

# Le programme scientifique du CERN

*Un voyage à travers les accélérateurs*

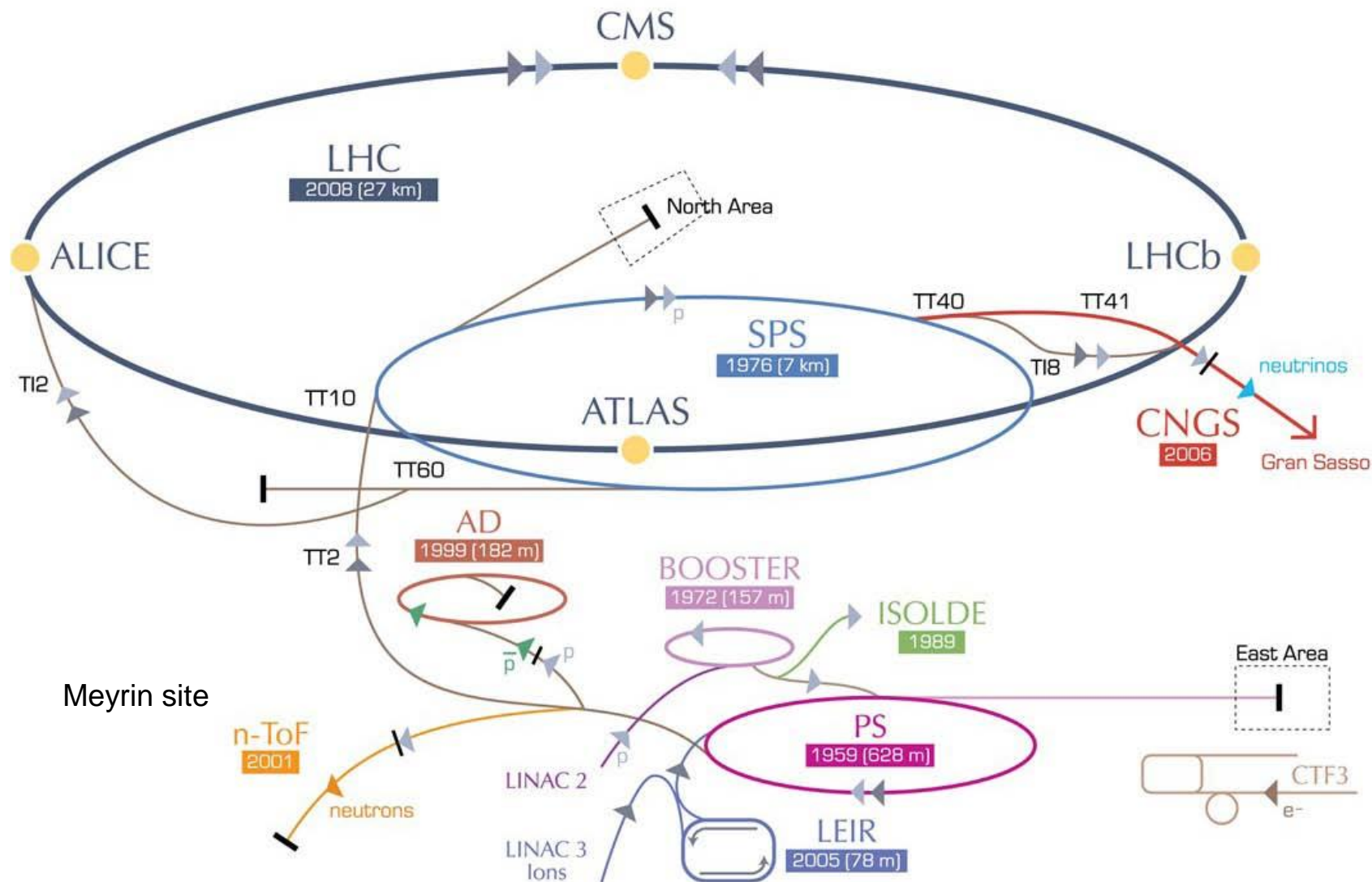
Le CERN est le plus grand laboratoire au monde pour la physique des particules  
Il a l'accélérateur le plus puissant au monde (LHC)  
Mais il ya aussi un vaste programme d'autres expériences

PH Department

*Livio Mapelli, Head*



# Les accélérateurs du CERN

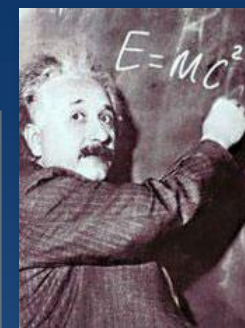
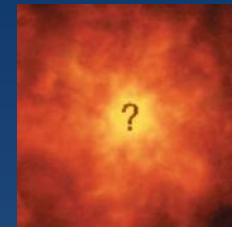




# Les missions du CERN

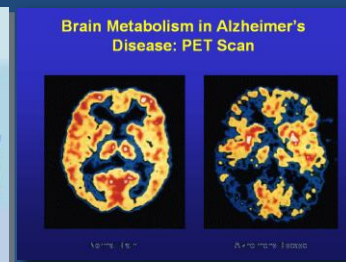
- **Repousser** les frontières des connaissances

Les secrets du Big Bang ... à quel moment se créait la matière dans les tout premiers instants de l'existence ?



- **Développer** de nouvelles technologies

Technologies de l'informatique  
Médecine – diagnostic et traitement



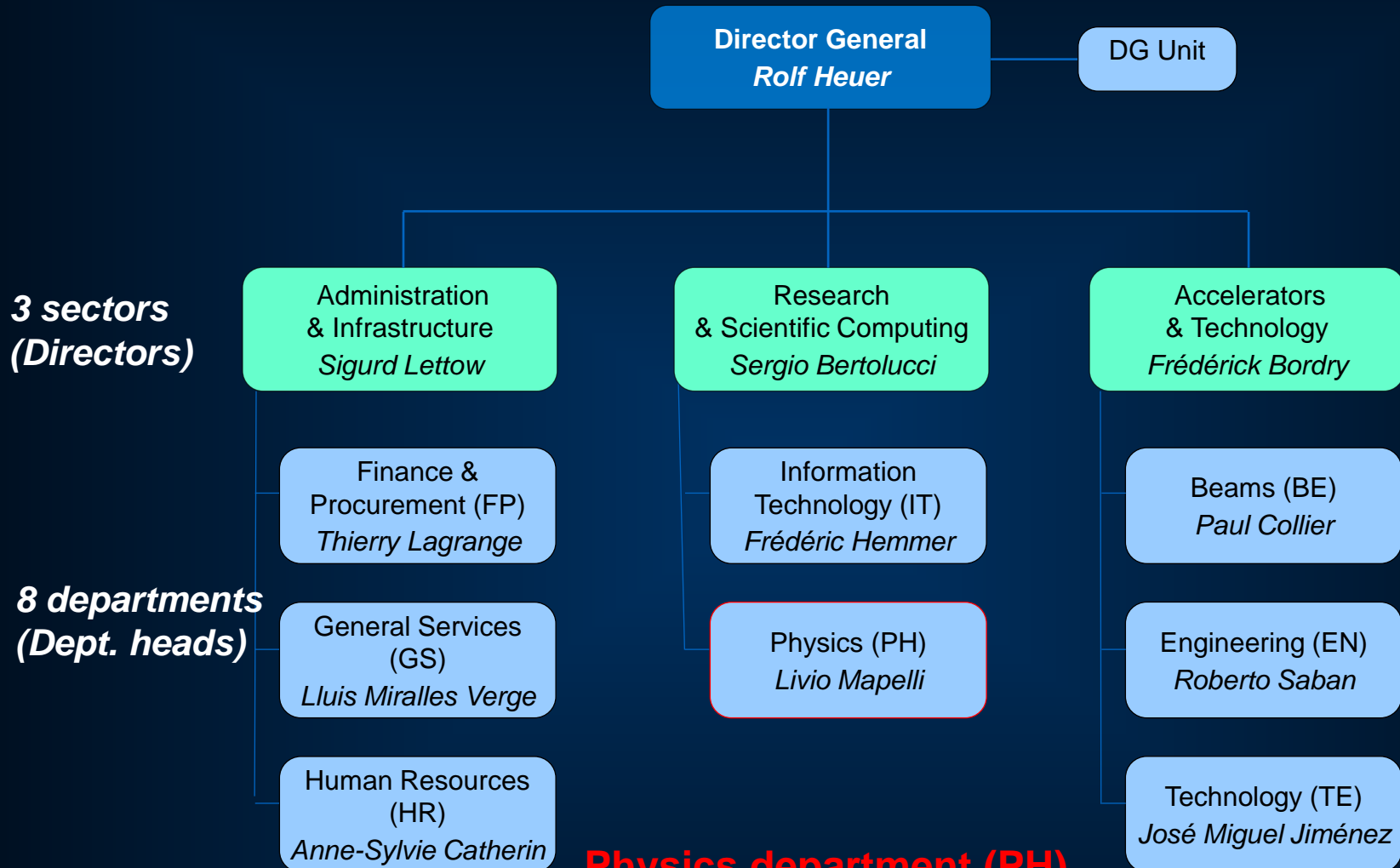
- **Former** les scientifiques et les ingénieurs de demain



