

# Particle Physics MasterClass

Et au CPPM ?

15/03/2010  
Lycée Marcel Pagnol

# Projets en cours au CPPM

Cosmologie observationnelle

Astroparticules

Physique auprès d'accélérateurs

Valorisation

- Imagerie biomédicale
- Grille de calcul

# Projets en cours au CPPM

Cosmologie observationnelle

Astroparticules

Physique auprès d'accélérateurs

Valorisation

- Imagerie biomédicale
- Grille de calcul

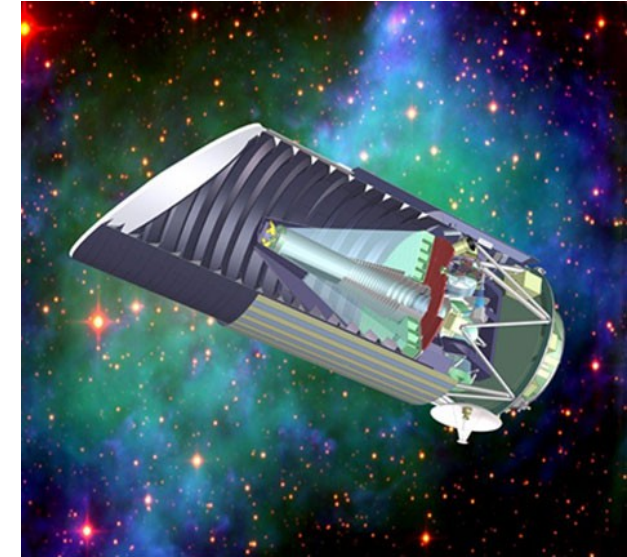
# Renoir : Recherche Energie NOIRe

## Observation de supernovæ lointaines

- télescopes au sol (actuellement)
- mission spatiale (futur)



*Télescope CFHT (Hawaï)*



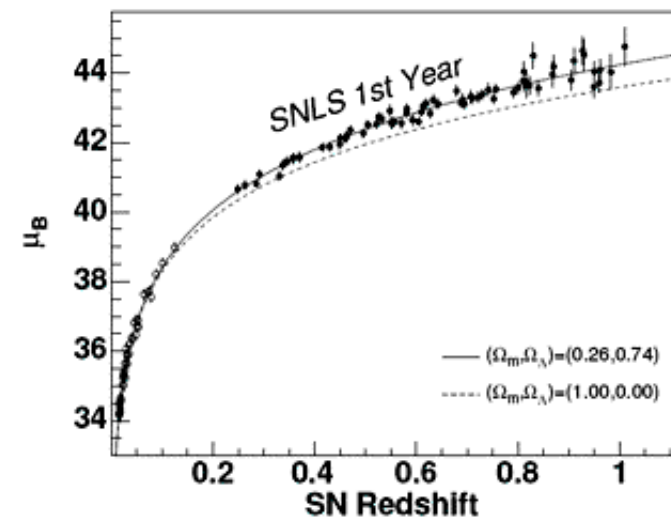
*Projet d'observatoire JDEM*

## Mesure de l'expansion de l'univers

- caractérisation de l'énergie noire

## Énergie noire :

- force de **nature inconnue**
- **~ 96%** de l'énergie de l'Univers



# Renoir : réalisation



© Camille Moirenc

Élément optique du spectrographe de SNAP, SuperNova Acceleration Probe

# Projets en cours au CPPM

Cosmologie observationnelle

Astroparticules

Physique auprès d'accélérateurs

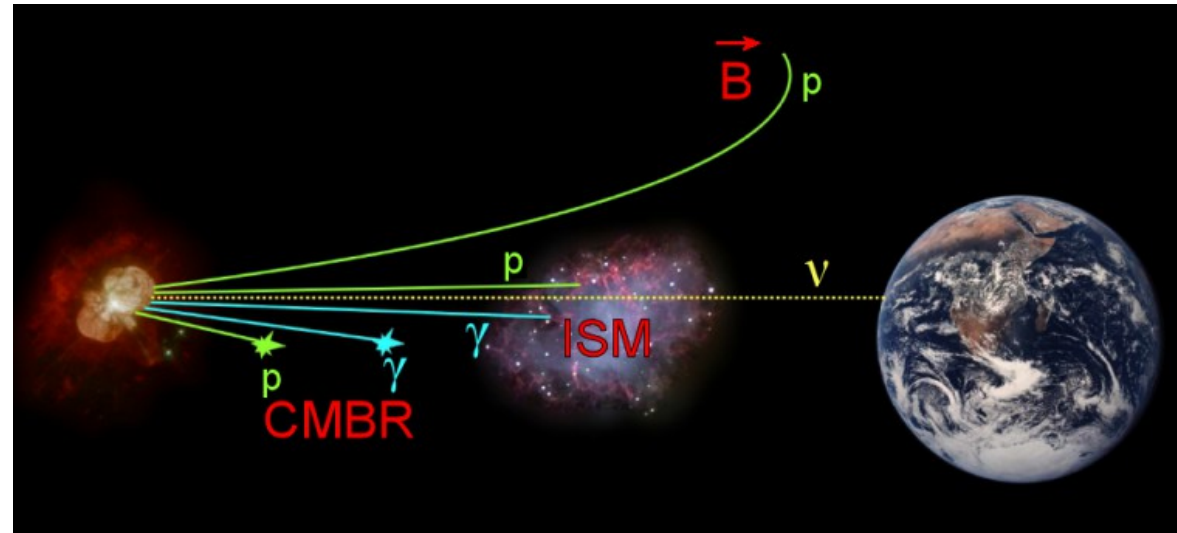
Valorisation

- Imagerie biomédicale
- Grille de calcul

# ANTARES : Astronomie avec des neutrinos

Les neutrinos cosmiques de haute énergie:

- nouvelle façon d'observer le ciel
- interagissent très peu
  - traversent l'univers sans encombre
  - difficiles à détecter



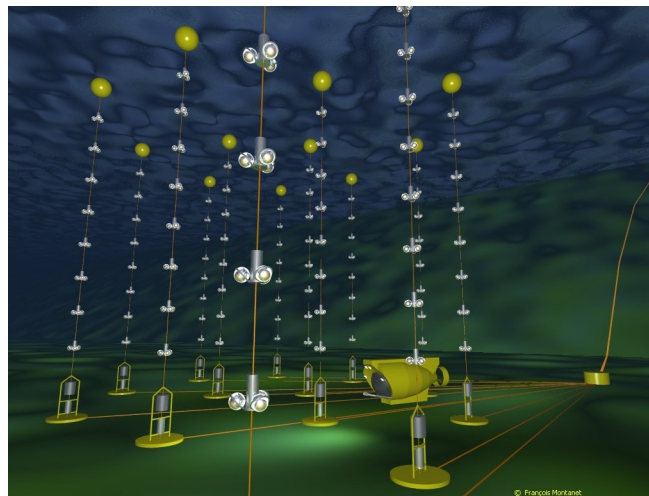
*Les messagers en astronomie*

Un télescope sous-marin :

