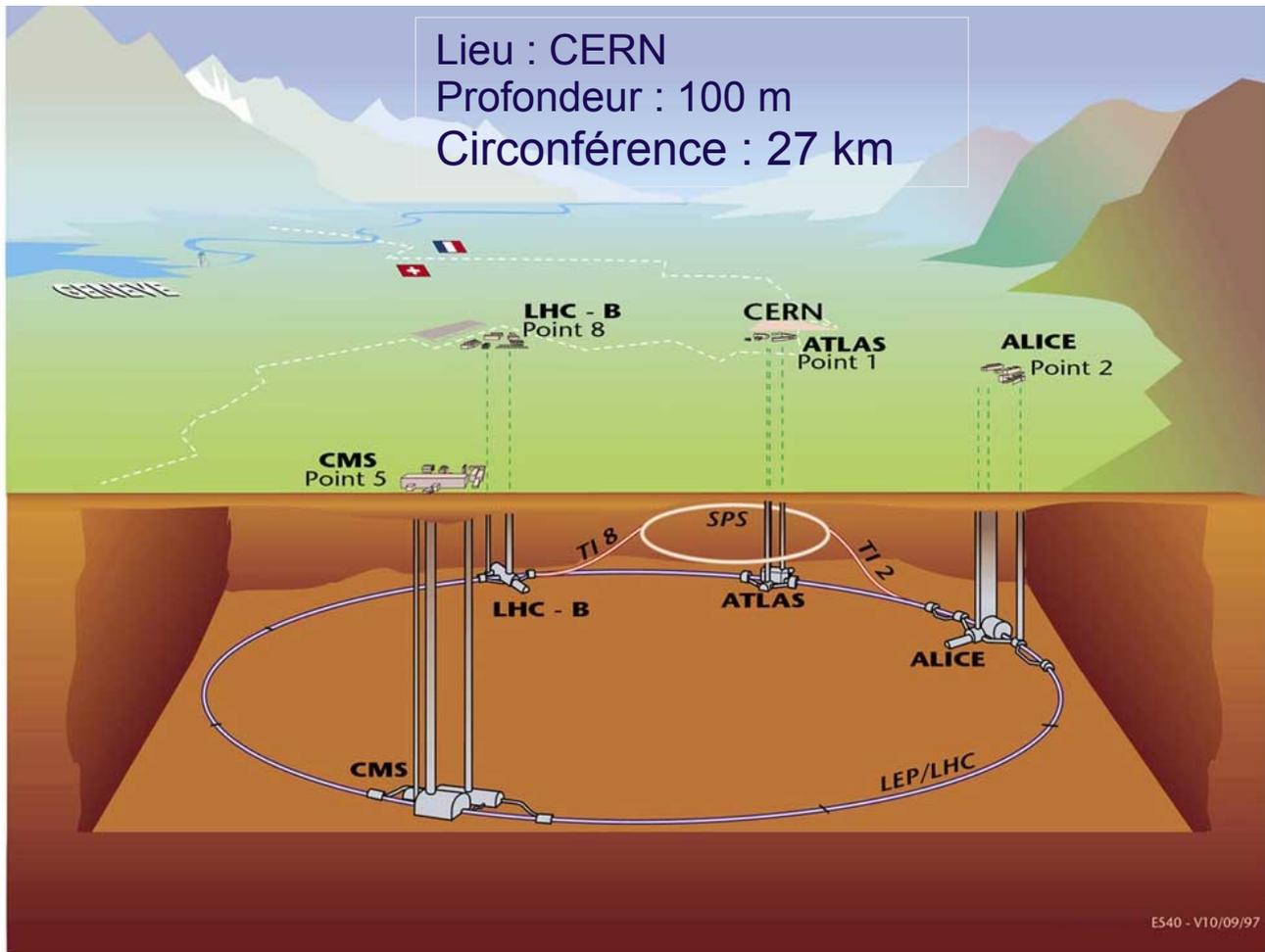
Cavité d'accélération
Haute Fréquence



Cavité d'accélération
Haute Fréquence



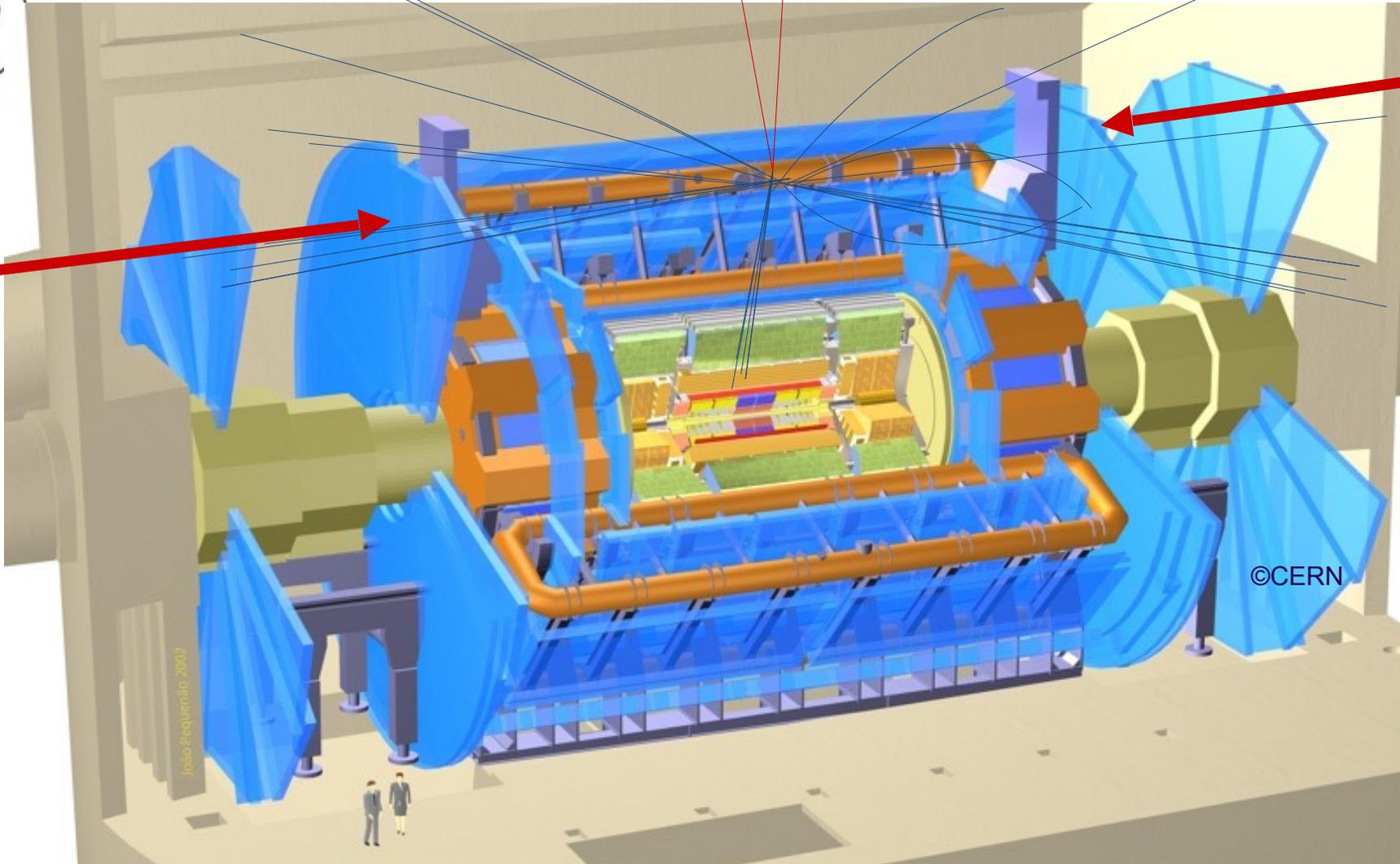
2009/2010: démarrage du LHC (Large Hadron Collider), le plus puissant accélérateur du monde, à 50km d'Annecy



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

22 m de haut, 44 m de long, poids de 7000 tonnes,
dans une caverne à 100m sous terre
Une des expériences phare du LHC

lapp



- Recherche et découverte du boson de Higgs
- Nouvelles particules?