- **Rassembler** des personnes de différentes nations et cultures



# CERN structure



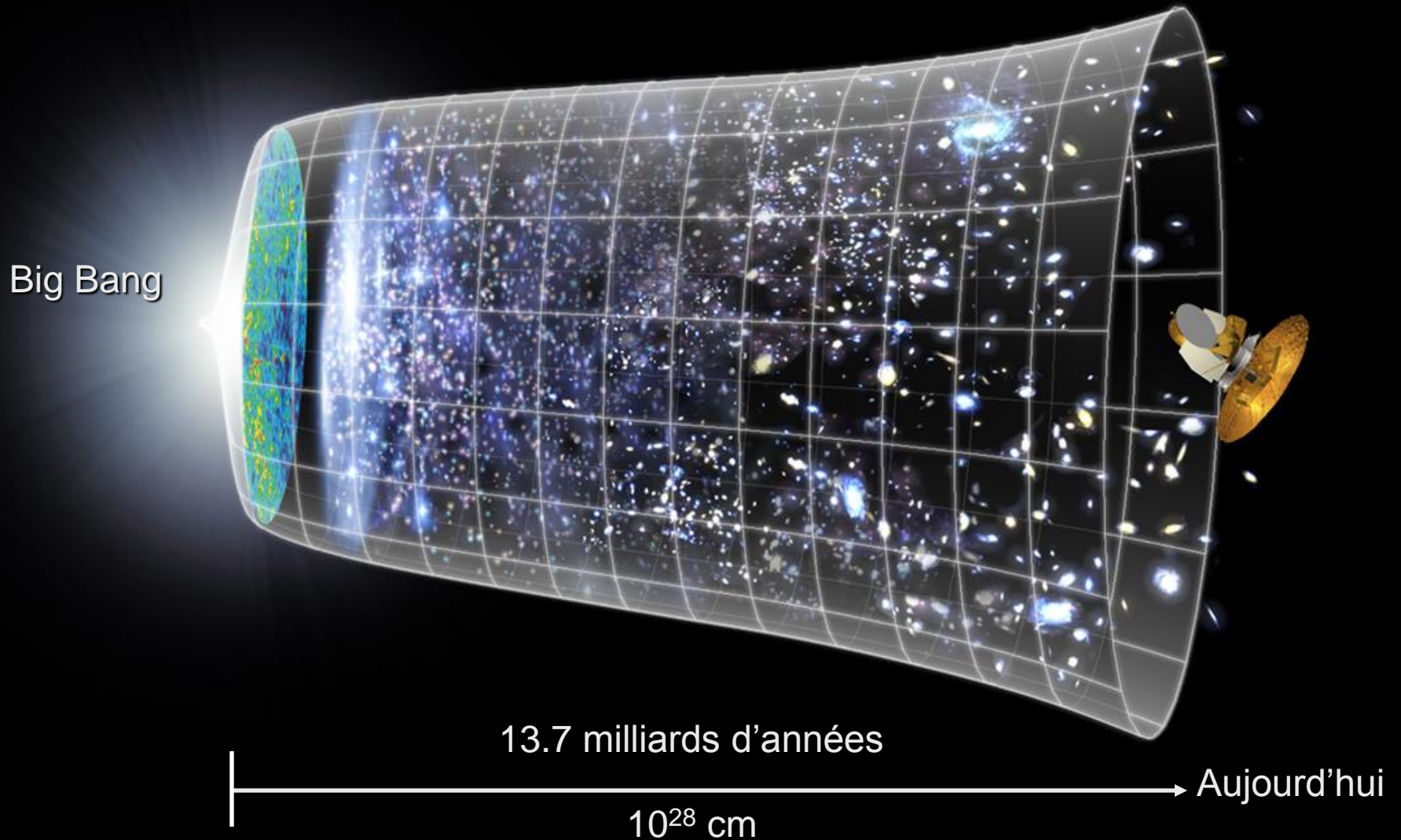
## Physics department (PH)

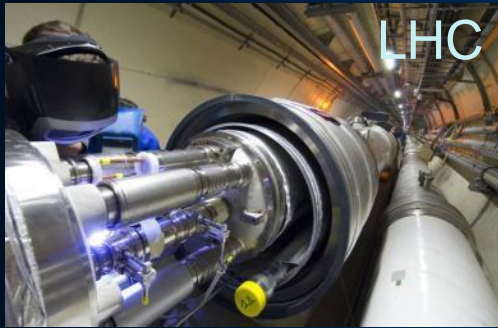
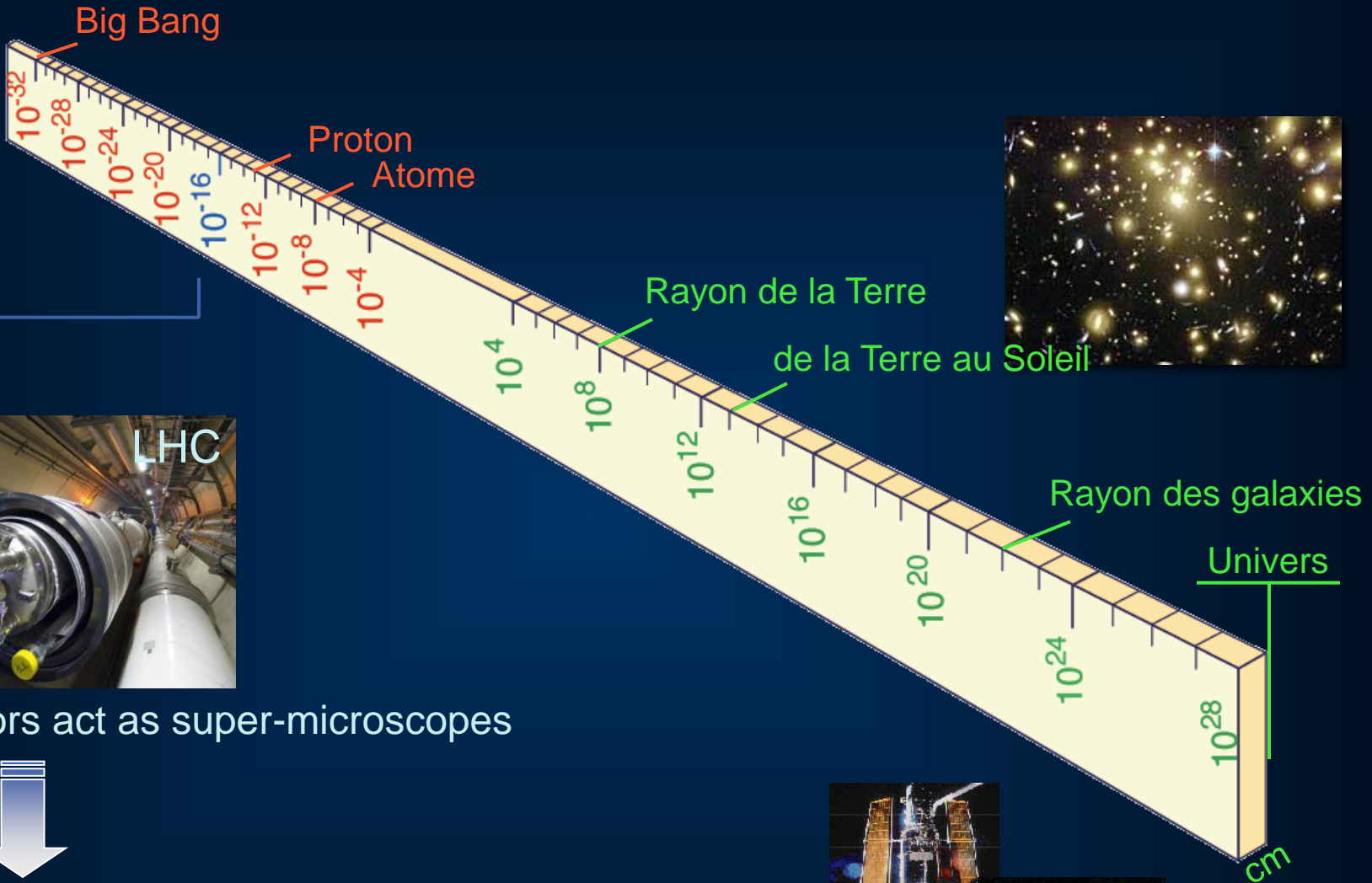
~ 500 staff (~ 20% of CERN total)

~ 400 students/fellows/associates

>10,000 users!

