

WWW.PHYSICSMASTERCLASSES.ORG

INTERNATIONAL MASTERCLASSES

HANDS

ON PARTICLE

PHYSICS

Programme : matin

09:00 - 12:45

Introduction à la physique des particules

Location: CPPM (Amphithéâtre)

09:00 **Bienvenue** 30'

*Déroulement de la journée.
Le CPPM.
La physique des particules.
Le CERN & le LHC.*

09:30 **Les objets de la Physiques de Particules** 1h0'

*Qu'est qu'une particule élémentaire ?
Le Modèle Standard : la description actuelle des particules élémentaires et de leurs interactions*

10:30 **Pause café** 15'

10:45 **Détection de particules dans l'expérience ATLAS** 1h0'

*Techniques de détection des particules.
Le détecteur de l'expérience ATLAS.*

11:45 **La quête du boson de Higgs** 45'

Focus sur la découverte du boson de Higgs au LHC

12:30 - 13:30

Déjeuner (Université (CROUS))

- 12:30 - 13:30 **Déjeuner** (Université (CROUS))
- 13:30 - 15:30 **Travaux dirigés**
Location: Université
- 13:30 **Analyse de données 1h30'**
*Travaux dirigés sur ordinateurs (en binôme).
Analyse de données recueillies par l'expérience ATLAS.
Différents types de mesures selon le jour.*
- 15:00 **Combinaison des résultats et discussion 20'**
*Mise en commun des résultats trouvés par chaque binôme.
Interprétation.*
- 15:20 **Préparation de la vidéo conférence 10'**
Collectivement, préparer en anglais :
- la présentation des résultats de la classe,
- des questions ouvertes sur la physique des particules, sur la recherche, ...

Besoin de volontaires pour prendre la parole pendant la vidéo conférence !
- 15:30 - 16:00 **Café** (Cafétaria)

15:30 - 16:00	Café (Cafétaria)
16:00 - 17:00	Vidéo conférence <i>Connection with 2 to 4 other participating high-schools</i>
16:00	Welcome 10' <i>Accueil par les modérateurs au CERN</i> Speaker: CERN
16:10	Report of Measurements 15' <i>Présentation par chaque classe des résultats obtenus pendant le TP (en anglais)</i>
16:25	Combinaison & Discussion of Measurement 10' <i>Combinaison des résultats de chaque classe et commentaires par les modérateurs au CERN</i>
16:35	Open Discussion 14' <i>Questions ouvertes sur la physique des particules posées par chaque classe (en anglais)</i>
16:49	Quiz 10' <i>Qui veut gagner des eV ?</i>
16:59	Good Bye 1' <i>Clôture de la vidéo-conférence</i>
17:00 - 17:15	Conclusion
17:00	Questionnaire de satisfaction 5'
17:05	Conclusion 10'

La Masterclass

- ❖ Introduction à la physique des particules
- ❖ Sensibilisation aux métiers de la recherche
- ❖ Pour et avec vous
 - posez des questions !

En préambule :

- ❖ Le CPPM
- ❖ La physique des particules
- ❖ Le CERN
- ❖ Le LHC

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



Le personnel : ~ 150 personnes

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

Les laboratoires de l'IN2P3 :



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

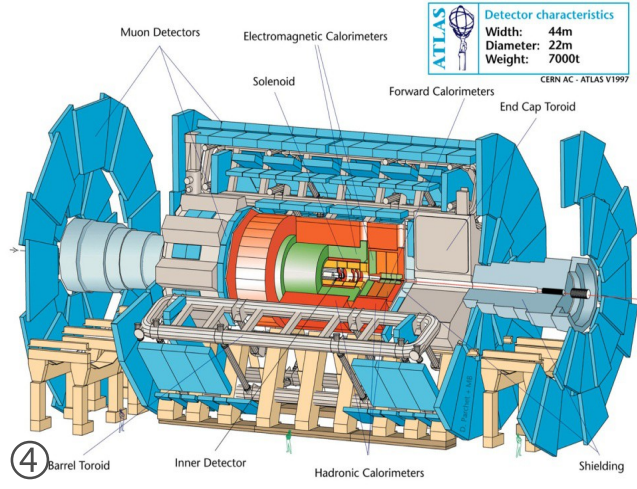
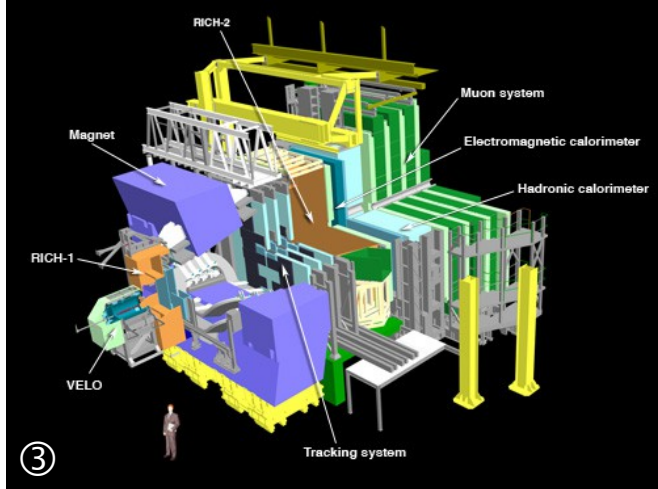
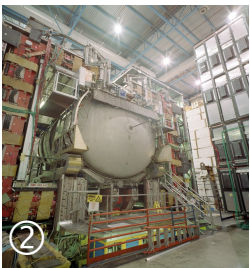
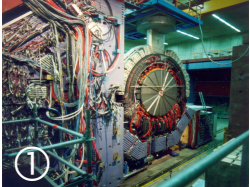
- expérimentale