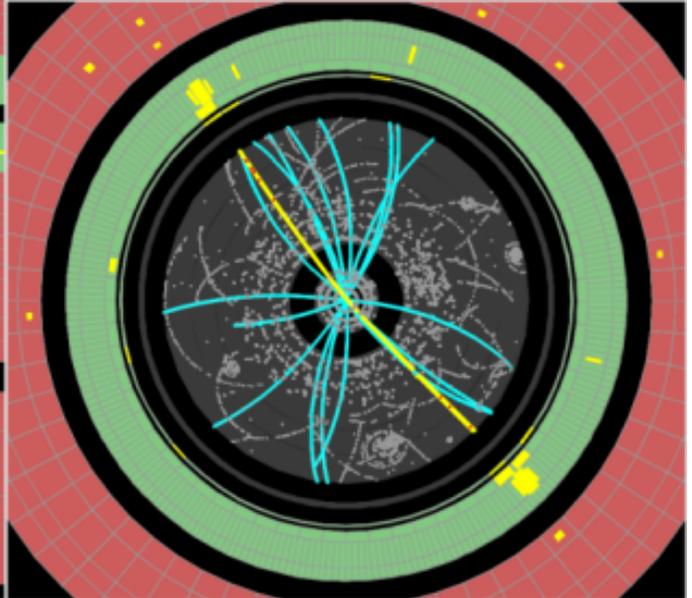
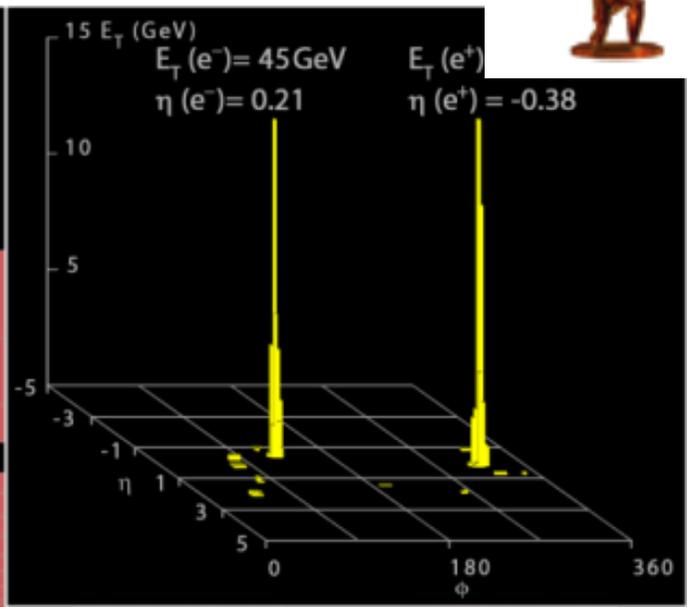
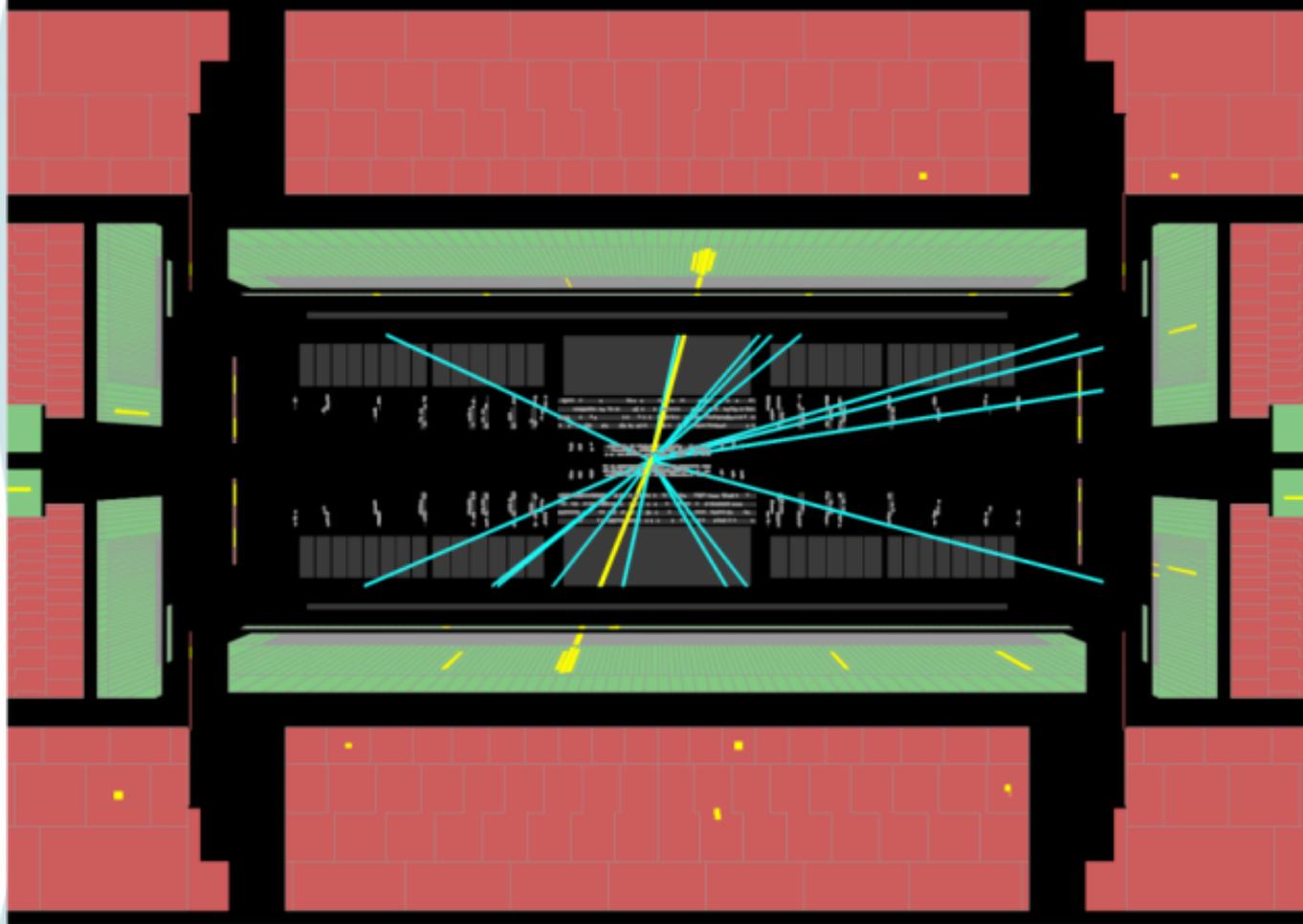
ATLAS EXPERIMENT