# Evolution de l'Univers

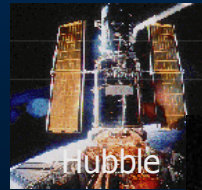




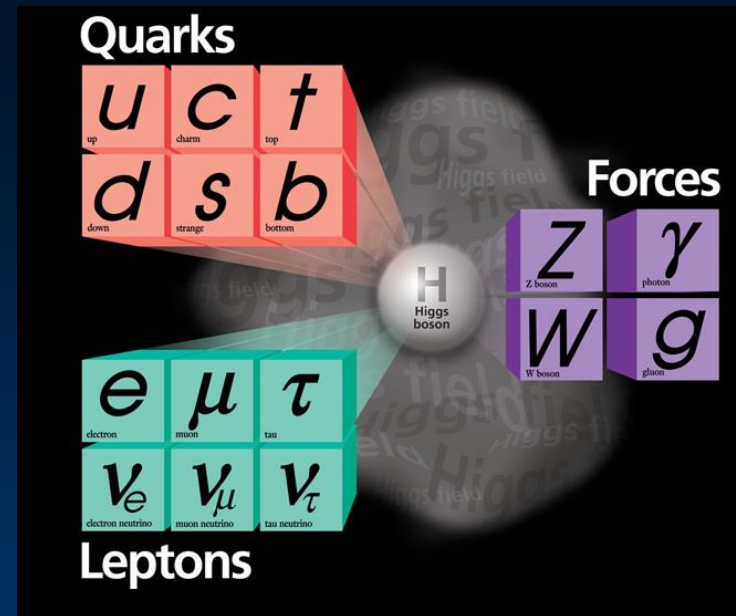
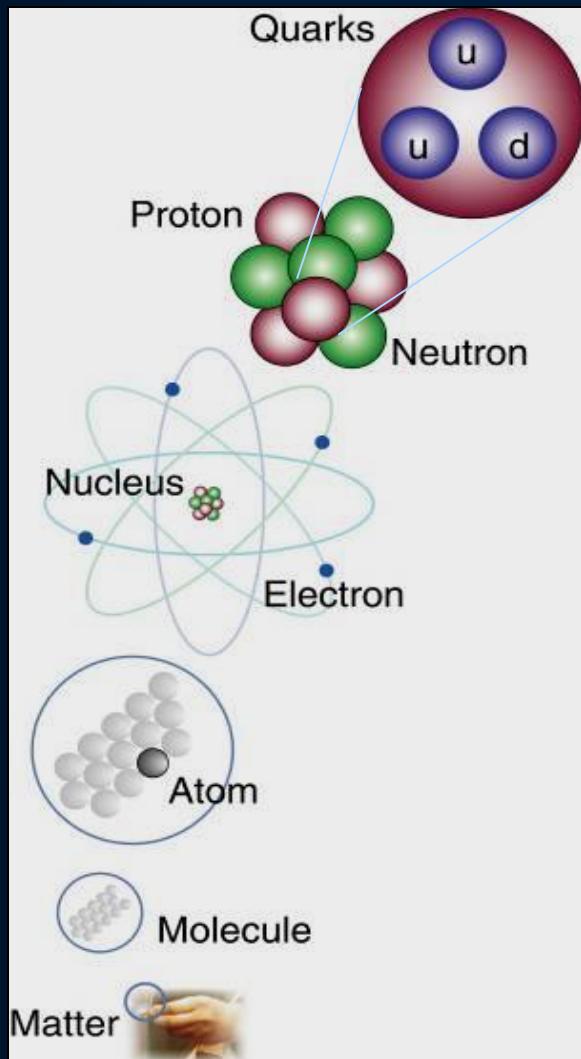
Accelerators act as super-microscopes



Etudie les lois de la physique juste après le Big Bang  
 augmente la symbiose entre la physique des  
 particules, l'astrophysique et la cosmologie



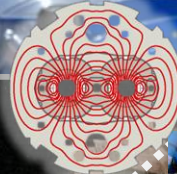
# The Standard Model



- **Fermions** (spin  $\frac{1}{2}$ , quarks and leptons): the building blocks of matter
- Antimatter partners of each particle, produced in high-energy collisions  
e.g.  $\gamma \rightarrow e^+e^-$
- **Bosons** (integer spin): carry the forces
- One missing piece (prior to the LHC): **Higgs Boson**, gives mass to particles

# The Large Hadron Collider

Recherche du boson de Higgs, de la matière noire (supersymétrie), de nouvelles dimensions,...



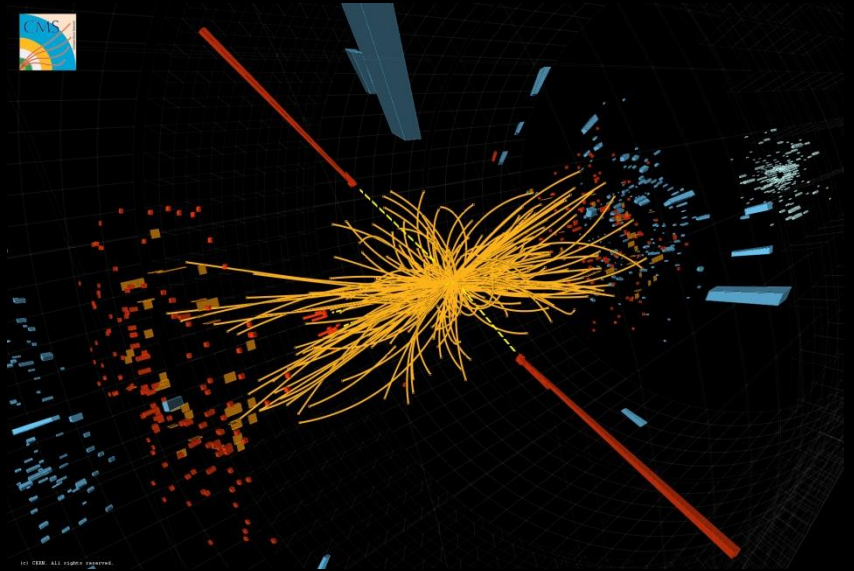
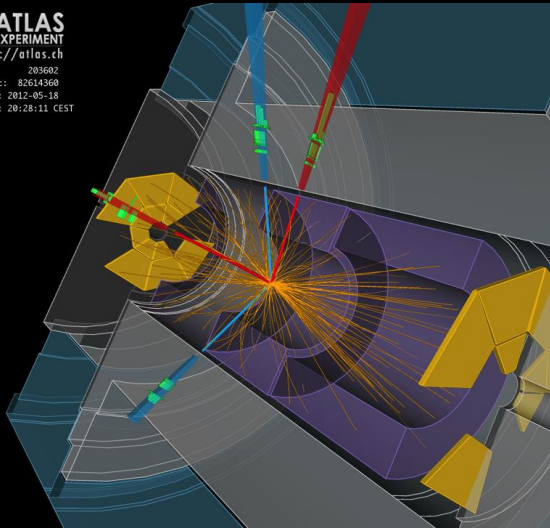
Quatre expériences major



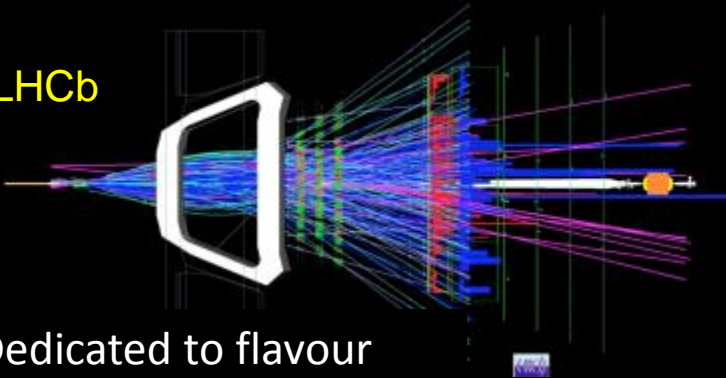
# Les expériences du LHC

Brillantes performances du LHC, des expériences et de la Grille de calcul  
2011-2012 : p-p collisions at  $E_{\text{cm}} = 7-8 \text{ TeV}$  (Run 1)

ATLAS  
EXPERIMENT  
<http://atlas.ch>  
Run: 203602  
Event: 82614360  
Date: 2012-05-18  
Time: 20:28:11 CEST