- 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



Auprès d'accélérateurs :

- H1 @ HERA (Hambourg) e-p [300 GeV] ①
- D0 @ Tevatron (Chicago) p-p̄ [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, KM3 (Toulon) ⑥

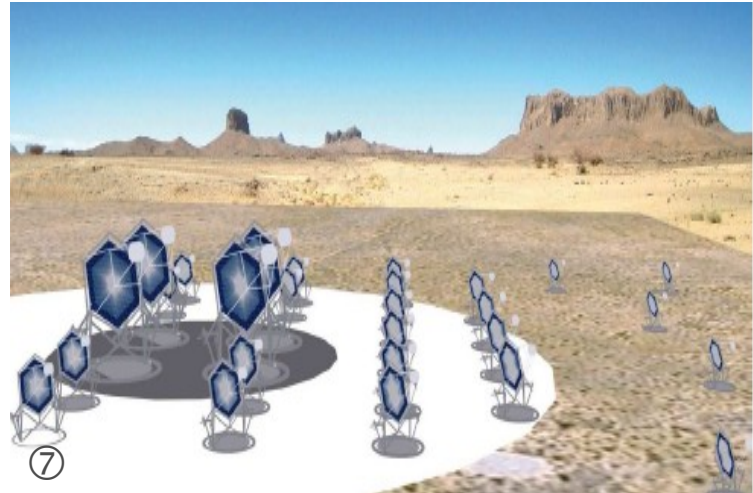
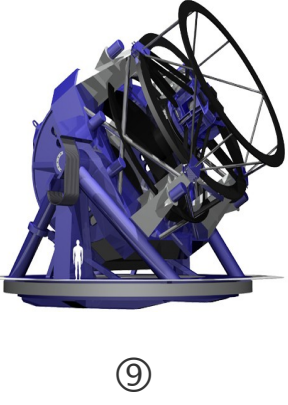
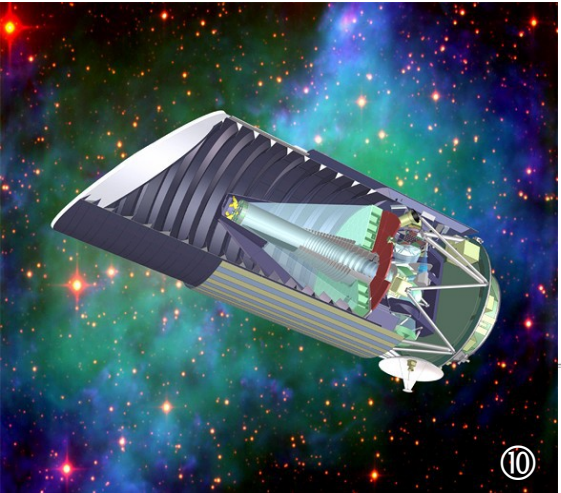
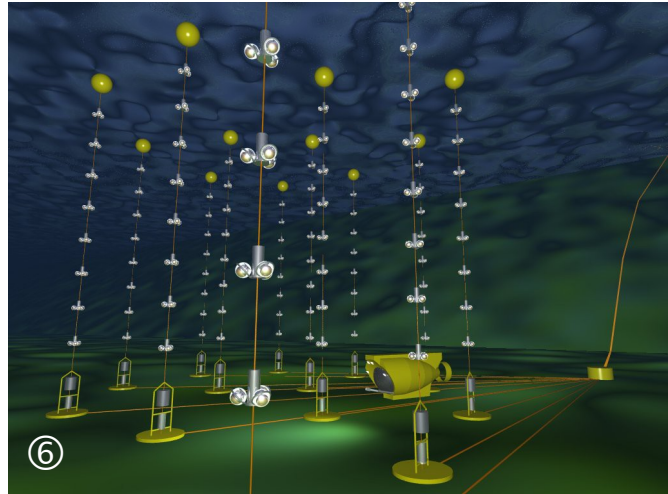
Face au ciel :

- 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

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

La physique des particules

Voyage au coeur de la matière...