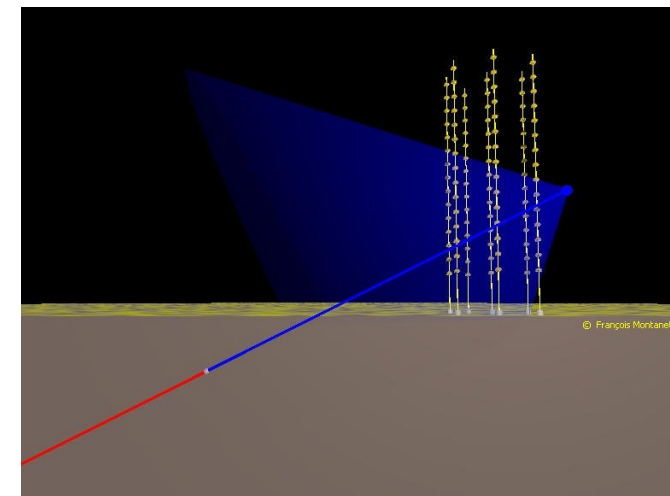
- à 2400 m de fond
- au large de Toulon
- 12 lignes
- $\sim 0,1 \text{ km}^2$
- neutrinos montant

Futur : Meust

- $1 \text{ km}^3$



*Schéma du détecteur ANTARES*



*Détection d'un neutrino montant*

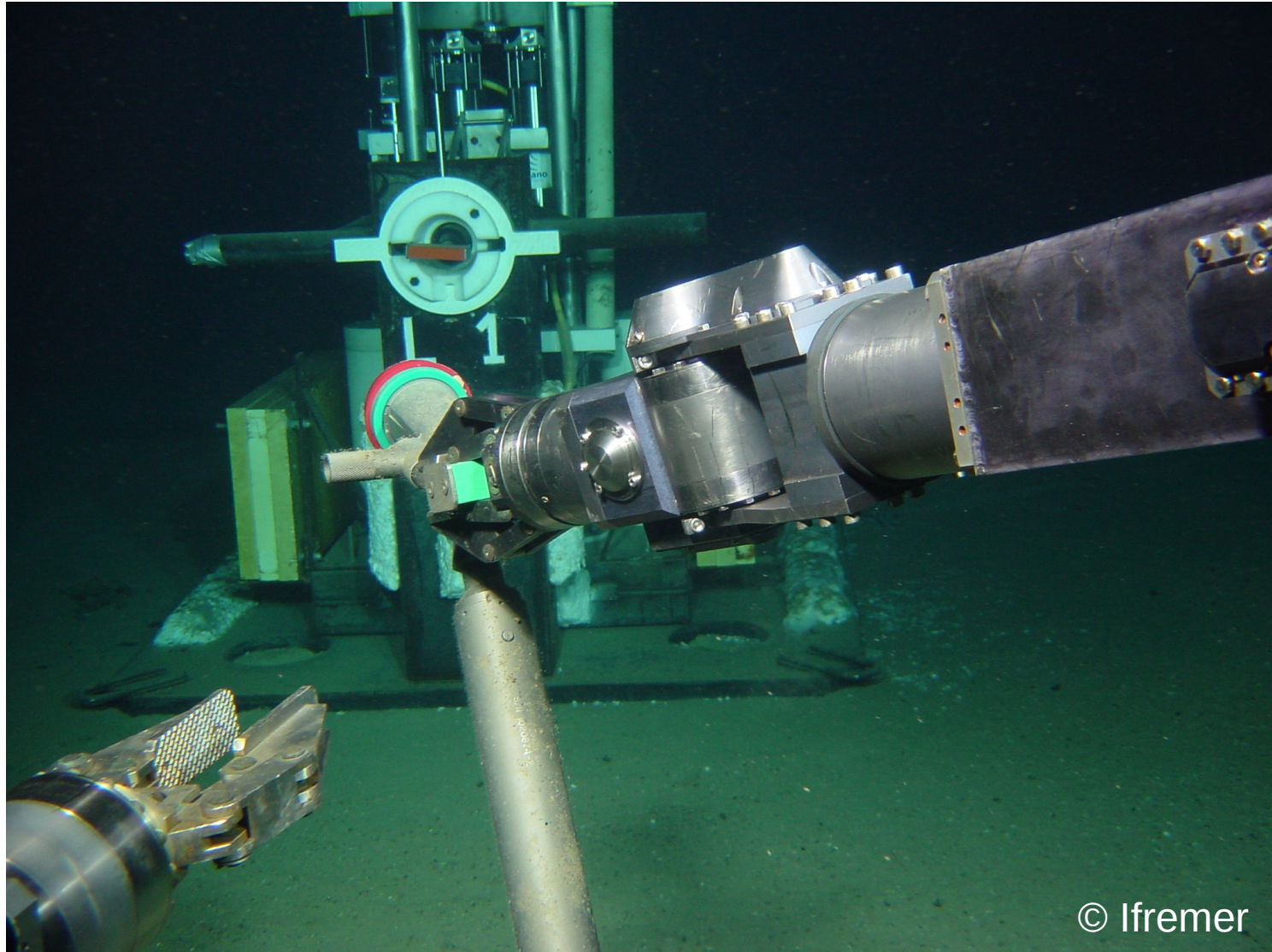
# Antares : immersion d'une ligne de détection



©Cea / L. Fabre



# Antares : connexion d'une ligne de détection



© Ifremer

# Projets en cours au CPPM

Cosmologie observationnelle

Astroparticules

Physique auprès d'accélérateurs

Valorisation

- Imagerie biomédicale
- Grille de calcul

# Physique auprès d'accélérateurs

TEVATRON (D0)

LHC (ATLAS & LHCb)

HERA (H1)



*Les accélérateurs de haute énergie dans le monde*

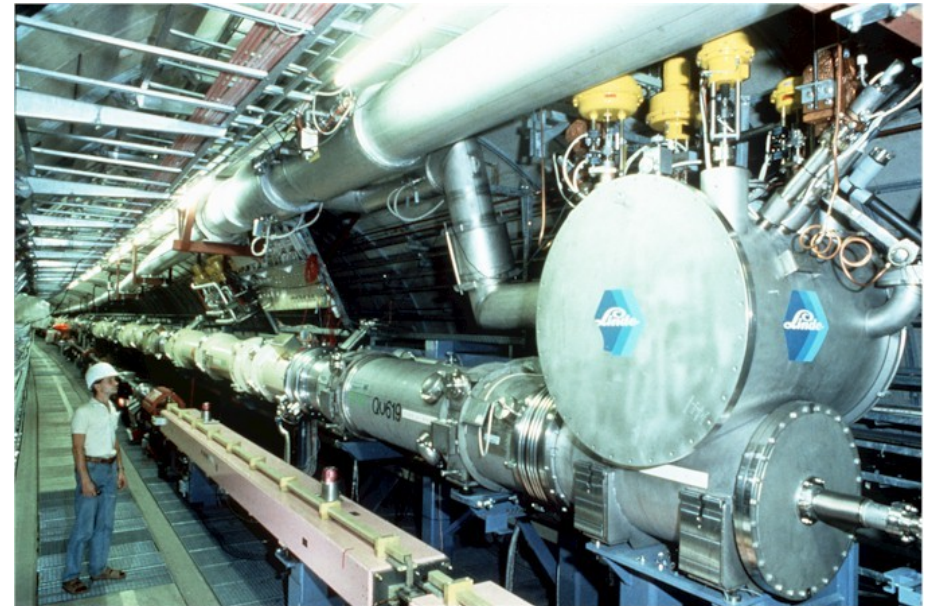
# Physique auprès d'accélérateurs : HERA

