

0/ Introduction

1/ Détecter quoi $\leftrightarrow$ pourquoi

2/ Interaction particules matière

3/ Généralités sur les détecteurs

4/ Application sociétales

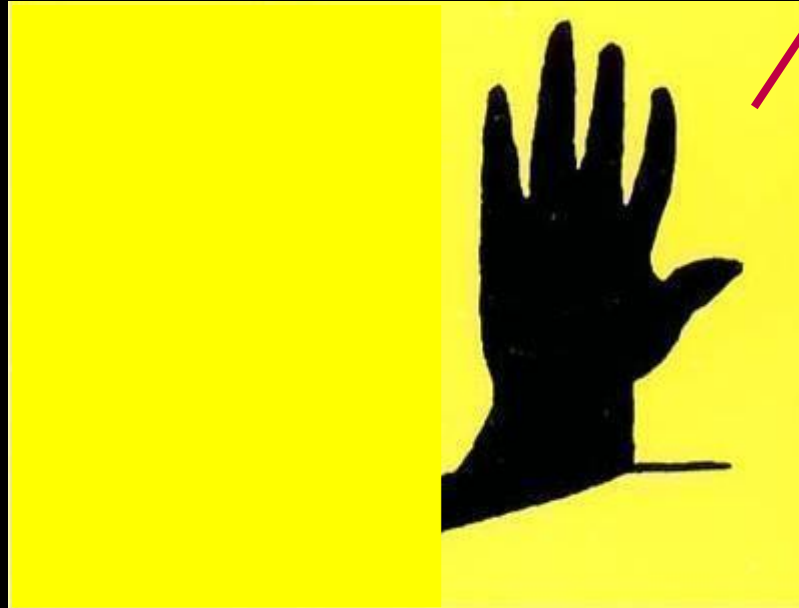
5/ Exemple avec D0/ATLAS (Fermilab/CERN)

Détecteur



Détecteur

Vous mesurez cela



laurent chevalier laurent chevalier

Détecteur

Vous mesurez cela



Mais la réalité est comme cela !!!

Détecteur

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

Détecteur

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

Mesures partielles et/ou destructives (pour parties)

- Spécifiques à certaines particules (sous-détecteurs)

Détecteur

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

Mesures partielles et/ou destructives (pour parties)

- Spécifiques à certaines particules (sous-détecteurs)

Séparation de charge : champ magnétique

- Mesure de l'impulsion pour les particules chargées
- +/- séparation / focalisation / nettoyage

Détecteur

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

Mesures partielles et/ou destructives (pour parties)

- Spécifiques à certaines particules (sous-détecteurs)

Séparation de charge : champ magnétique

- Mesure de l'impulsion pour les particules chargées
- +/- séparation / focalisation / nettoyage

Herméticité

- $W \rightarrow \mu \nu : \nu$ (neutrino), contrôle énergie manquante (E_{miss})
- Moins vrai pour SK (mesure spécifique aux neutrinos)

laurent chevalier laurent chevalier

Détecteur

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

Mesures partielles et/ou destructives (pour parties)

- Spécifiques à certaines particules (sous-détecteurs)

Séparation de charge : **champ magnétique**

- Mesure de l'impulsion pour les particules chargées
- +/- séparation / focalisation / nettoyage

Herméticité

- $W \rightarrow \mu \nu : \nu$ (neutrino), contrôle énergie manquante (E_{miss})
- Moins vrai pour SK (mesure spécifique aux neutrinos)

laurent chevalier laurent chevalier

- $\mathbf{F} = q * \mathbf{v} \wedge \mathbf{B} = q * \mathbf{P} \wedge \mathbf{B} / (m\gamma)$
 - $|P| \sim 0.3 * B * R$
 - P en GeV, B en Tesla, R en mètre
 - Intégrale de champ
 - $\rightarrow \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$ $\rightarrow$ défini le système magnétique
 - $\rightarrow \int \mathbf{B} \cdot \mathbf{l} \cdot d\mathbf{l}$ $\rightarrow$ défini la résolution en impulsion du détecteur

Détecteur

Solénoïdal

- Constant sur une grande partie de son volume
 - trajectographie « simplifiée »
- pp(bar): ok Plan transverse ($R\phi$) (E beam mal connu!)
- impulsion donnée : courbure diminue qd rapproche de l'axe
- « Nettoyage » des traces chargées de faible impulsion

Magnetic field	OFF	ON
All Tracks	4.9 M	2.7 M
SCT Tracks	1.2 M	880 k
Pixel Tracks	230 k	190 k

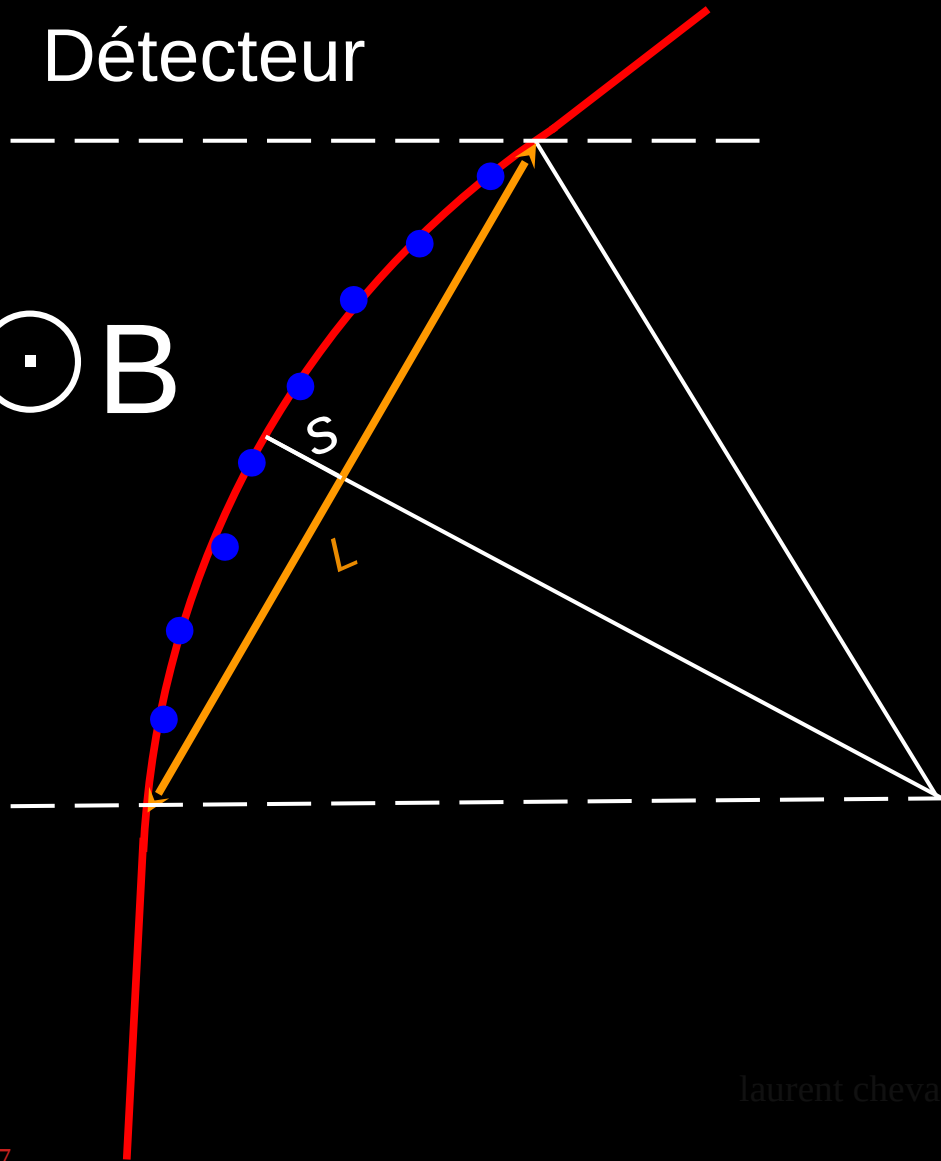
ATLAS track statistics since Sep 2008

Toroidal

- Champ moins homogène
- Volume potentiel plus grand
- Intégral de champ +/- constant vers l'avant

Détecteur

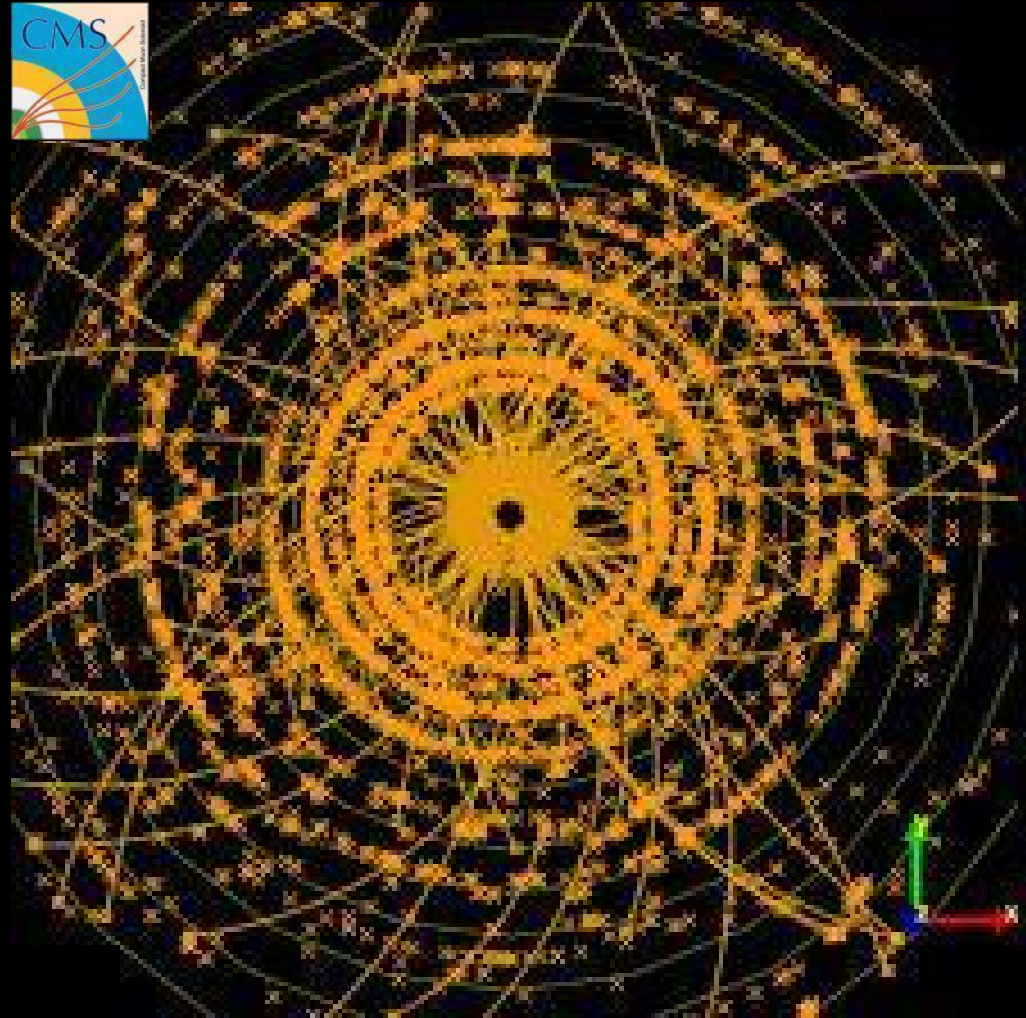
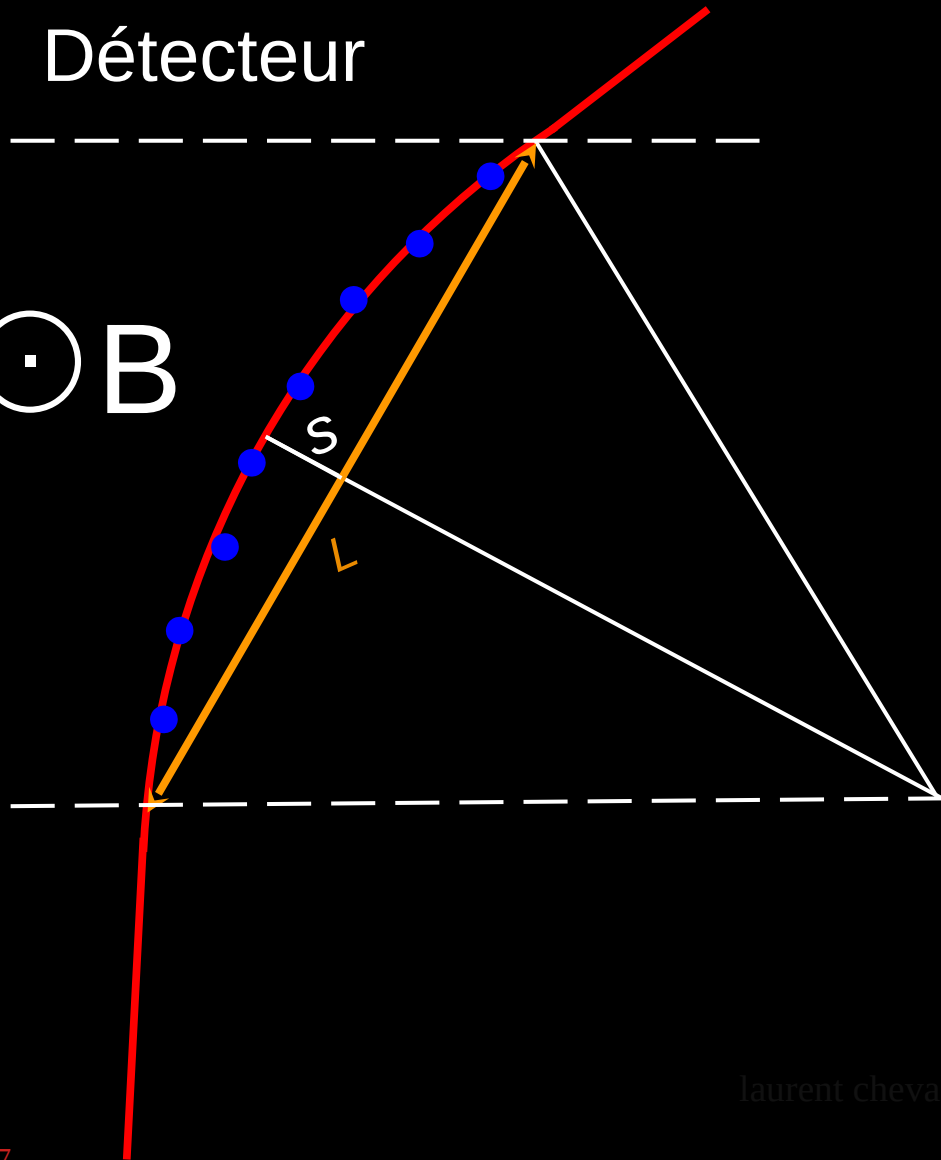
⊙ B