LHCb

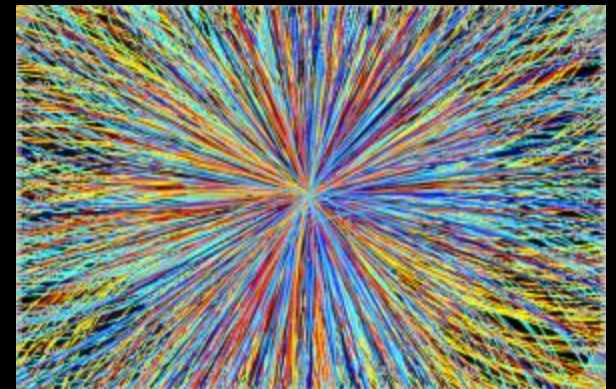


Dedicated to flavour  
physics (b and c quarks)

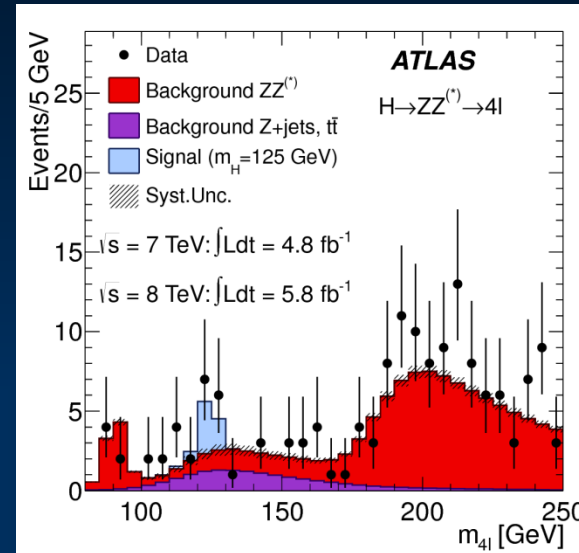
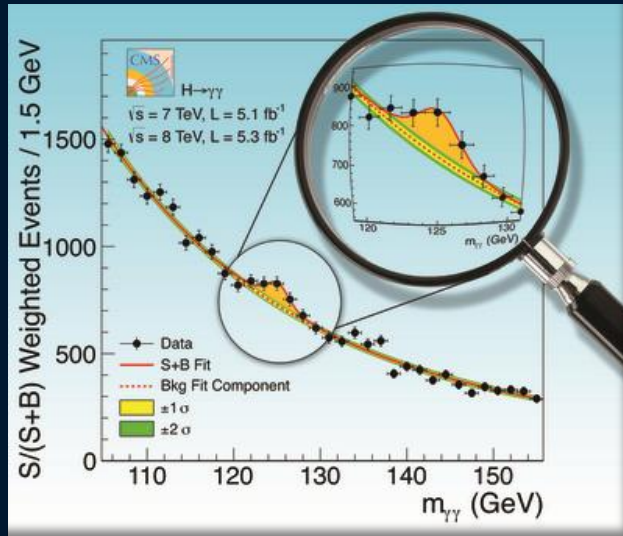
ALICE

Heavy ions  
 $\sim 1 \text{ mo/year}$

Pb-Pb collisions  
 $E_{\text{cm}} = 2.76 \text{ TeV/N}$



# Juillet 2012: "ATLAS et CMS observent une nouvelle particule compatible avec le Boson de Higgs"



## François Englert

Photo: A. Mahmoud

## Peter W. Higgs

The Nobel Prize in Physics 2013 was awarded jointly to François Englert and Peter W. Higgs "for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider"

Photos

To cite

MLA st  
Web. 1



2013.  
213/>

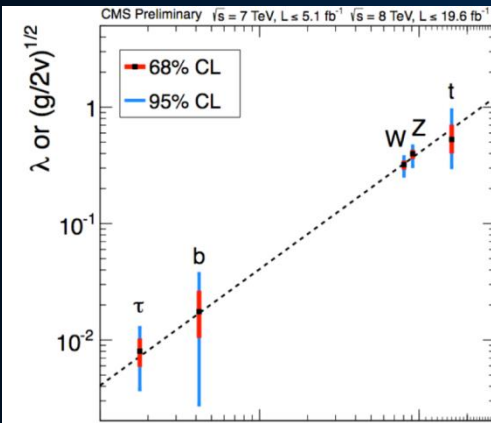
# Futur du LHC

- The Standard Model is not the end of the story: e.g. gravity not included
- Dark matter (as “seen” in Astrophysics) not explained: need new particles?
- Why is the Universe made of matter, when matter and antimatter would be equally produced in the Big Bang? ...



Bullet cluster: colliding galaxies

Matter distribution: visible from X-rays (pink)  
Dark Matter from gravitational lensing (blue)

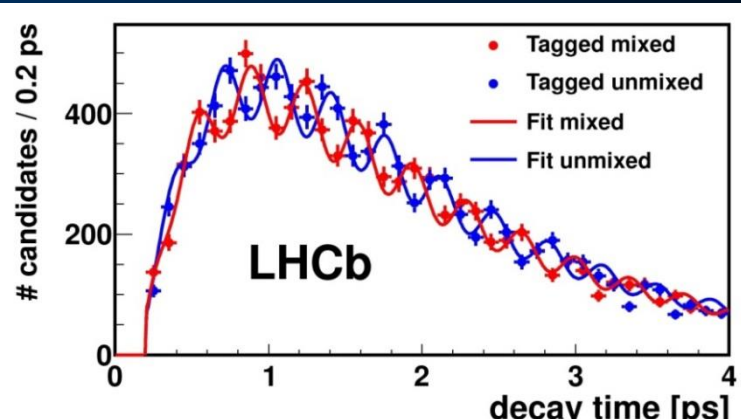


Study Higgs couplings

ATLAS SUSY Searches\* - 95% CL Lower Limits  
Status: SUSY 2013

Model	$\sigma_{\text{prod}} \times \text{BR}$	Jets	$E_{\text{miss}}^{\text{min}}$	$\mathcal{L}_{\text{int}} (\text{fb}^{-1})$	Mass limit	
MSSUGRA/CMSSM	0	2.0 jets	Yes	20.3	1.2 TeV	no limit
MSSUGRA/CMSSM	1.0	2.0 jets	Yes	20.3	1.2 TeV	no limit
MSSUGRA/CMSSM	0	7.0 jets	Yes	20.3	1.1 TeV	no limit
...	...	...	...	...	...	...