## HERA (Desy à Hambourg, Allemagne)

- collisionneur électron/proton (démantelé en 2007)
- $E = 0.03 \text{ TeV}$  (électron) +  $1 \text{ TeV}$  (proton)
- 1992-2007 (analyses en cours de finalisation)
- expérience H1 :
  - étude de la structure fine du proton



*Vue aérienne du complexe de Desy*



*Dans le tunnel de HERA*

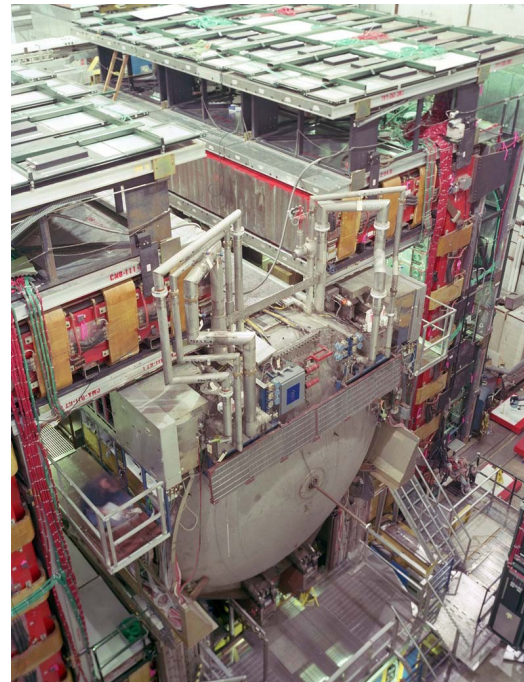
# Physique auprès d'accélérateurs : le Tevatron

## Tevatron (Fermilab à Chicago, USA)

- collisionneur proton/anti-proton
- $E = 1 \text{ TeV}$  / faisceau
- 1987-2011
- expérience D0 :
  - découverte du quark top (1995)
  - recherche du boson de Higgs



Vue aérienne du complexe de Fermilab



Détecteur D0 en construction



La collaboration D0 (2001)

# Physique auprès d'accélérateurs : le LHC

LHC : Large Hadron Collider

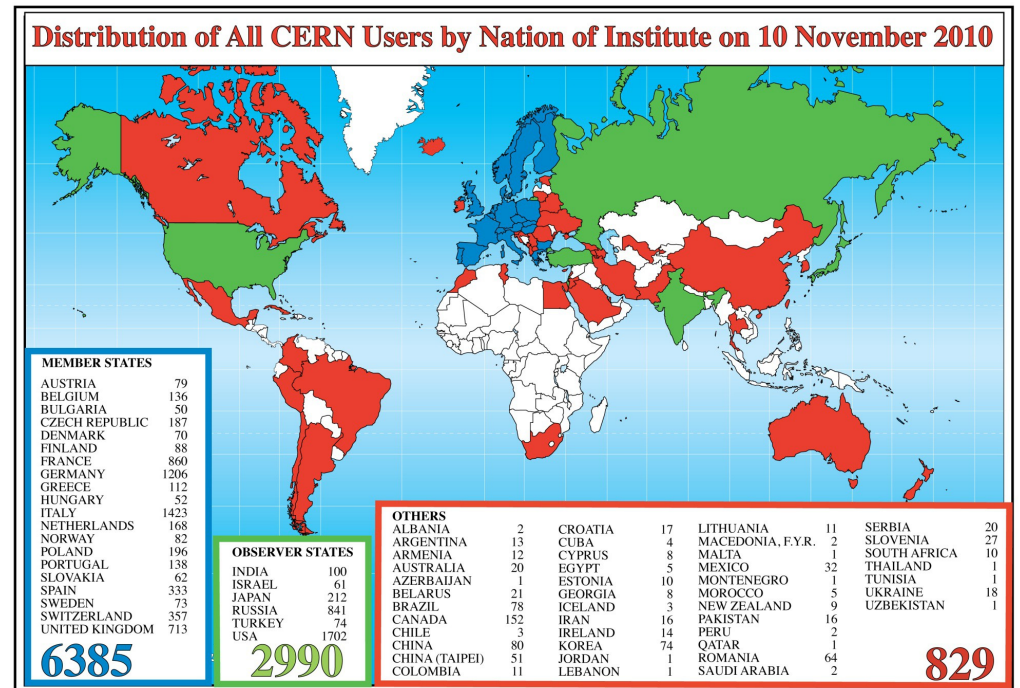


*Vue aérienne du LHC*

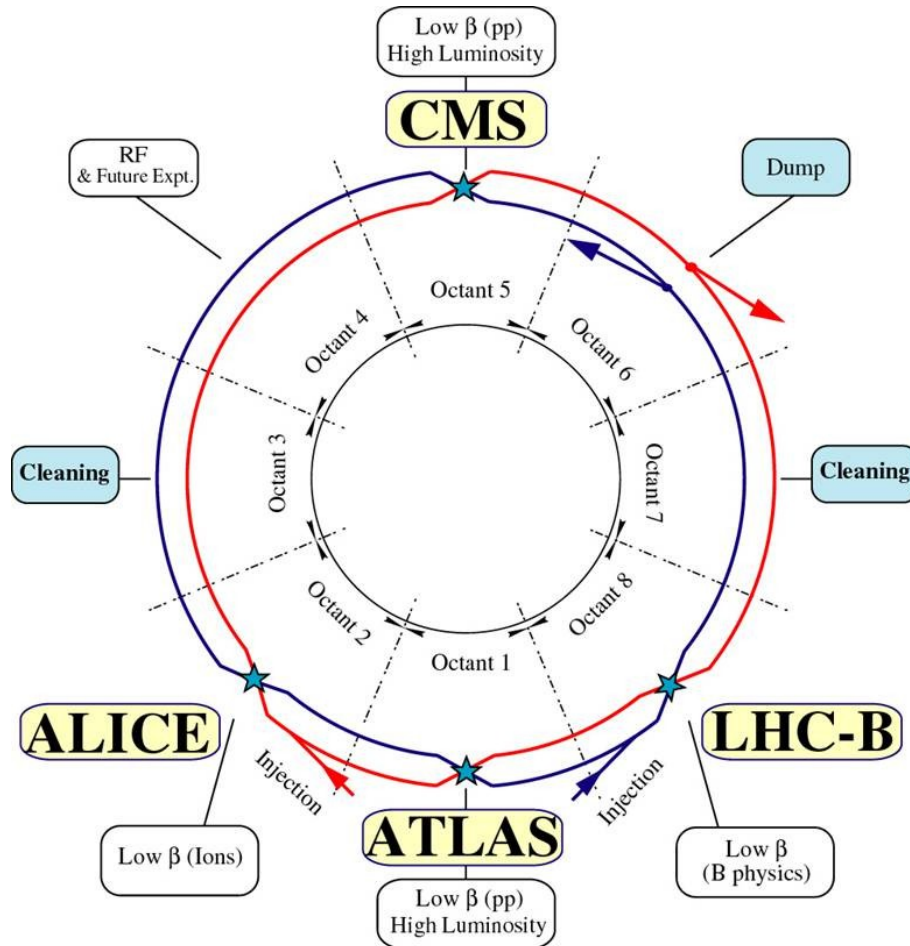
# Le LHC, un projet du CERN

## Le CERN

- laboratoire européen pour la physique des particules
  - créé en 1955
  - comprend 20 états membres
  - emploie ~3000 personnes
  - accueille régulièrement ~10000 scientifiques
- 500 instituts
- 80 pays



