

# Détecteurs en Vrac

11 Mars au 13 Mars, Fréjus

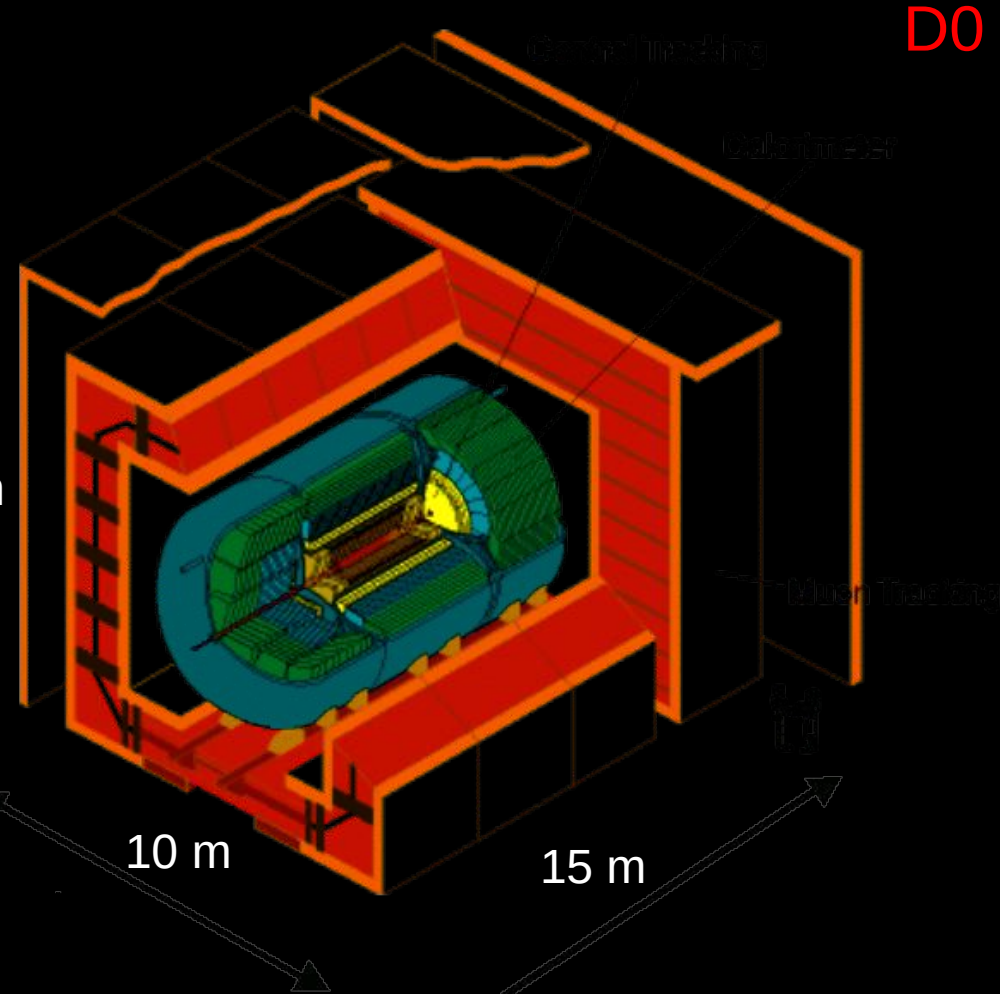
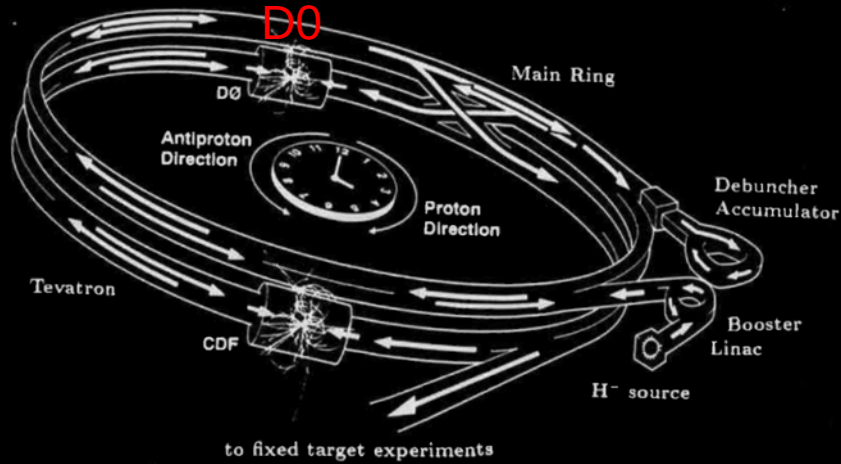
- 1/ Détecter quoi  $\leftrightarrow$  pourquoi (1h)
- 2/ Interaction particules matière (1h)
- 3/ Généralités sur les détecteurs (1h)
- 4/ Application sociétales (1h)
- 5/ Exemple avec D0/ATLAS (Fermilab/CERN) (1h)



# Collisionneurs TeVatron

FNAL (USA) Tevatron: 1.8 TeV

Run I :1992-1995



D0

- Trajectographe (détecteur à gaz)
- Détecteur à rayonnement de transition
- Calorimètre électromagnétique et hadronique
- Chambres à muons

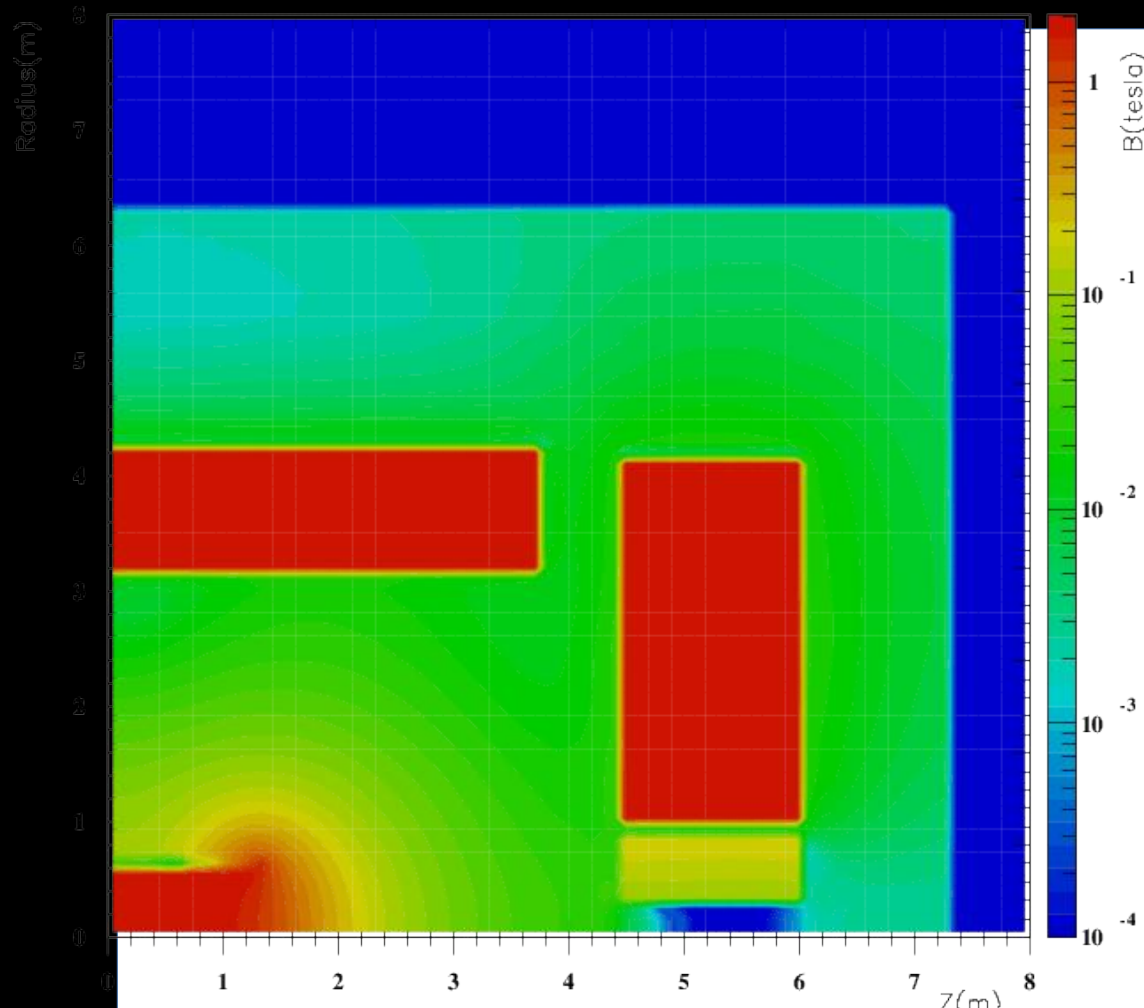
- Toroïde à fer ~1.8 T
- pas de solénoïde !