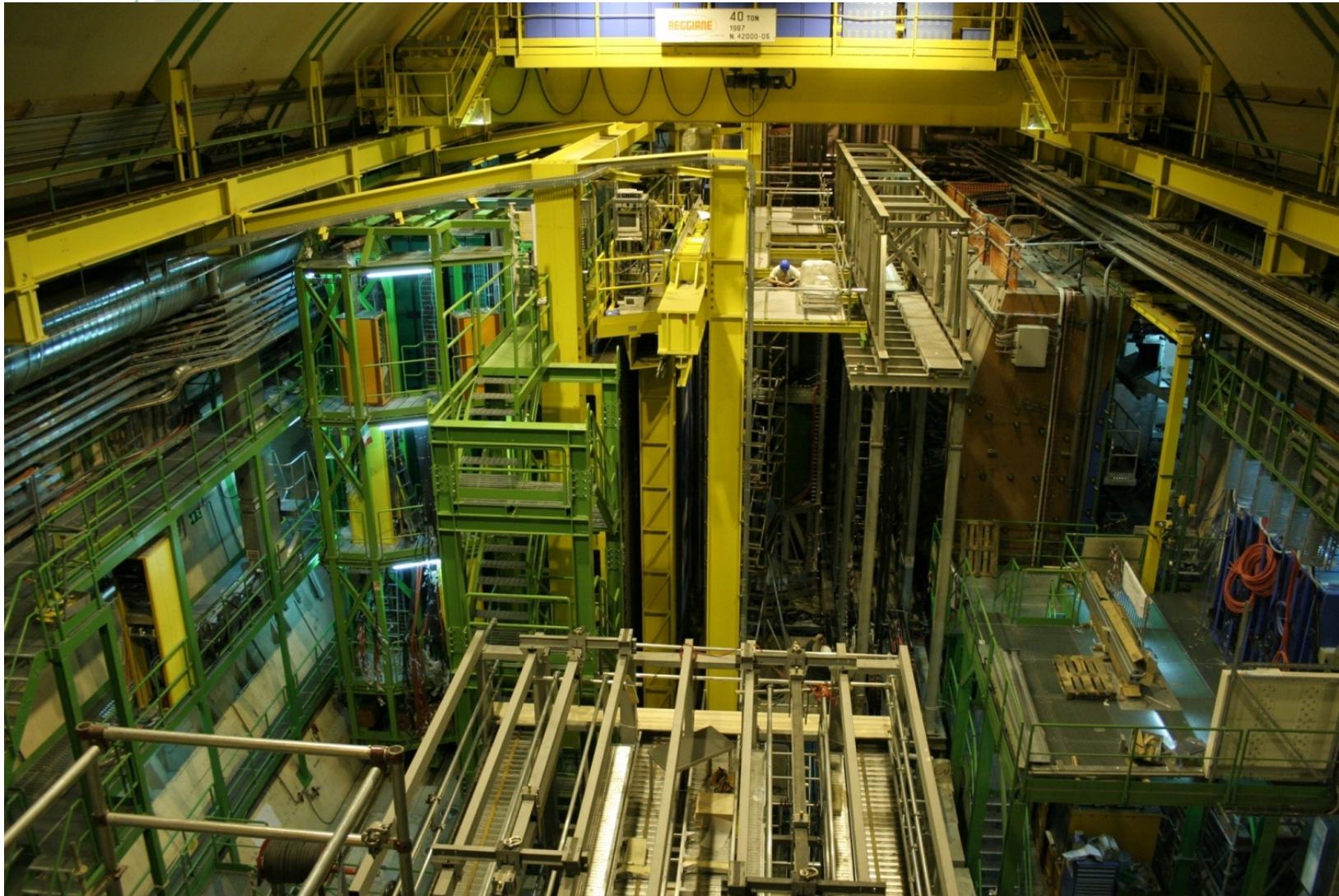
Run Number: 154817, Event Number: 968871