# Le LHC : faisceaux et expériences



*Schéma des faisceaux de protons du LHC et des points d'interactions*

## Infrastructure

- 27 km de circonférence
- 100 m sous terre

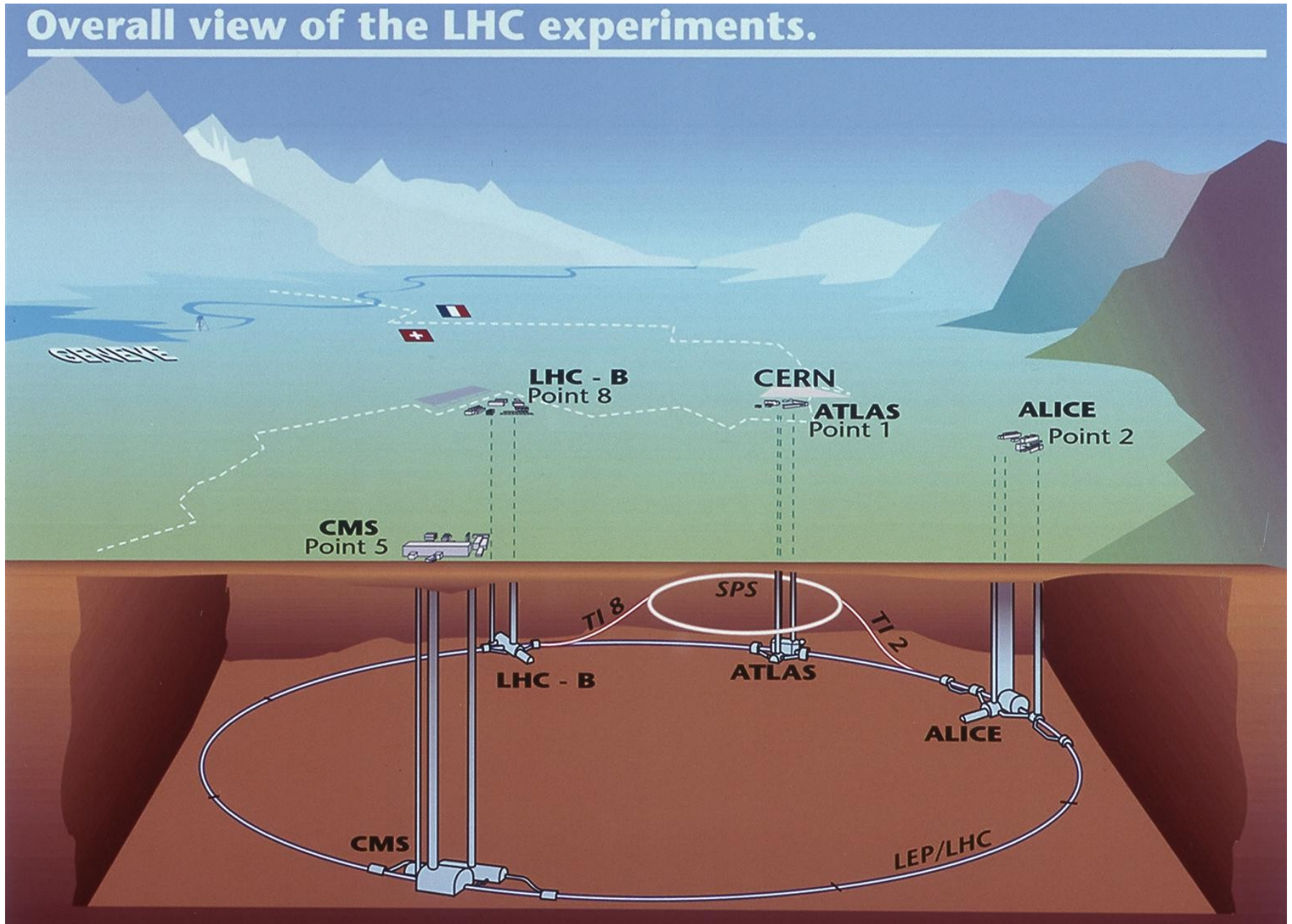
## 2 faisceaux de protons

- faisceaux de très haute intensité
  - 160 millions de collisions/s
- protons de haute énergie
  - 7 TeV
- 350 MJoules / faisceau

