



IN2P3

Institut national de **physique nucléaire**
et de **physique des particules**

Etienne Augé

Directeur Adjoint Scientifique

Physique des particules - Calcul

Perspectives en Physique des particules



Un avenir incertain...

- LEP (1990-2000)
 - mesures de précisions des propriétés des bosons W et Z
 - l'inattendu était espéré mais n'a pas été vu
- LHC (2010-2030)
 - conçu pour découvrir de nouveaux phénomènes
 - une grande variété d'hypothèses (Beyond Standard Model)
 - améliorer le modèle standard (notion subjective)
- Que dire avant les premiers résultats du LHC ?
 - Lien avec les observations astrophysiques
- Les projets suivants doivent avancer (ILC, SuperB)
- Calcul – Stockage : dominé par le LHC pendant longtemps



Modèle Standard des particules, 1/4

- Interaction forte (QCD) – échange de gluons
 - Les quarks et les gluons interagissent
 - Prédiction ab initio des états liés (protons,...)
 - calculs “sur réseau” (lattice QCD)
 - Description en termes de *pdf* extraits de l’observation
- Information de base pour décrire les interactions proton-antiproton (Tevatron), proton-proton (LHC), noyau-noyau (Ions lourds)
- **H1 à HERA/DESY** **collisions électron-proton**
 - HERA-II : encore du travail d’analyse → 2011
 - résultats finaux combinés H1/ZEUS



Modèle standard des particules, 2/4

- Interaction électro-faible
 - Étudiée au LEP (1990-2000), **mais...**
 - On n'a pas vu le boson de Higgs (trop lourd ?)
 - Difficultés de principe avec les masses
- Exploration au Tevatron
 - Les quarks sont sensibles à l'interaction électro-faible
 - Processus “noyés” parmi ceux d'interaction forte
- **D0 à Tevatron/FNAL** collisions proton-antiproton
 - la prise de données continue en 2011
 - QCD, recherche du Higgs, physique du quark top, mesure de M_W, \dots
- **CDF at Tevatron/FNAL** : oscillations du B_s , physique du τ



Modèle standard des particules (3/4)

- L'interaction électro-faible mélange les saveurs de quarks → “oscillations”
- Décrit par 4 paramètres réels (modèle CKM)
- Décrit une asymétrie entre matière et antimatière (violation de CP)
- Dans les années 60: étude du quark s (mésons K)
- Années 2000 : étude du quark b
- **BaBar à PEP-II/SLAC** collisions électron-positron
 - fin de la prise de données en 2008, analyse intensive en 2009-2010
 - Legacy book (avec BELLE)
 - Archivage et mise à disposition des données (aussi pour les autres expériences)



Modèle standard des particules– 4/4

- Propriétés des neutrinos
 - Mal connues (particule de Majorana ?)
- L'interaction électro-faible mélange les neutrinos
 - ➔ oscillations
 - Modèle à 4 paramètres
- Observations astrophysiques avec des neutrinos
- Expériences à petit nombre d'événements
 - Peu de données



Désintégrations “double beta sans neutrino”

- **NEMO 3 au LSM**
 - fin de la prise de données en 2010 (4 années)
- **SuperNEMO** **GERDA, XENON**
 - au LSM ? (agrandissement de la caverne)
 - premier super-module en 2012

Oscillations de neutrinos

- **OPERA au LNGS/CNGS** $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$
 - prise de données jusqu'en 2012
- **T2K au Japon/JPARC** $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$
 - premières prises de données actuellement
- **Double CHOOZ** $\bar{\nu}_e \rightarrow \bar{\nu}_e$
 - premières données (détecteur proche) fin 2010
 - détecteur lointain à partir de 2011



Modèle Standard des particules - fin

- Développer un meilleur modèle
 - Moins de paramètres arbitraires (masses, CKM,...)
 - Résoudre le problème de hiérarchie (masse du Higgs très inférieure à la limite de validité du modèle ?)
 - Incorporer la gravité (pourquoi une constante de couplage si petite ?)
- Lien avec la cosmologie et les astroparticules
 - Matière noire par exemple