Date: 2010-05-09 09:41:40 CEST

$M_{ee} = 89 \text{ GeV}$

Z \rightarrow ee candidate in 7 TeV collisions



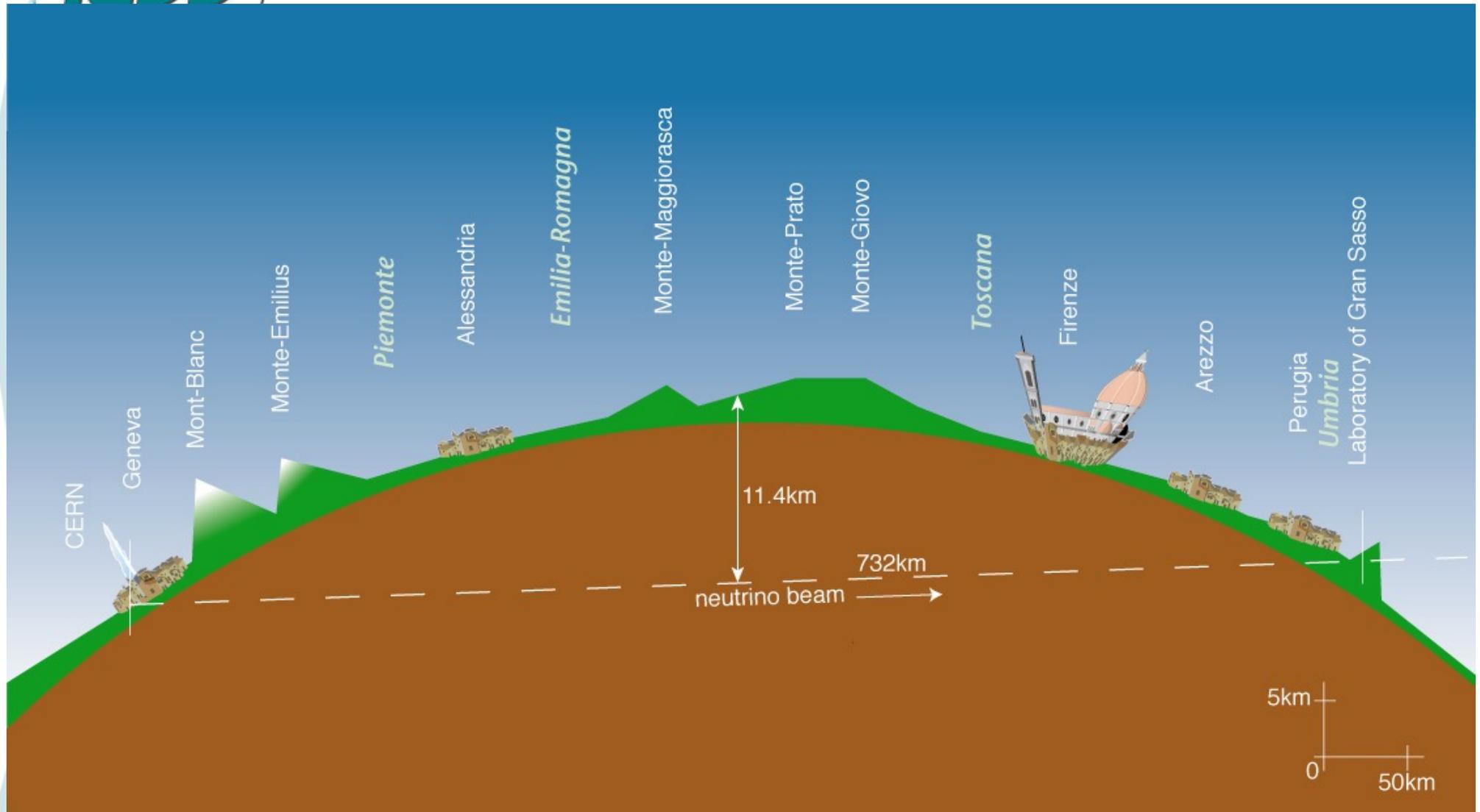


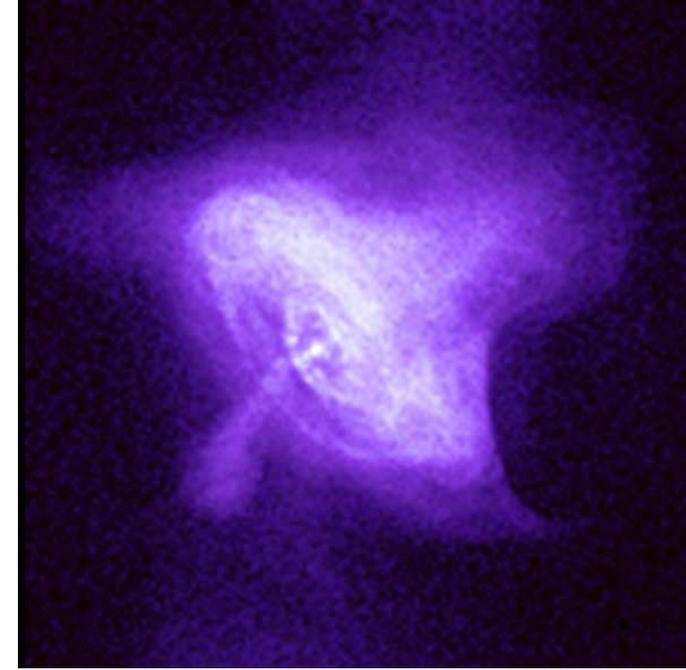
B^+ : anti b – u
 B^0_d : anti b – d
 B^0_s : anti b – s