## 4 points de collisions : 4 expériences

- ALICE
- ATLAS
- CMS
- LHCb





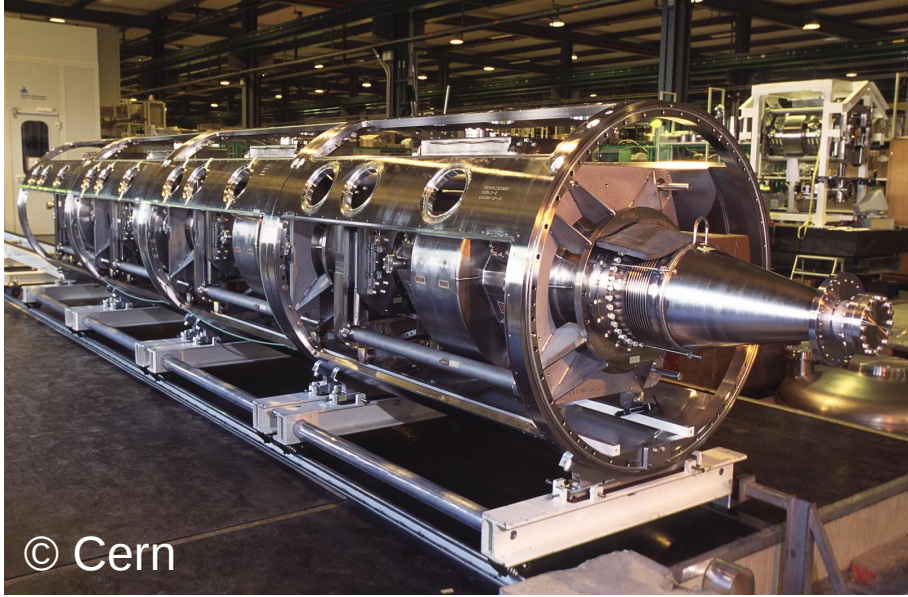
Installations souterraines du LHC



© Cern

*A l'intérieur du tunnel du LHC*

# Le LHC



27 km

9532 aimants

1232 dipôles @ 1,9K

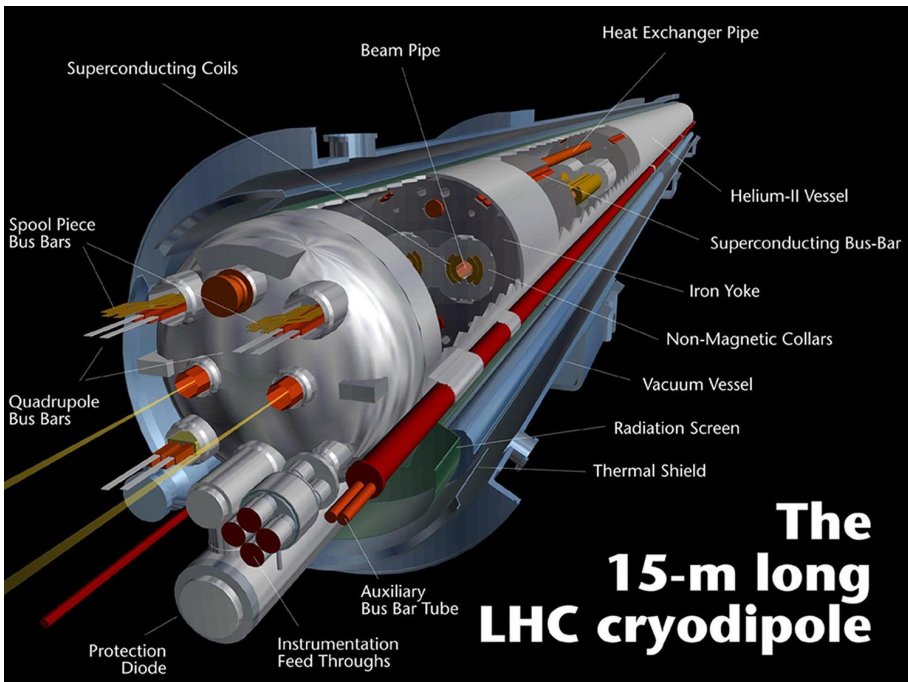
392 quadripôles principaux

16 cavités accélératrices

2800 paquets de protons par faisceau

$10^{11}$  protons par paquets

12245 tours par secondes



*Dipôle du LHC*

# Le LHC

1984 : 1<sup>ères</sup> idées, début de la R&D

1994 : lancement du projet

2002 : début de l'installation

2008 :

- 10 septembre : démarrage :
  - premiers faisceaux circulent
- 19 septembre : incident majeur !!

2009 :

- octobre :
  - premières collisions de protons dans le LHC

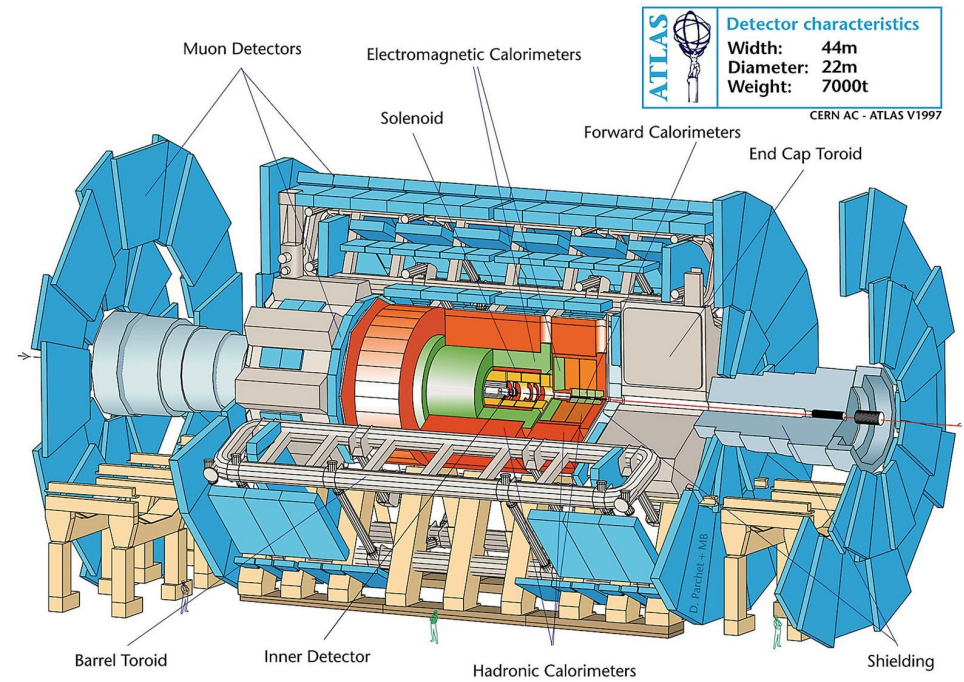
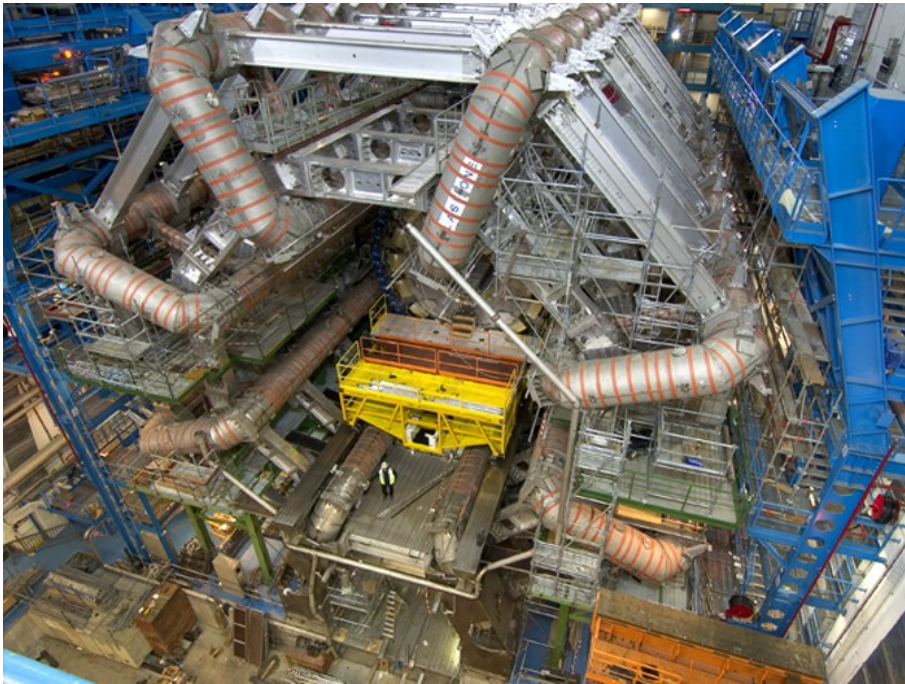
2010 :