La physique des particules

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

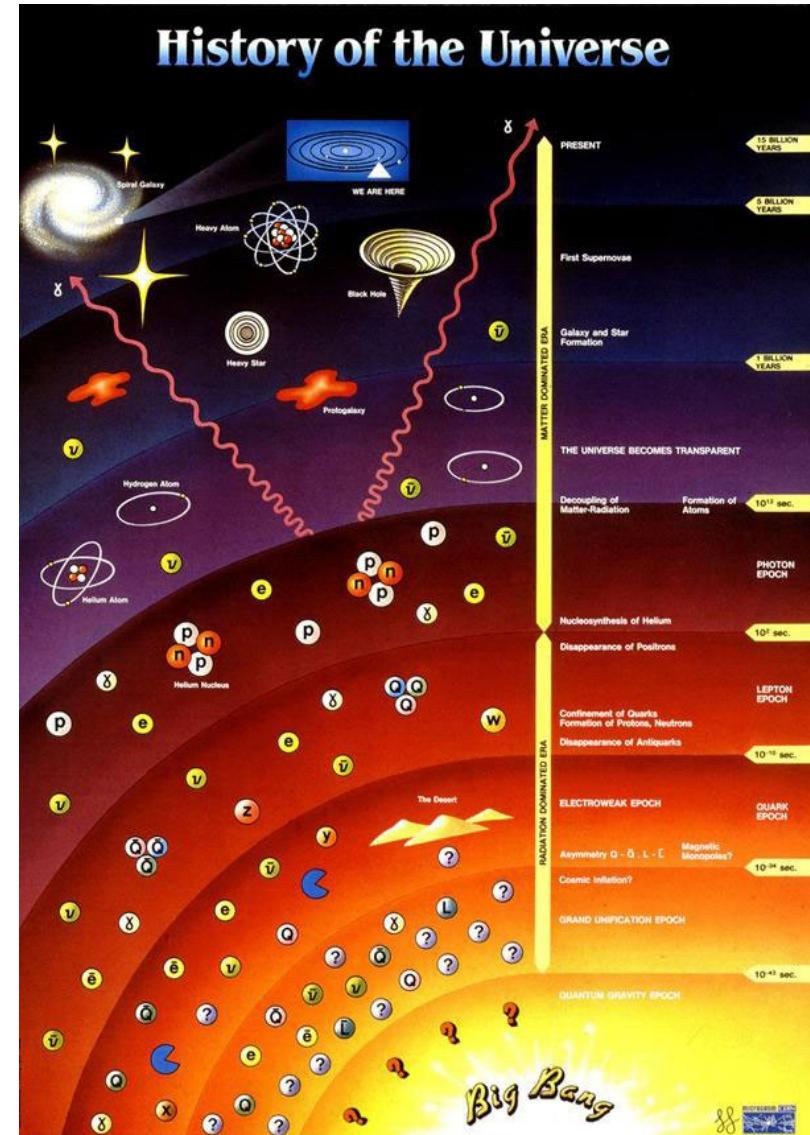
- constituants *élémentaires* : « particules » sans structure interne
- *interactions* : les forces qui s'exercent entre ces composants élémentaires

Présentes dans l'univers primordiale, 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 existantes 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 CERN



Le CERN en quelques chiffres

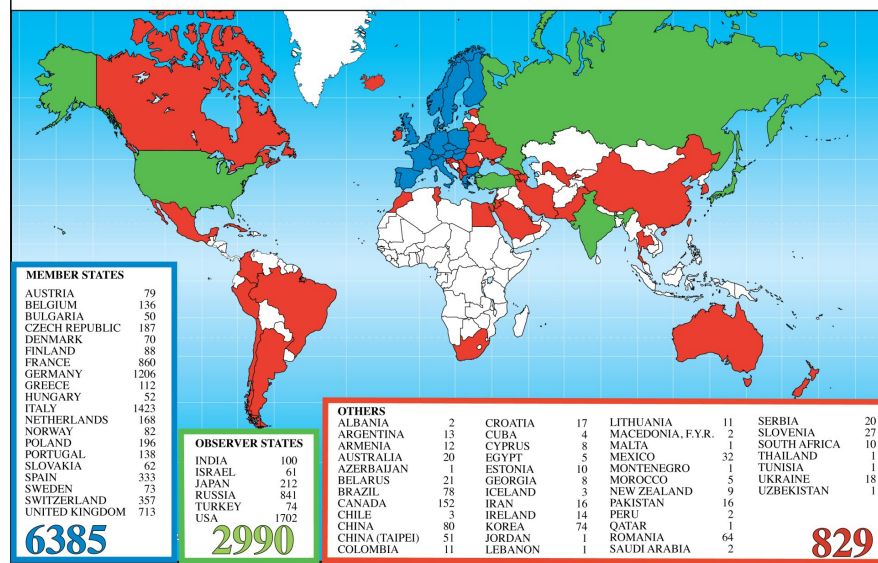


European Organization for Nuclear Research

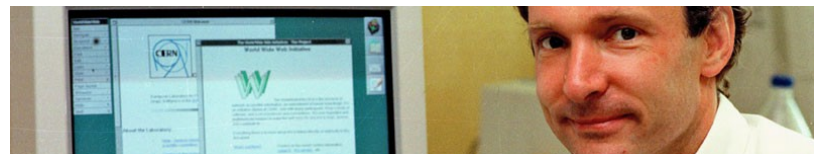
Le laboratoire européen pour la physique des particules

- organisation internationale
- créé en 1954
- 20 états membres
- emploie ~3000
 - 500 instituts
 - 80 pays