Pour étudier l'asymétrie matière – anti-matière

OPERA: expérience neutrino

lapp





© HESS/IN2P3/Max Planck Institute

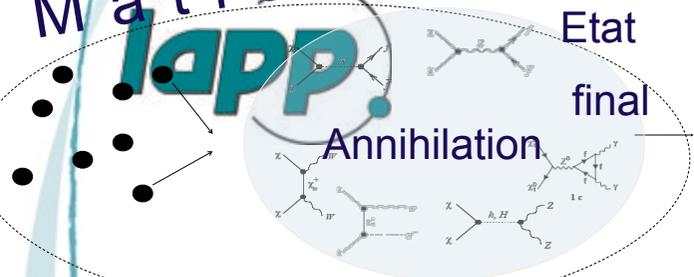
Image optique et Image en rayons X de la nébuleuse du Crabe (reste d'une explosion de supernova)

L'espace contient aussi des accélérateurs naturels
extrêmement puissants (restes de supernova,
nébuleuses de pulsars, AGN, ...)

c'est le domaine des expériences d'Astroparticules

Sources des rayons cosmiques galactiques et extra galactiques

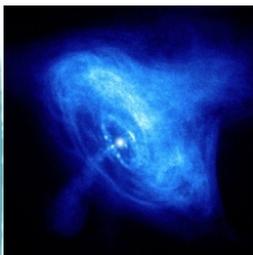
Matière



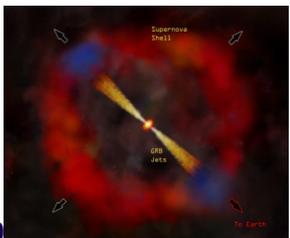
Restes de Supernovae



Nebuleuses de pulsar



Sursaut Gamma associé



26&27.0

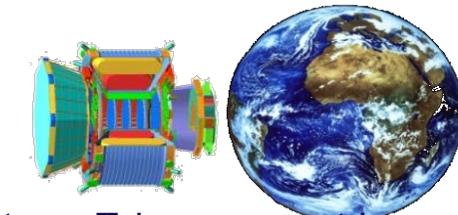
messagers cosmiques:
Particules chargées,
neutres et ondes
gravitationnelles