D0

# Champ magnétique

Run II :1998-2004

D0



D0

# DØ

## DØ

conception 1983

pas de simulation complète du détecteur avec GEANT

détection muons avec le plus grand angle solide

calorimètre à compensation uranium/argon **très compact**

trajectographie R ~1m

**pas de solénoïde** suffisamment puissant pour la trajectographie

*Run I* 1992

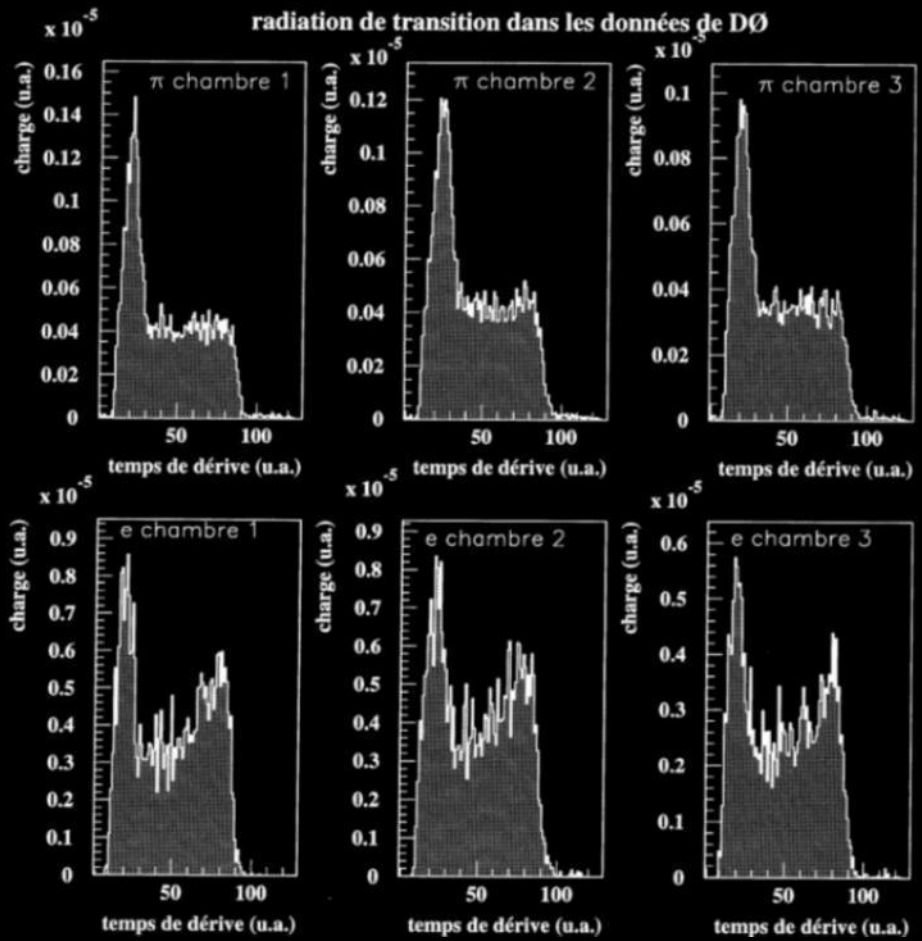
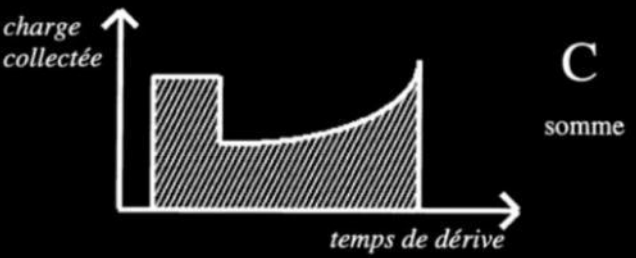
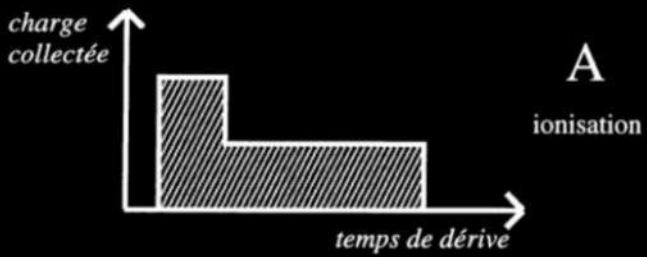
protons du main ring traversaient le détecteur DØ !!!

temps entre collision 3.5  $\mu$ s

masse du Z  $\rightarrow$  60 GeV ???

environ 500 signataires

# Détecteurs D0 → TRD

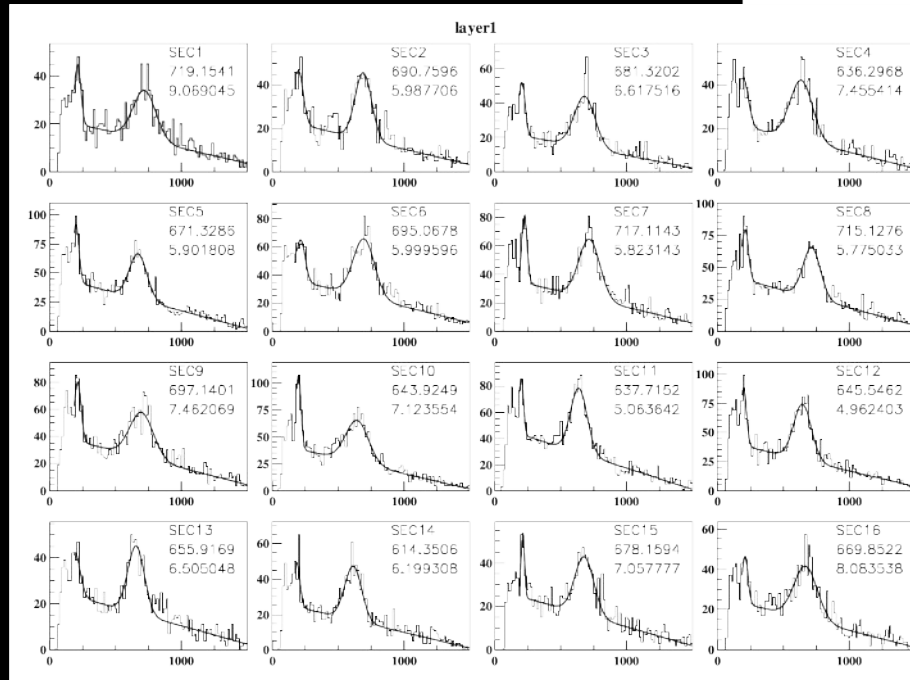
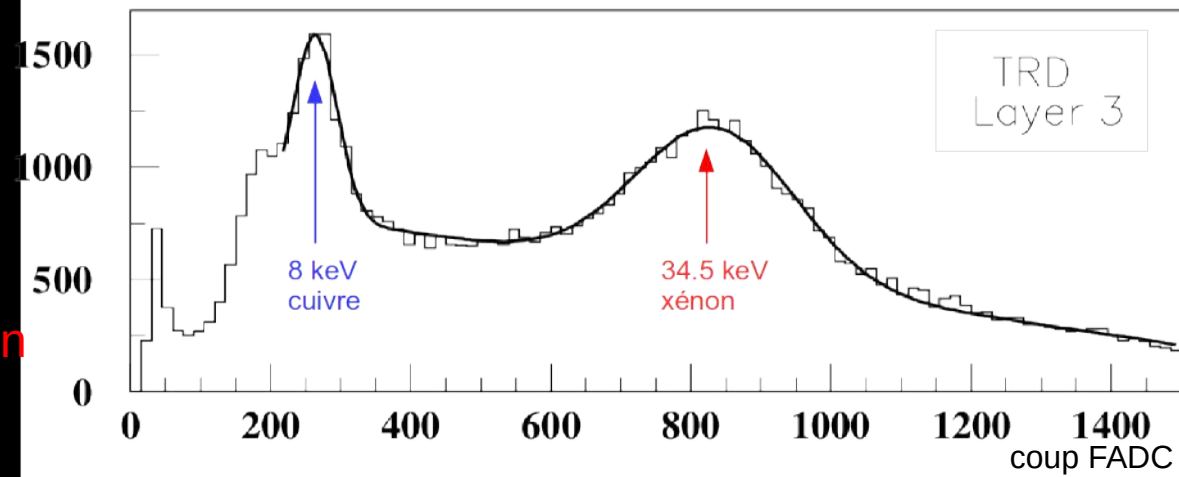


# Détecteurs D0

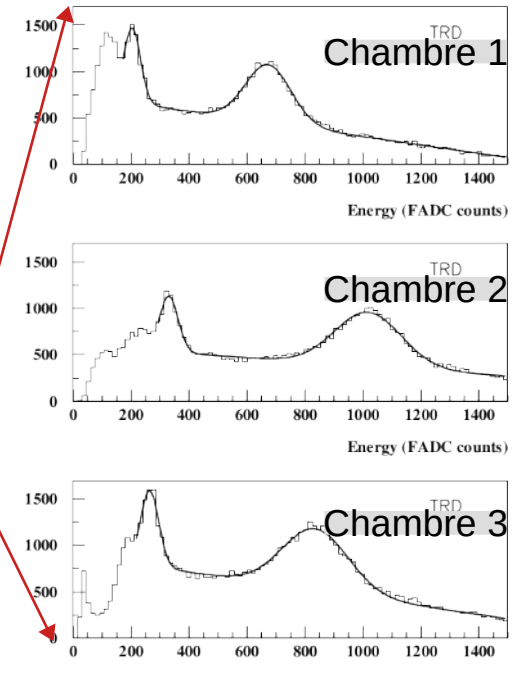
## Étalonnage TRD

Uranium (calorimètre)

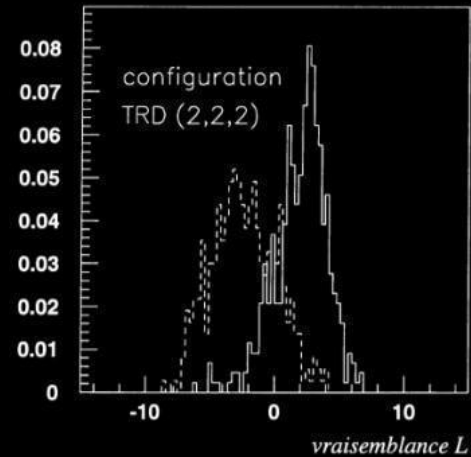
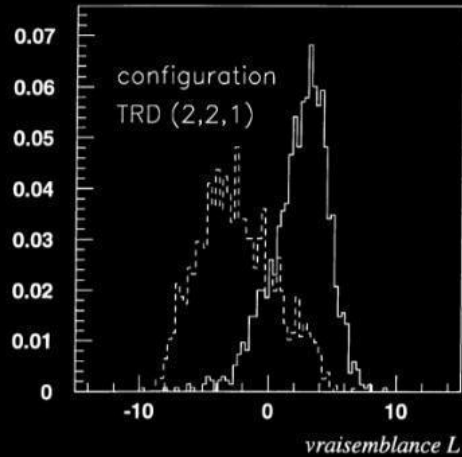
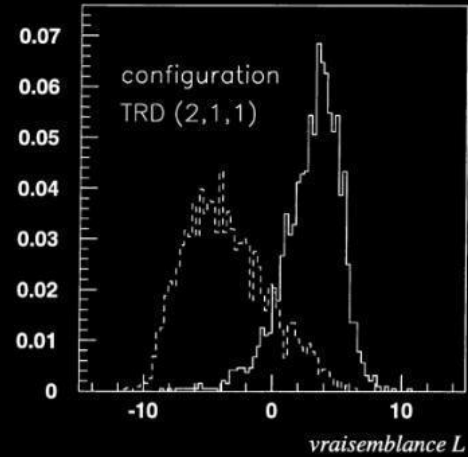
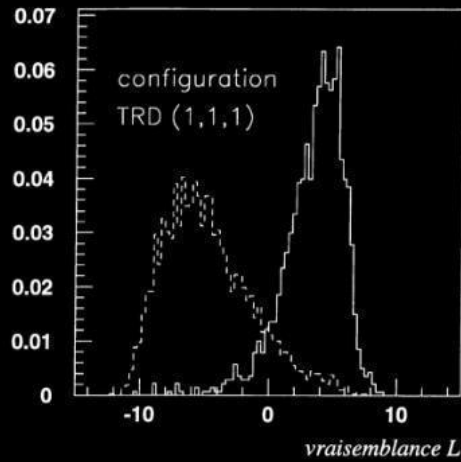
signal → cuivre & xénon