- mars :
  - premières collisions à très hautes énergies

# Physique auprès d'accélérateurs : ATLAS au LHC

## ATLAS : détecteur généraliste

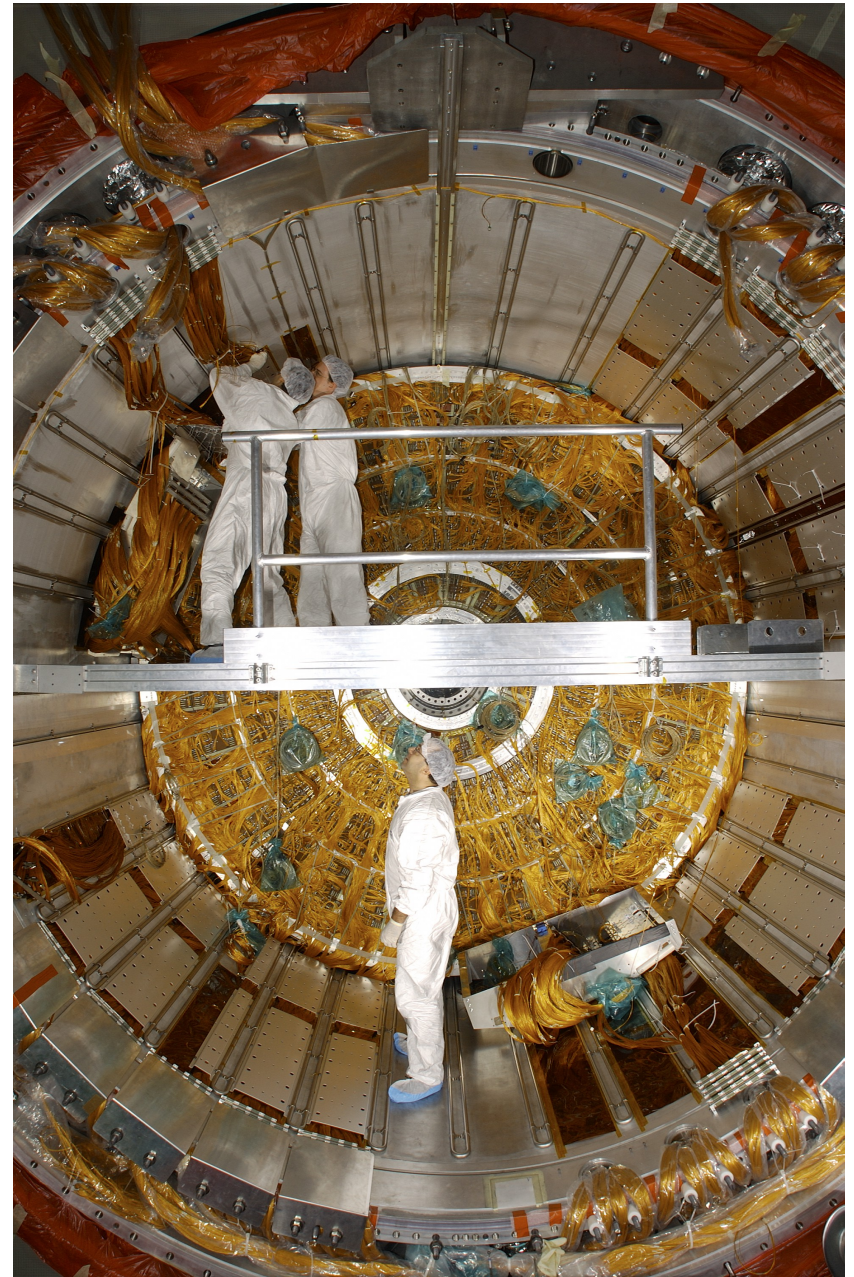
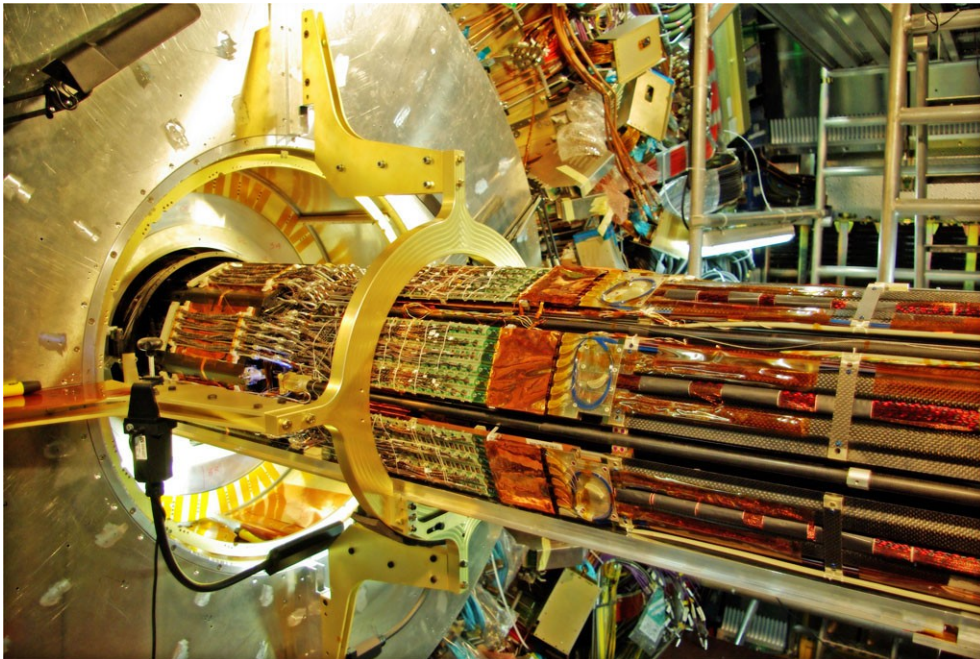
- recherche du boson de Higgs
- recherche directe de nouvelles particules



# Physique auprès d'accélérateurs : ATLAS au LHC

Au CPPM :