laurent chevalier laurent chevalier

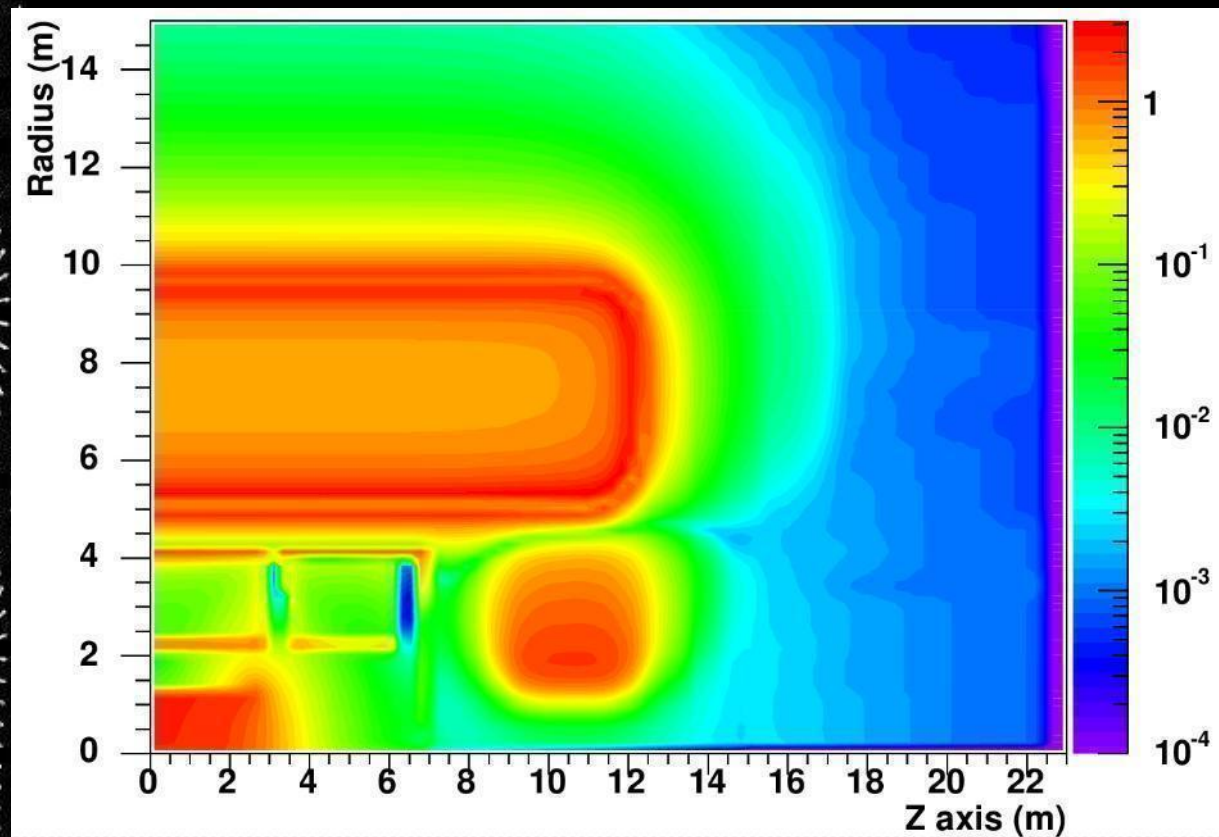
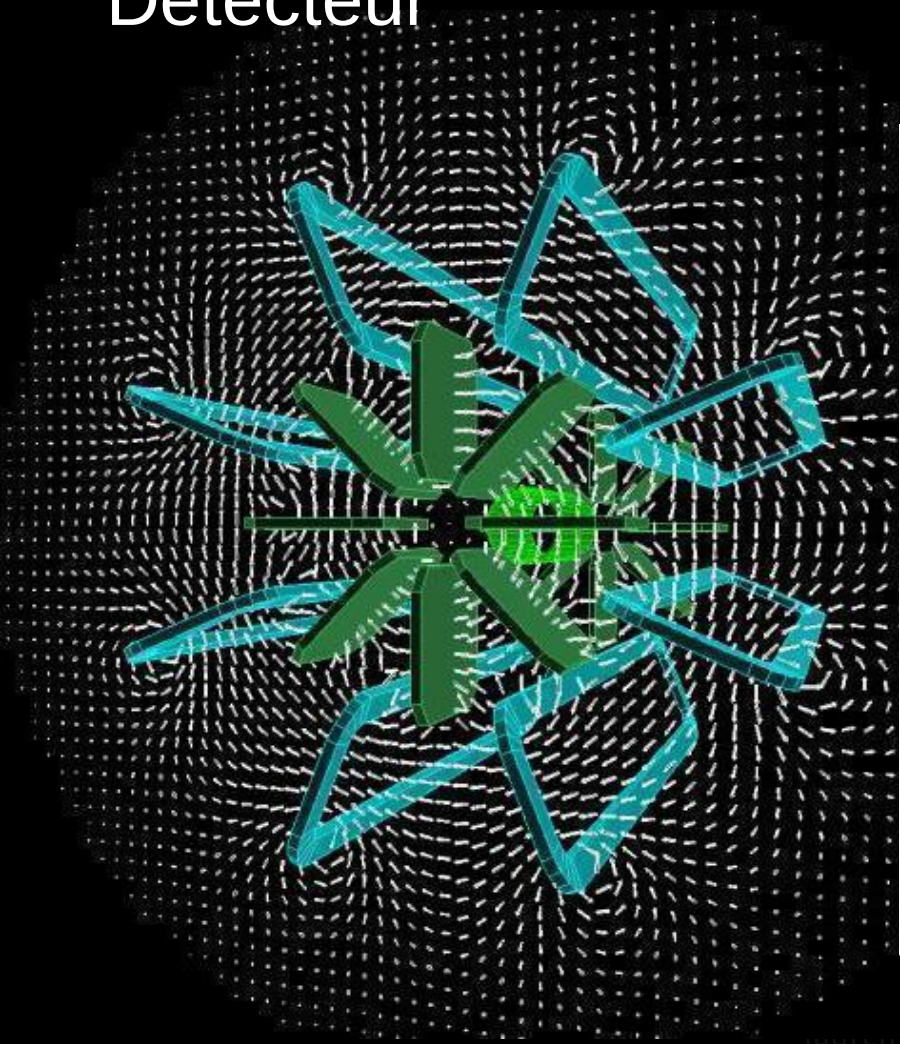
Détecteur

⊙ B



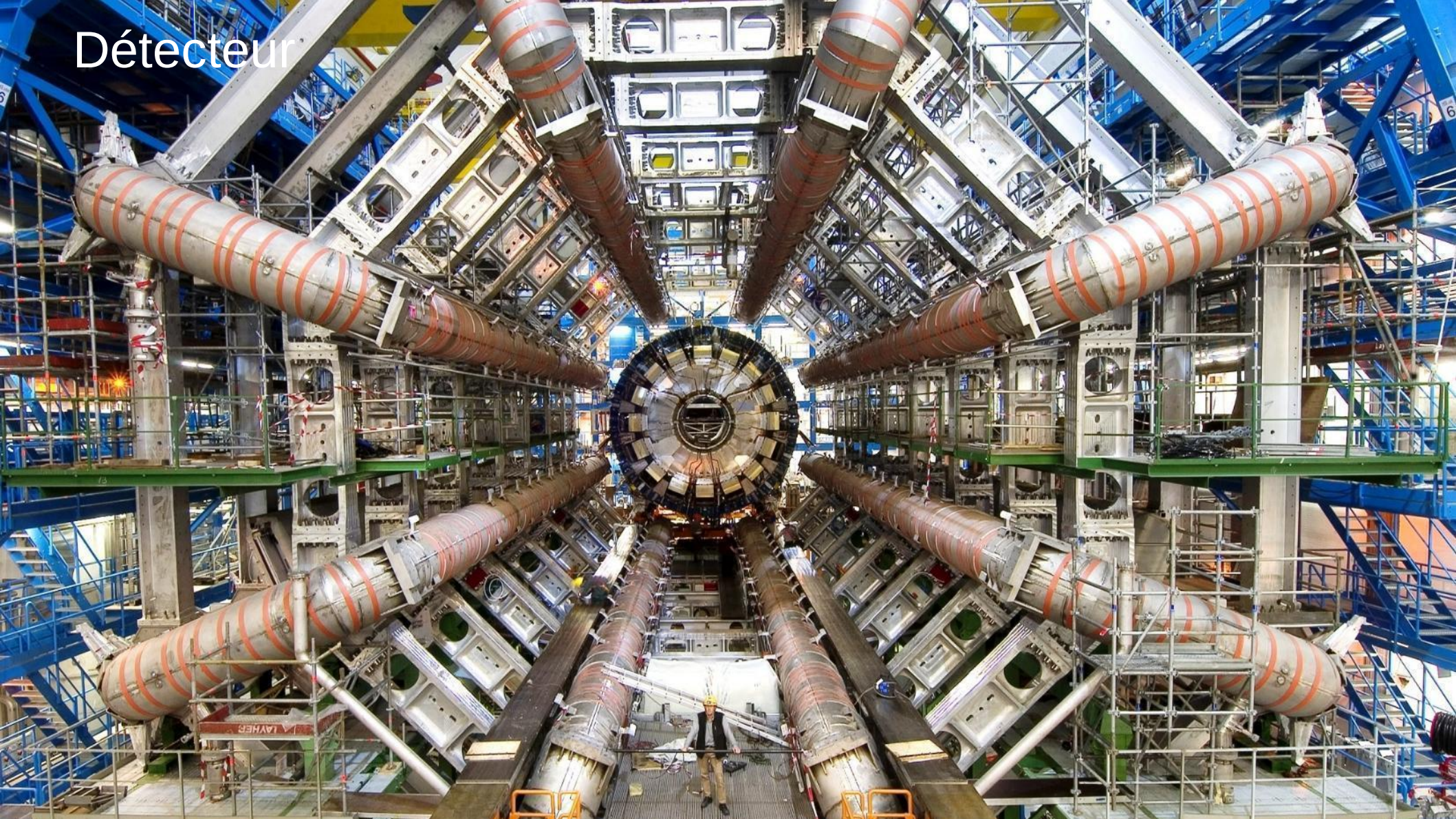
laurent chevalier laurent chevalier

Détecteur

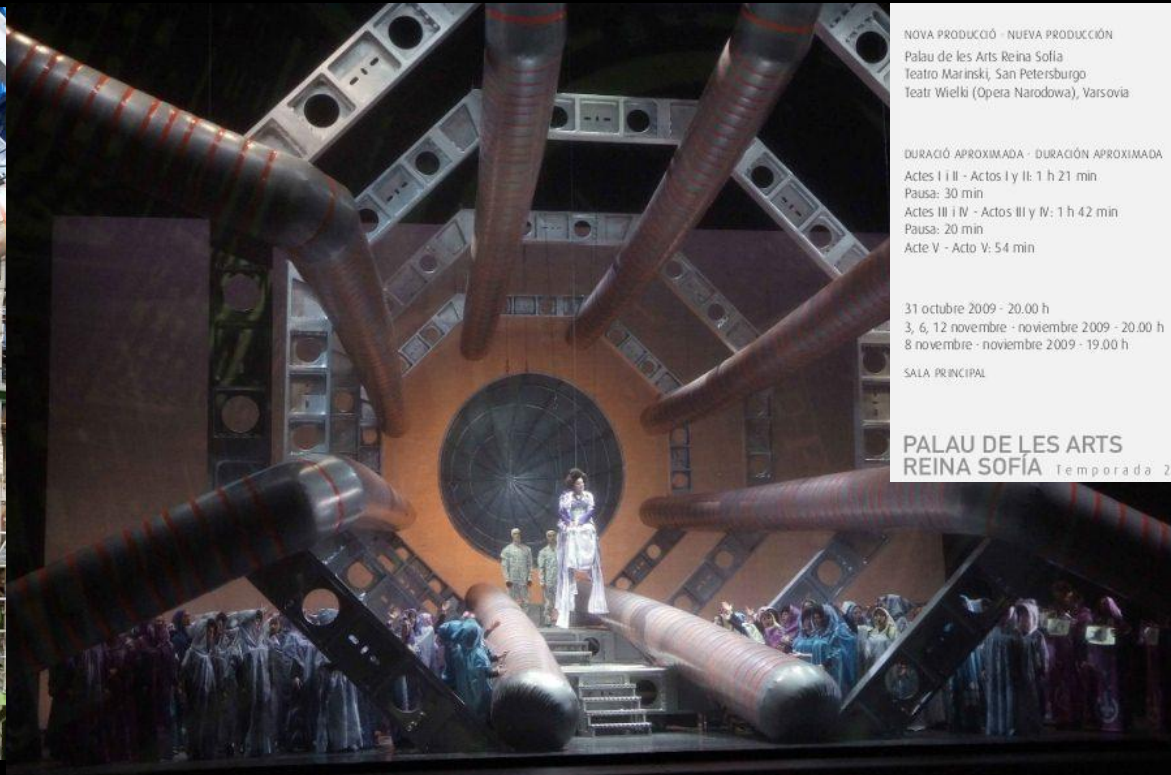
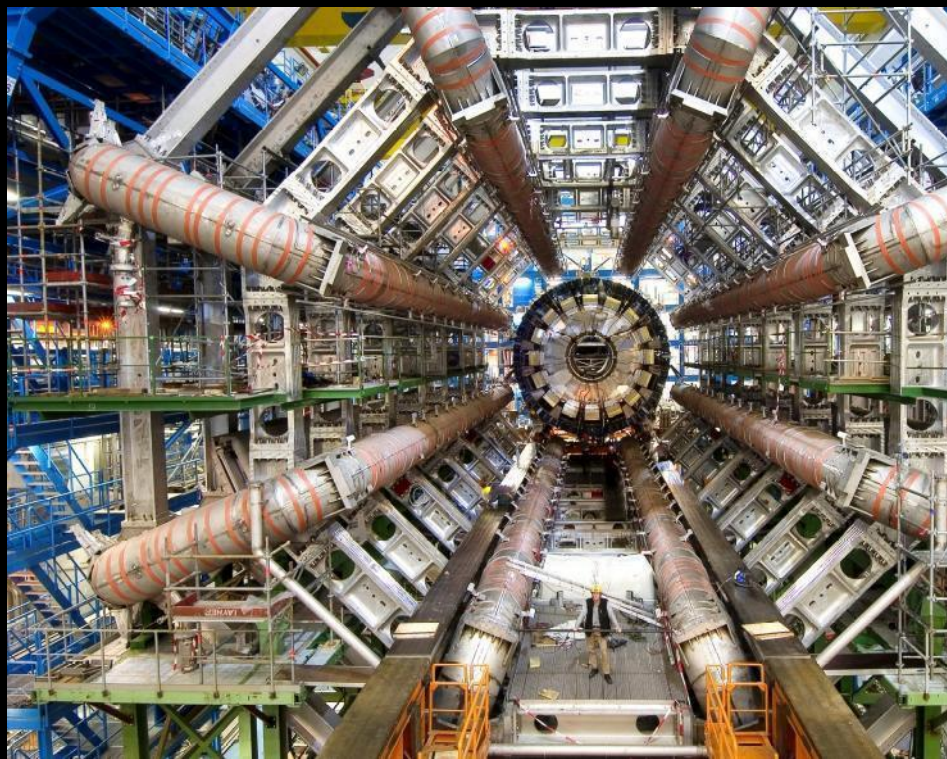