16 secteurs  
3 chambres

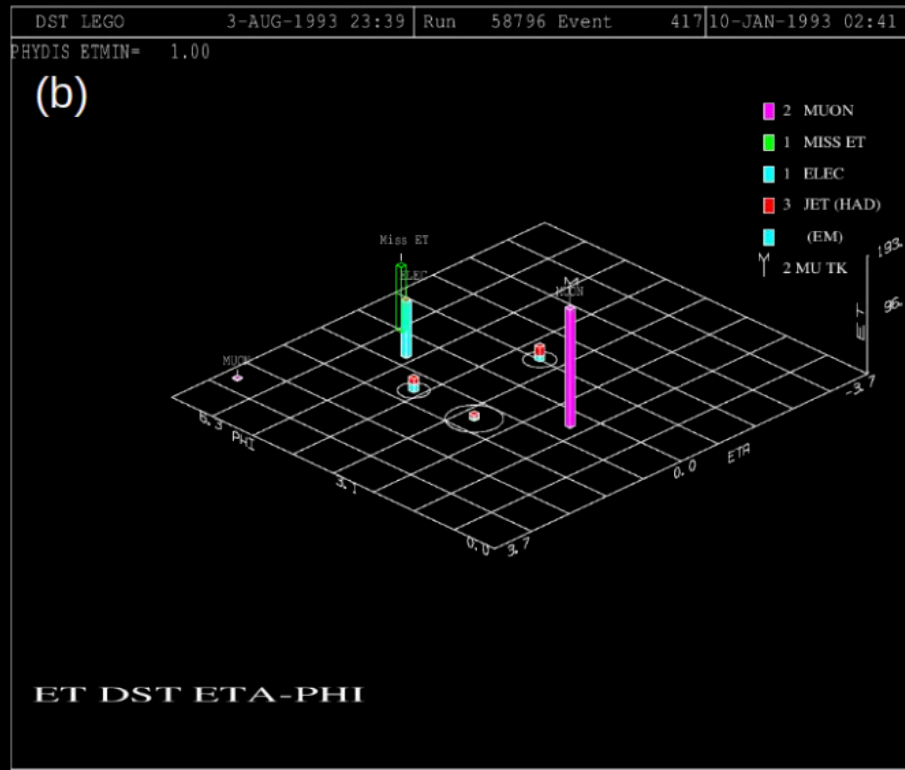
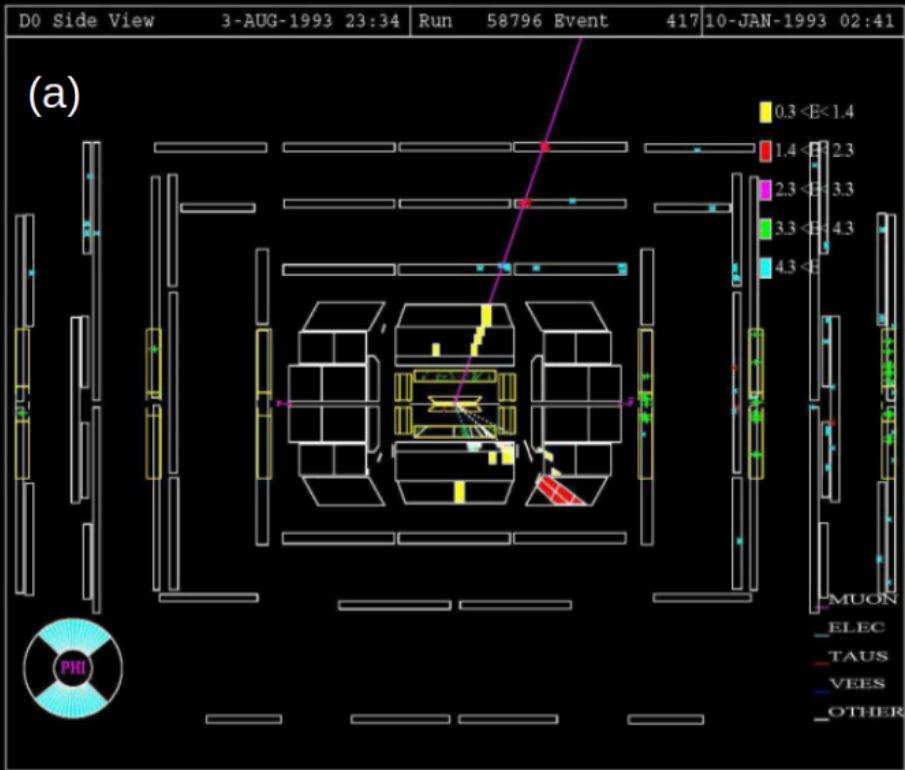


# Détecteurs D0



# D0

$t\bar{t} \rightarrow WbWb \rightarrow 2 \text{ leptons} + 2 \text{ jets} + \text{énergie manquante}$



17 candidats : 7 avec 1 électron, 5 « confirmés » par le TRD



# D0

$t\bar{t} \rightarrow WbWb \rightarrow 2 \text{ leptons} + 2 \text{ jets} + \text{énergie manquante}$

## Observation des premiers quarks top 1995

$$D\emptyset \rightarrow m_{\text{top}} = 199_{-21}^{+19}(\text{stat}) \pm 22(\text{syst}) \text{ GeV}/c^2$$

$$CDF \rightarrow m_{\text{top}} = 176 \pm 8(\text{stat}) \pm 10(\text{syst}) \text{ GeV}/c^2$$

## Remarque : prédiction 1992

$$LEP1 \rightarrow m_{\text{top}} = 172.6_{-10.2}^{+13.2} \text{ GeV}/c^2$$

# Le Monde

JEUDI 2 MARS 1995

## Des physiciens ont déchiffré l'alphabet des particules

### L'existence du sixième quark est confirmée

... AURAIT PU S'APPELER le quark « timide » tant il s'est dévoilé depuis plus de vingt ans au regard des chercheurs. En juillet 1994, les équipes du Laboratoire européen pour la physique des particules (CERN) avaient cru percevoir dans les gerbes de particules élémentaires de leur grand accélérateur de particules. C'était un faux espoir, la machine n'était pas assez puissante pour révéler ce très petit et dernier représentant de la famille des quarks, qui doivent leur nom au Prix Nobel de physique Murray Gell-Mann, grand maître du roman de James Joyce, *Ulysses*, dont ce mot est tiré.

Depuis bien longtemps déjà, les chercheurs ont montré qu'il leur fallait disposer d'un alphabet de douze particules pour décrire la matière et les forces qui nous entourent : six leptons (par exemple, l'électron, composant de

base de l'atome ou les fameux neutrinos capables de traverser sans sourcilier plusieurs Terres mises bout à bout) et six quarks, tous dotés d'un amusant diminutif. Jusqu'en avril de l'année dernière, seulement onze de ces particules avaient été clairement identifiées sans le moindre doute cependant sur l'existence de la douzième : le quark « top », le plus lourd de la famille.

« On savait en effet où le chercher, précise Michel Spiro, chef du service de physique des particules au Commissariat à l'énergie atomique (CEA). On savait, grâce à des travaux du CERN, comment il devait apparaître, comment il devait se désintégrer, quelle était sa masse, très lourde, et vraisemblablement équivalente à celle du noyau d'un atome d'or. » Mais le « top » se dérobait toujours, et les physiciens attendaient avec impatience que les deux équipes de quatre cents physiciens qui travaillaient sur le très puissant accélérateur de particules

de Chicago, le Tevatron, prennent enfin sur le fait cette « insaisissable anguille ».

C'est en avril 1994 que la traque a abouti, donnant la primeur de l'événement à l'équipe qui disposait de l'expérience appelé CDF (*Le Monde* du 27 avril 1994). Mais les résultats obtenus demandaient confirmation de ces premières indications. Moins d'un an après, les membres de l'autre équipe ont pu avec l'expérience D Zéro, à laquelle participent étroitement des chercheurs de Saclay sous la conduite d'Armand Zylbertejn, préciser la vraie nature du quark « top » et confirmer cette nouvelle. Elle devrait d'ailleurs faire l'objet d'une très prochaine conférence de presse, démontrant, s'il le fallait, la validité du fameux modèle standard qui nous permet de décrire l'univers avec ces deux groupes de six particules qui se répartissent en trois familles de quatre chacune.

Jean-François Augereau



#### PARTICULES

### Quark top : confirmation

Des chercheurs du Fermilab (Fermi National Laboratory, Illinois) ont découvert et « mesuré » le quark top, une particule fondamentale, mais hélas ! éphémère. En avril 1994, une équipe du même laboratoire en avait déjà détecté des traces, mais

de CEA, a poursuivi la traque du quark top parmi les débris des collisions protons-antiprotons. Avec succès. Cette particule



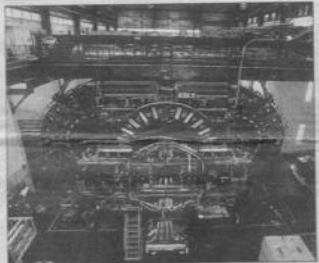
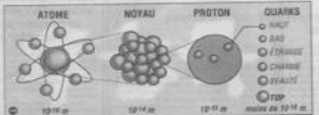
complète la famille des quarks imaginée par Murray Gell-Mann dans les années 60, qui lui valut le prix Nobel en 1969. D'après sa théorie, les quarks, au nombre de six, sont avec les six leptons (électrons, muons, tau, et leur neutrinos...), les constituants élémentaires de la matière. Associés aux bosons (photons, gluons...), particules qui assurent les interactions fondamentales de l'univers.



### SCIENCES Après dix ans de quête, une découverte majeure

## Au cœur des atomes le dernier des quarks démasqué

Tous les calculs des physiciens montraient que cette particule « devait » exister. On a enfin prouvé, et à dix-sept reprises, sa vie très fugace, au terme d'une coopération internationale exemplaire.



Le quark top est l'un des constituants de la matière. C'est un quark très lourd, au moins dix fois plus lourd que les autres quarks. Il est découvert par une équipe internationale de physiciens du CERN, du Fermilab et de l'Université de Chicago.