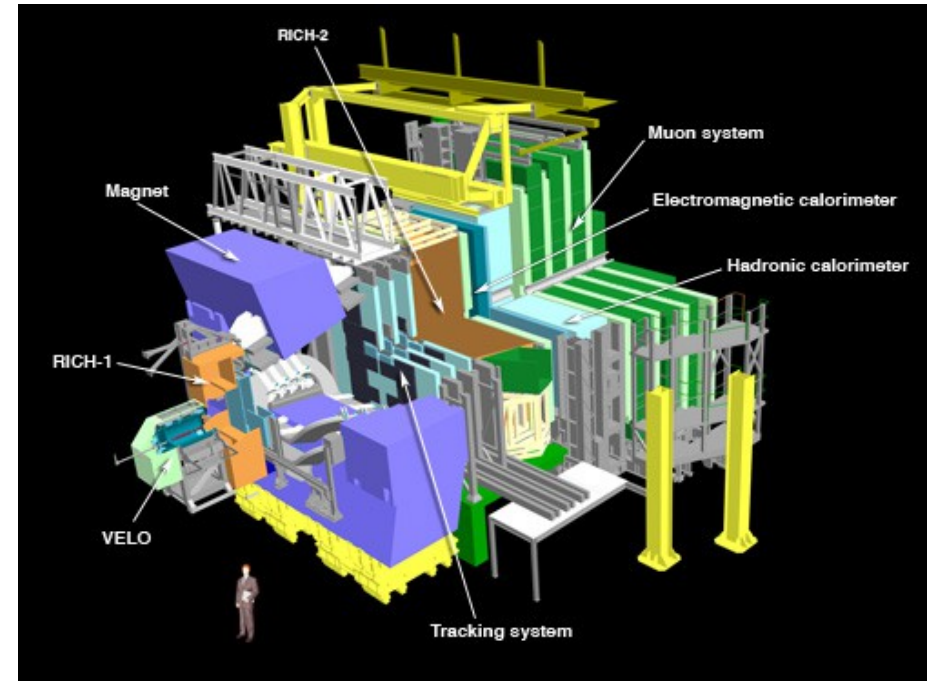
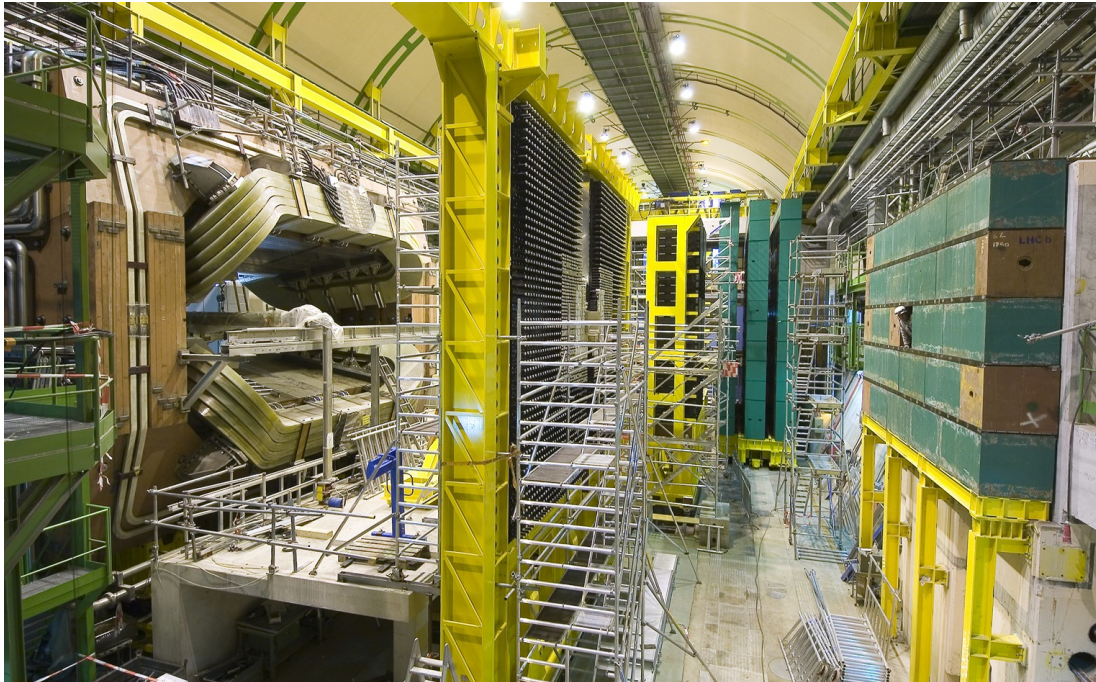
- calorimètre électromagnétique
- détecteur à pixels



# Physique auprès d'accélérateurs : LHCb au LHC

## LHCb : expérience dédiée

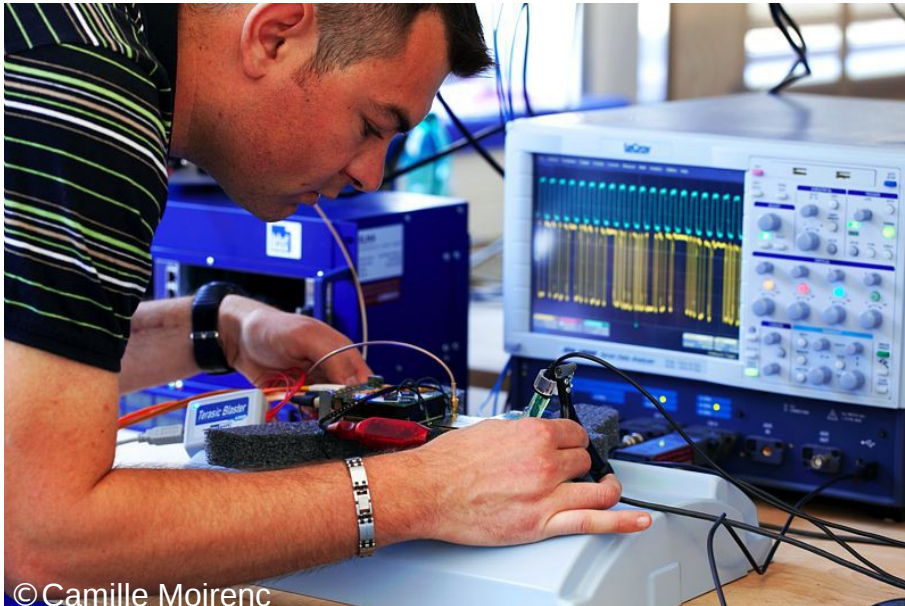
- étude des asymétries matière/anti-matière
- recherche de phénomènes nouveaux



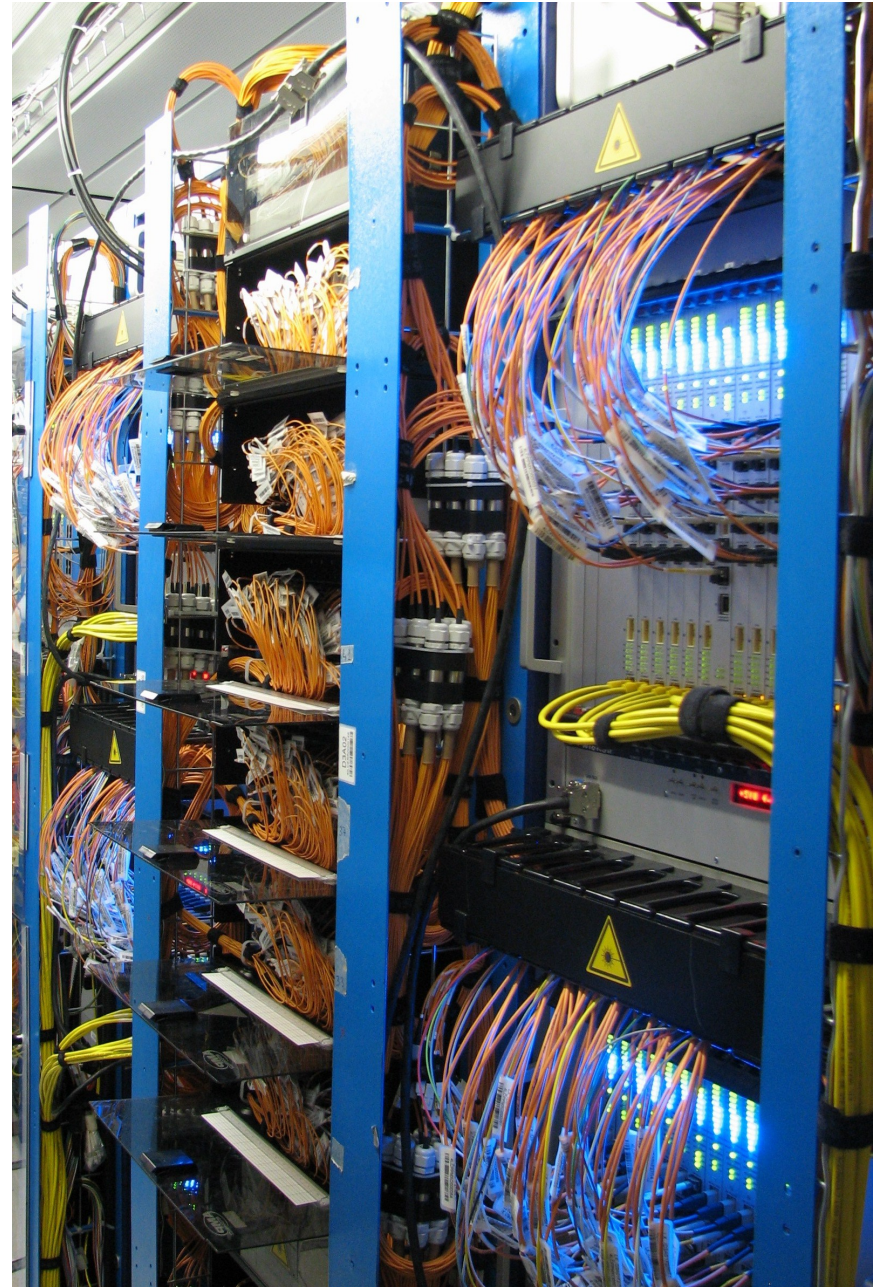
# Physique auprès d'accélérateurs : LHCb au LHC