Analyse des données: exemple



- Recherche du Higgs “standard” au Tevatron
 - 90 modes de désintégration (54 dans D0, 36 dans CDF)
 - Pour chacun:
 - Étude de la capacité du détecteur à voir le signal espéré
 - Etude des biais d’appareillage
 - Etude du bruit de fond
 - Estimation des incertitudes (différentes d’un mode à l’autre)
 - Etude à reprendre chaque année
 - Plus de données → meilleure compréhension du détecteur
 - Au final, analyse de beaucoup de données
 - Réelles
 - Simulées



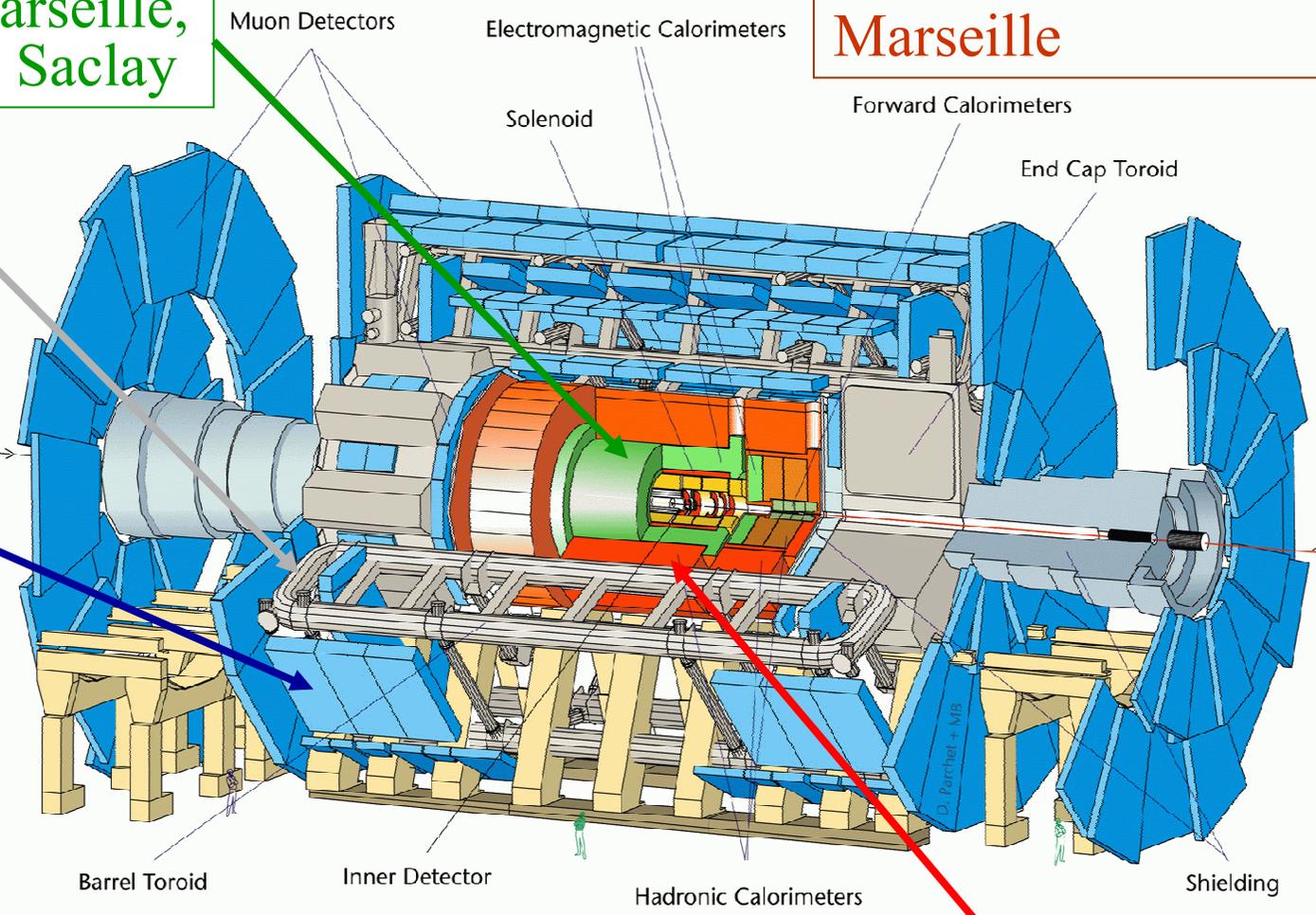
EmCal : Annecy,
Grenoble, Marseille,
Orsay, Paris, Saclay