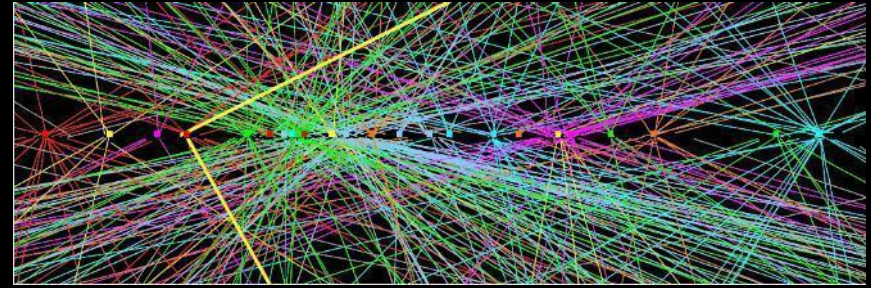
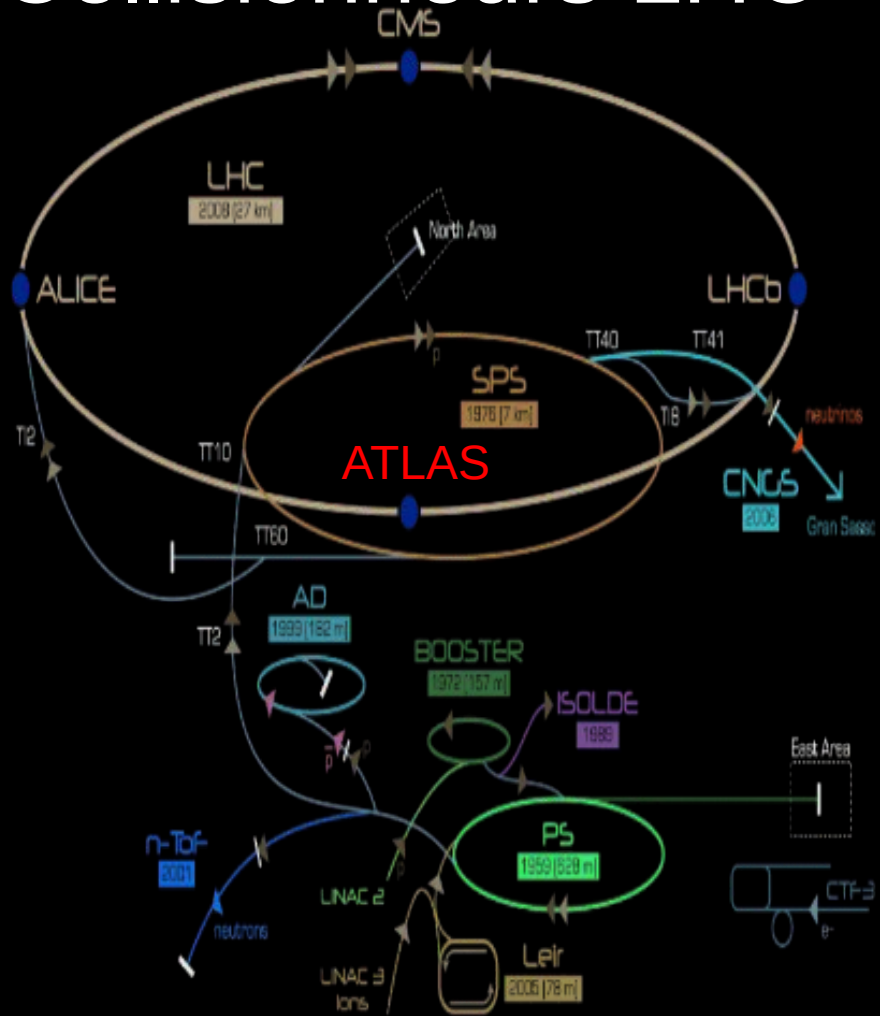
### La chasse au boson de Higgs

Le boson de Higgs est une particule hypothétique qui donnerait son nom à une nouvelle particule. Sa découverte est attendue pour l'année 2000.

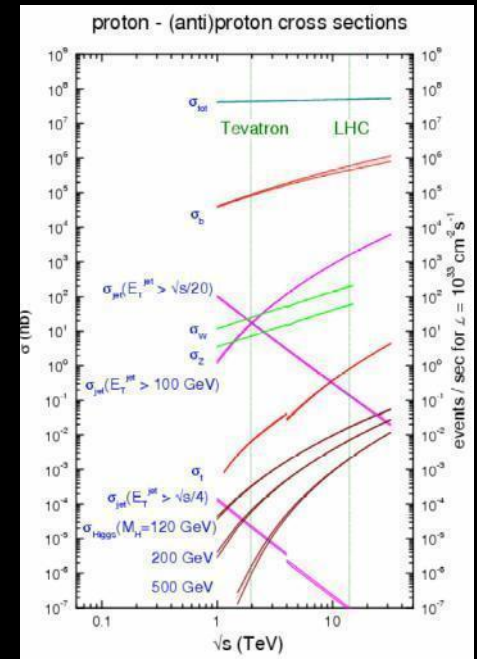
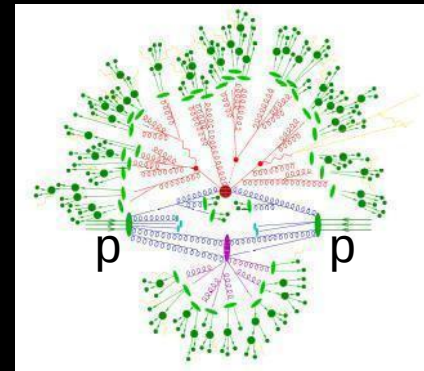