Search for new particles

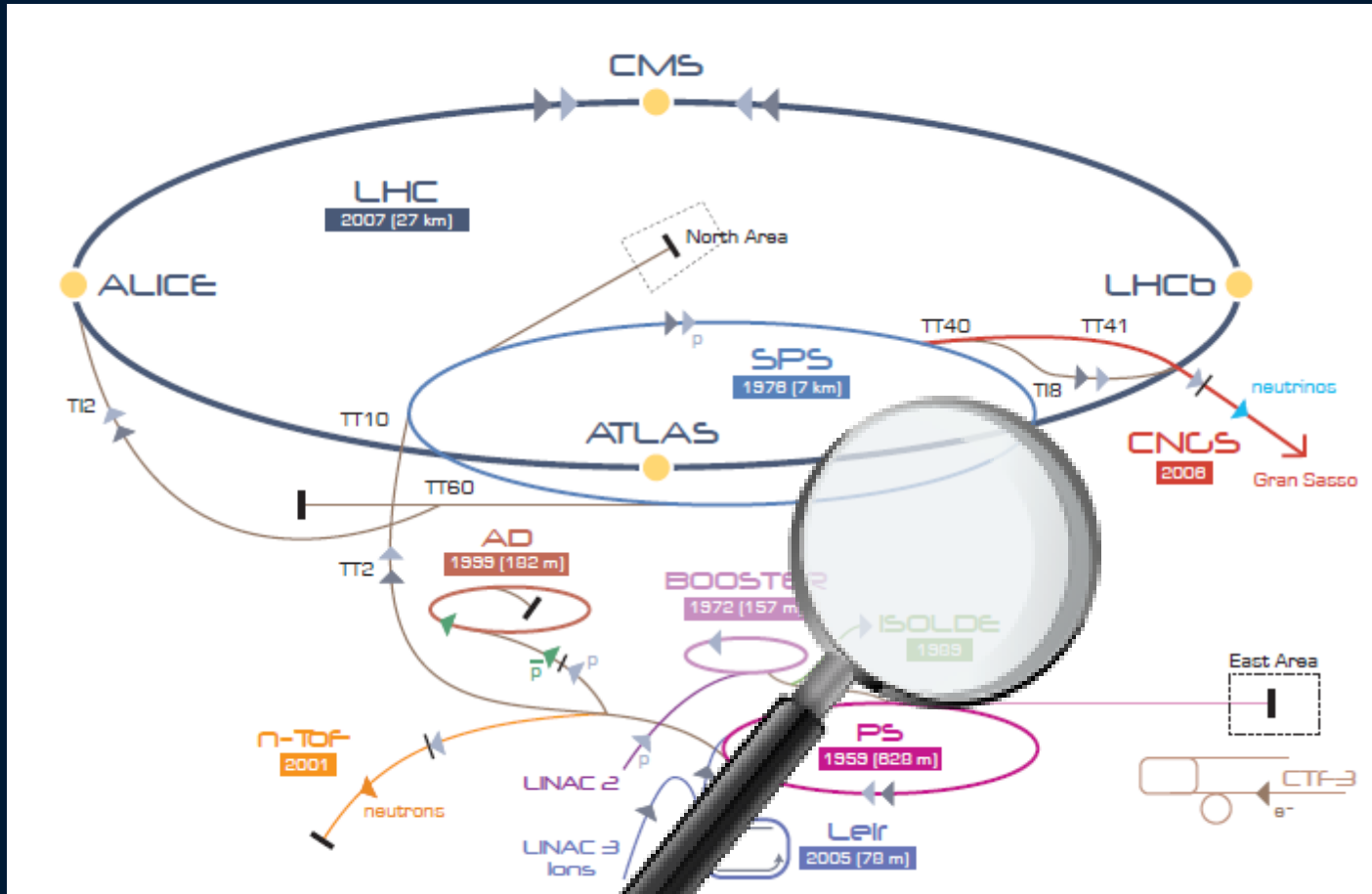


Study matter/antimatter differences

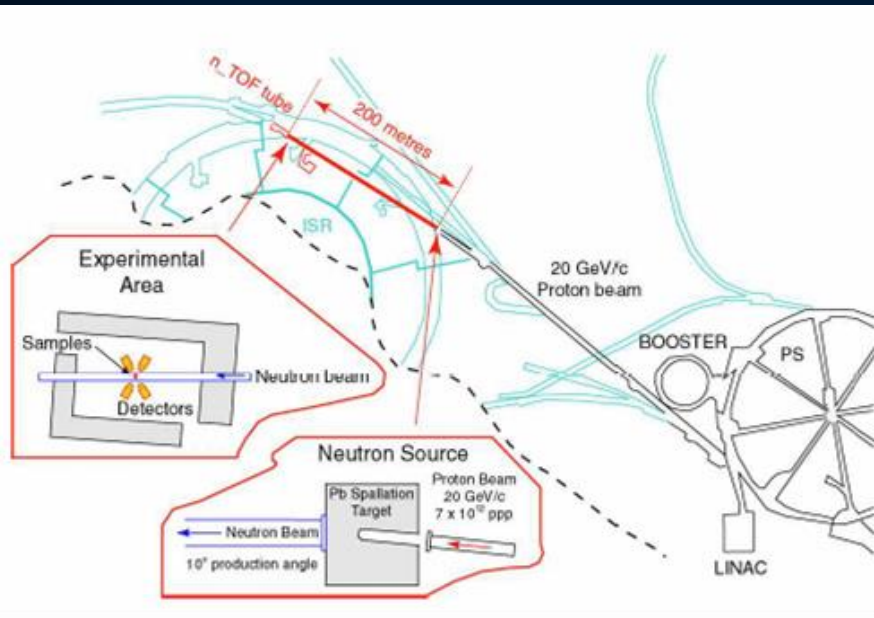
2015-18: p-p collisions at  $E_{\text{cm}} = 13-14$  TeV (start-up in May)  
2020s: High Luminosity LHC, > 10x more data



# Etape suivante: ISOLDE



# Physique Nucléaire: nTOF & ISOLDE

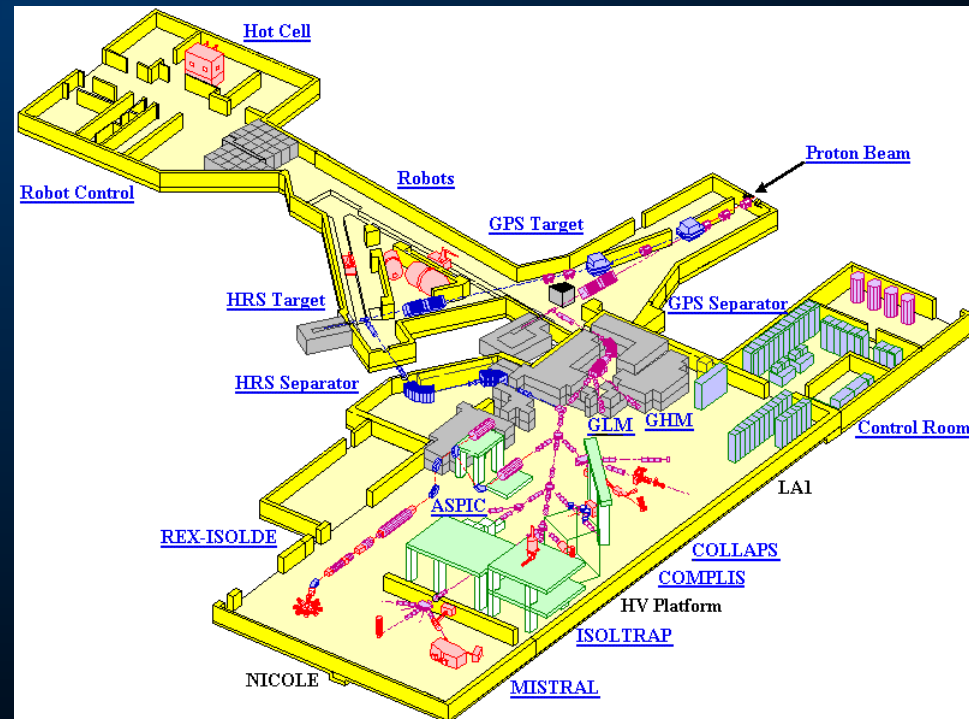


Sections efficaces de Neutrons  
Astrophysique  
Aval du cycle nucléaire

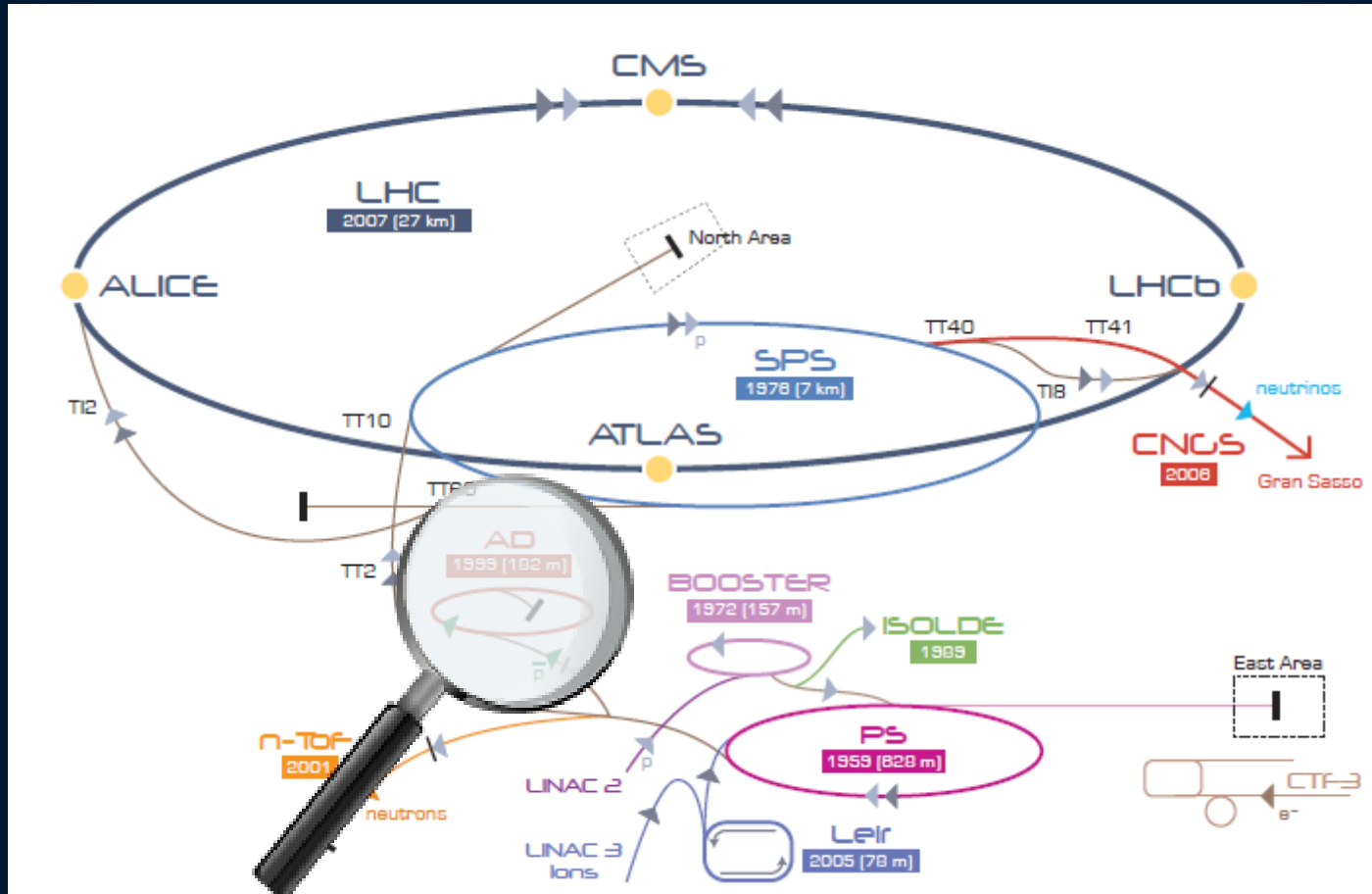
*En 2015, nouvelle zone expérimentale II*