Pixels et HLT :
Marseille

A
T
L
A
S

Toroides :
Saclay

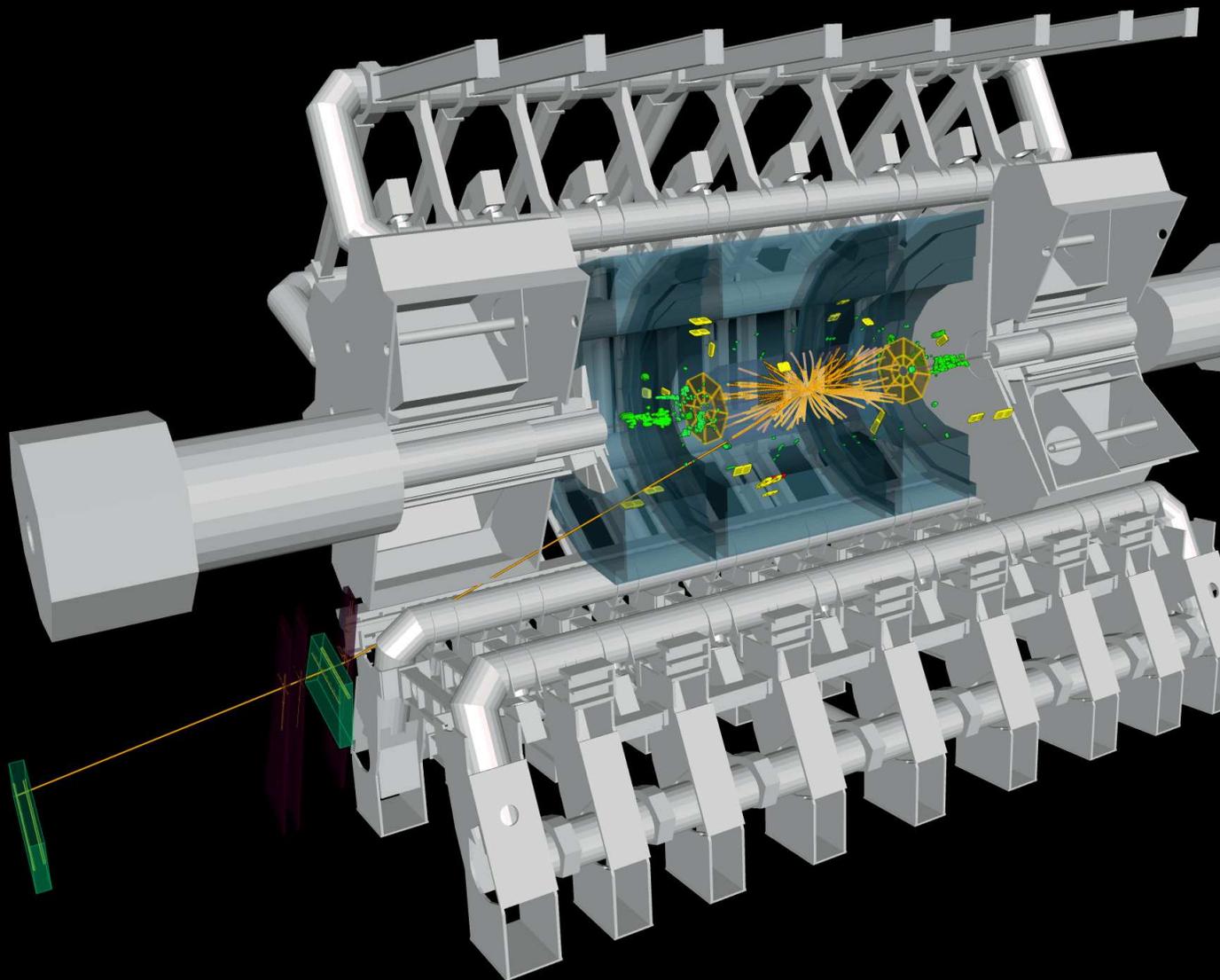
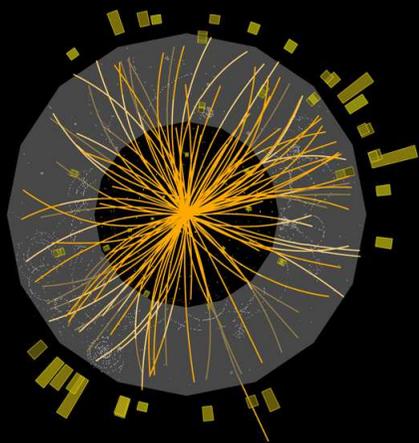
Muon
chambers:
Saclay