# Collisionneurs LHC

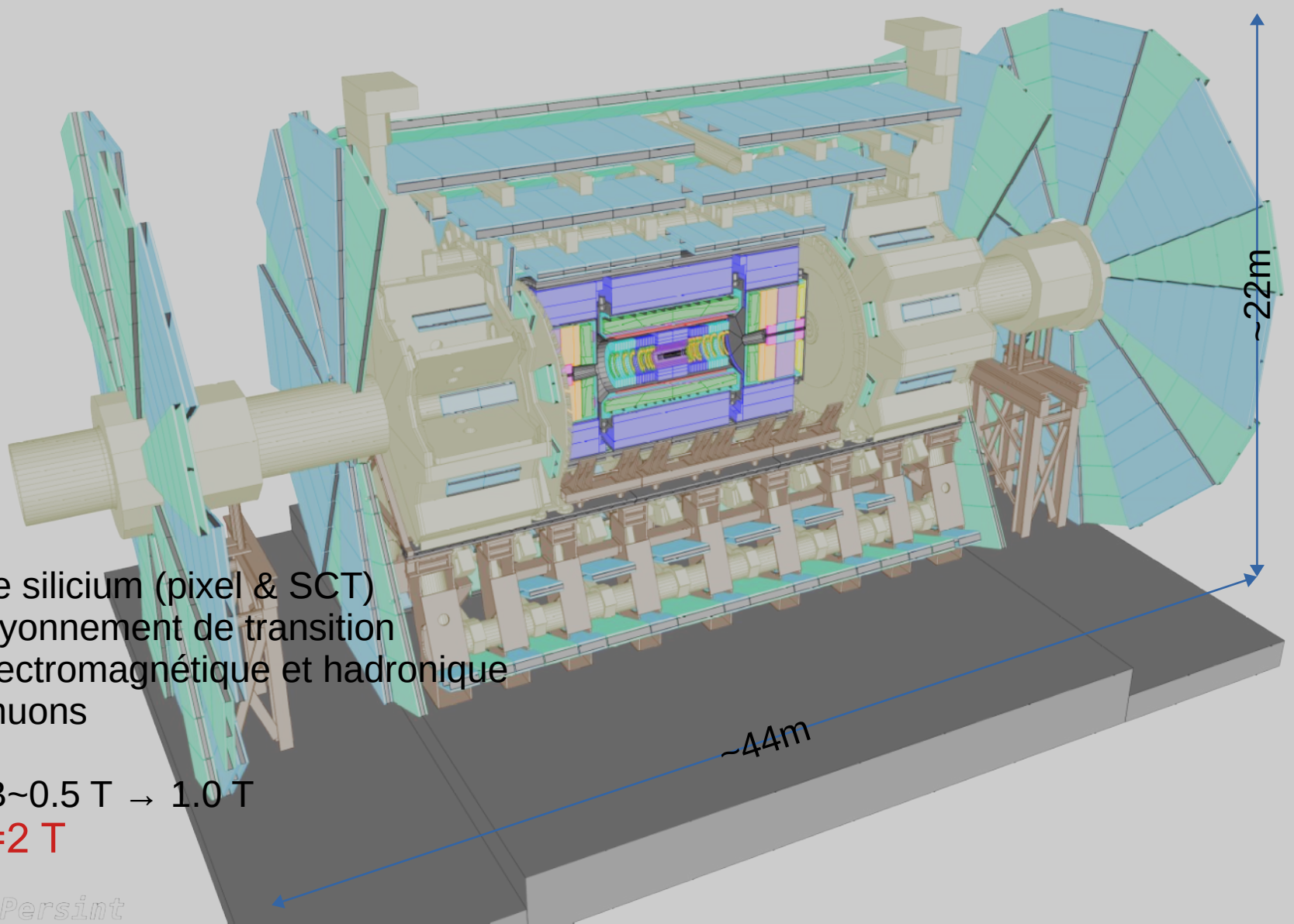
LHC PP: boom, 7, 8 et 14 TeV



20 vertex  $\sim 5\text{cm}$



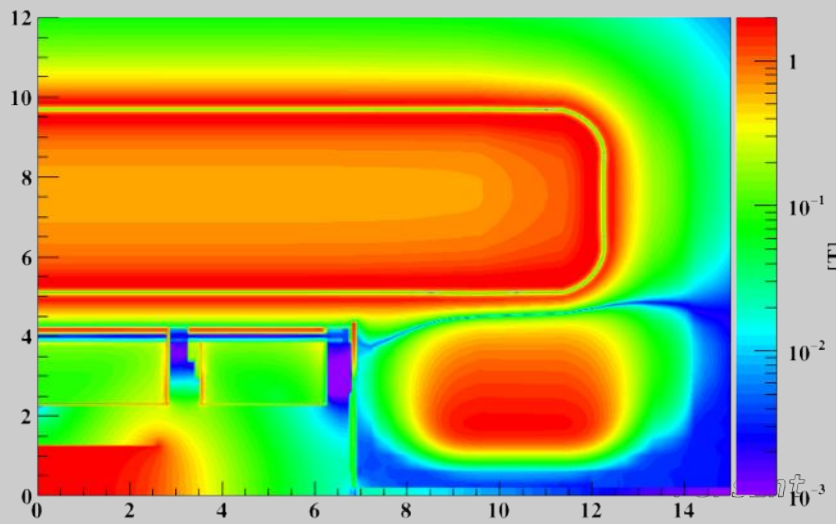
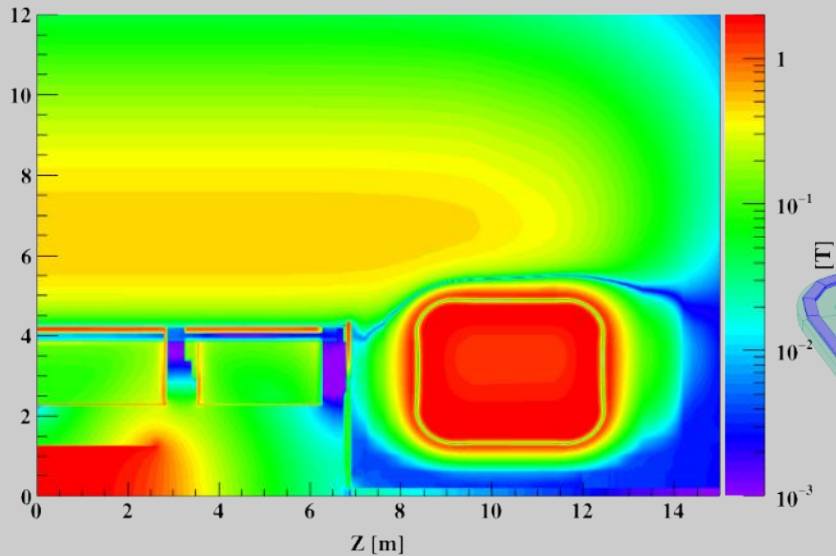
# ATLAS



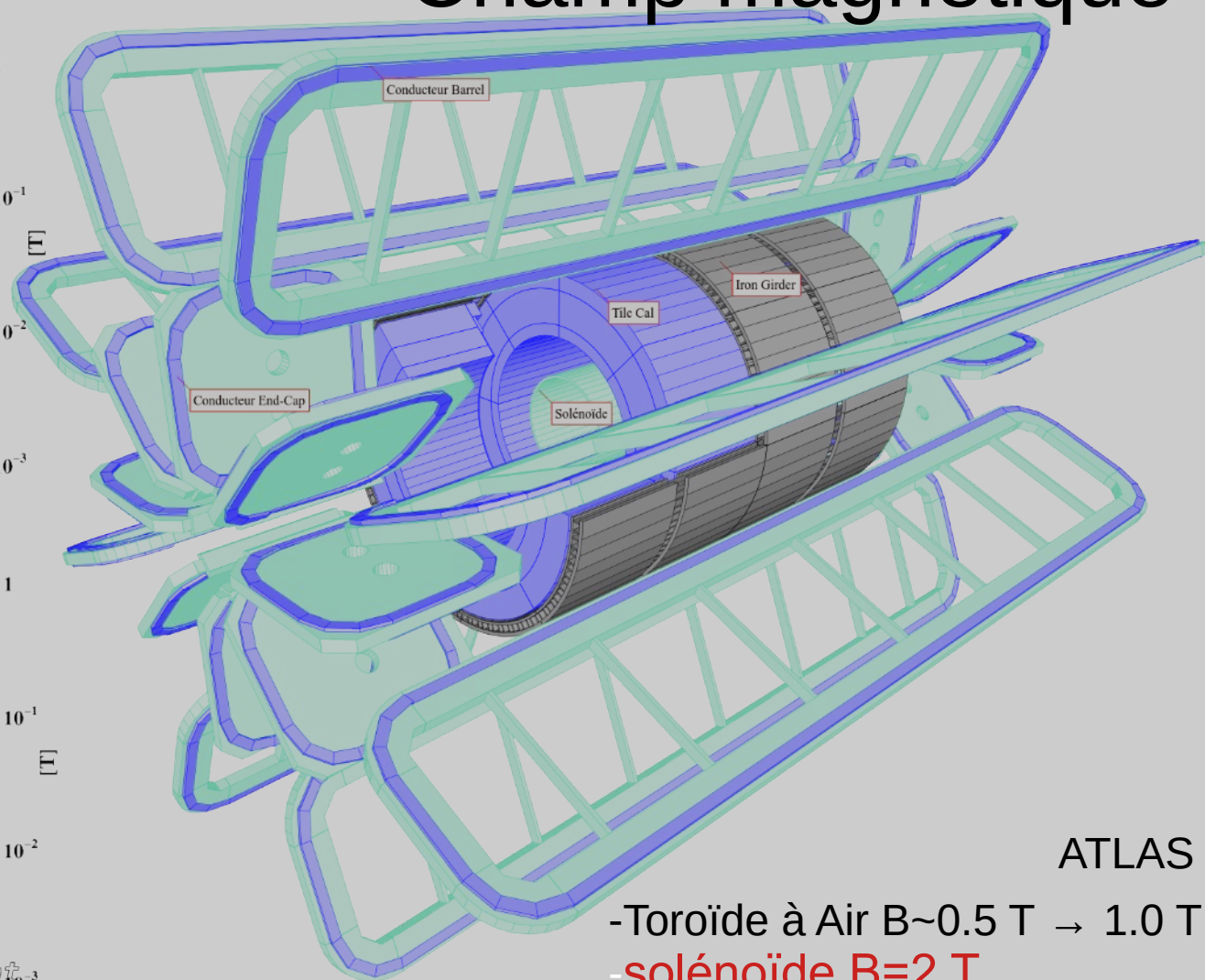
- Trajectographe silicium (pixel & SCT)
- Décteur à rayonnement de transition
- Calorimètre électromagnétique et hadronique
- Chambres à muons

- Toroïde à Air  $B \sim 0.5 \text{ T} \rightarrow 1.0 \text{ T}$
- solénoïde  $B=2 \text{ T}$

# ATLAS

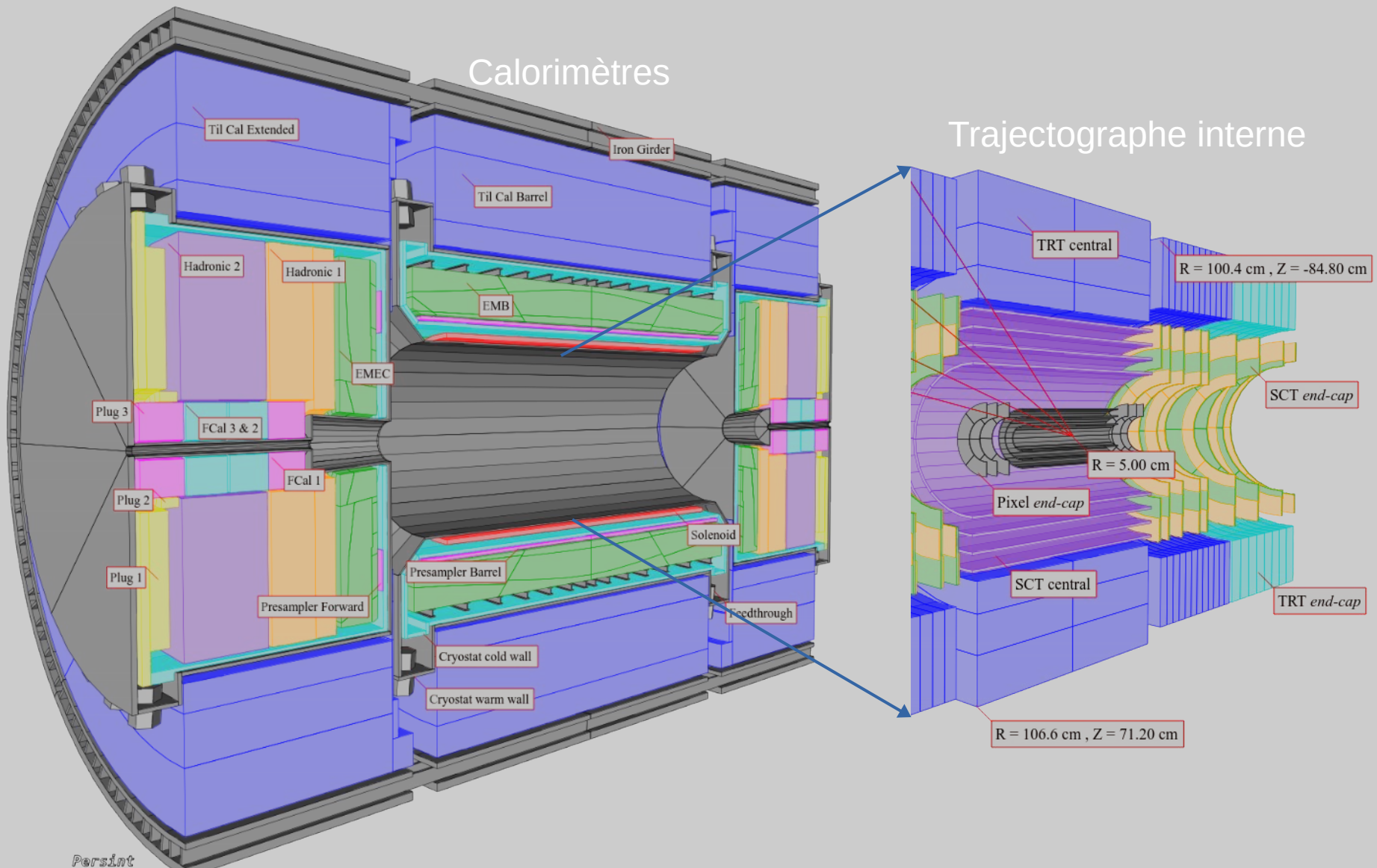


# Champ magnétique

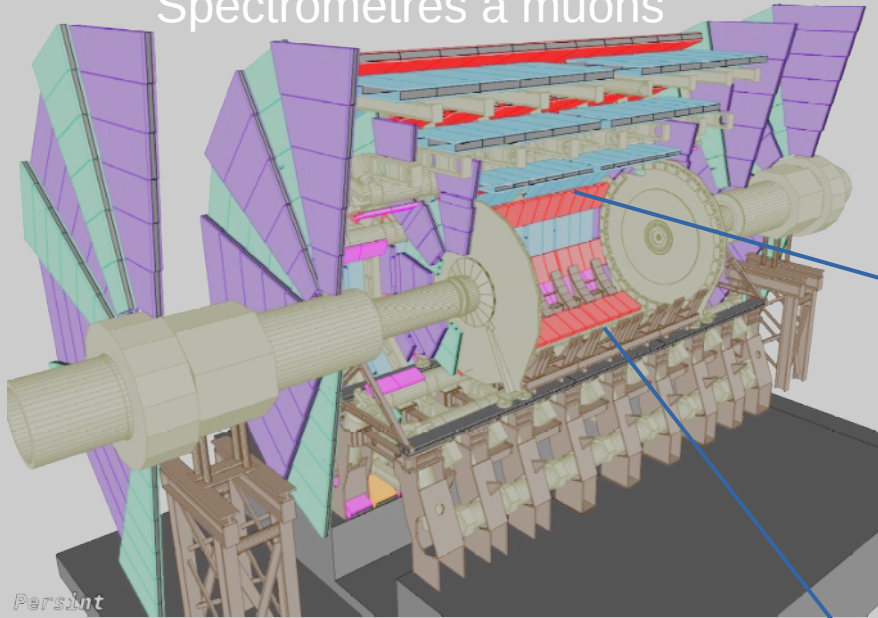


ATLAS

-Toroïde à Air  $B \sim 0.5 \text{ T} \rightarrow 1.0 \text{ T}$   
-solénoïde  $B = 2 \text{ T}$