Distribution of All CERN Users by Nation of Institute on 10 November 2010

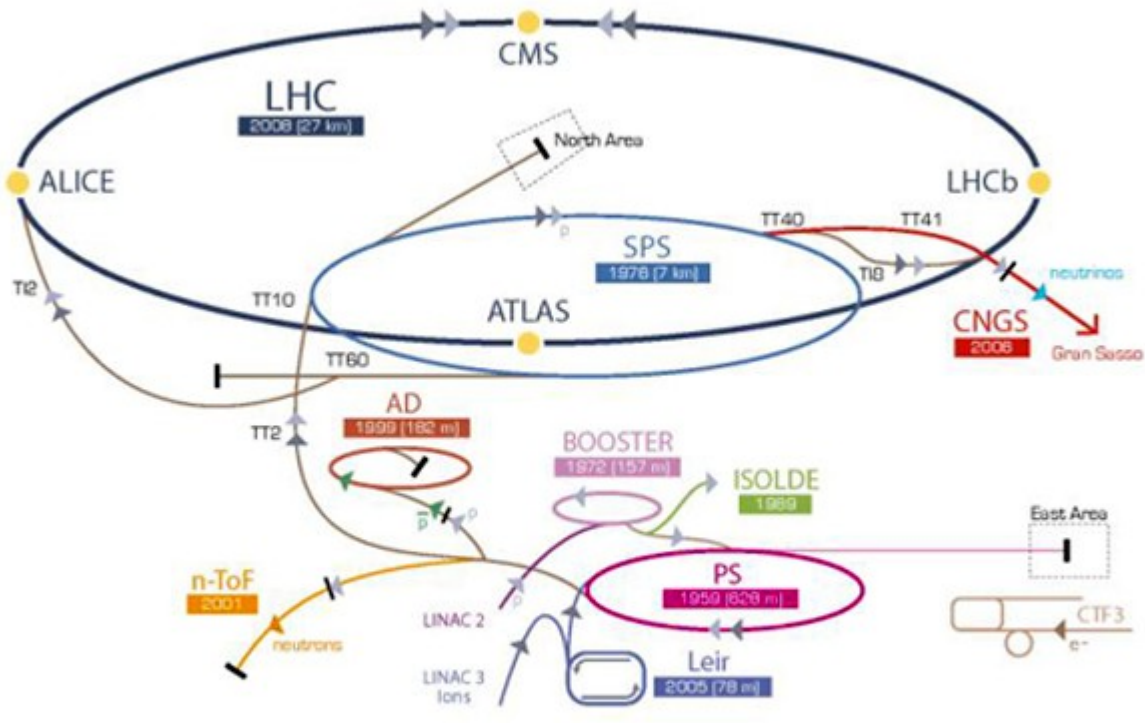


- Formidable lieu de collaboration internationale
- ... et d'incubation pour les technologies de l'information

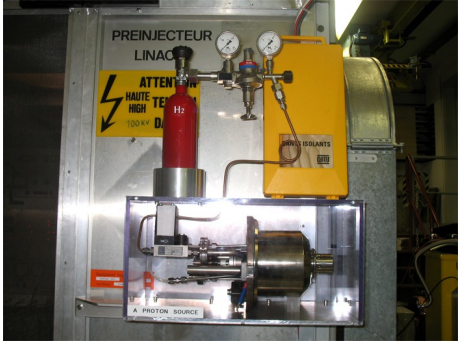


Le CERN : les accélérateurs

Complexe des accélérateurs du CERN



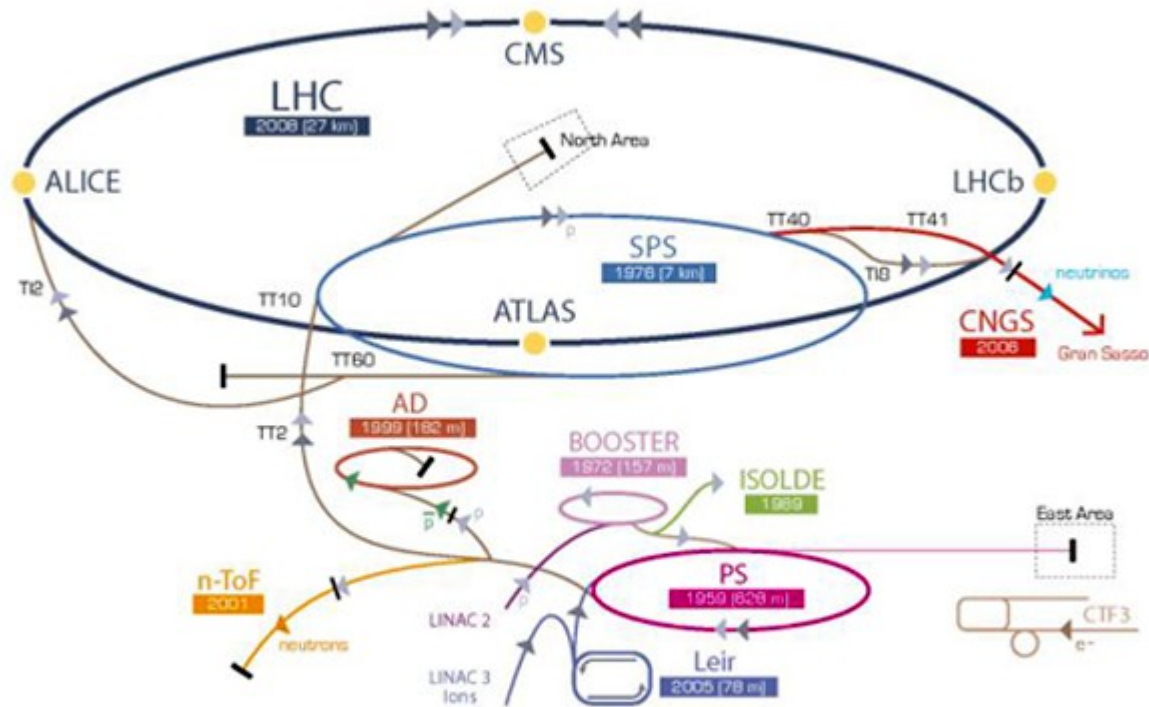
▶ p [protons] ▶ ions ▶ neutrons ▶ \bar{p} (antiproton) ↔ conversion proton/antiproton ▶ neutrons ▶ électrons
 LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron
 AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice
 LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINear ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight





Le CERN : les accélérateurs

Complexe des accélérateurs du CERN

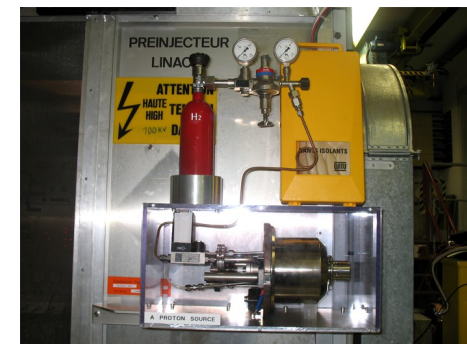


▶ p [protons] ▶ ions ▶ neutrons ▶ \bar{p} (antiproton) ↔ conversion proton/antiproton ▶ neutrinos ▶ électrons

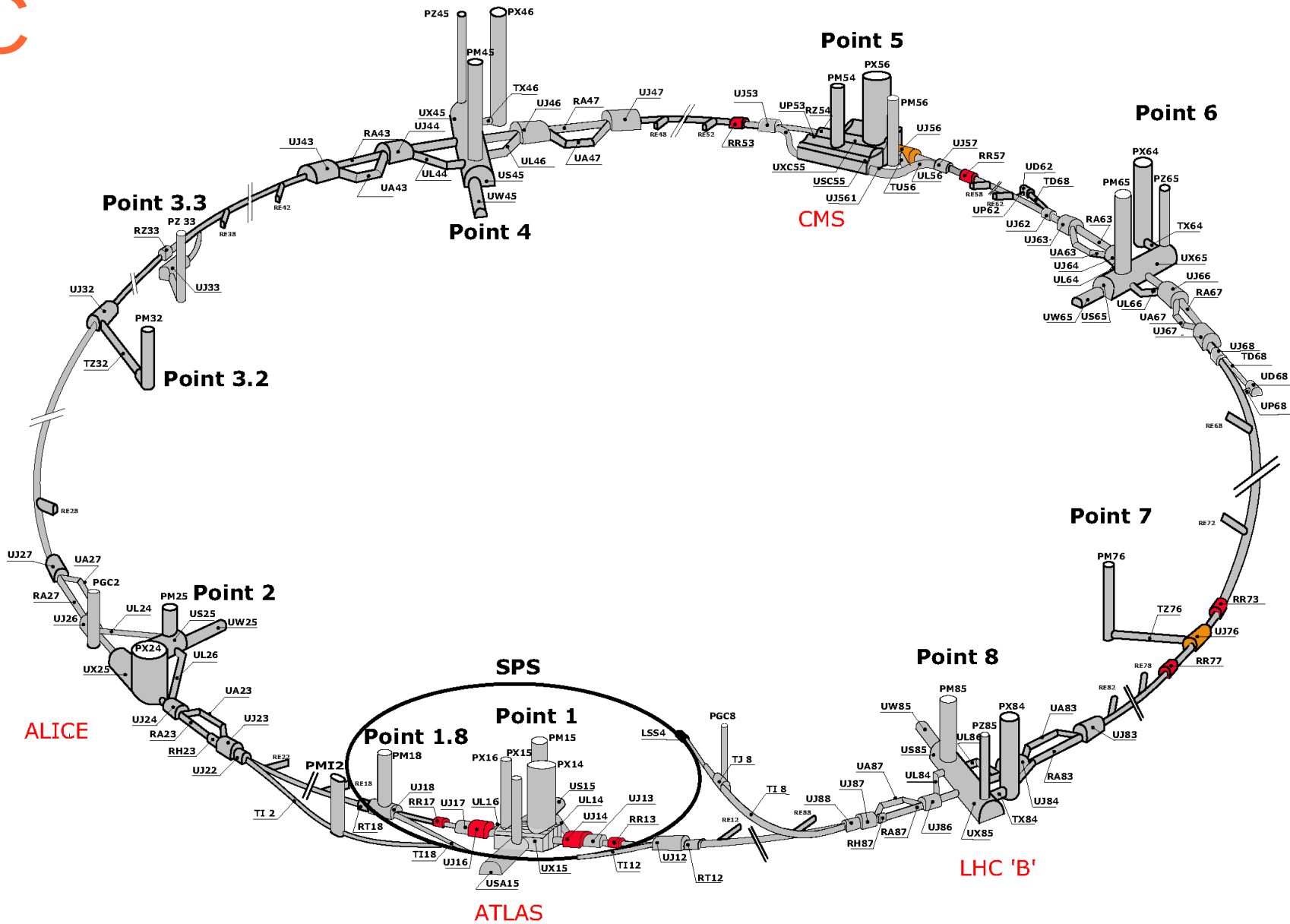
LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron

AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice

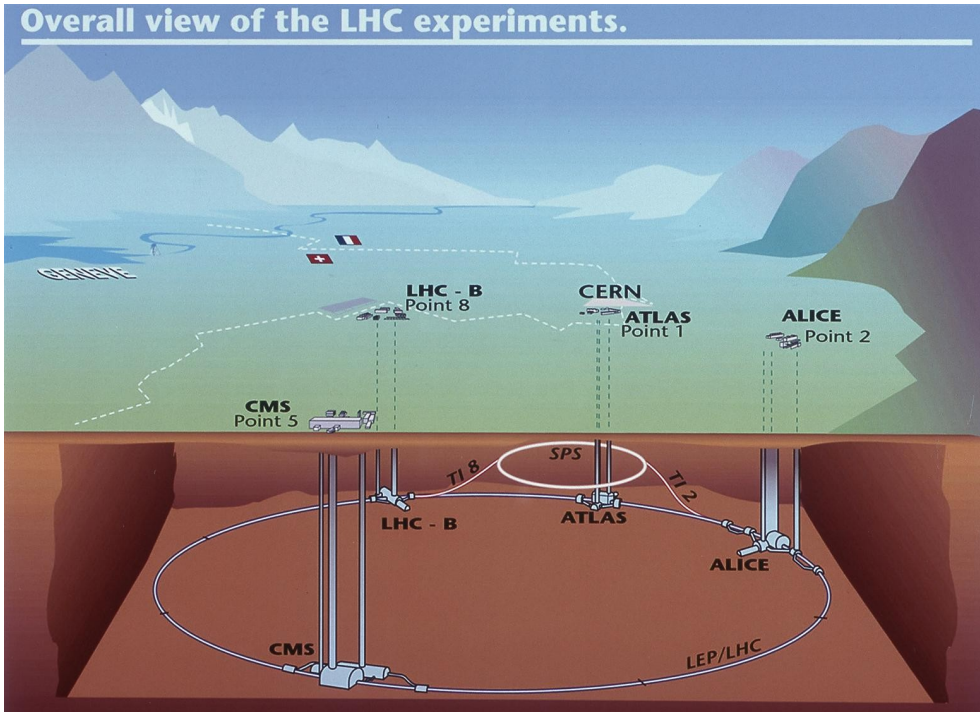
LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINear ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight



Le LHC



Le LHC



Infrastructure

- 27 km de circonférence
(dont 20 km en France)
- 100 m sous terre

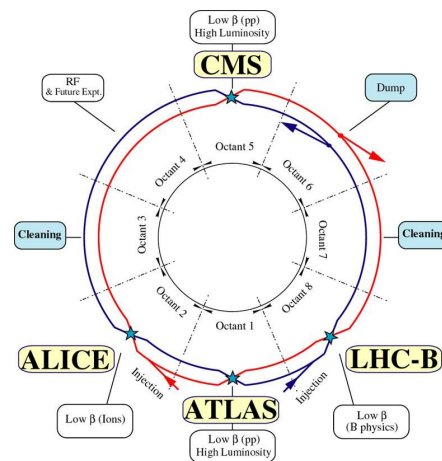
2 faisceaux de protons

- très haute intensité
 - 2800 paquets de protons par faisceau
 - 10^{11} protons par paquets
- très haute énergie
 - 7 TeV (14 TeV)
 - 350 MJoules / faisceau
 - 99,9999991 % vitesse de la lumière
 - 11245 tours par secondes

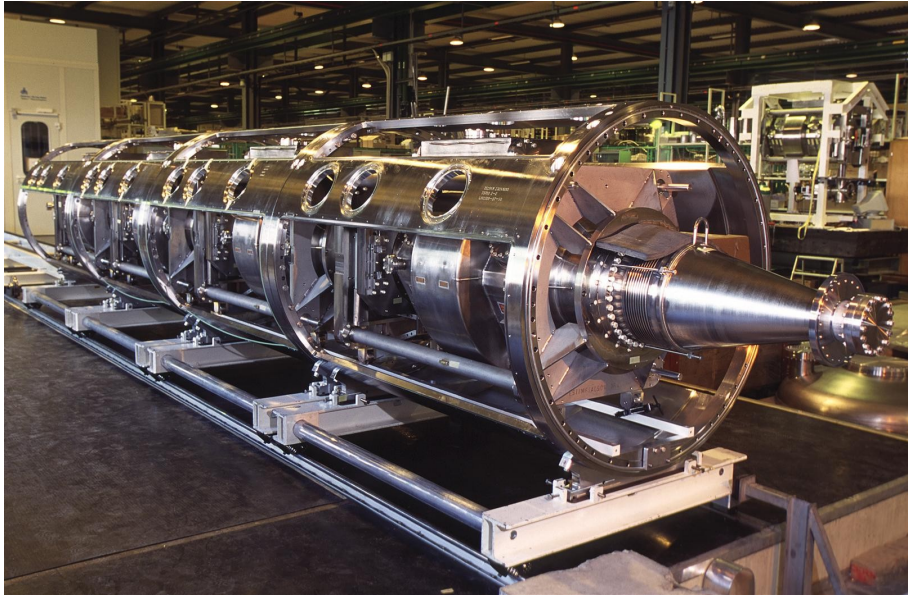
4 points de collisions : 4 expériences

ALICE – ATLAS – CMS – LHCb

- à chaque point : 1 croisement de paquets toutes les 25 ns ($25 \cdot 10^{-9}$ s)