Faisceaux d'ions radioactifs  
Physique Nucléaire  
Astrophysique  
Physique du solide

*En 2016, HIE ISOLDE  
(plus haute énergie)*



# Décélérateurs d'Antiprotons AD



# Physique de l'Antiproton & l'Antihydrogène

## Comparaison matière antimatière

Fondamental pour nos théories de la physique:  $\bar{m} = m, \bar{g} = g$

### ATRAP, ALPHA

Piégé Hbar dans une bouteille magnétique  
Commencé la spectroscopie

### ASACUSA

Spectroscopy of exotic atoms and of in-flight Hbar

### BASE

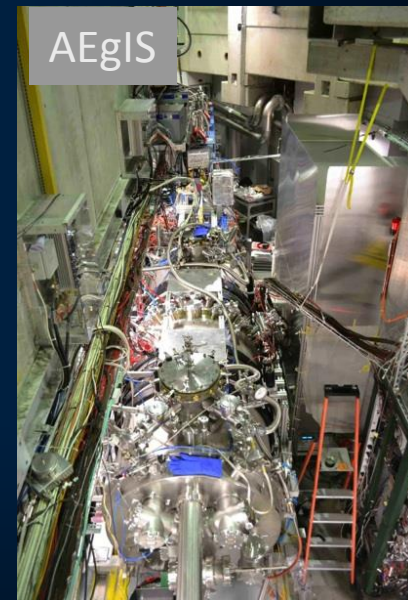
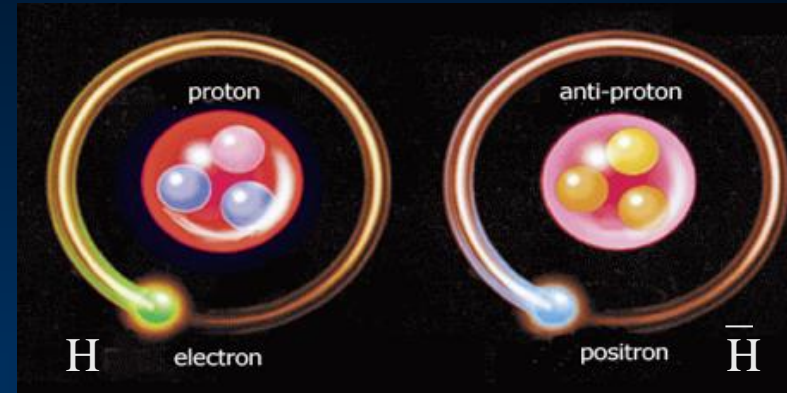
Magnetic moment of the antiproton

### AEgIS, GBAR

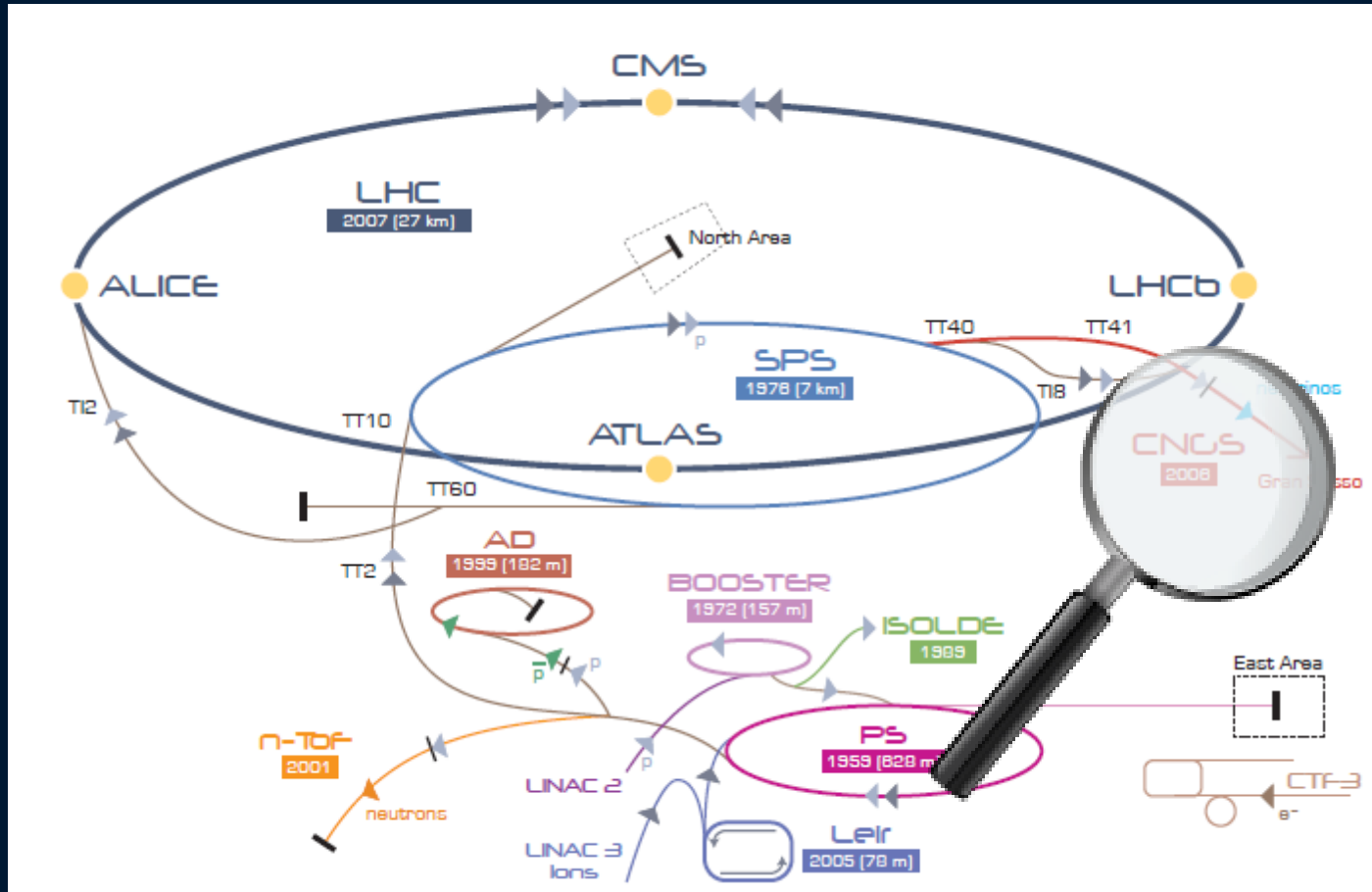
Chute libre de l'Hbar  
Expérience de Galilée avec l'antimatière !