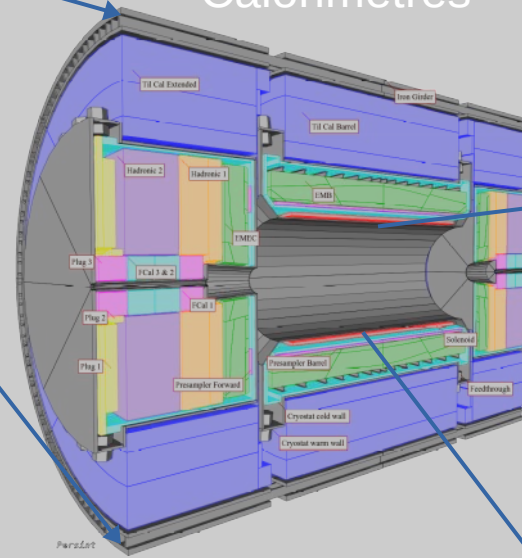


# Spectromètres à muons



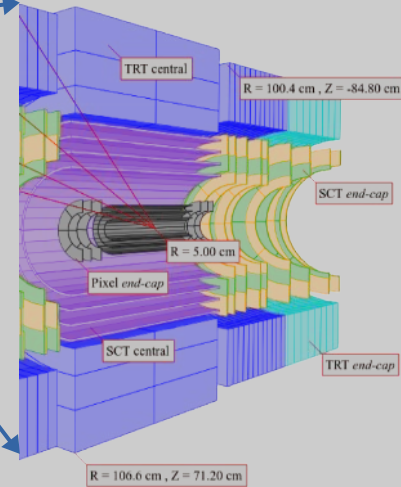
ParsInt

# Calorimètres

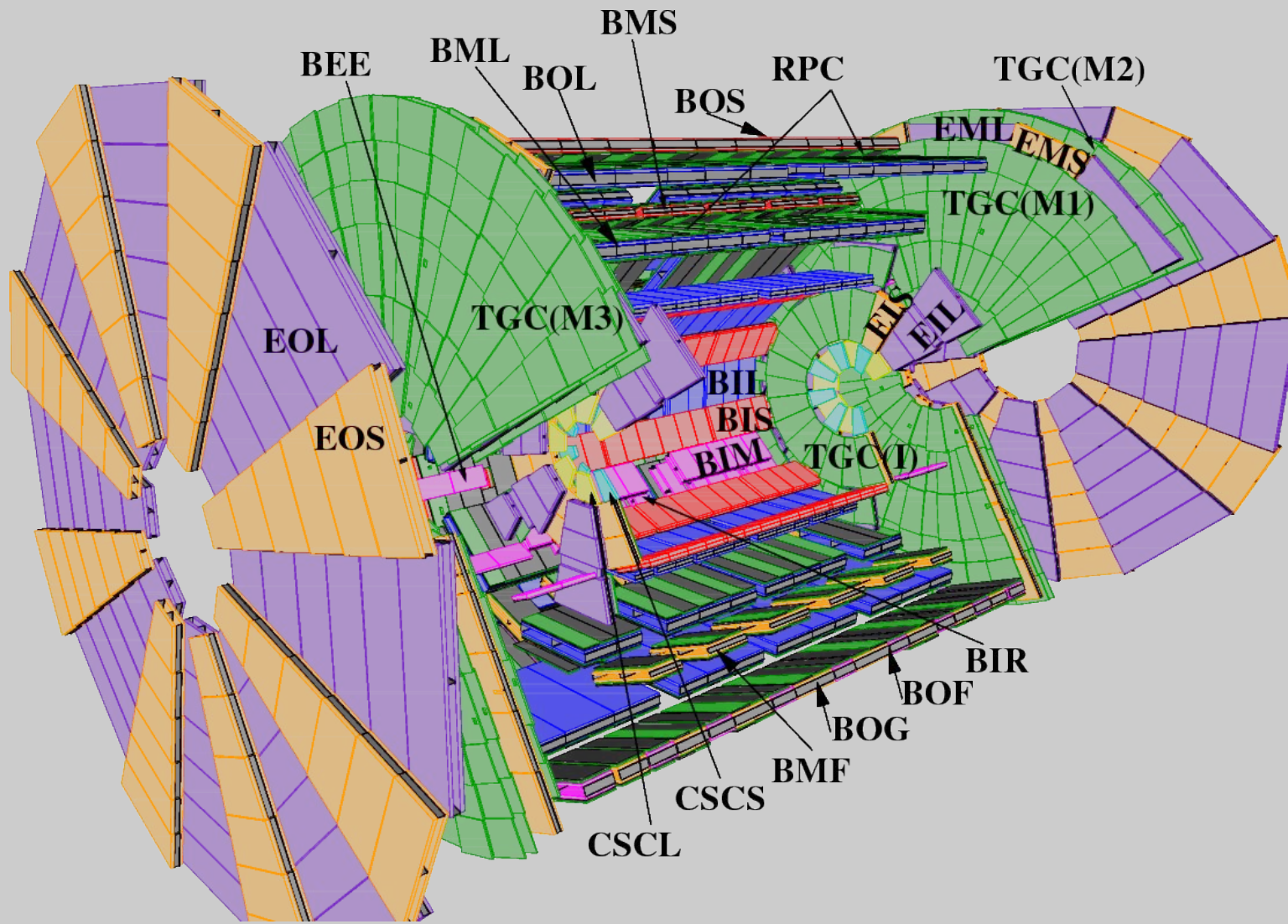


ParsInt

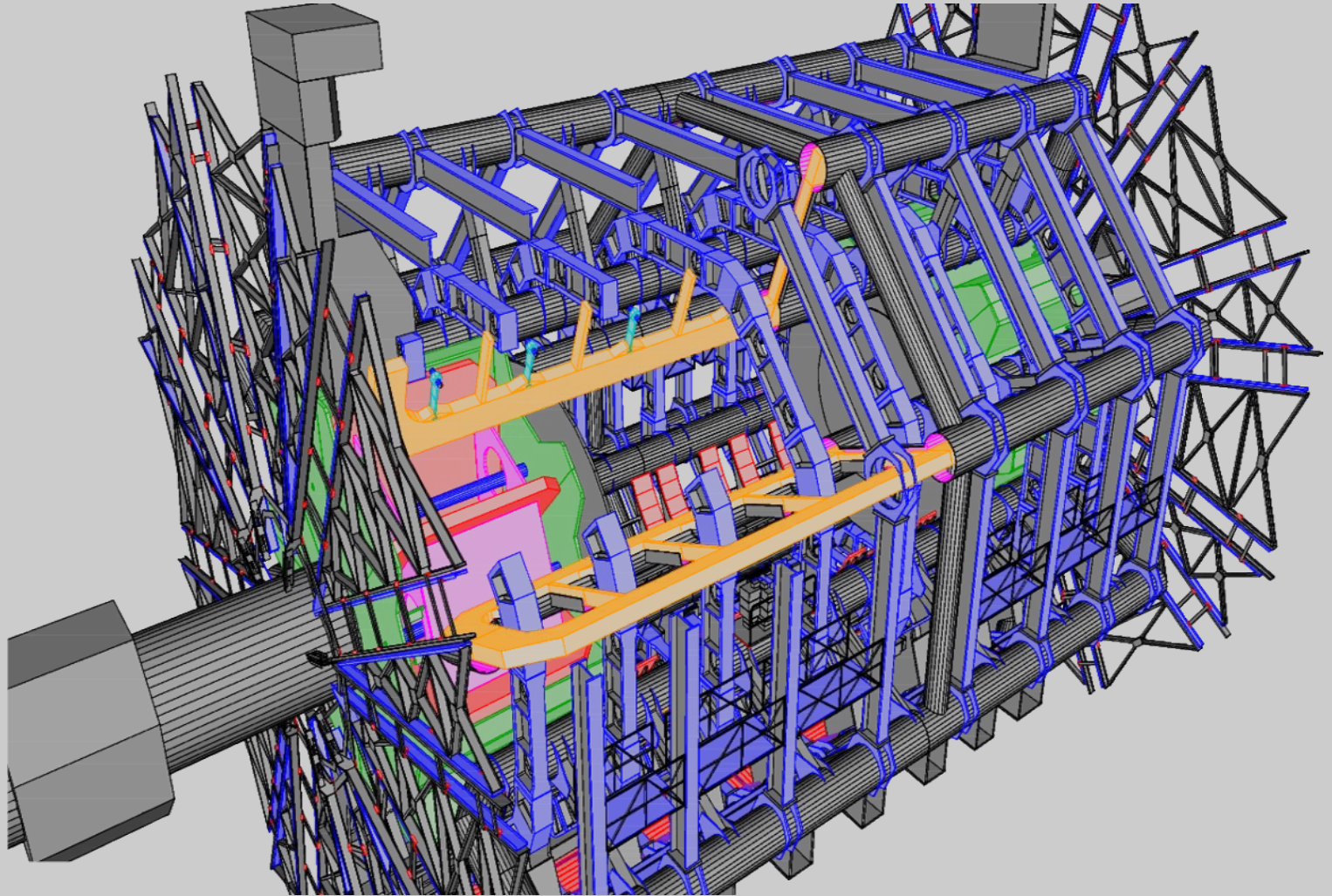
# Trajectographe interne



$R = 106.6 \text{ cm}$ ,  $Z = 71.20 \text{ cm}$

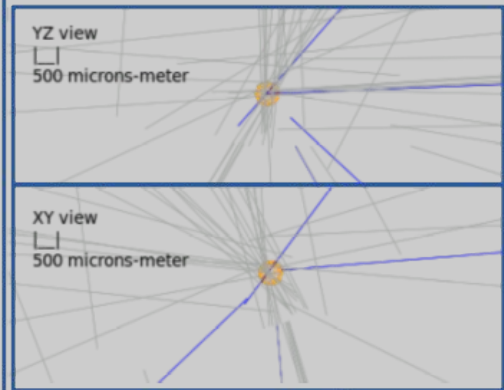
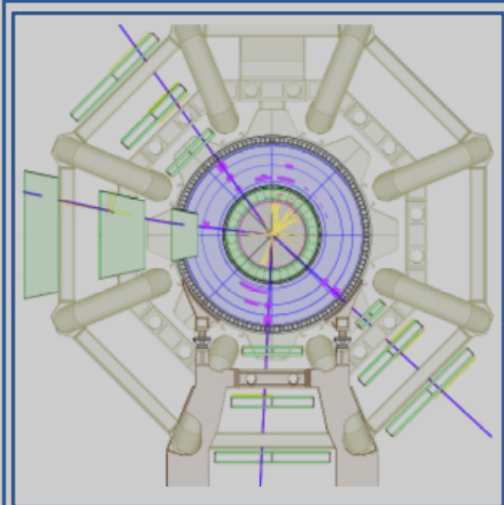




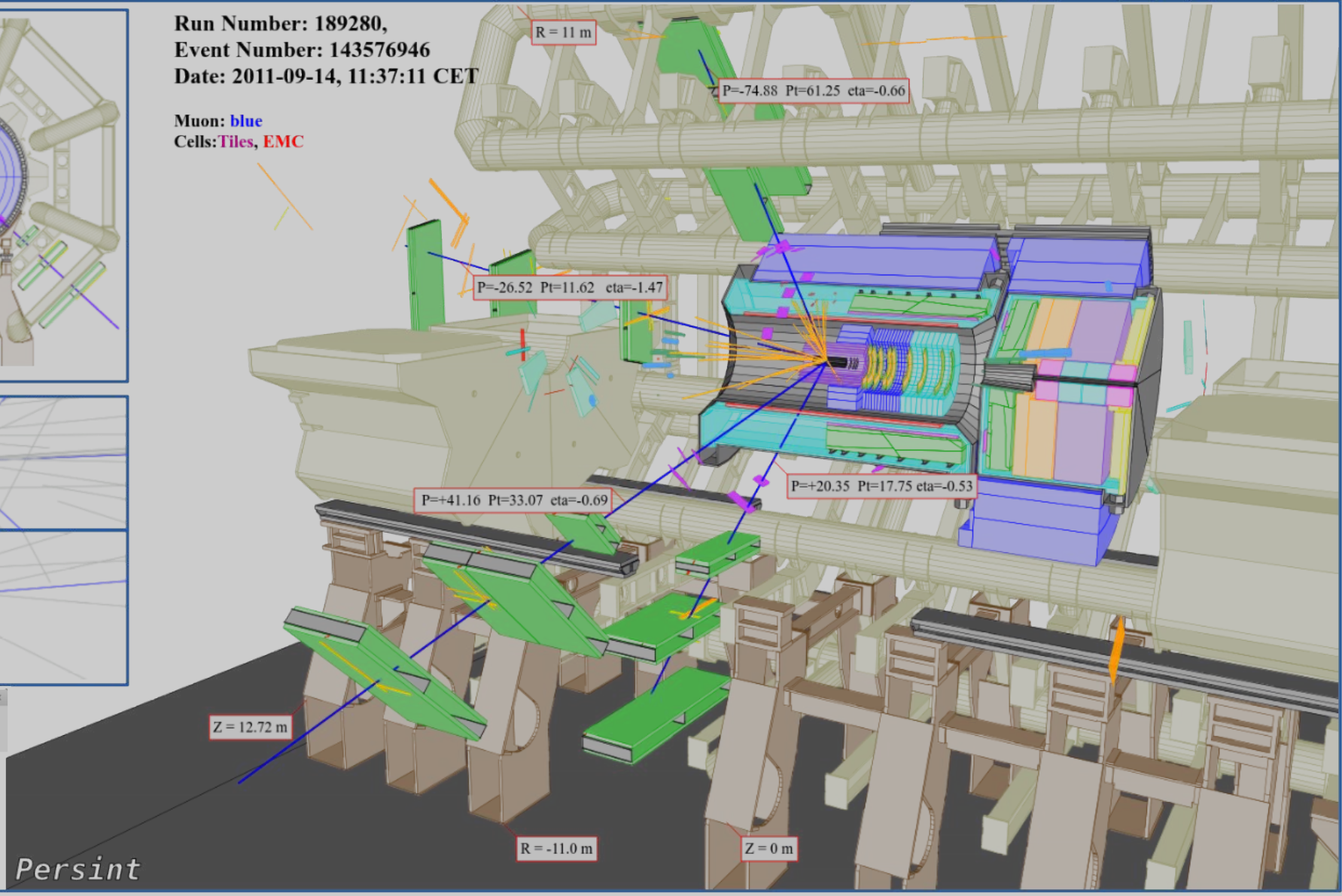


Run Number: 189280,  
Event Number: 143576946  
Date: 2011-09-14, 11:37:11 CET

Muon: blue  
Cells: Tiles, EMC



Invariant mass  
Invariant mass of tracks 155, 153, 156, 154:  
124.6 GeV/c<sup>2</sup>



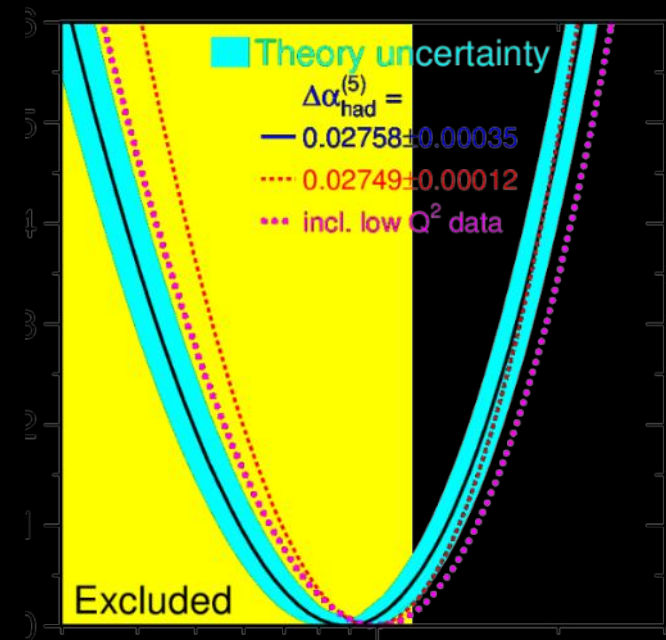
Observation des premiers bosons de Higgs 2012 ( $5 \text{ fb}^{-1}$ )

$$m_{4l} = 126.0 \pm 0.5 \text{ GeV}/c^2$$

$$m_{\gamma\gamma} = 124.5 \pm 0.5 \text{ GeV}/c^2$$

Remarque : prédiction 2006

$$\text{LEP2} \rightarrow m_H \sim 100 \pm 25 \text{ GeV}/c^2$$



Spécial  
Festival d'Avignon

La 66<sup>e</sup> fête du théâtre  
démarré le 7 juillet  
Supplément

# Le Monde

Le Monde  
des livres