laurent chevalier laurent chevalier

Détecteur



Détecteur



NOVA PRODUCCIÓN - NUEVA PRODUCCIÓN
Palau de les Arts Reina Sofia
Teatro Marinski, 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 - novembre 2009 - 20.00 h
8 novembre - noviembre 2009 - 19.00 h
SALA PRINCIPAL

PALAU DE LES ARTS
REINA SOFIA Temporada 2

laurent chevalier laurent chevalier

Détecteur

Paramètres significatifs (?) pour la détection

- Interactions particules-matière

Détecteur

Longueur de Radiation

- X_0 = Longueur caractéristique des pertes par radiation
 - Atténuation l'énergie par radiation : $\exp(-x/X_0)$
 - Longueur sur la quelle un électron perd 1/e de son énergie par bremsstrahlung

Longueur d'interaction

- λ = Longueur caractéristique d'interaction nucléaire
- Libre parcours moyen d'un hadron entre 2 Interactions nucléaires

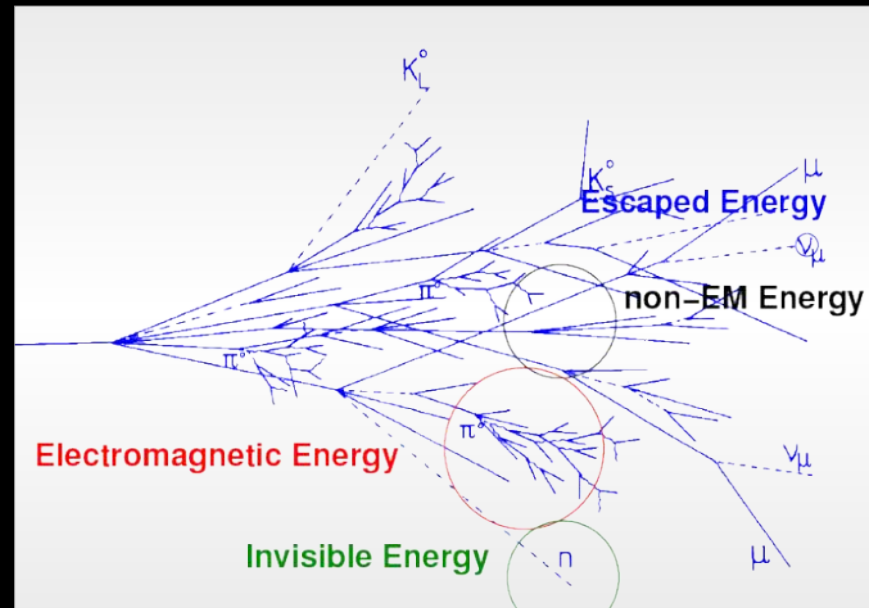
Détecteur

Longueur de Radiation $\rightarrow$ transparence

Materiel	X_0 [cm]
Be	35.3
Carbon-fibre	~ 25
Si	9.4
Al	8.9
Fe	1.8
PbWO ₄	0.9
Pb	0.6

Longueur d'interaction $\rightarrow$ absorption

Materiel	λ [cm]
Si	45.5
Fe	16.8
Pb	17.1



6. ATOMIC AND NUCLEAR PROPERTIES OF MATERIALS

Table 6.1. Revised May 2002 by D.E. Groom (LBNL). Gases are evaluated at 20°C and 1 atm (in parentheses) or at STP [square brackets]. Densities and refractive indices without parentheses or brackets are for solids or liquids, or are for cryogenic liquids at the indicated boiling point (BP) at 1 atm. Refractive indices are evaluated at the sodium D line. Data for compounds and mixtures are from Refs. 1 and 2. Further materials and properties are given in Ref. 3 and at <http://pdg.lbl.gov/AtomicNuclearProperties>.

Material	Z	A	$\langle Z/A \rangle$	Nuclear a collision length λ_T {g/cm ² }	Nuclear a interaction length λ_I {g/cm ² }	$E/dx _{\min}^b$ $\left\{ \frac{\text{MeV}}{\text{g/cm}^2} \right\}$	Radiation length c X_0 {g/cm ² } {cm}		Density {g/cm ³ } ({g/ℓ} for gas)	Liquid boiling point at 1 atm(K)	Refractive index n (($n-1$)×10 ⁶ for gas)
H ₂ gas	1	1.00794	0.99212	43.3	50.8	(4.103)	61.28 ^d	(731000)	(0.0838)[0.0899]		[139.2]
H ₂ liquid	1	1.00794	0.99212	43.3	50.8	4.034	61.28 ^d	866	0.0708	20.39	1.112
D ₂	1	2.0140	0.49652	45.7	54.7	(2.052)	122.4	724	0.169[0.179]	23.65	1.128 [138]
He	2	4.002602	0.49968	49.9	65.1	(1.937)	94.32	756	0.1249[0.1786]	4.224	1.024 [34.9]
Li	3	6.941	0.43221	54.6	73.4	1.639	82.76	155	0.534		—
Be	4	9.012182	0.44384	55.8	75.2	1.594	65.19	35.28	1.848		—
C	6	12.011	0.49954	60.2	86.3	1.745	42.70	18.8	2.265 ^e		—
N ₂	7	14.00674	0.49976	61.4	87.8	(1.825)	37.99	47.1	0.8073[1.250]	77.36	1.205 [298]
O ₂	8	15.9994	0.50002	63.2	91.0	(1.801)	34.24	30.0	1.141[1.428]	90.18	1.22 [296]
F ₂	9	18.9984032	0.47372	65.5	95.3	(1.675)	32.93	21.85	1.507[1.696]	85.24	[195]
Ne	10	20.1797	0.49555	66.1	96.6	(1.724)	28.94	24.0	1.204[0.9005]	27.09	1.092 [67.1]
Al	13	26.981539	0.48181	70.6	106.4	1.615	24.01	8.9	2.70		—
Si	14	28.0855	0.49848	70.6	106.0	1.664	21.82	9.36	2.33		3.95
Ar	18	39.948	0.45059	76.4	117.2	(1.519)	19.55	14.0	1.396[1.782]	87.28	1.233 [283]
Ti	22	47.867	0.45948	79.9	124.9	1.476	16.17	3.56	4.54		—
Fe	26	55.845	0.46556	82.8	131.9	1.451	13.84	1.76	7.87		—
Cu	29	63.546	0.45636	85.6	134.9	1.403	12.86	1.43	8.96		—
Ge	32	72.61	0.44071	88.3	140.5	1.371	12.25	2.30	5.323		—
Sn	50	118.710	0.42120	100.2	163	1.264	8.82	1.21	7.31		—
Xe	54	131.29	0.41130	102.8	169	(1.255)	8.48	2.87	2.953[5.858]	165.1	[701]
W	74	183.84	0.40250	110.3	185	1.145	6.76	0.35	19.3		—
Pt	78	195.08	0.39984	113.3	189.7	1.129	6.54	0.305	21.45		—
Pb	82	207.2	0.39575	116.2	194	1.123	6.37	0.56	11.35		—
U	92	238.0289	0.38651	117.0	199	1.082	6.00	≈0.32	≈18.95		—

Trajectographie : détecteurs « Transparents »

- Mesure des particules chargées
 - mesure de la position du vertex (« peu » de perte d'énergie)
 - mesure de la trace et de l'impulsion (si champ magnétique)
 - identifier les particules :
 - dE/dx
 - rayonnement de transition
 - Cherenkov
 - temps de vol.

Calorimètres : détecteurs « massifs »

- Mesure des électrons, photons, hadrons
 - mesurer l'énergie des particules (+ id. du type)

Détecteur

Muons

- Identification des muons
 - Connexion avec le trajectographe : Alignement relatif des sous-détecteurs
 - Mesure de l'impulsion si champ magnétique

Remarque:

- Énergie manquante $\rightarrow \nu$
- Ou mauvaise estimation de l'herméticité

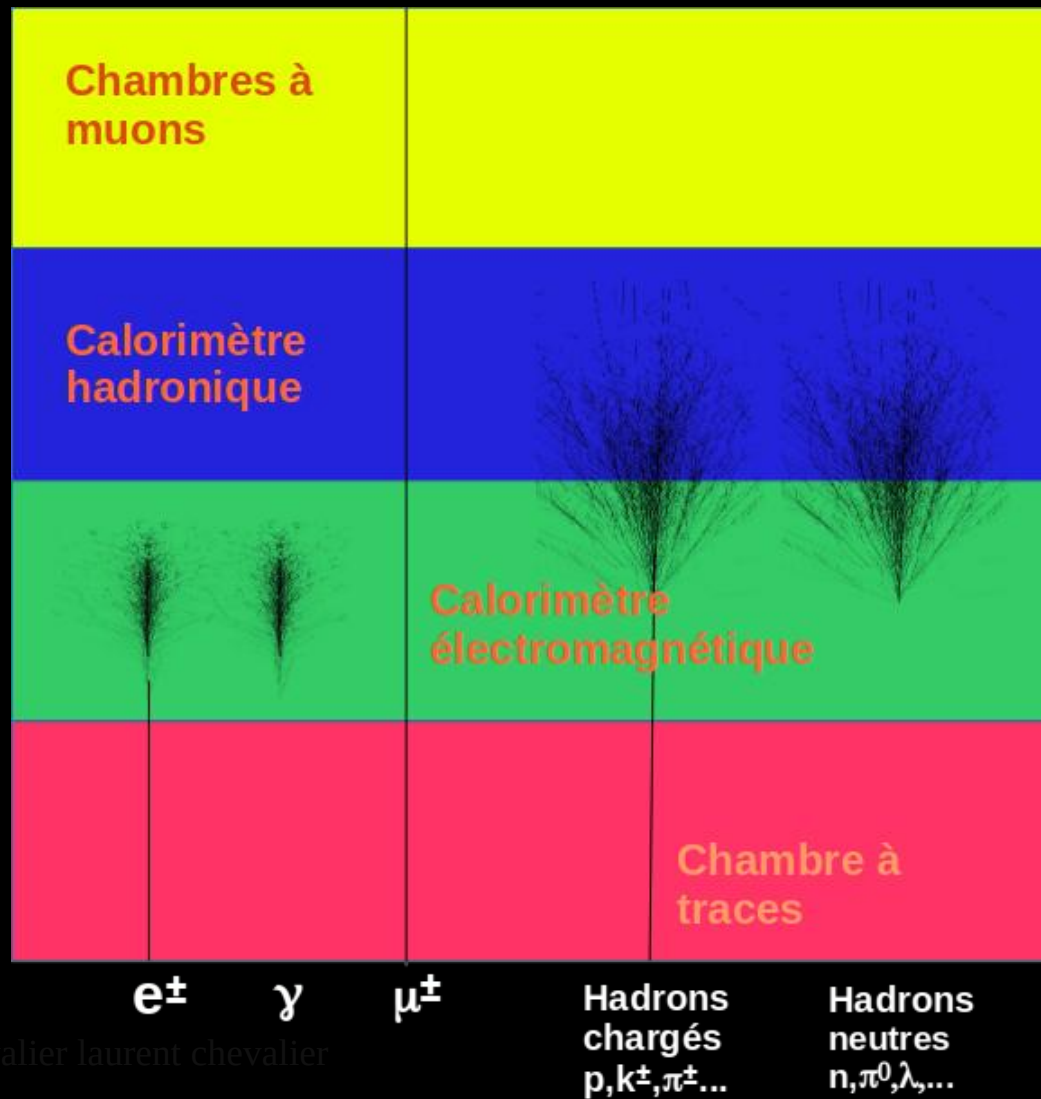
Détecteur

Réponse schématique

Gerbe :
électromagnétique
hadronique



Trace observée

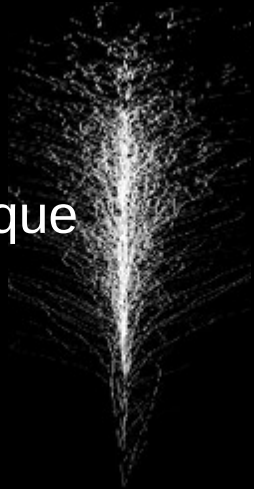


laurent chevalier laurent chevalier

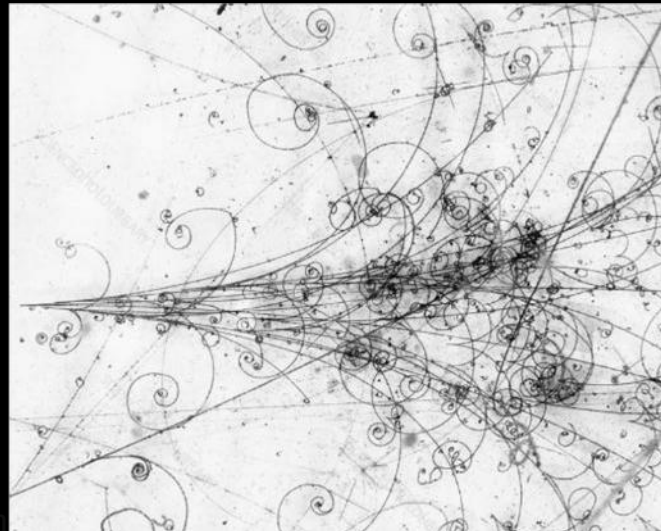
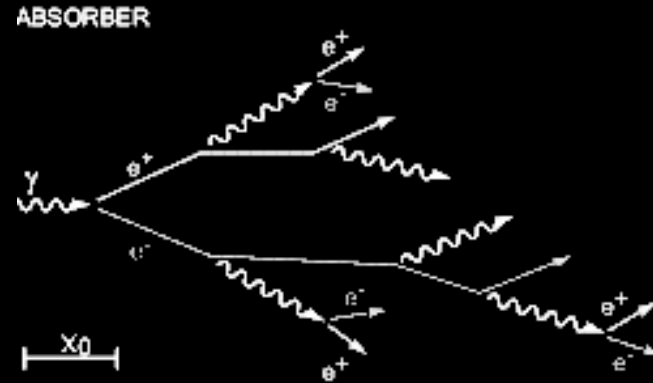
Détecteur

Réponse schématique

Gerbe :
électromagnétique
hadronique



Trace observée



laurent ch

Détecteur

Réponse schématique

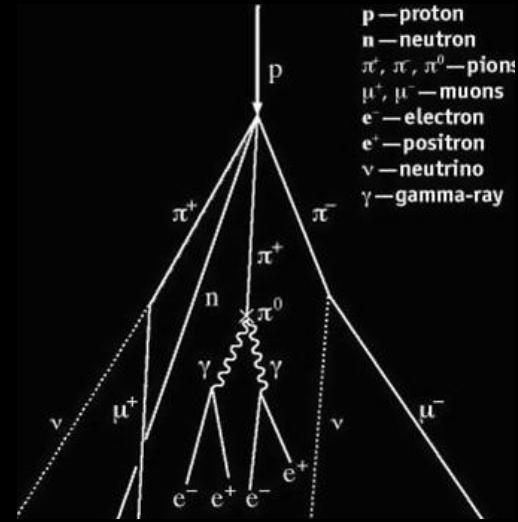
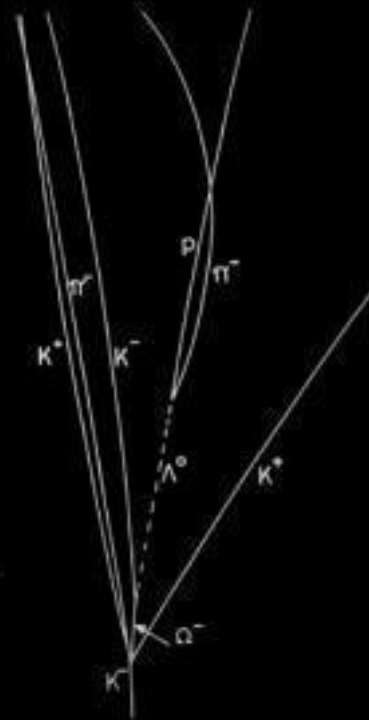
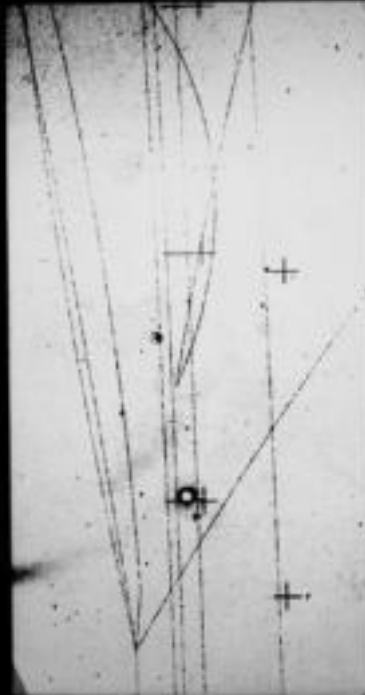
Gerbe :
électromagnétique
hadronique



Trace observée



AT 10 GeV/c

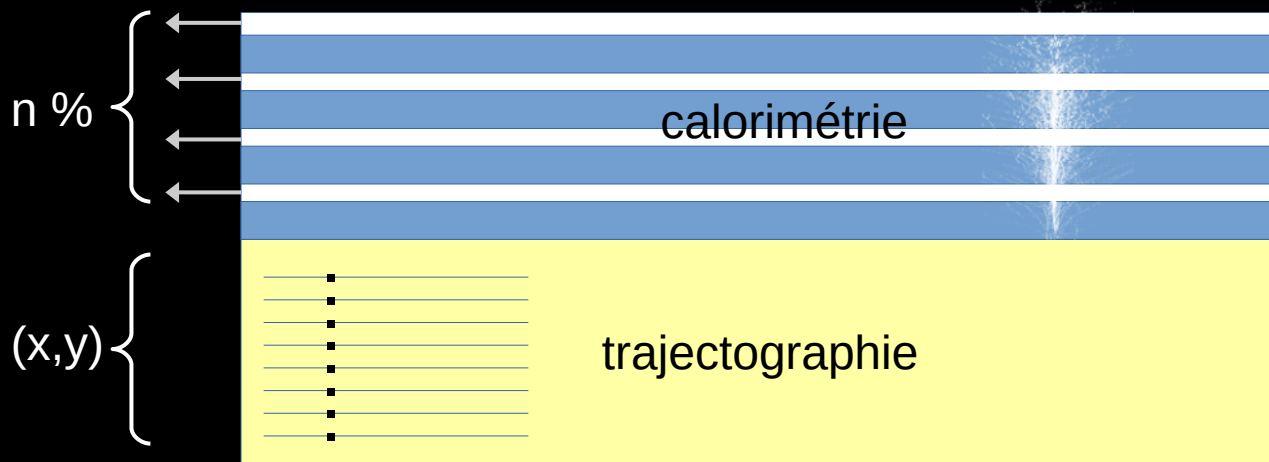


laurent chevalier laurent chevalier

Détecteur

Réponse schématique

Gerbe :



Trace observée:



$e^{\pm}$

γ

$\mu^{\pm}$

Hadrons
chargés
 $p, k^{\pm}, \pi^{\pm} \dots$

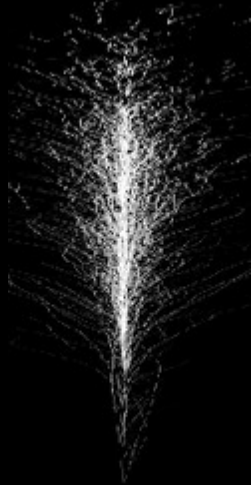
Hadrons
neutres
 $n, \pi^0, \lambda, \dots$

laurent chevalier laurent chevalier

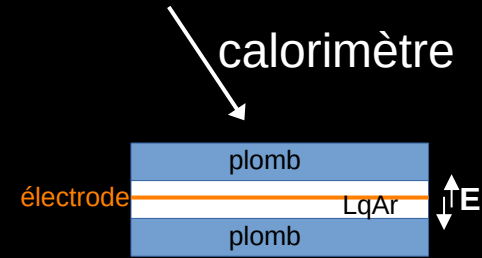
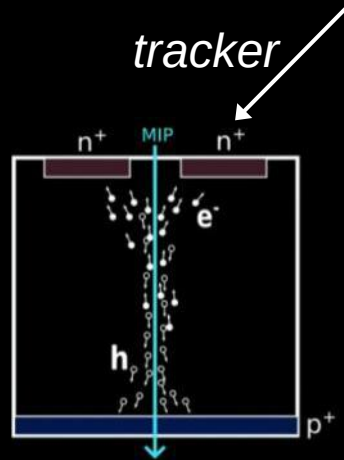
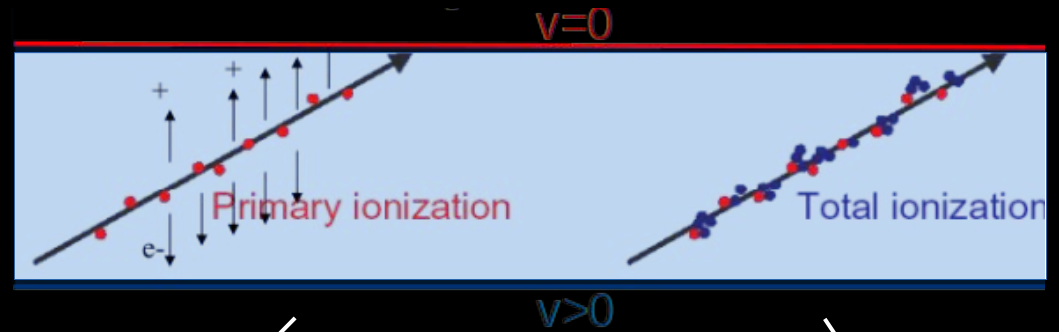
Détecteur

Réponse schématique

Gerbe :



Trace observée:



$e^\pm$ γ $\mu^\pm$

laurent chevalier laurent chevalier

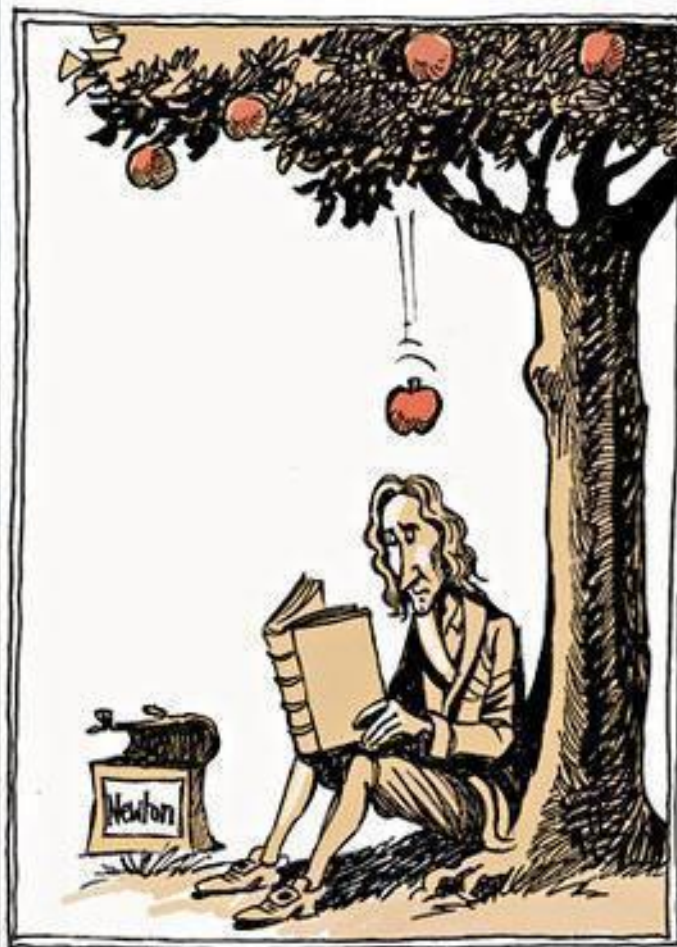
**Hadrons
chargés**
 $p, k^\pm, \pi^\pm, \dots$

