

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)



laurent chevalier laurent chevalier

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)

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)

- $\mathbf{F} = q * \mathbf{v} \wedge \mathbf{B} = q * \mathbf{P} \wedge \mathbf{B} / (m\gamma)$
 - $|P| \sim 0.3 * B * R$
 - 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

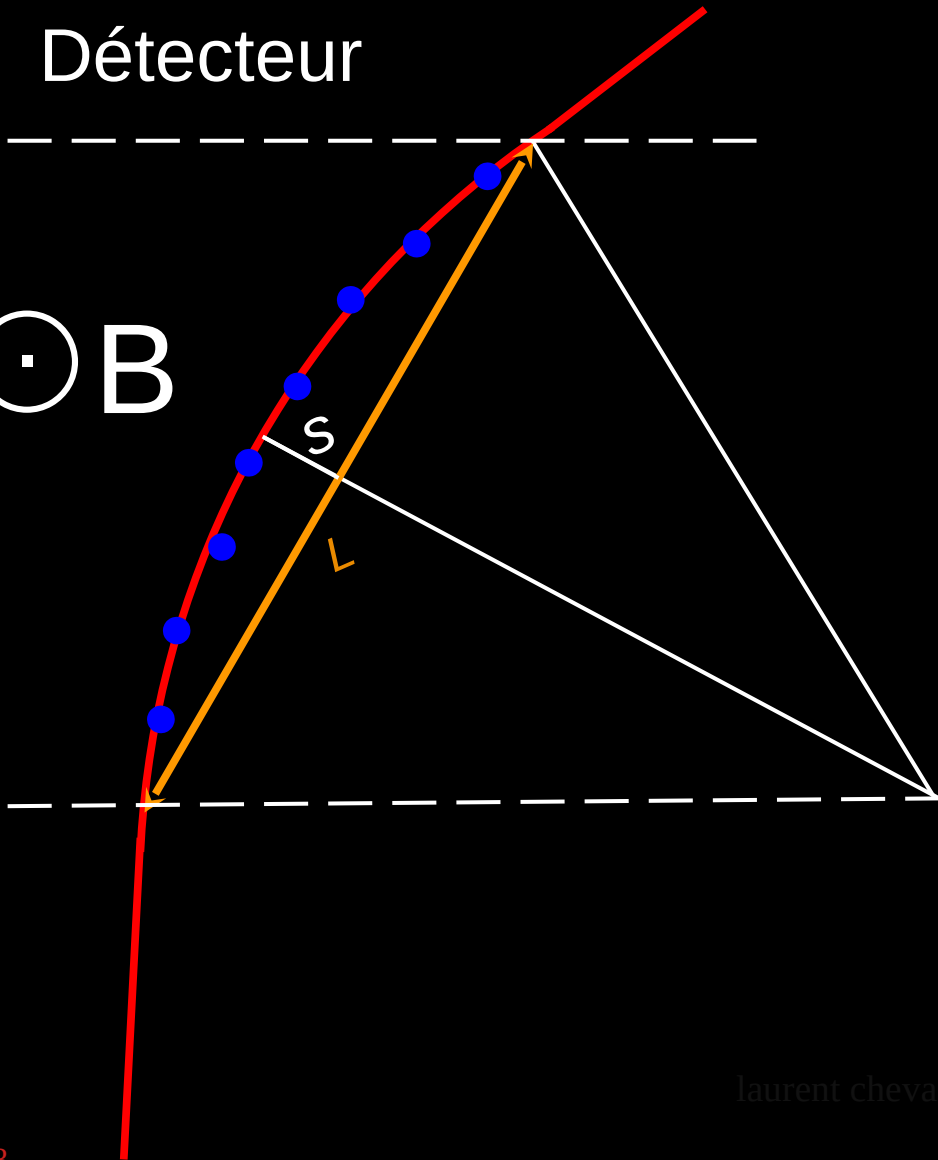
Toroïdal

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

laurent chevalier laurent chevalier

Détecteur

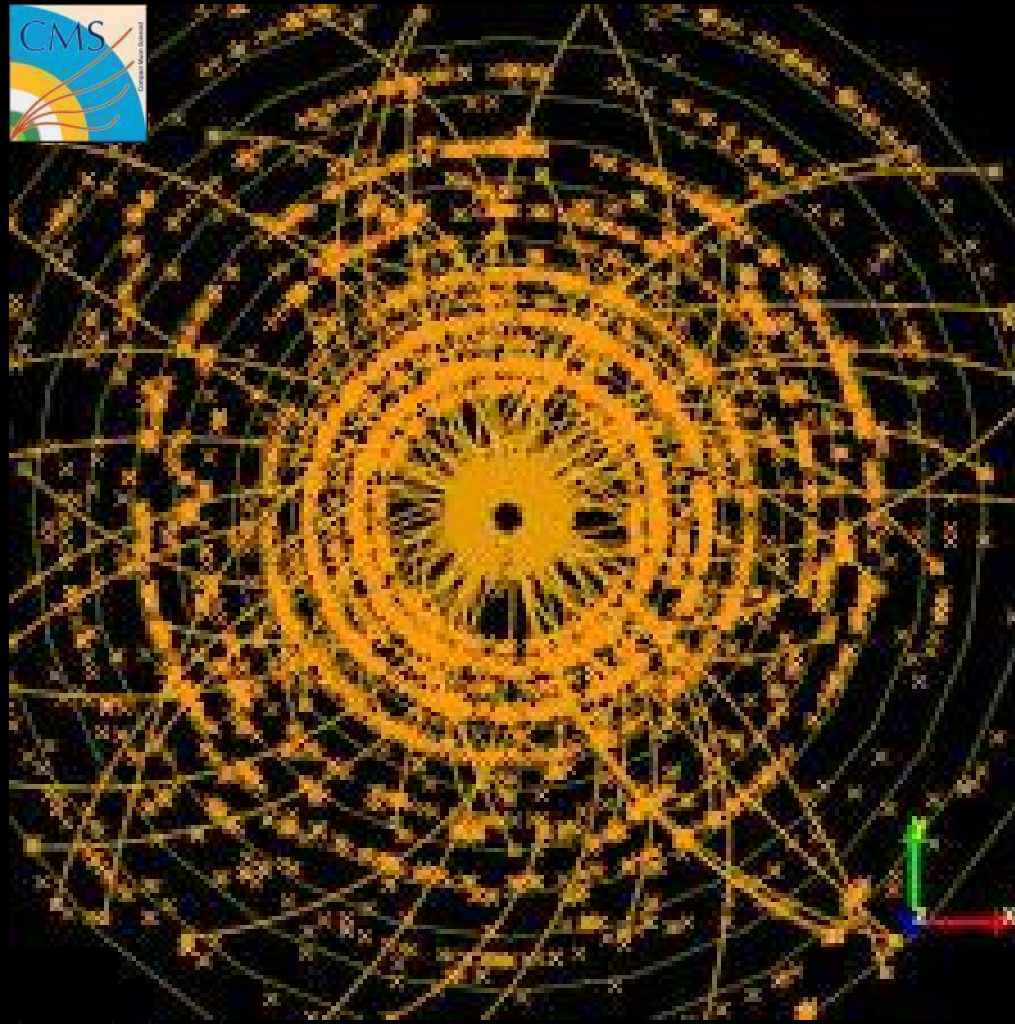
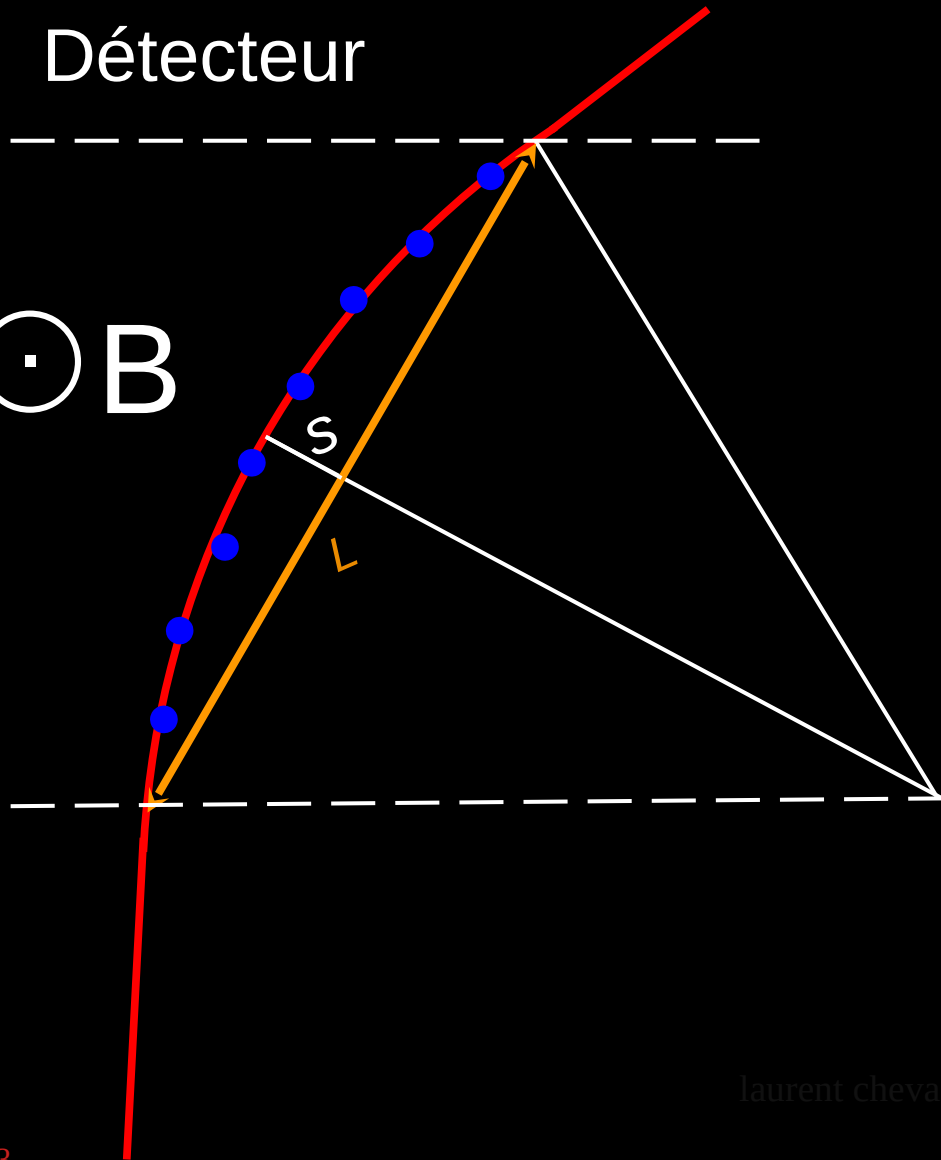
⊙ B