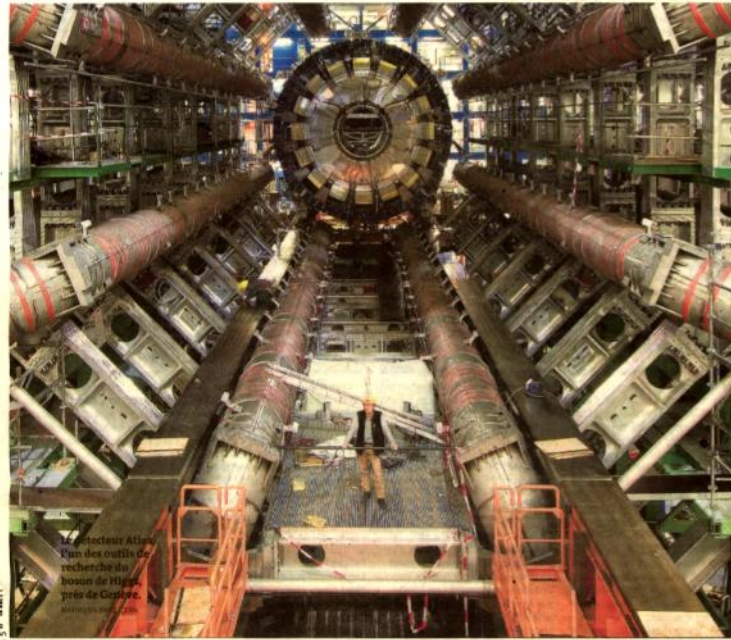
Les coups de cœur  
de la rédaction  
Supplément

Jeudi 5 juillet 2012 - 68<sup>e</sup> année - N°20981 - 1,60 € - France métropolitaine - www.lemonde.fr

Fondateur : Hubert Beuve-Méry - Directeur : Erik Izrael

## Science : la matière dévoilée

- Le boson de Higgs, particule manquante pour expliquer l'Univers, vient d'être découvert
- Les physiciens du CERN de Genève ont prouvé son existence à 99,9999 %



Le détecteur ATLAS  
l'un des outils de  
recherche du  
boson de Higgs  
près de Genève.

C'est dans cette cathédrale souterraine de béton et d'acier, le LHC (Large Hadron Collider), situé près de Genève, que les physiciens ont trouvé leur graal, la seule particule élémentaire à n'avoir jamais été observée, celle qui valide la théorie scientifique sur la constitu-

tion de la matière, celle que les savants cherchent depuis 1964, le boson de Higgs. Mercredi 4 juillet, les chercheurs du CERN ont annoncé devant 400 physiciens survoltés – et l'Écossais Peter Higgs lui-même – avoir trouvé le fameux boson avec une certitude de 99,9999 %.