Le LHC



@ 1,9K (-271 °C)

- plus froid que l'espace intersidéral (2,7 K)
- 120 tonnes d'hélium liquide

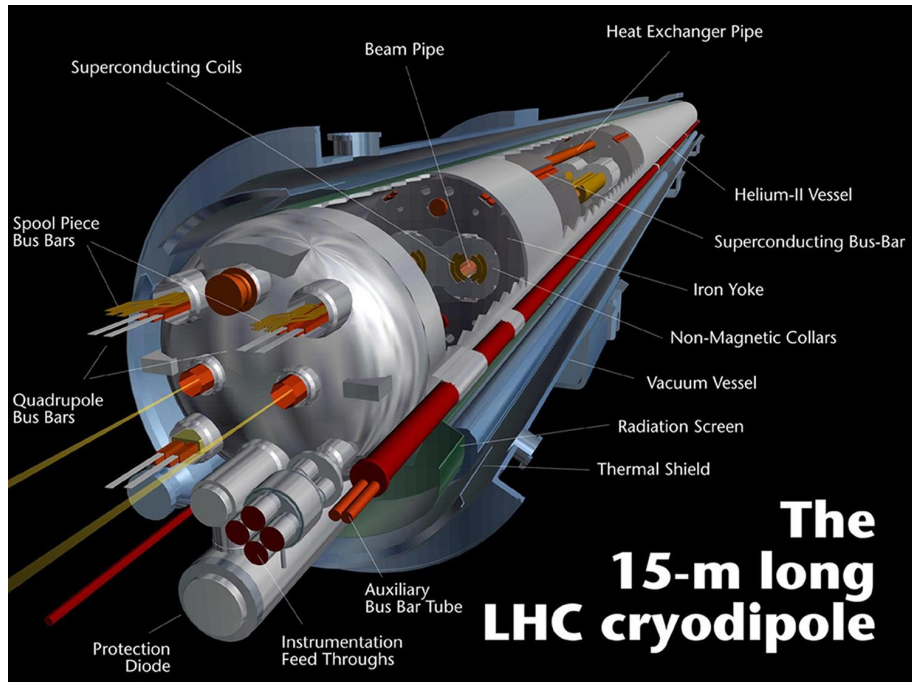
10^{-13} atm

- vide 10 fois plus poussé que sur la lune

9532 aimants (1232 dipôles)

- câbles supraconducteurs (bout à bout : 5 fois la distance terre-soleil)
- 1 dipôle : 15 m de long ; 35 tonnes

16 cavités accélératrices



Le LHC

1984 : 1^{ères} idées, début de la R&D

1994 : lancement du projet

2002 : début de l'installation

2008 :

- 10 septembre : **circulation des premiers faisceaux**

Le LHC

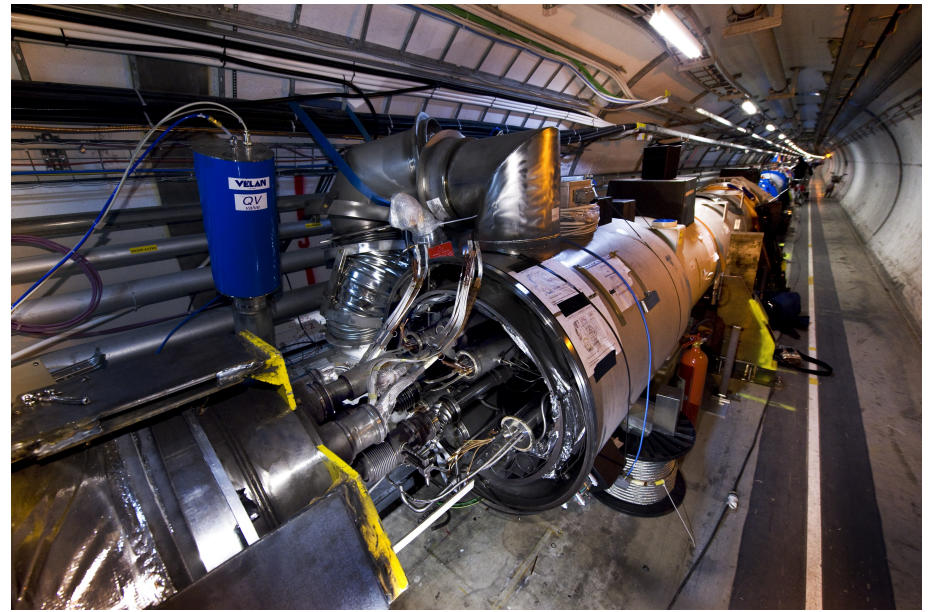
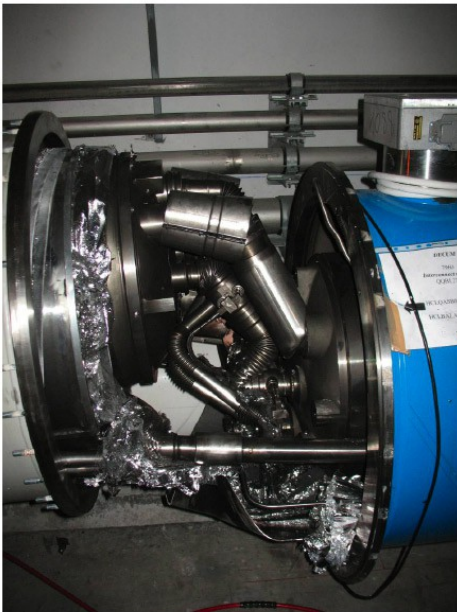
1984 : 1^{ères} idées, début de la R&D