### ACE

Effets biologiques des p  
Pour une utilisation potentielle dans la  
thérapie du cancer



# Neutrino physics

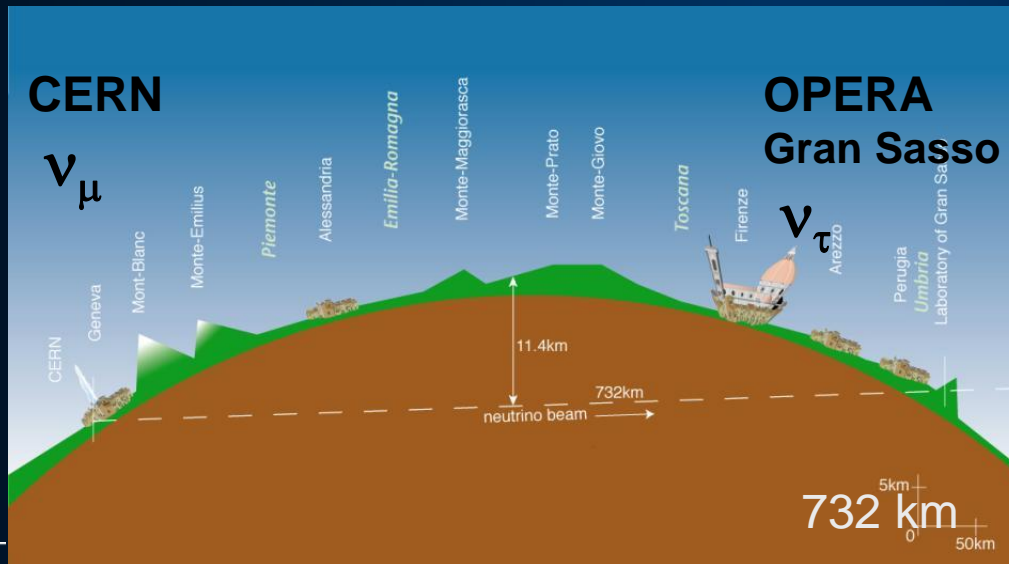




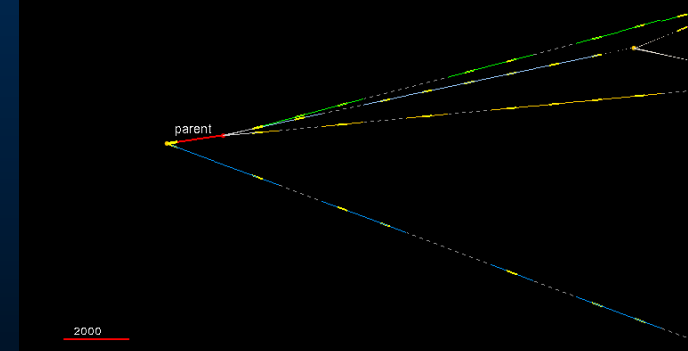
# Neutrinos vers le Gran Sasso

Comme les quarks, les neutrinos existent en différentes saveurs  $\nu_\mu \nu_\tau \nu_e$   
Contrairement à ce qu'on croyait encore il y a  $\sim 15$  ans, les neutrinos ont une petite masse et leur saveur oscille  $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$   $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$   
Has been studied with  $\nu_\mu$  beam sent from CERN to Gran Sasso in Italy (CNGS)  
Data taking now completed, analysis continues

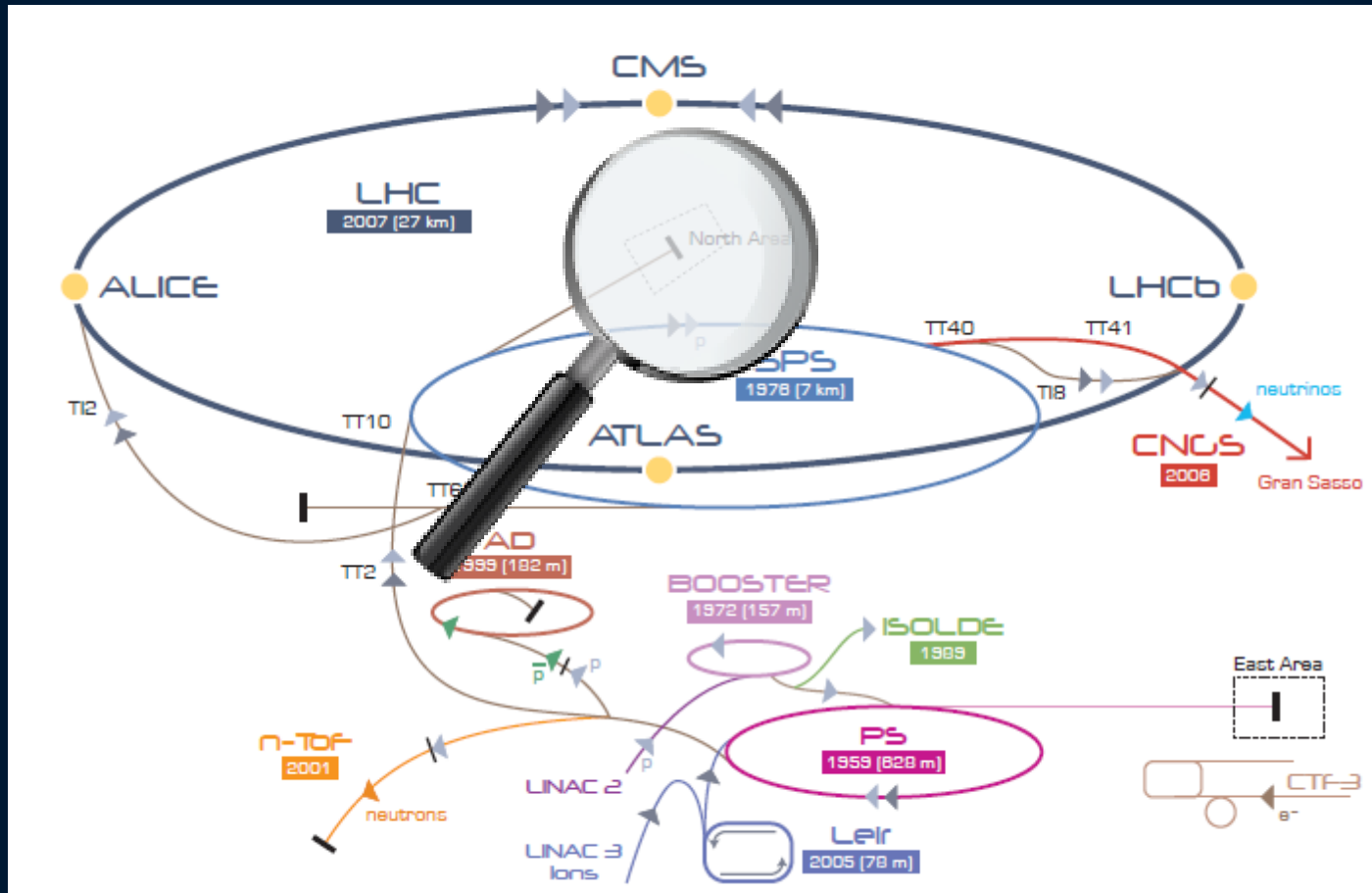
Future neutrino programme at CERN under discussion  
R&D for large liquid argon detectors approved



4  $\nu_\tau$  candidats observés so far



# SPS Hall Nord



# Physique des cibles fixes

Les expériences au PS et SPS permettent des mesures de précision et une comparaison avec la théorie. **Des déviations seraient le signe de nouvelle physique à haute énergie.**