e^-, p^+, \dots, Fe
 $e^+, \underline{p}, \underline{D}$

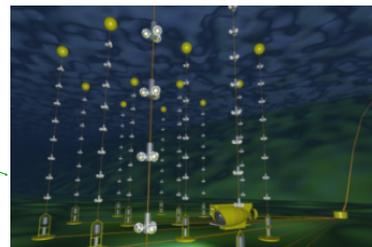


Identification et mesure
de l'énergie des rayons
cosmiques

AMS02



Antares: Telescope neutrinos



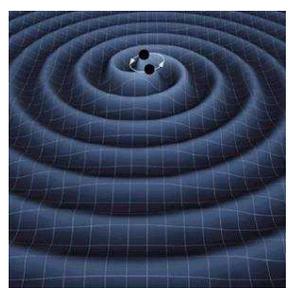
HESS: Telescope Gamma

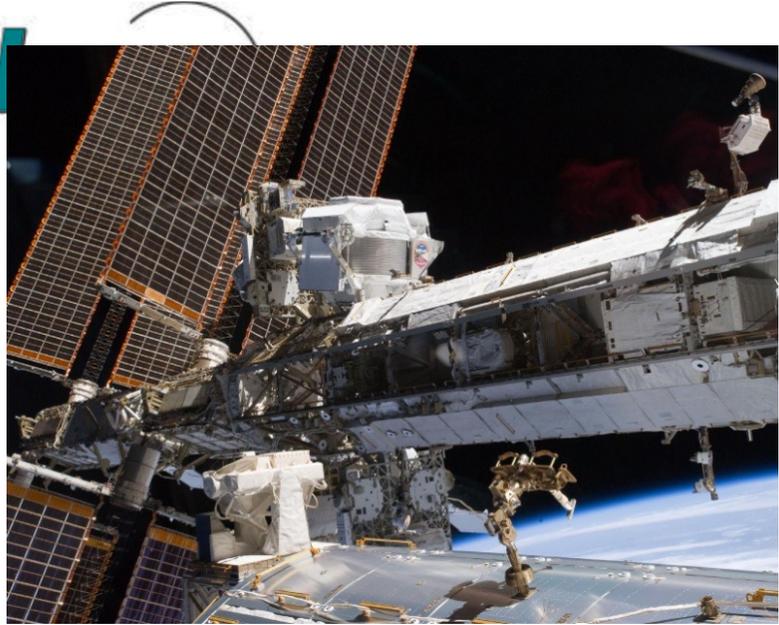
γ



Virgo: detection des ondes gravitationnelles

Ondes
gravitationnelles

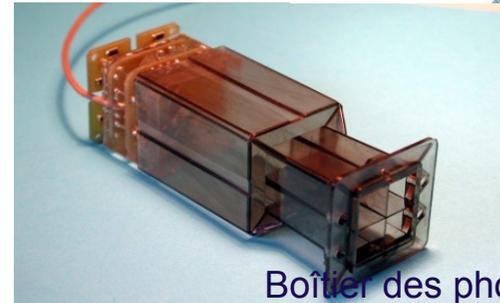
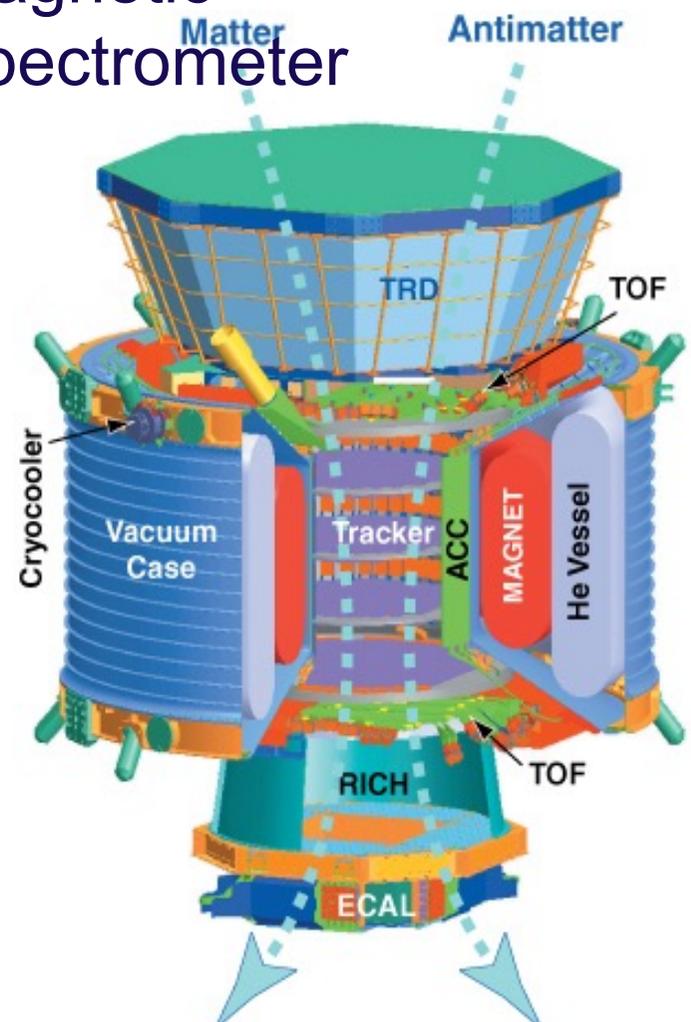




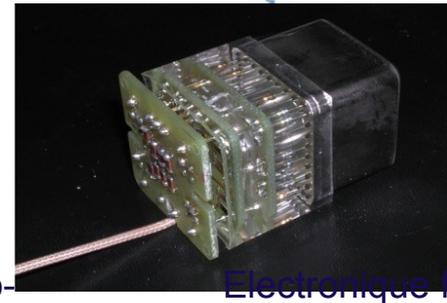
Calorimètre Plomb-Scintillateur. Poids: ≈ 630 kg

Pour
recherche de
l'antimatière
dans l'espace
et mesurer
les propriétés
du
rayonnement
cosmique...

Magnetic Spectrometer



Boîtier des photo-
multiplicateurs (PM)



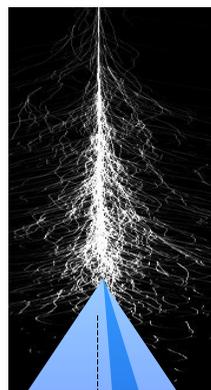
Electronique PM
des PM

l'expérience H.E.S.S.