1994 : lancement du projet

2002 : début de l'installation

2008 :

- 10 septembre : **circulation des premiers faisceaux**
- 19 septembre : **incident majeur !!**



Le LHC

1984 : 1^{ères} idées, début de la R&D

1994 : lancement du projet

2002 : début de l'installation

2008 :

- 10 septembre : **circulation des premiers faisceaux**
- 19 septembre : **incident majeur !!**

2009 :

- octobre : **premières collisions de protons dans le LHC**

2010 :

- mars : **premières collisions à très hautes énergies (7 TeV)**

2011 :

- mars à novembre : **prise de données à haute intensité (ATLAS : 5 fb⁻¹)**

Le LHC

1984 : 1^{ères} idées, début de la R&D

1994 : lancement du projet

2002 : début de l'installation

2008 :

- 10 septembre : circulation des premiers faisceaux
- 19 septembre : incident majeur !!

2009 :

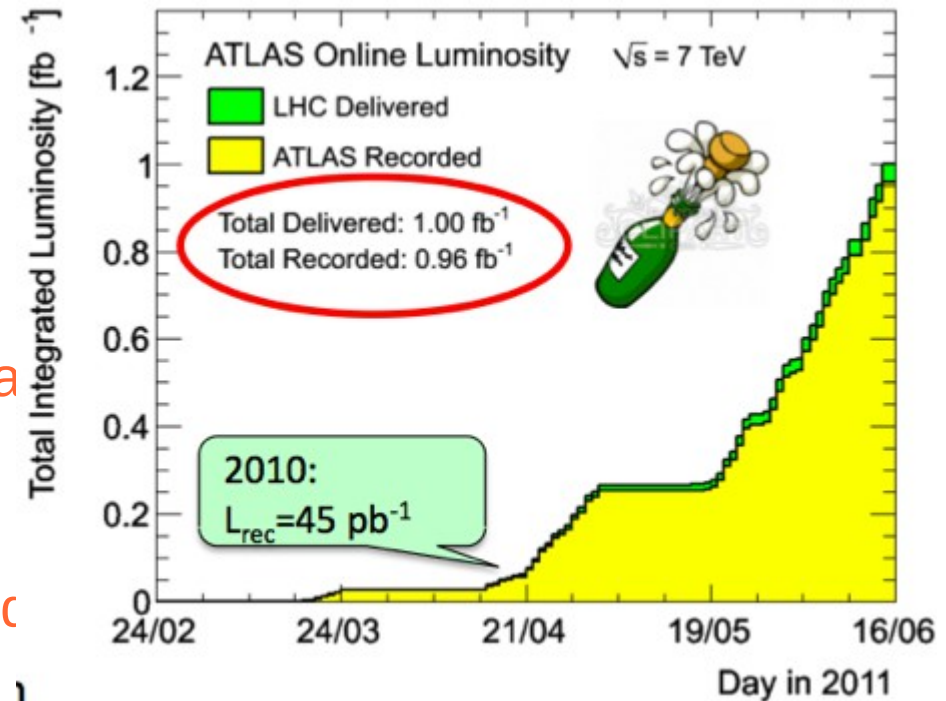
- octobre : premières collisions de protons à 3.5 TeV

2010 :

- mars : premières collisions à très hautes énergies (7 TeV)

2011 :

- mars à novembre : prise de données à haute intensité (ATLAS : 5 fb⁻¹)



Le LHC

1984 : 1^{ères} idées, début de la R&D

1994 : lancement du projet

2002 : début de l'installation

2008 :

- 10 septembre : **circulation des premiers faisceaux**
- 19 septembre : **incident majeur !!**

2009 :

- octobre : **premières collisions de protons dans le LHC**

2010 :

- mars : **premières collisions à très hautes énergies (7 TeV)**

2011 :

- mars à novembre : **prise de données à haute intensité (ATLAS : 5 fb⁻¹)**

Le LHC

1984 : 1^{ères} idées, début de la R&D

1994 : lancement du projet

2002 : début de l'installation

2008 :

- 10 septembre : **circulation des premiers faisceaux**
- 19 septembre : **incident majeur !!**

2009 :

- octobre : **premières collisions de protons dans le LHC**

2010 :

- mars : **premières collisions à très hautes énergies (7 TeV)**

2011 :

- mars à novembre : **prise de données à haute intensité (ATLAS : 5 fb⁻¹)**

2012 :

- mars à décembre : **prise de données à haute intensité avec 8 TeV / faisceau**

2013 :

- **les masterclasses** analysent les données d'ATLAS !

Prêts ?

09:30 **Les objets de la Physiques de Particules 1h0'**

Qu'est qu'une particule élémentaire ?

Le Modèle Standard : la description actuelle des particules élémentaires et de leurs interactions

10:30 **Pause café 15'**

10:45 **Détection de particules dans l'expérience ATLAS 1h0'**

Techniques de détection des particules.

Le détecteur de l'expérience ATLAS.

11:45 **La quête du boson de Higgs 45'**

Focus sur la découverte du boson de Higgs au LHC