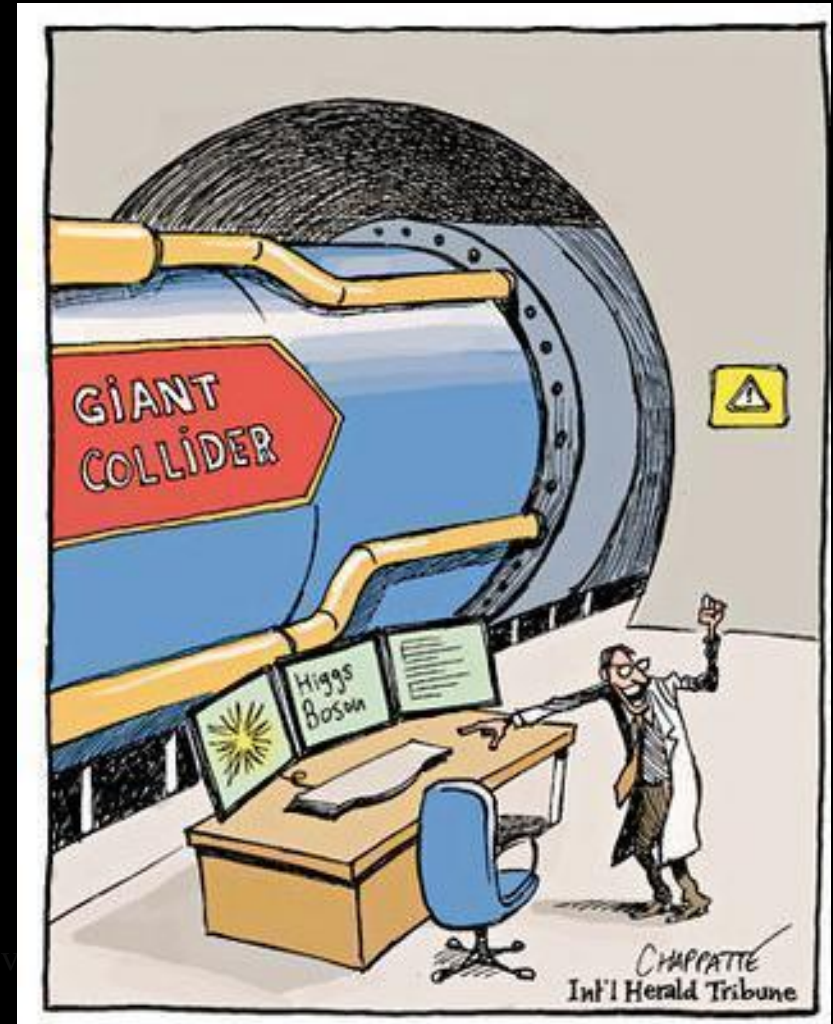
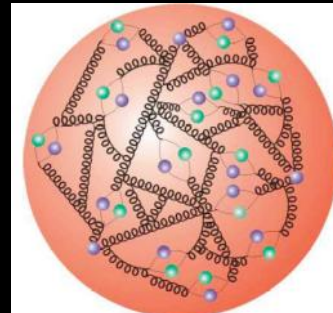
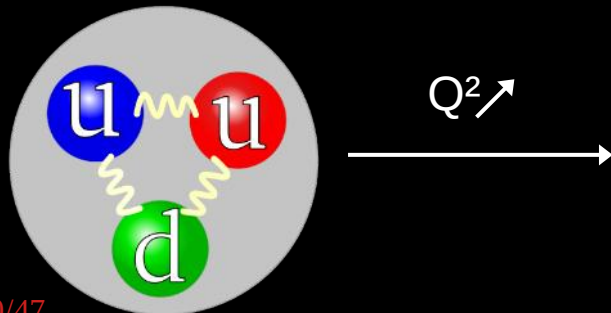
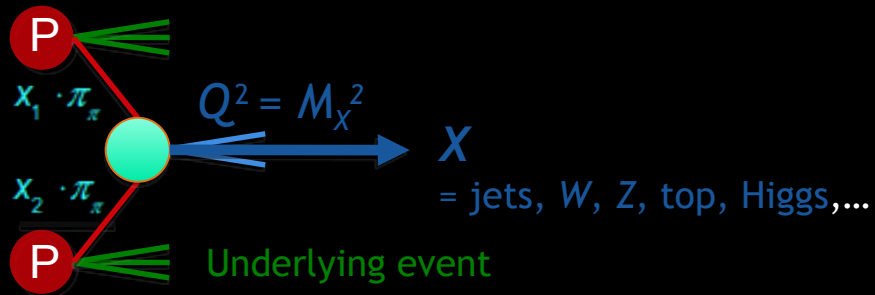
**Hadrons
neutres**
 $n, \pi^0, \lambda, \dots$

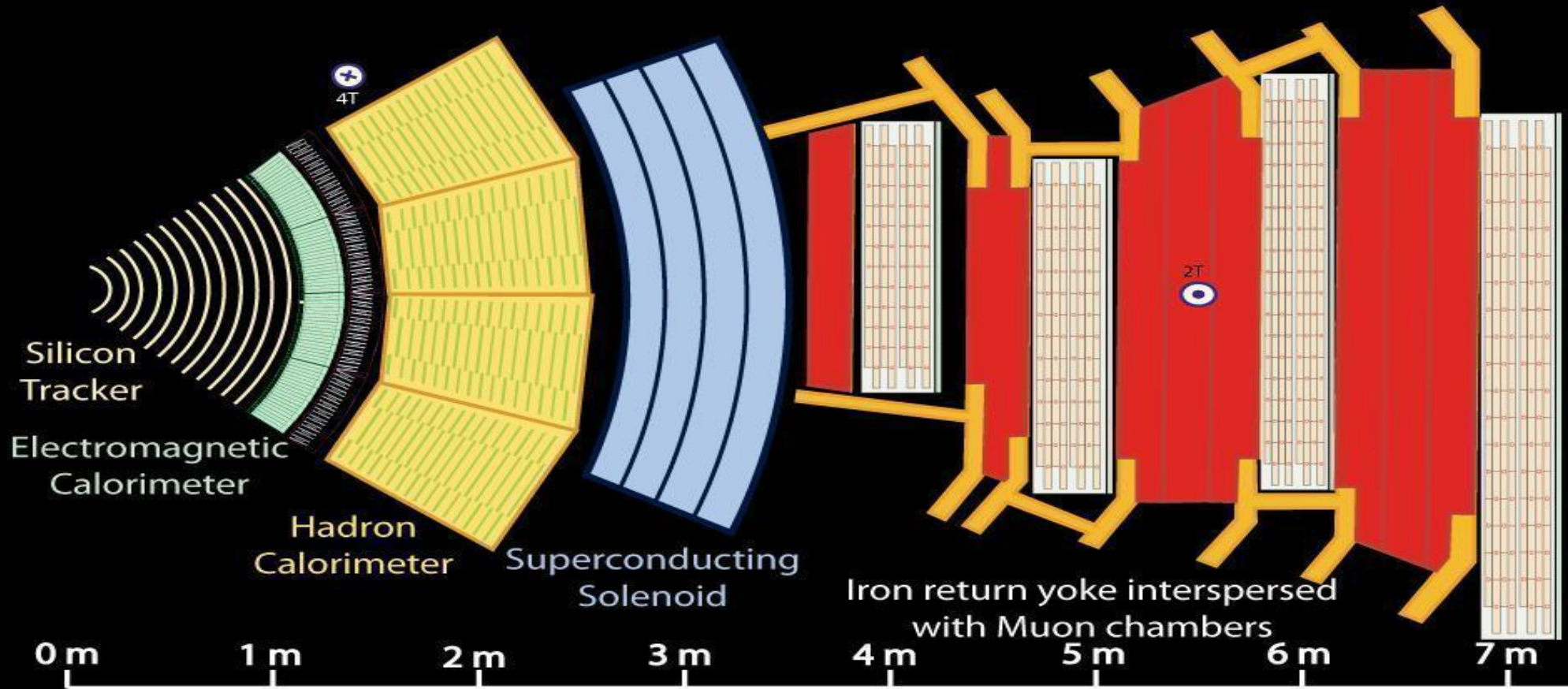
Détecteur

	ATLAS (7 ktons)	CMS (12.5 ktons)
INNER TRACKER	• Silicon pixels + strips • TRT with particle identification • $B = 2\text{T}$ • $\sigma(p_T) \sim 3.8\%$ (at 100 GeV, $\eta = 0$)	• Silicon pixels + strips • No dedicated particle identification • $B = 4\text{T}$ • $\sigma(p_T) \sim 1.5\%$ (at 100 GeV, $\eta = 0$)
MAGNETS	• 4 Magnets • Solenoid + Air-core muon toroids • Calorimeters outside solenoid field	• 1 Magnet • Solenoid • Calorimeters inside field
EM CALORIMETER	• Pb / Liquid Ar sampling accordion • $\sigma(E) \sim 10\text{--}12\% / \sqrt{E} \oplus 0.2\text{--}0.35\%$ • Longitudinal segmentation • Saturation at $\sim 3\text{ TeV}$	• PbWO_4 scintillation crystals • $\sigma(E) \sim 3\text{--}5.5\% / \sqrt{E} \oplus 0.5\%$ • No longitudinal segmentation • Saturation at 1.7 TeV
HAD CALORIMETER	• Fe / Scint. tiles (EC: Cu-liquid Ar) • $\sigma(E) \sim 45\% / \sqrt{E} \oplus 1.3\%$ (Barrel)	• Cu (EC: brass) / Scint. tiles • Tail catchers outside solenoid • $\sigma(E) \sim 100\% / \sqrt{E} \oplus 8\%$ (Barrel)
MUON	• Drift tubes & CSC (fwd) + RPC/TGC • $\sigma(p_T) \sim 10.5\% / 10.4\%$ (1 TeV, $\eta = 0$) (standalone / combined with tracker)	• Drift tubes & CSC (EC) + RPC • $\sigma(p_T) \sim 13\% / 4.5\%$ (1 TeV, $\eta = 0$) (standalone / combined with tracker)

Collisions That Changed The World







Key:

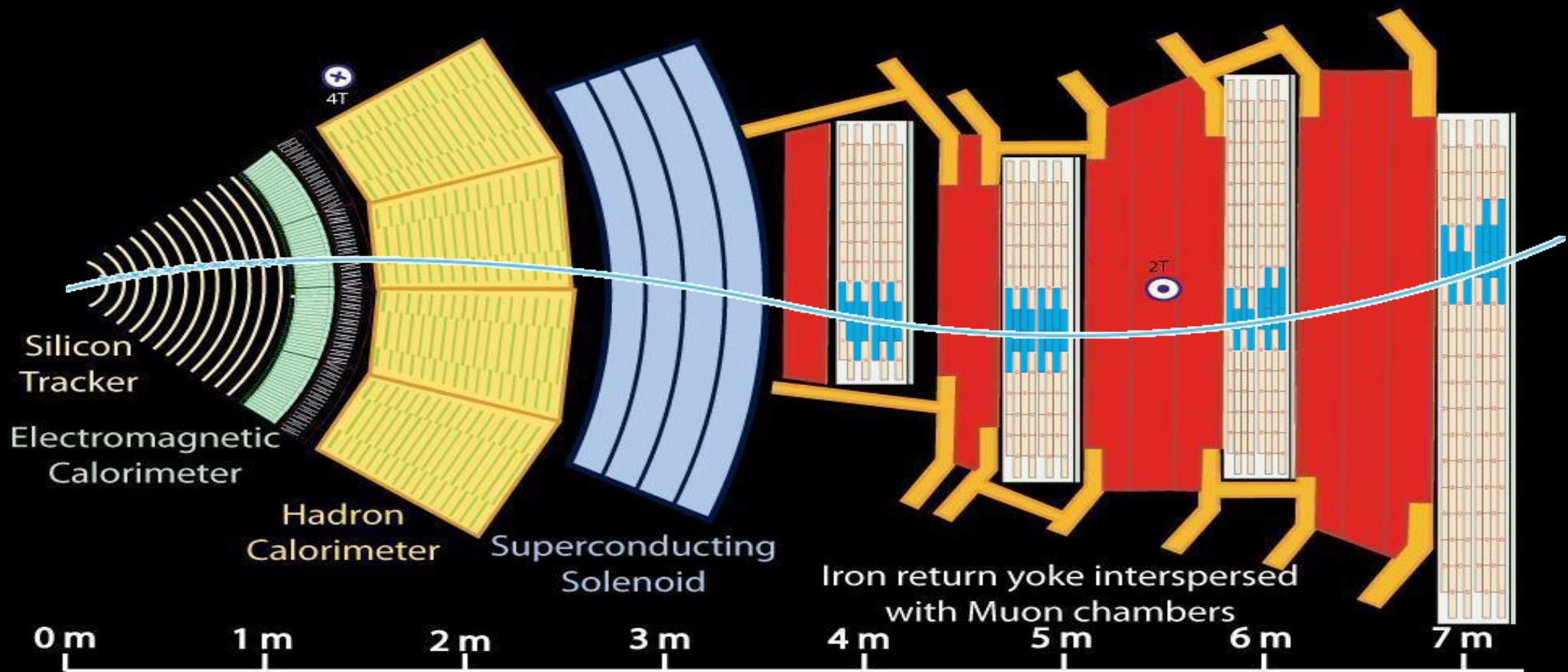
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon



Key:

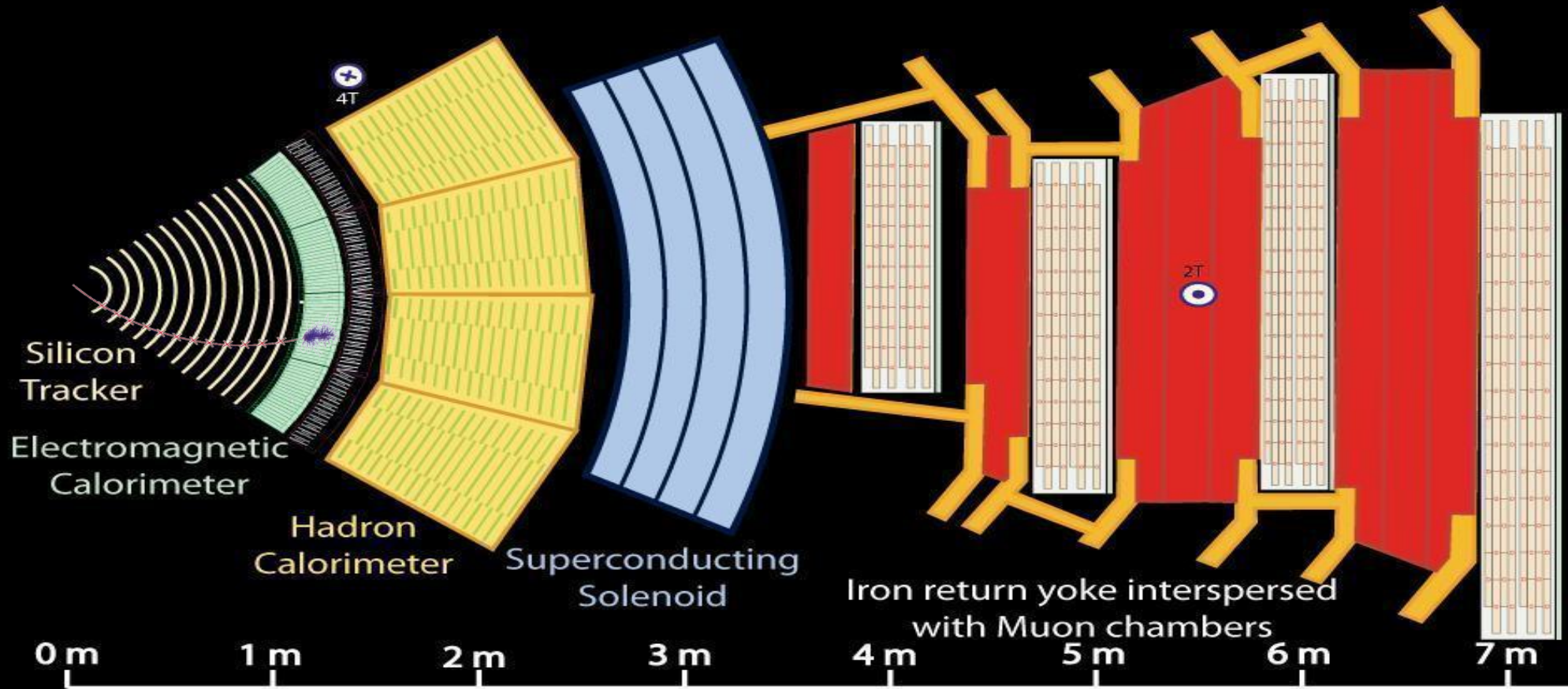
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon



Key:

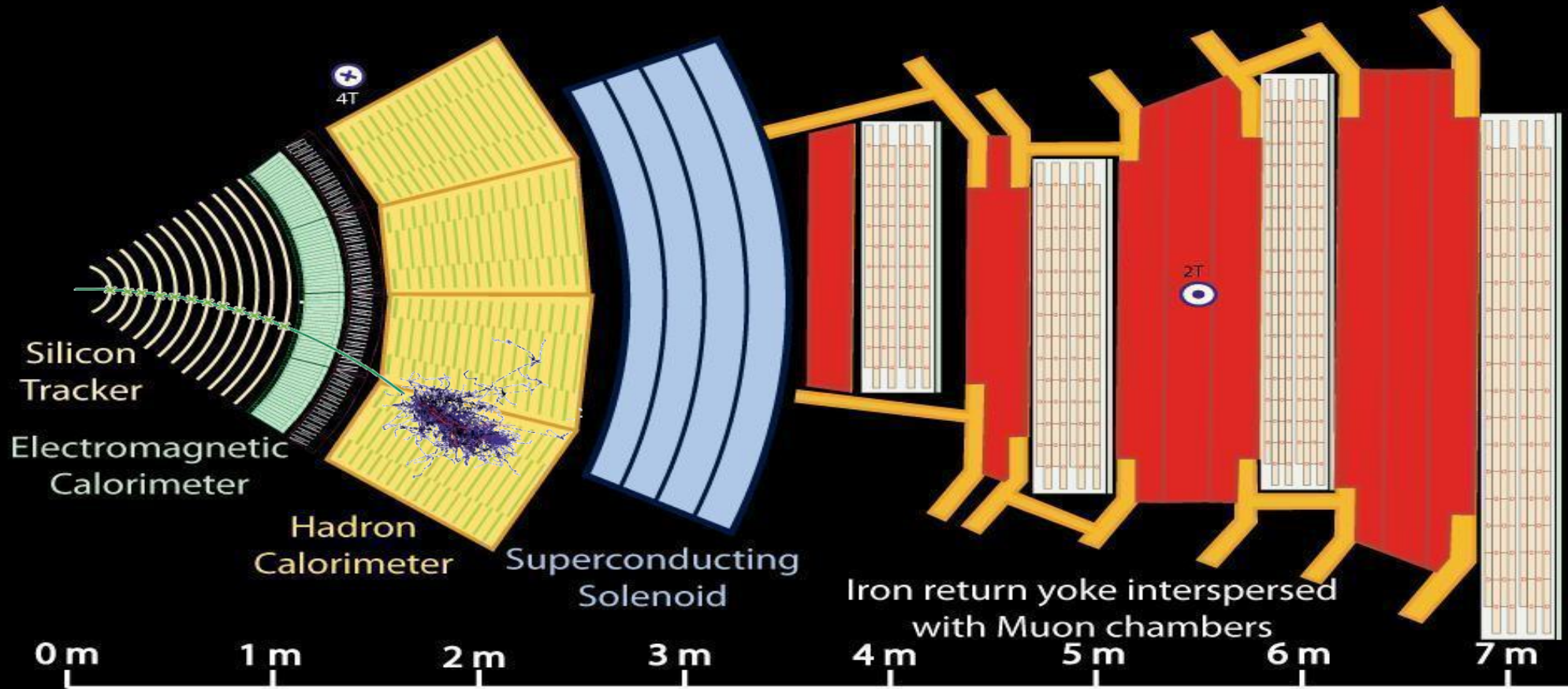
— Muon

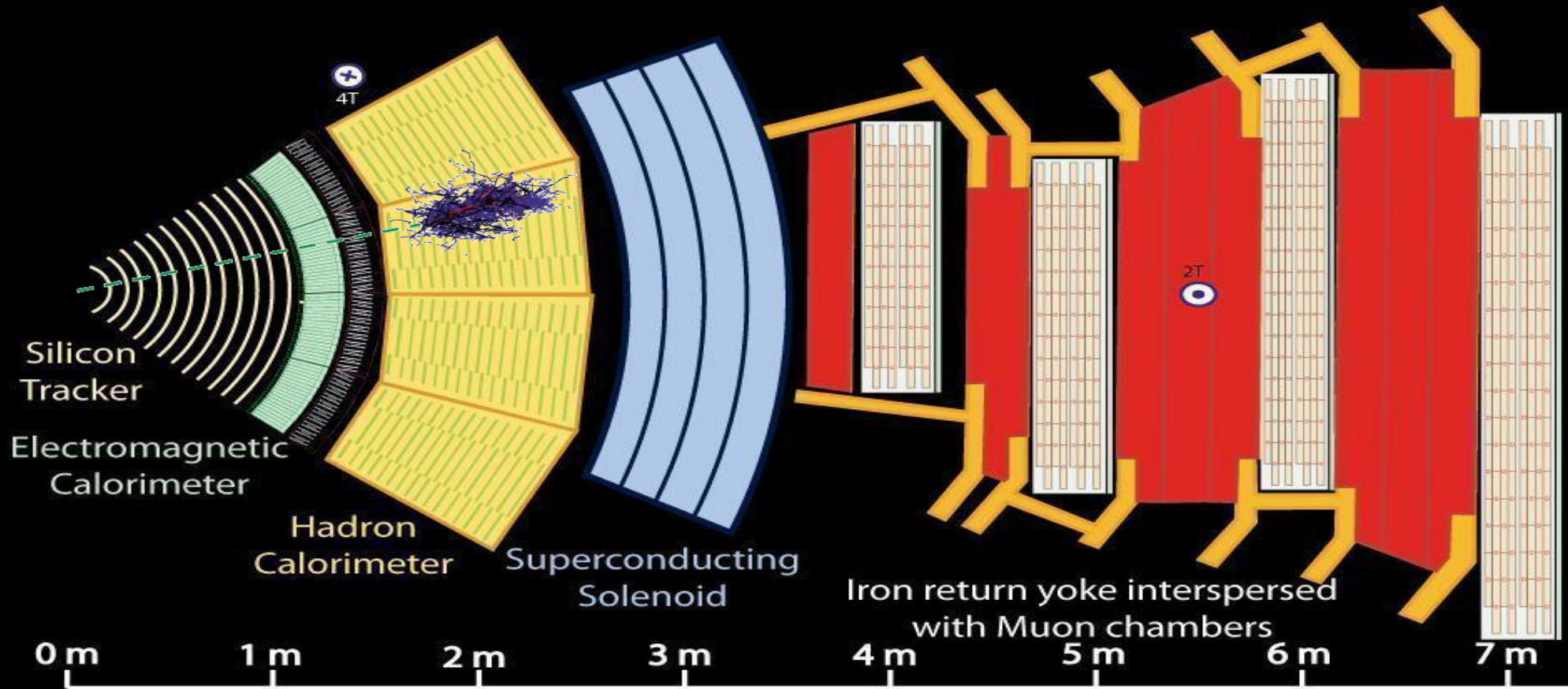
— Electron

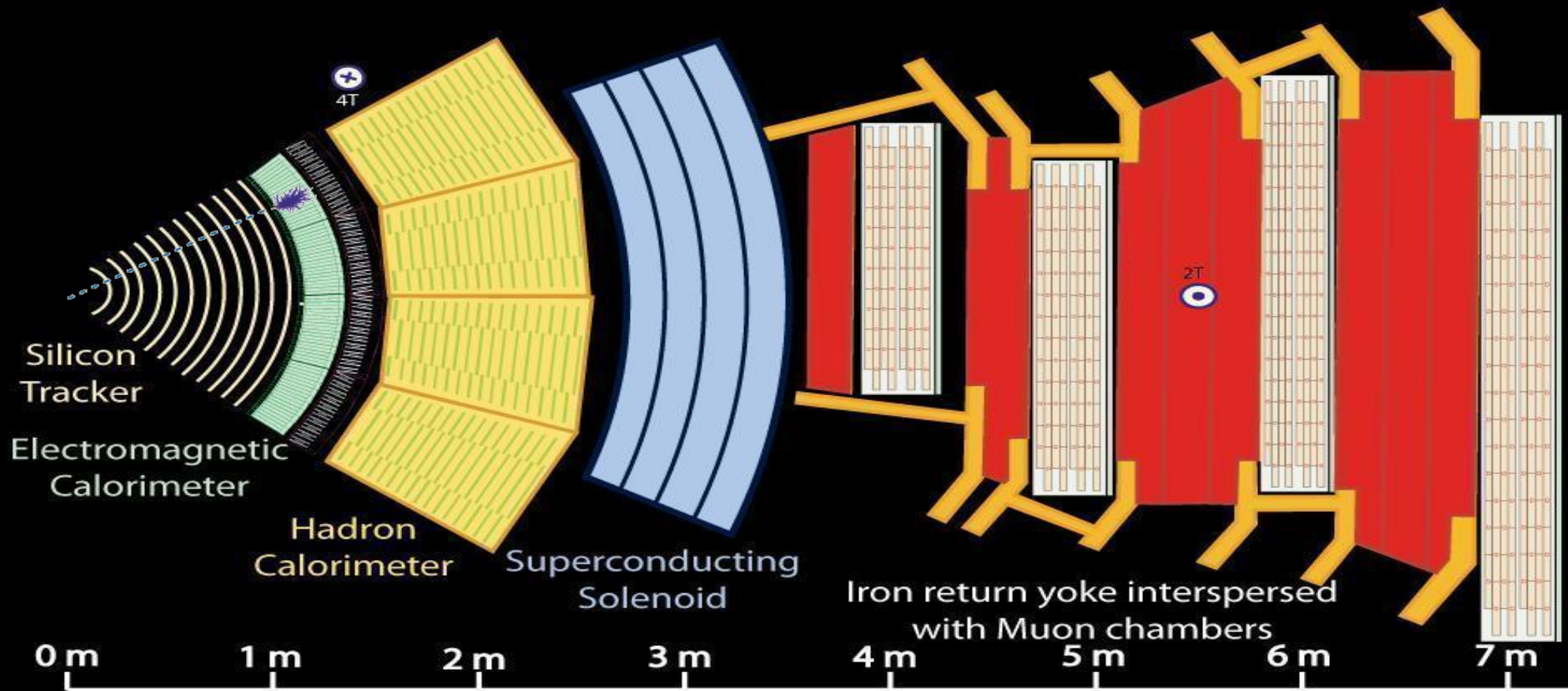
— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon







Key:

— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon

Simulation

Pas mesure possible sans comparaison data/mc

La plupart des phénomènes mesurés peuvent provenir

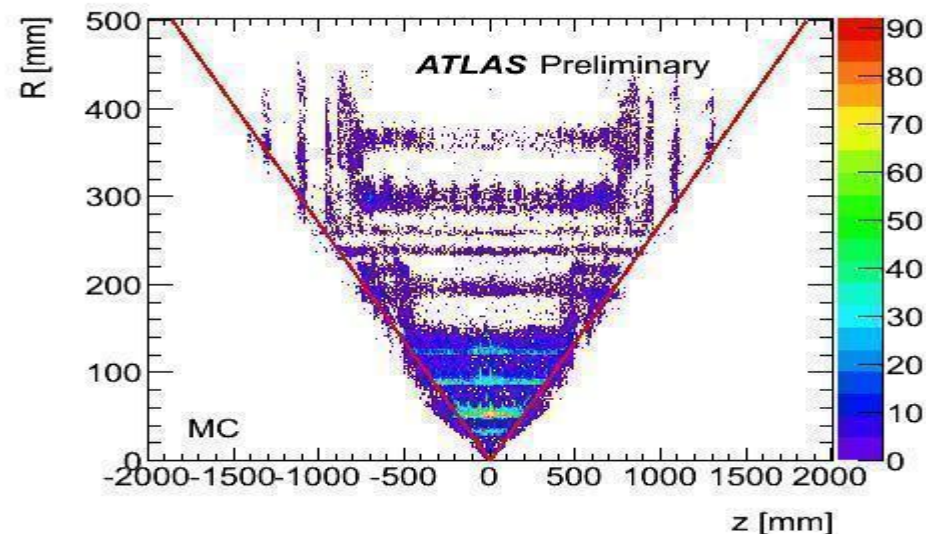
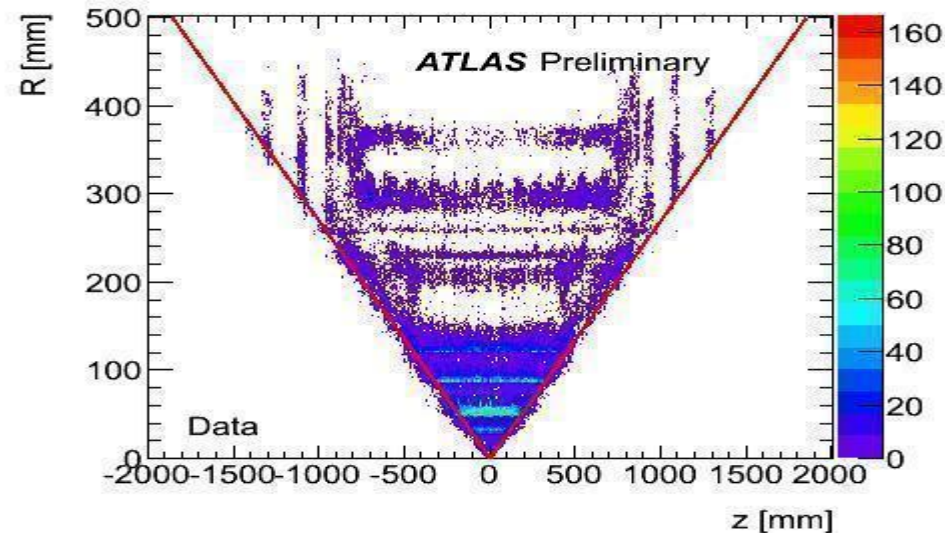
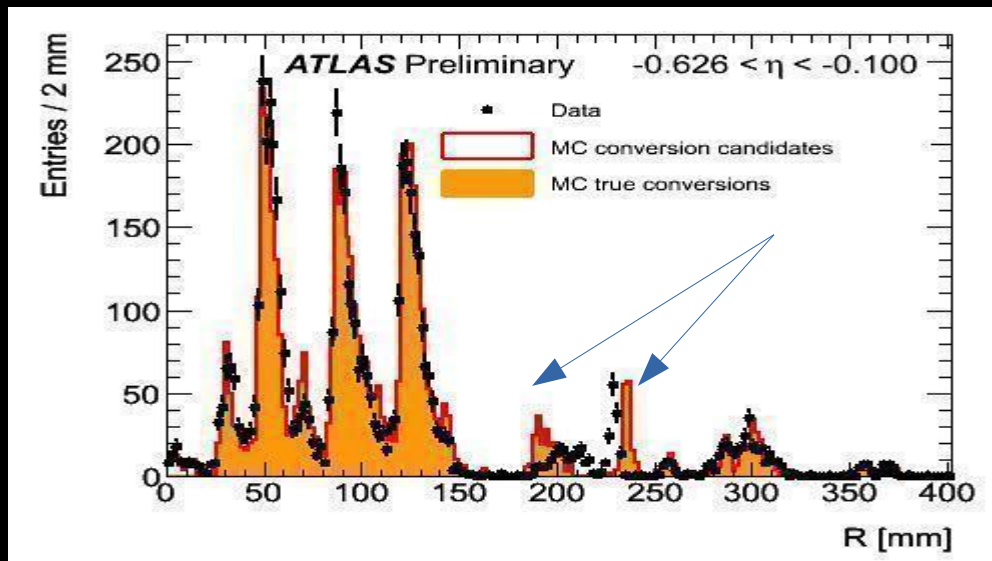
- D'autres phénomènes physiques
- De la mauvaise connaissance de l'appareil
- De problèmes électroniques
- De programme de reconstruction imparfait

Génération (théorie), numérisation (électronique), simulation

Simulation

Data/MC

- Atlas : Pixels & SCT



laurent.chevalier@atlas.cern

Mesures 25ns → 40 MHz → 100Hz → 400 Hz
1 Mbytes (10^6 octets)
1 année → 10^7 s

Par expérience LHC

→ $10^2 \times 10^6 \times 10^7 = 10^{15}$ octets = 1PBytes/an

dictionnaire usuel ~60000 mots ~ 10^5 octets

→ 1 PB~1 milliards de dictionnaires/an

→ 1 million de DVD par an

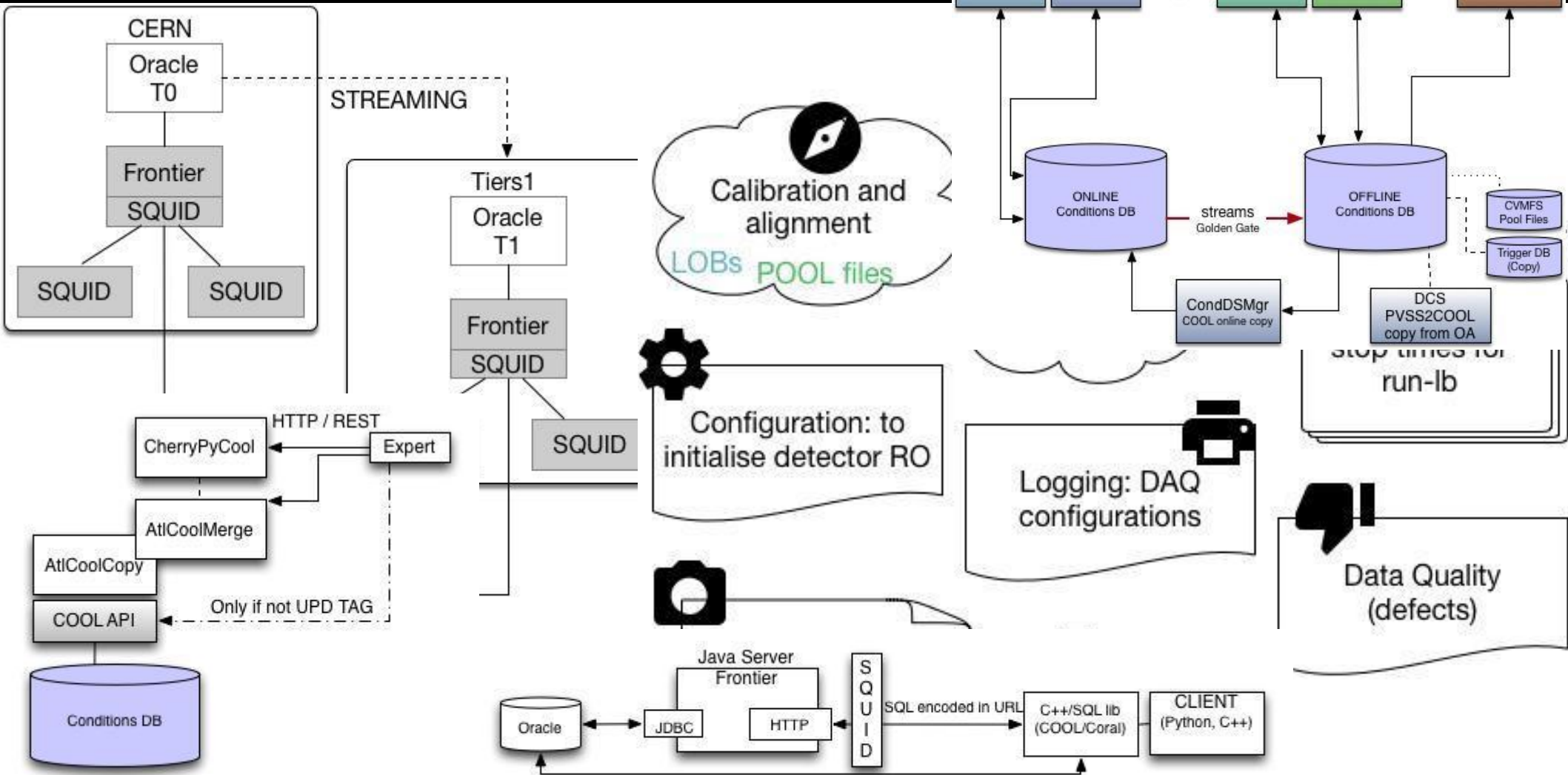
Solution

→ calculs délocalisés (proposé il y a 20 ans alors le cloud ;-)

→ Tier 0,1,2

→ simulation... → $\sim 10^{16}$ B/an

Mesures gestion des données

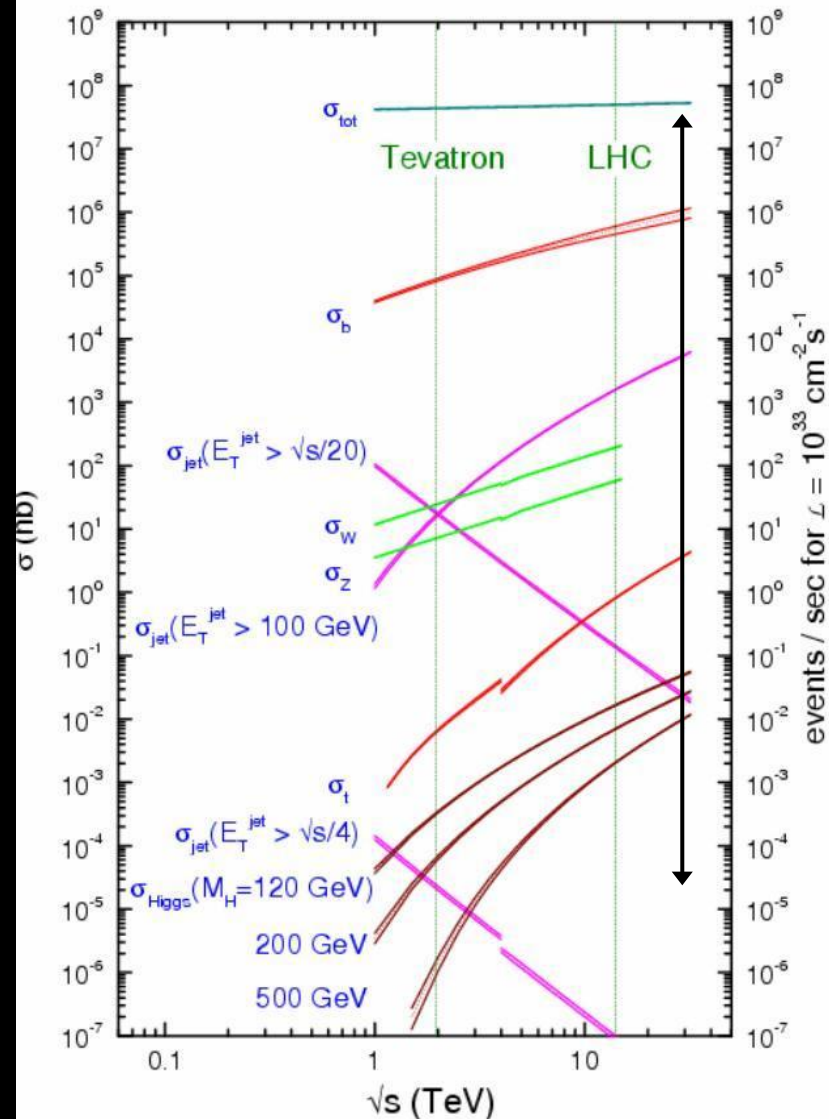


Mesures

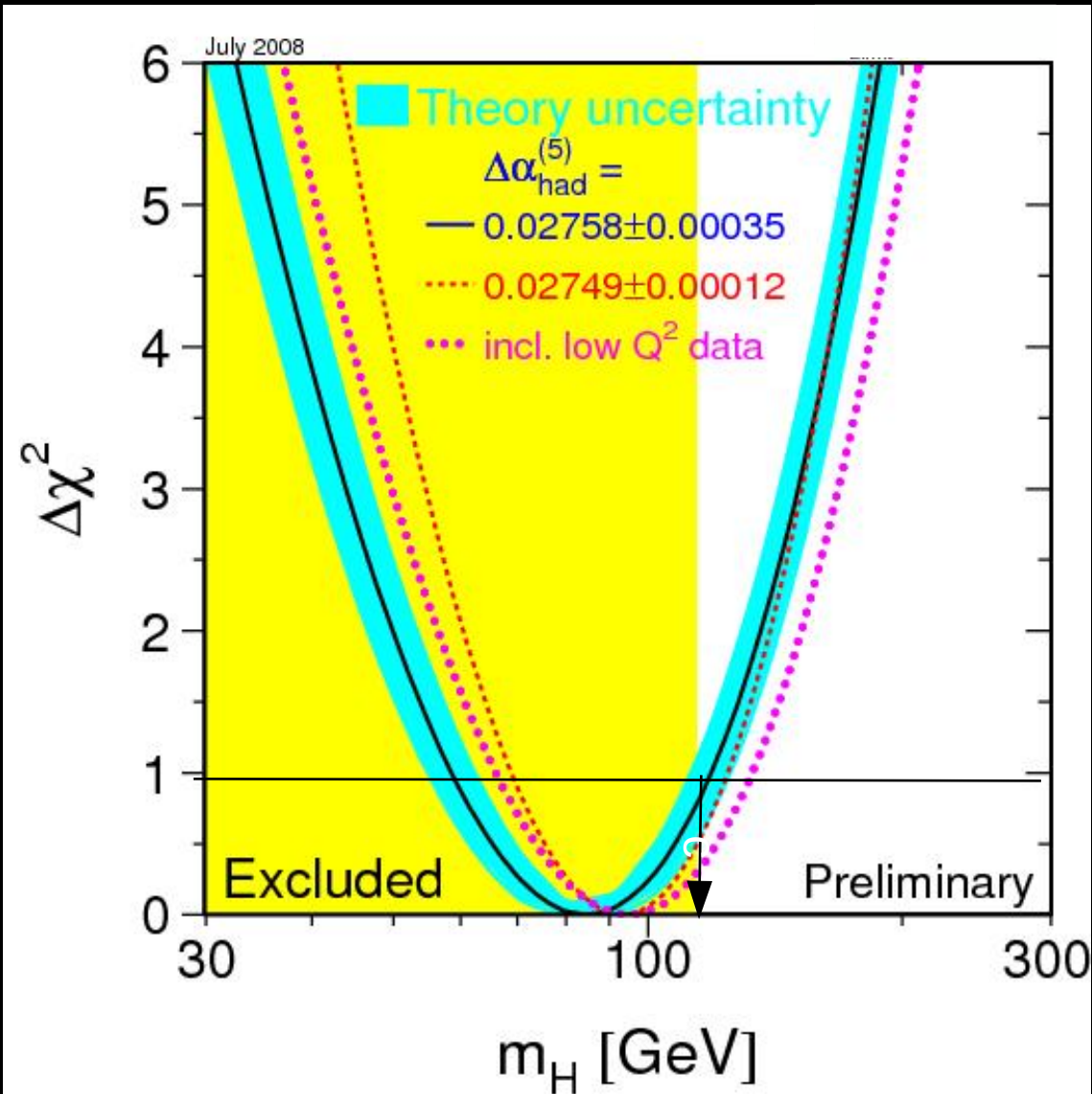
ordre de grandeur
de ce qu'on cherche $\sim 10^{12}$