Au CPPM : conception et réalisation du système de déclenchement à muon

- détecte et sélectionne les événements avec des muons
- processeur dédié :
  - 1248 fibres optiques en entrée
  - 60 cartes d'électronique rapide



© Camille Moirenc





# Projets en cours au CPPM

Cosmologie observationnelle

Astroparticules

Physique auprès d'accélérateurs

Valorisation

- **Imagerie biomédicale**
- Grille de calcul

# imXgam : imagerie X et gamma

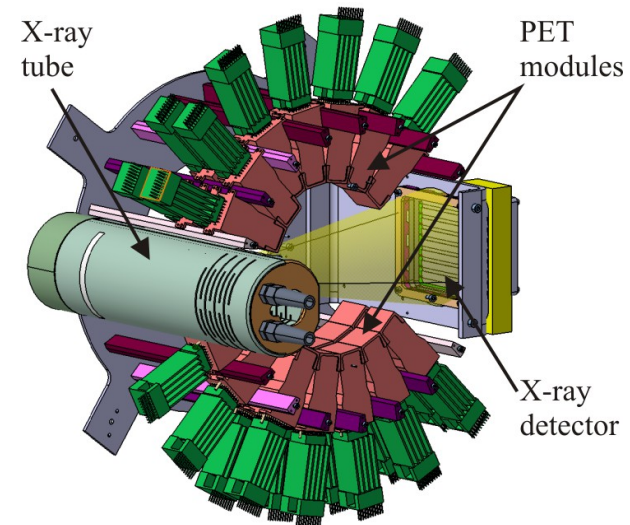
## Recherche interdisciplinaire

- technologies développées pour la physique fondamentale
  - détection de particules
  - acquisition de données
  - analyse de données
- appliquées à :
  - l'imagerie biomédicale
    - tomographe hybride TEP/TDM pour petits animaux
  - cristallographie



© Camille Moirenc

*Le ClearPET : TEP pour le petit animal*



*Imageur TEP/CT pour le petit animal*

# Projets en cours au CPPM

Cosmologie observationnelle

Astroparticules

Physique auprès d'accélérateurs

Valorisation

- Imagerie biomédicale
- Grille de calcul

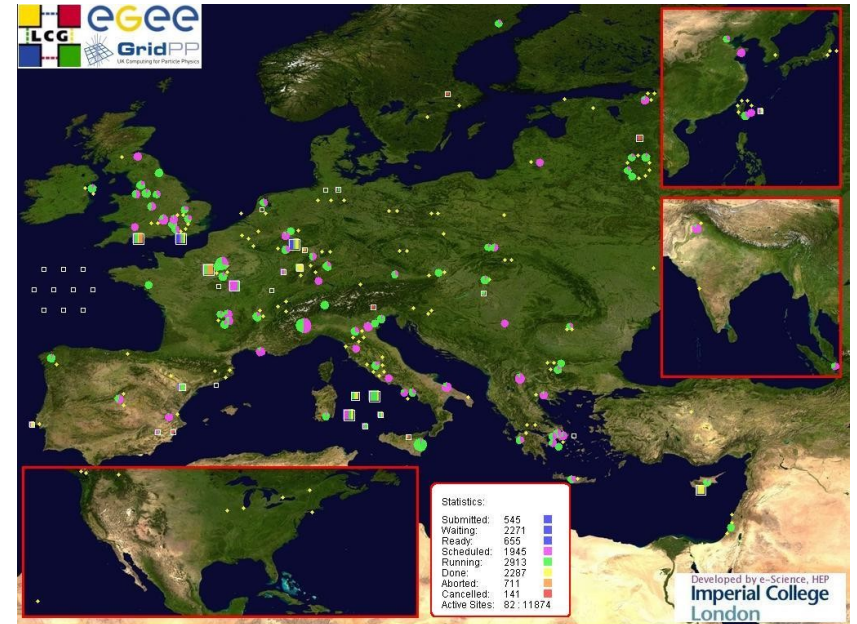
# Grille de calcul

## La physique des hautes énergie

- requiert d'important moyens de calcul
- réponse :
  - mutualisation des moyens de calcul
    - ⇒ grille de calcul

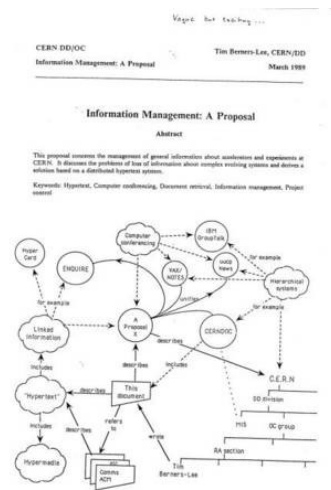
## Même constat dans de nombreux domaines

- CPPM :
  - développement d'une grille régionale



La grille de calcul du LHC

Note : en 1989, le **WEB** était inventé au CERN pour couvrir les besoins de communication des physiciens



# Projets en cours au CPPM :

## La physique des hautes énergies :

- instruments :
  - de grandes tailles
  - complexes
  - de hautes technologies
  - coûteux
- recherche :
  - organisée en collaborations internationales
  - longue (décennie(s))
  - beaucoup de R&D ⇒ importance des services techniques
    - mécanique
    - électronique
    - informatique

Le CPPM explore un large spectre de thématiques