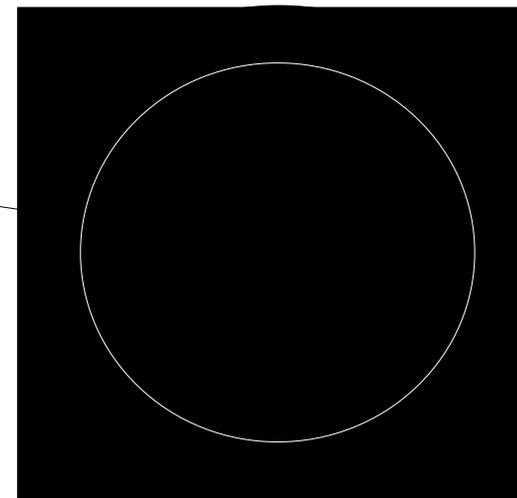
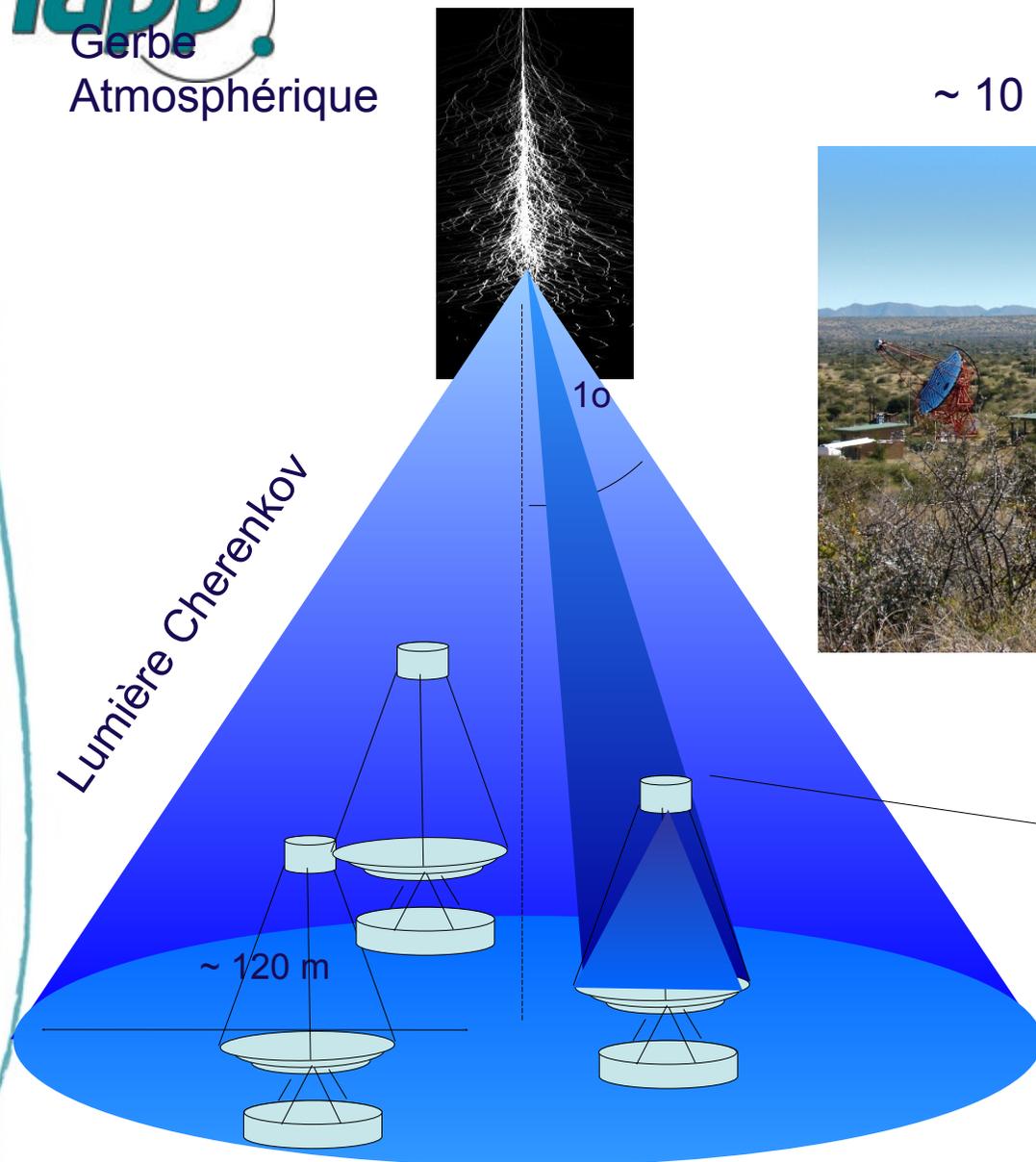
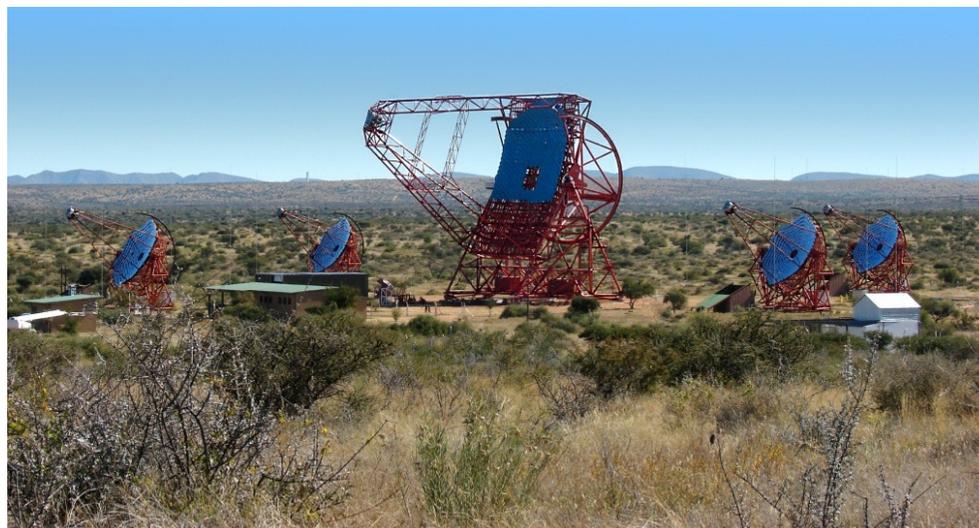


En Namibie, étudie les sources de photons cosmiques très haute énergie ($E_\gamma > 100 \text{ GeV}$)

lapp.
Gerbe
Atmosphérique



~ 10 km



Détection d'ondes gravitationnelles de source cosmique



bras de 3km



électronique