Il aura fallu 4 milliards d'euros d'investissements et des années d'observation de particules lancées à milliard de km/h dans un anneau géant enterré entre France et Suisse pour parvenir à écrire cette nouvelle page de l'histoire des sciences. ■ Pages 2-3

150 EURO, PREMIÈRE ÉDITION N°9688

JEUDI 5 JUILLET 2012

WWW.LIBERATION.FR

# Libération



## Physique des particules

# La masse est dite

Le Cern a réussi à mettre en évidence le boson de Higgs qui résout une énigme fondamentale et ouvre une nouvelle étape scientifique. PAGES 2-5



# Détecteurs ATLAS

## ATLAS

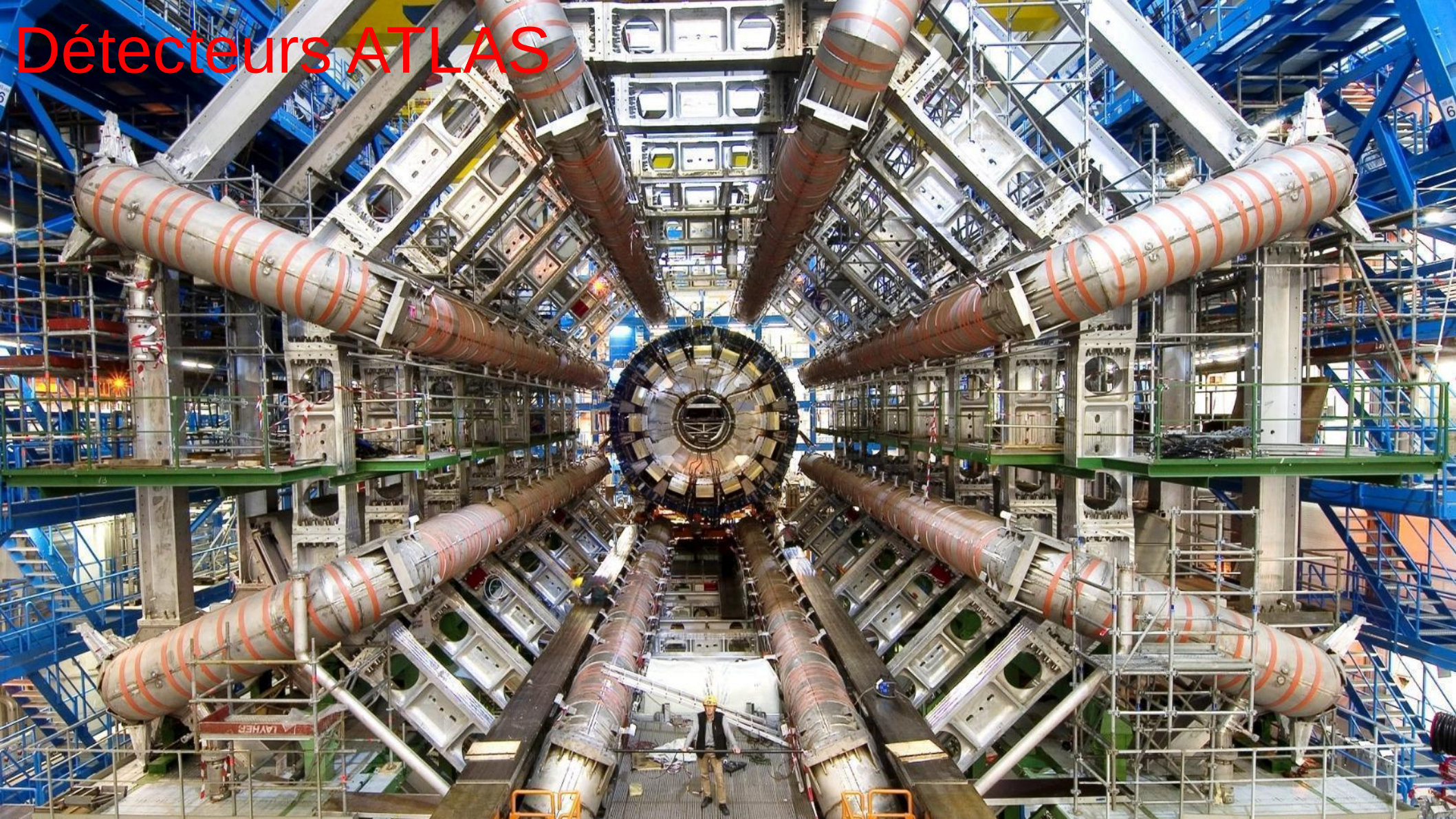
conception 1990

simulation complète du détecteur avec GEANT 3 et 4  
trajectographie R ~2m  
solénoïde 2 T et Toroïde

*Run I* 2009-2012

temps entre collision 25 ns  
environ 3000 signataires

# Détecteurs ATLAS



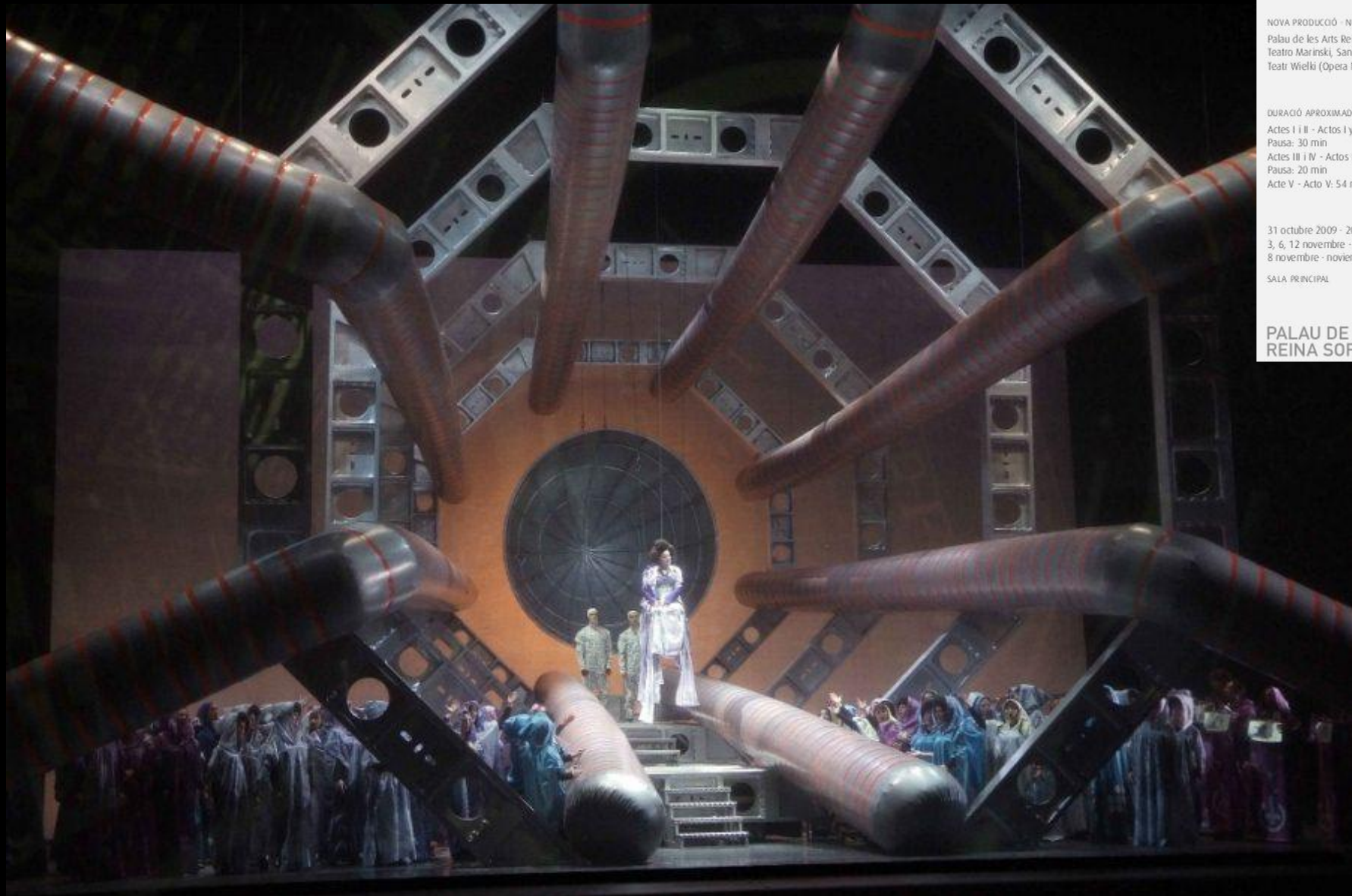
NOVA PRODUCCIÓ · NUEVA PRODUCCIÓN  
Palau de les Arts Reina Sofia  
Teatro Mariinski, San Petersburgo  
Teatr Wielki (Opera Narodowa), Varsovia

DURACIÓ APROXIMADA · DURACIÓN APROXIMADA  
Actes I i II - Actos I y II: 1 h 21 min  
Pausa: 30 min  
Actes III i IV - Actos III y IV: 1 h 42 min  
Pausa: 20 min  
Acte V - Acto V: 54 min

31 octubre 2009 - 20.00 h  
3, 6, 12 novembre · noviembre 2009 - 20.00 h  
8 novembre · noviembre 2009 - 19.00 h

SALA PRINCIPAL

**PALAU DE LES ARTS  
REINA SOFÍA** Temporada 2009-2010



# Détecteurs D0 vs ATLAS

Accélérateurs → LHC vs TeVatron

chaud / froid

1.8 TeV / 14 TeV

LHC( 1,9 K soit 271.3°C,  $10^{-13}$  atm,  $10^9$  collisions par seconde)

champ magnétique \* 10

intensité des faisceaux  $10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  /  $2 \cdot 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Détecteurs ~10 ans d'écart

D0 : pas de solénoïde

→ pas de séparation de charge

→ pas de mesure d'impulsion !!!

ATLAS :

avancées énormes en électronique, informatique, détection

ATLAS et CMS au CERN

ont profité des avancées des précédents détecteurs Delphi, Aleph, L3 et opal



# Détecteurs D0 vs ATLAS

Accélérateurs → LHC vs TeVatron

chaud / froid

1.8 TeV / 14 TeV

LHC( 1,9 K soit 271.3°C,  $10^{-13}$  atm,  $10^9$  collisions par seconde)

champ magnétique \* 10

intensité des faisceaux  $10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  /  $2 \cdot 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Détecteurs ~10 ans d'écart

avancées énormes en électronique, informatique, détection

ATLAS et CMS au CERN

ont profité des avancées des précédents détecteurs Delphi, Aleph, L3 et opal