HCal :
Clermont-Ferrand

Length : 40 m
Radius : 10 m
Weight : 7000 tonnes
Channels : hundred millions

Collision Event at 7 TeV with Muon Candidate



ATLAS
EXPERIMENT

2010-03-30, 12:59 CEST

Run 152166, Event 322215

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

Journées Informatiques IN2P3-Irfu - 17 mai 2010



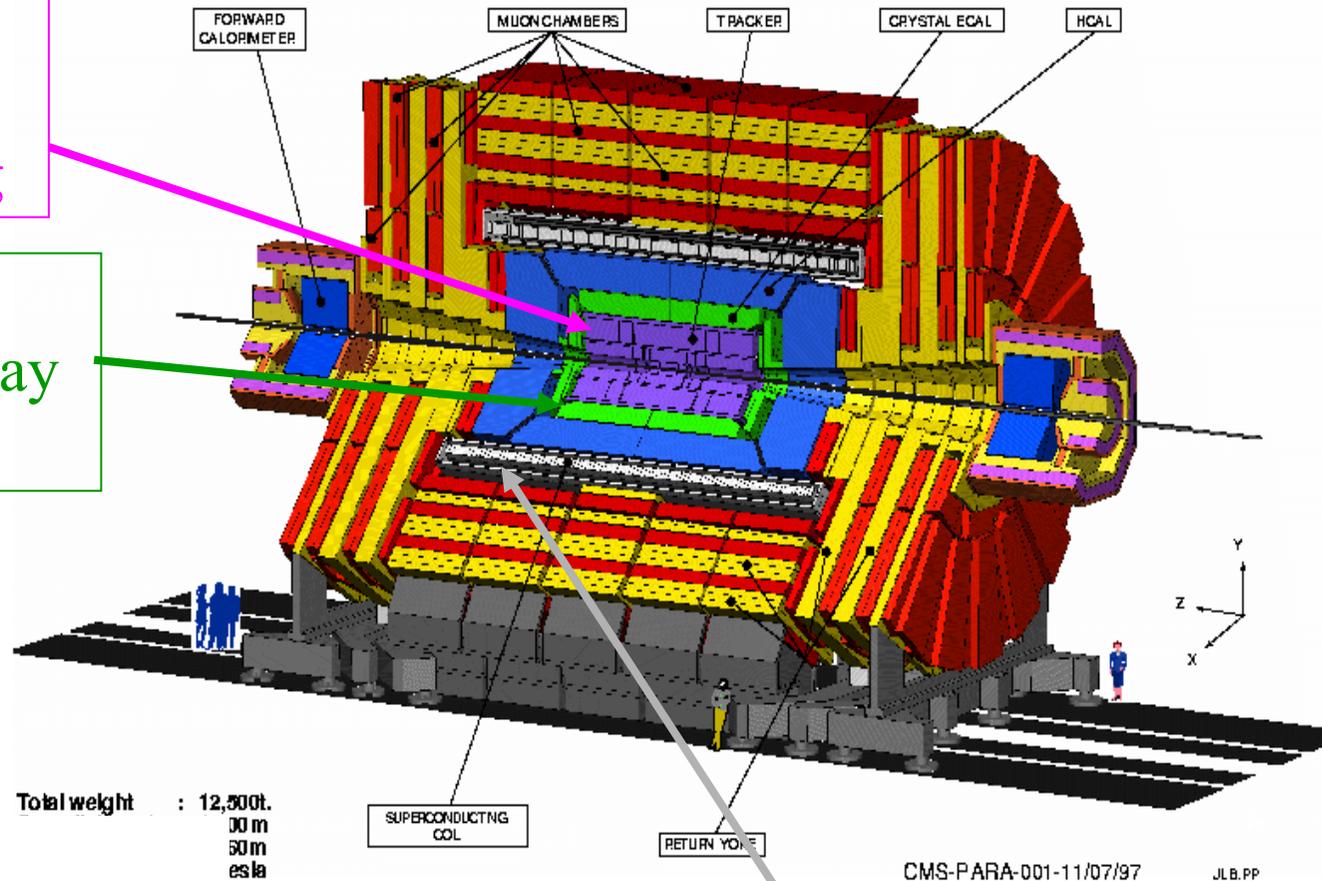
ATLAS en quelques chiffres

- Coût de construction : 360 M€
 - Dont 30 M€ de l'IN2P3
- Coût de fonctionnement : 16 M€ par an
 - Dont 0,9 M€ pour l'IN2P3
- 2885 scientifiques, dont 1835 « PhD equivalent »
 - 172 institutions, 37 pays
 - physiciens IN2P3 : 5,9%
 - CPPM, LAL, LAPP, LPC-C1, LPNHE, LPSC
 - physiciens CEA/Irfu: 3,5%