COMPASS : Physique du spin avec les muons

NA62 : Désintégrations rares du kaon

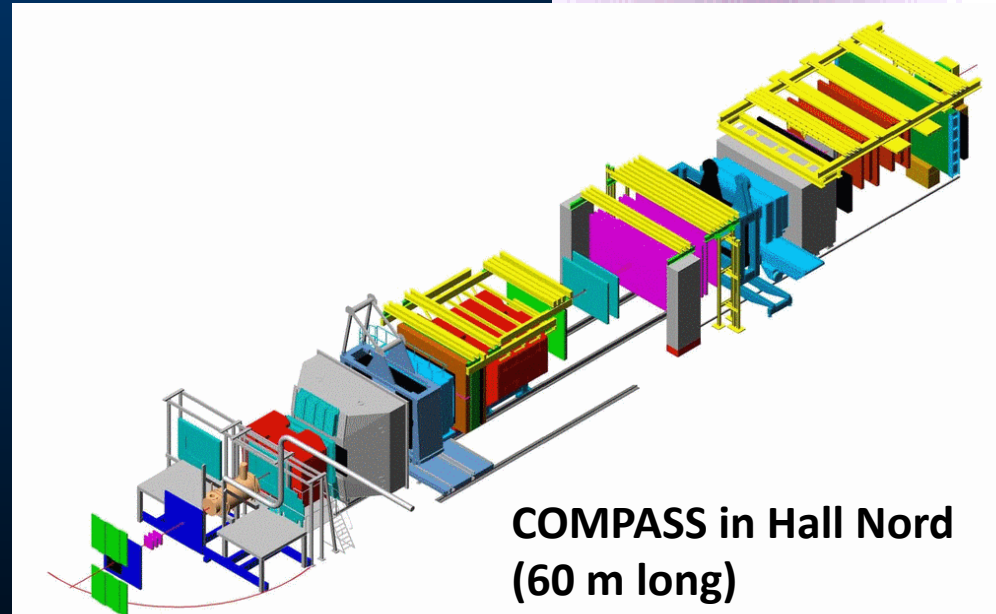
NA63 : électromagnétisme

dans des conditions extrêmes

NA61 physique des ions quark gluon plasma

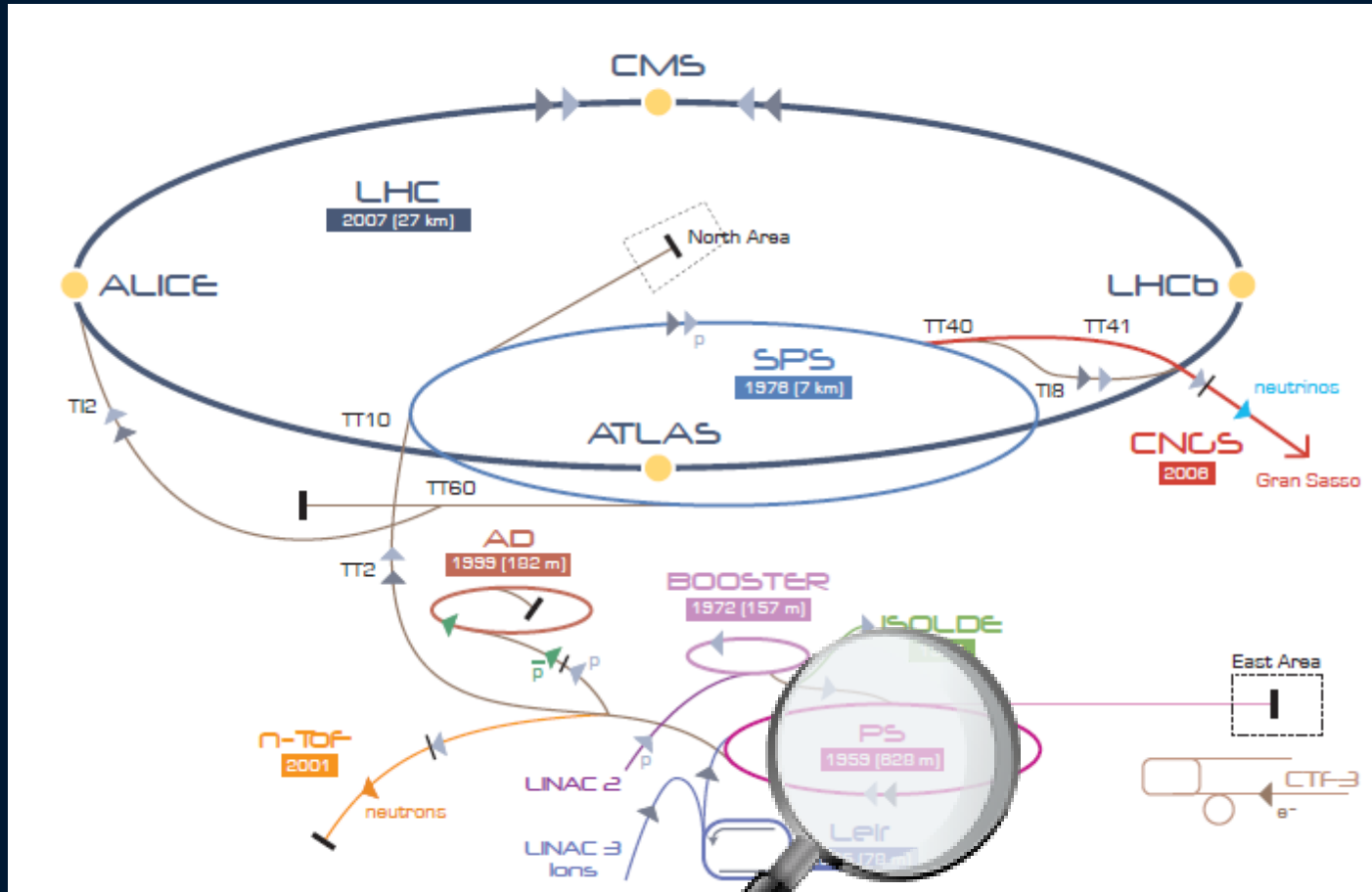


Lead ion collision



COMPASS in Hall Nord  
(60 m long)

# PS East Hall



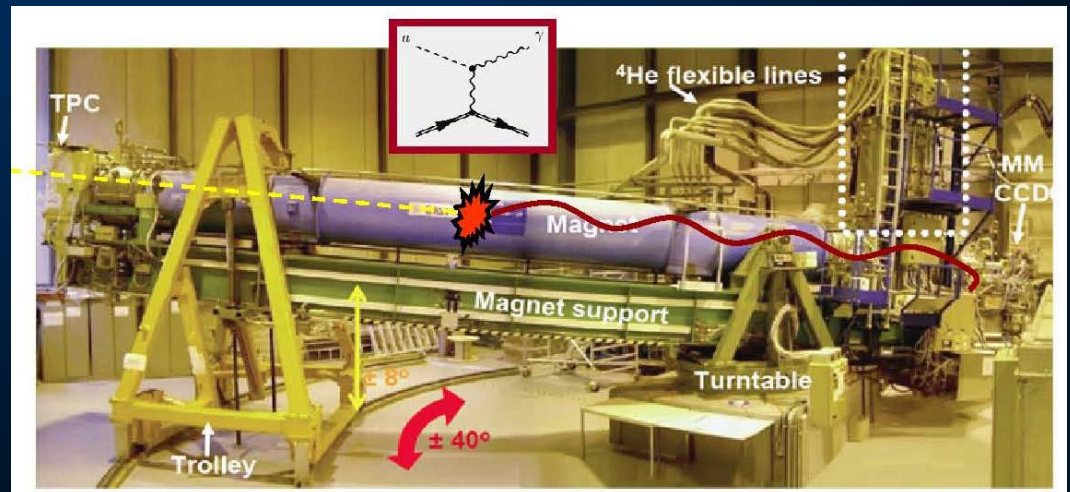
# Autres experiences

**CLOUD:** Etude de l'effets des rayons cosmiques sur la formation des nuages

rayons cosmiques "simulés" par le faisceau T11, nuages formés dans une chambre climatique

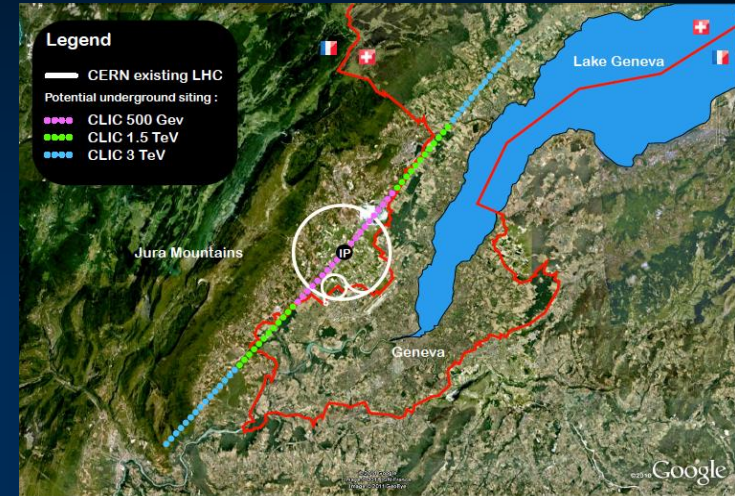
**CAST** - Search for axions from sun

Using a spare LHC dipole, pointing at sun  
Study for successor (IAXO) underway



# Futurs accélérateurs

- LHC , et sa mise à niveau vers une luminosité plus élevée, est au cœur de programme du CERN pour la prochaine décennie(s), mais ils doivent se préparer à ce qui va venir après, futurs accélérateurs sont à l'étude
- **LCD – Linear Collider Detector**  
Studying the detector design for possible future  $e^+e^-$  linear colliders (ILC & CLIC)
- **FCC – Future Circular Collider**  
Study 80-100 km circumference machine pp collisions at 100 TeV, as well as ee or ep
- Results from the LHC should help decide



# Sommaire

- Le programme scientifique du CERN est:
- Riche et diverse
- Couvre un large domaine d'énergies, de la physique atomique à l'énergie la plus élevée
- Ouvert aux transferts de technologie, à l'éducation et aux problèmes de société  
(information, santé, climate, energie, ...)
- CERN's succès repose sur son personnel  
**Vous êtes tous les bienvenus, à se joindre à l'aventure!**