proton - (anti)proton cross sections

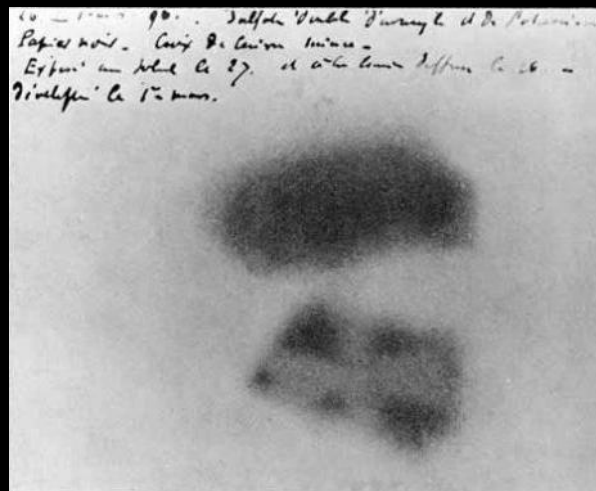


contraintes précédentes →



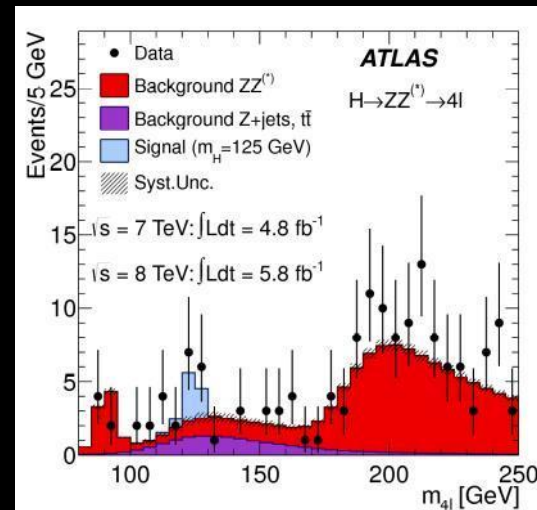
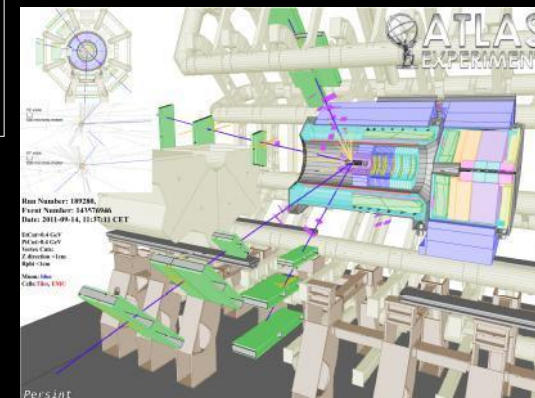
simulation

données

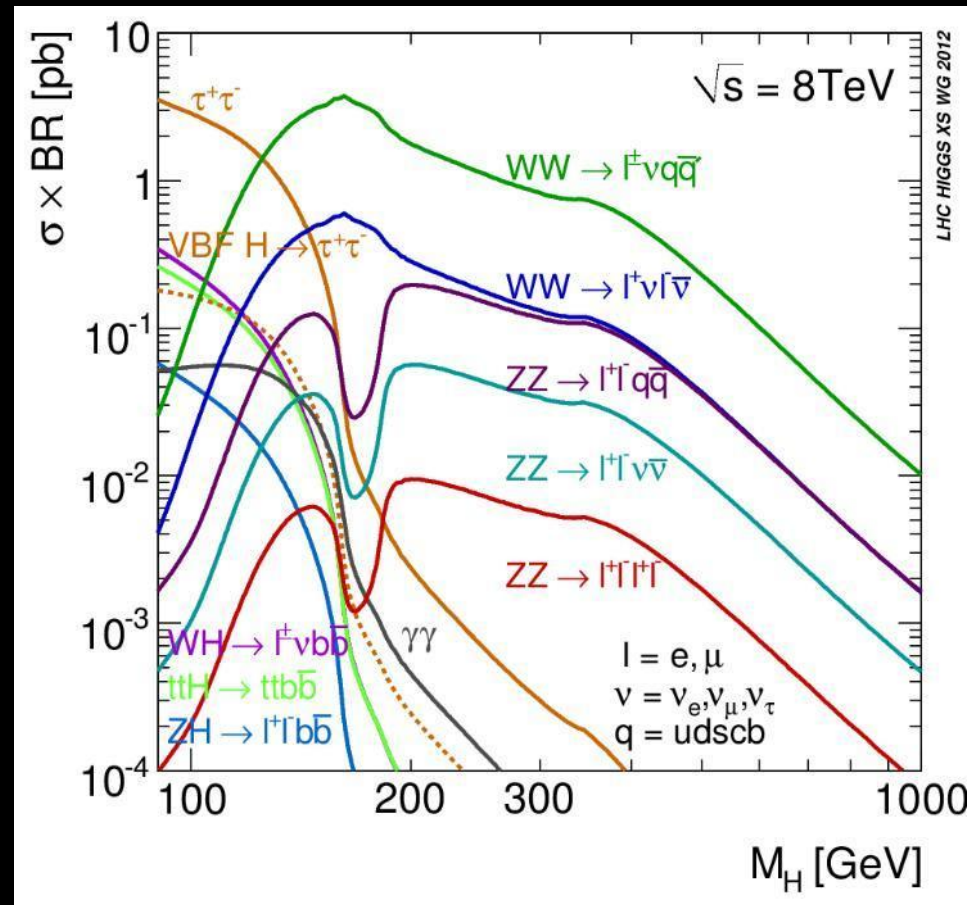
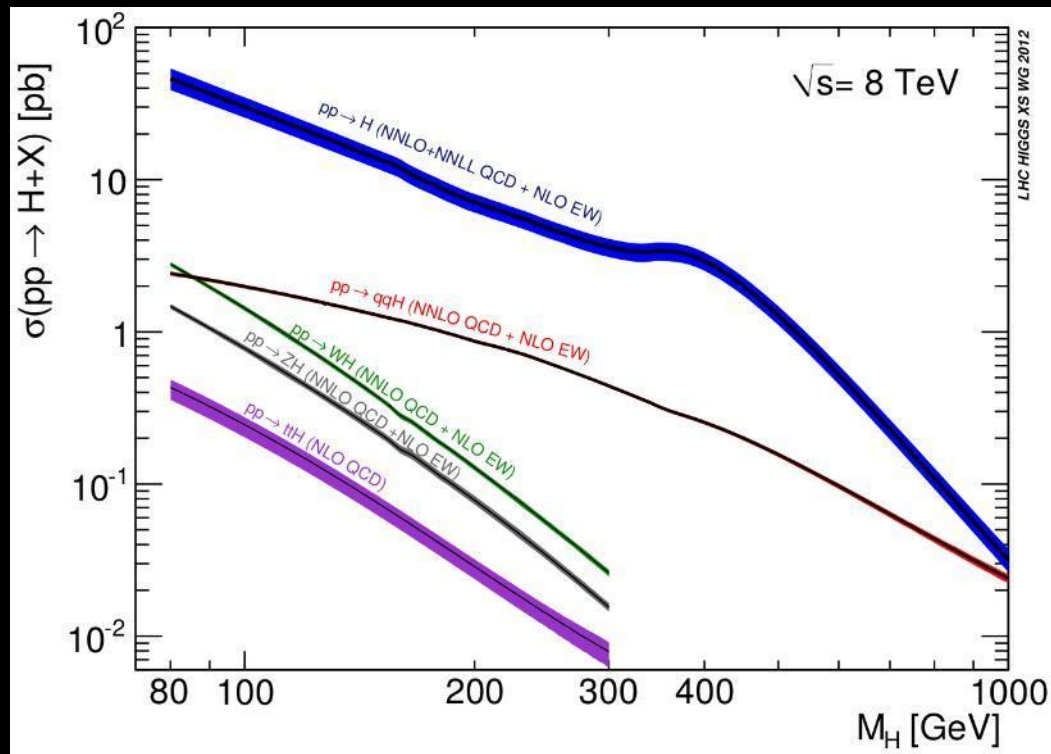


reconstruction

mesures



Théories et modèles → Simulation

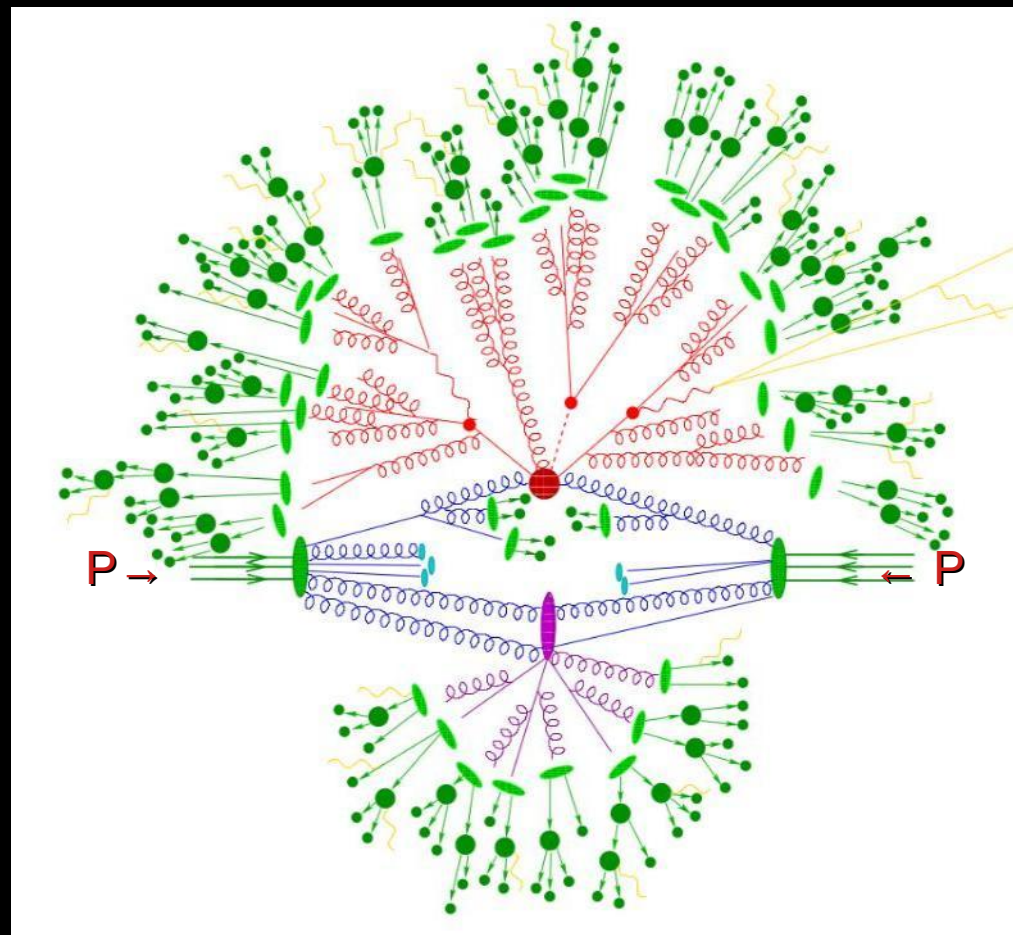


Simulation

générateur

hard process
parton distribution function
underlying event
parton shower
hadronisation
pile-up

détecteur



Estimation des erreurs statistiques systématiques

Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC ☆

ATLAS Collaboration ☆

This paper is dedicated to the memory of our ATLAS colleagues who did not live to see the full impact and significance of their contributions to the experiment.

A R T I C L E I N F O

Article history:

Received 31 July 2012

Received in revised form 8 August 2012

Accepted 11 August 2012

Available online 14 August 2012

Editor: W.-D. Schlatter

A B S T R A C T

A search for the Standard Model Higgs boson in proton–proton collisions with the ATLAS detector at the LHC is presented. The datasets used correspond to integrated luminosities of approximately 4.8 fb^{-1} collected at $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$ in 2011 and 5.8 fb^{-1} at $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$ in 2012. Individual searches in the channels $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$, $H \rightarrow \gamma\gamma$ and $H \rightarrow WW^{(*)} \rightarrow e\nu\mu\nu$ in the 8 TeV data are combined with previously published results of searches for $H \rightarrow ZZ^{(*)}$, $WW^{(*)}$, $b\bar{b}$ and $\tau^+\tau^-$ in the 7 TeV data and results from improved analyses of the $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$ and $H \rightarrow \gamma\gamma$ channels in the 7 TeV data. Clear evidence for the production of a neutral boson with a measured mass of $126.0 \pm 0.4 \text{ (stat)} \pm 0.4 \text{ (sys) GeV}$ is presented. This observation, which has a significance of 5.9 standard deviations, corresponding to a background fluctuation probability of 1.7×10^{-9} , is compatible with the production and decay of the Standard Model Higgs boson.

© 2012 CERN. Published by Elsevier B.V. Open access under [CC BY-NC-ND license](#).

0/ Introduction

1/ Détecter quoi $\leftrightarrow$ pourquoi

2/ Interaction particules matière

3/ Généralités sur les détecteurs

4/ Application sociétales

5/ Exemple avec D0/ATLAS (Fermilab/CERN)