CMS at CERN

Si Tracker
 End cap
 Lyon-Strasbourg

EM Calo
 Crystals test : Saclay
 Readout : Lyon



Total weight : 12,500t.
 30 m
 50 m
 esla

CMS-PARA-001-11/07/97 JLB.PP

Length : 20 m
 Radius : 7 m
 Weight : 14000 tonnes
 Channels : hundred millions

L1 Trigger
 Electronics
 LLR

Solenoid : Saclay

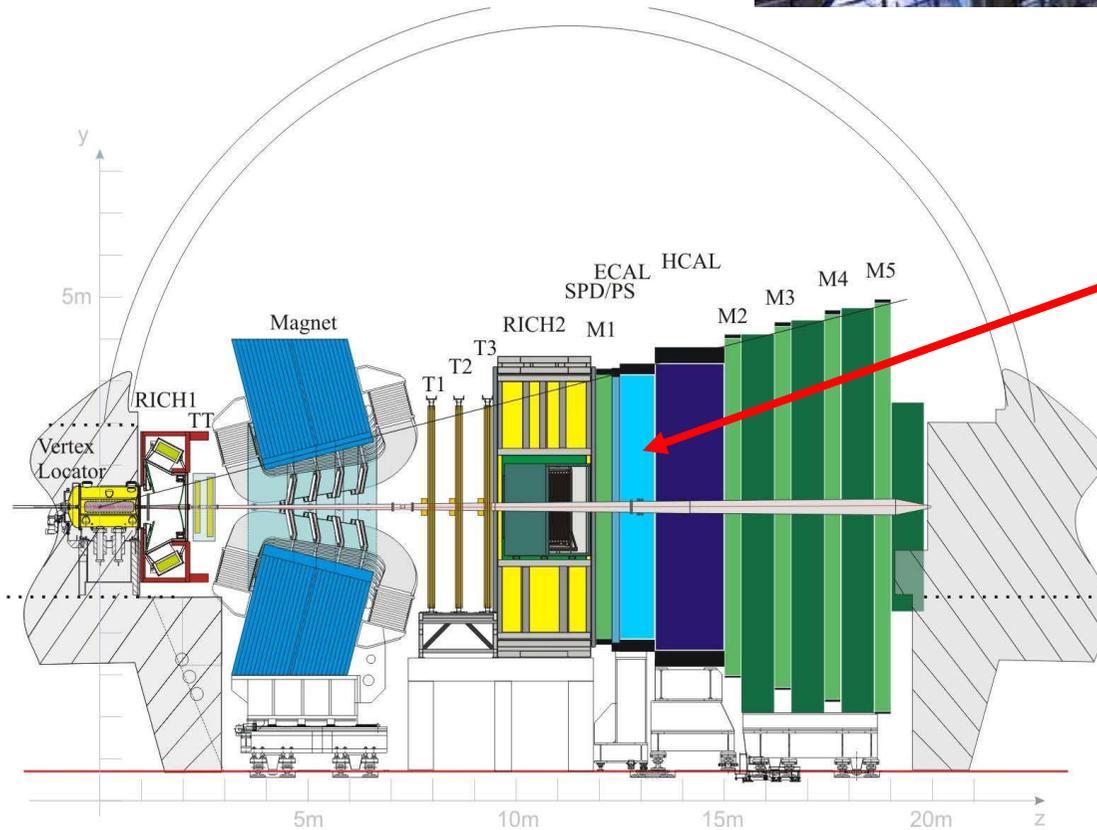
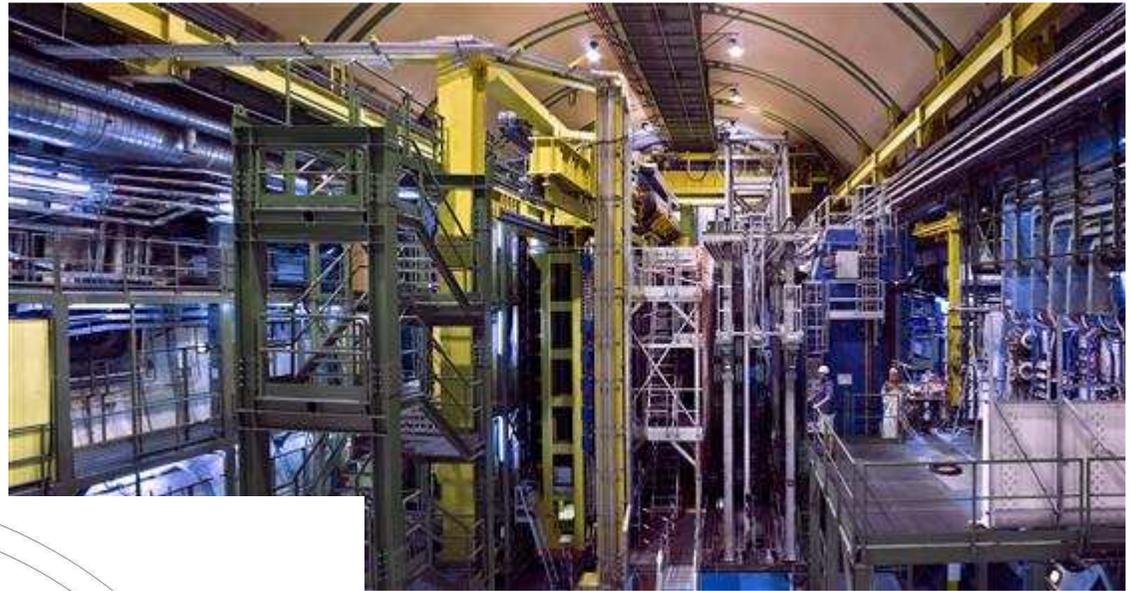
7 mai 2010



CMS en quelques chiffres

- Coût de construction : 370 M€
 - Dont 17 M€ de l'IN2P3
- Coût de fonctionnement : 12 M€ par an
 - Dont 0,45 M€ pour l'IN2P3
- 3110 scientifiques, dont 1367 « PhD equivalent »
 - 182 institutions, 37 pays
 - physiciens IN2P3 : 46 (3,4%)
 - IPHC, IPNL, LLR
 - Physiciens Irfu: 17 (1,2%)

LHCb



- Calorimètres :
Structure, électronique
- L0 Trigger :
Annecy, Clermont-Ferrand,
Marseille, Paris, Orsay

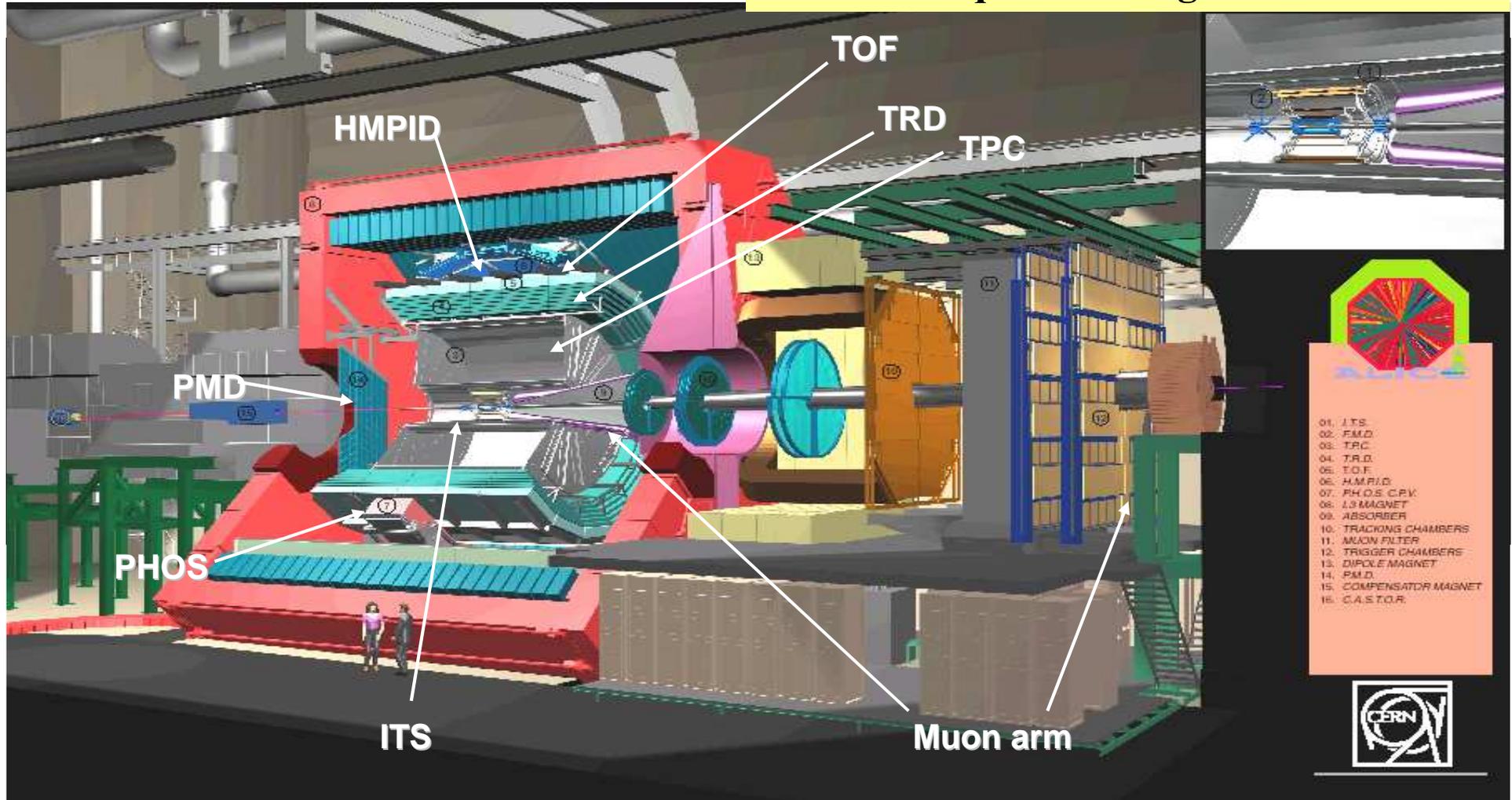


LHCb en quelques chiffres

- Coût de construction : 50 M€
 - Dont 5 M€ de l'IN2P3
- Coût de fonctionnement : 2,6 M€ par an
 - Dont 0,32 M€ pour l'IN2P3
- 700 scientifiques, dont 351 « PhD equivalent »
 - 52 institutions, 15 pays
 - physiciens IN2P3 : 12%
 - CPPM, LAL, LAPP, LPC-C1, LPNHE

ALICE (CERN)

Nature of the confinement of quarks and gluons





ALICE en quelques chiffres

- Coût de construction : 105+ M€
 - Dont 8,25 M€ de l'IN2P3
- Coût de fonctionnement : 6,1 M€ par an
 - Dont 0,4 M€ pour l'IN2P3
- 1000 scientifiques, dont 568 « PhD equivalent »
 - 111 institutions, 31 pays
 - physiciens IN2P3 : 48 (8,5%)
 - IPHC, IPNL, IPNO, LPC-Cl, LPSC, Subatech
 - Physiciens Irfu: 6 (1,1%)



Modèle de calcul des expériences au LHC

- Basés sur des réflexions et sur des modélisations **valider**
- Modèle CMS:
 - correspondance groupes d'analyse – Tier2
 - lots de données stockés séparément
 - ➔ Dupliquer les événements sélectionnés par plusieurs groupes d'analyse
- Modèle ATLAS:
 - aménagement des formats d'événements en fonction de leur sélection
- Impératif pour les mois qui viennent: redéfinir les modèles
 - “passage à l'échelle”
 - optimiser l'investissement
 - Données réelles et simulations



Upgrades du LHC

- Planning de montée en luminosité du LHC (lent)
 - Actuellement : nominal / 10^6
 - En 2013: nominal / 10
 - En 2016: nominal
 - En 2020: nominal x 10
- Les dégâts d'irradiation sur les détecteurs et les éléments de machine
 - Viennent plus tard que prévu initialement (2017...)
- Souhait d'améliorer les détecteurs
- La quantité de données à traiter augmentera moins vite que le taux de collisions.
 - Meilleure sélection en ligne des événements intéressants (lesquels ???)
 - Meilleure sélection offline
- Incorporer des résultats LHC et des résultats astrophysiques dans des ajustements globaux de modèles cosmologiques...



SuperB @Frascati

- Physique au-delà du MS et Saveurs
 - Nombreux paramètres (...)
 - Signes indirects de nouvelle physique ?
- Luminosité x100 par rapport à Babar
- **Données à traiter x100 ?**
- Nano faisceaux (comme pour ILC)
 - Crab waist
- Participation de l'IN2P3 au TDR
- Projet concurrent à KEK



Après le LHC, ILC ou CLIC

- Sauf imprévu...
- Option de montée en énergie du LHC
 - Technologie des aimants supraconducteurs (Nb-Sn)
- Collisions électron-positron: (presque) tous les événements sont intéressants
 - Taux de collisions relativement faible
 - Option: pas de sélection en ligne
 - Volume de données inférieur au LHC
 - Travail collaboratif mondial, comme LHC
 - Mesures de précision → encore de gros besoins informatiques
- Modèle de calcul et d'analyse peut-être plus proche de Babar et SuperB que de LHC
- Opérationnel en 2030...

Conclusion

- Nous entrons dans la décennie LHC
- Révolutionnera la physique des particules
- Le traitement et l'accès aux données restera un défi technologique
- Au-delà du LHC
 - Accélérateur, détecteurs
 - Trop tôt pour parler de modèle de calcul et de données.