laurent chevalier laurent chevalier

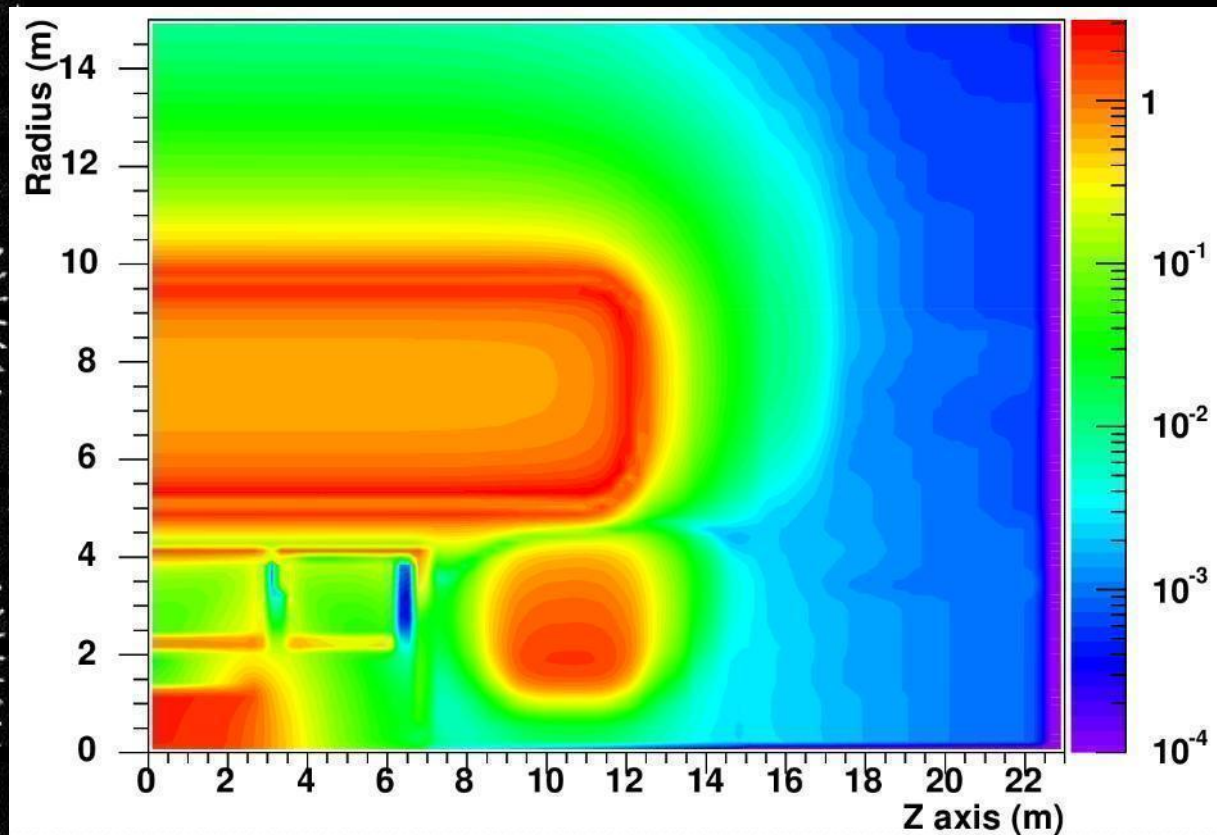
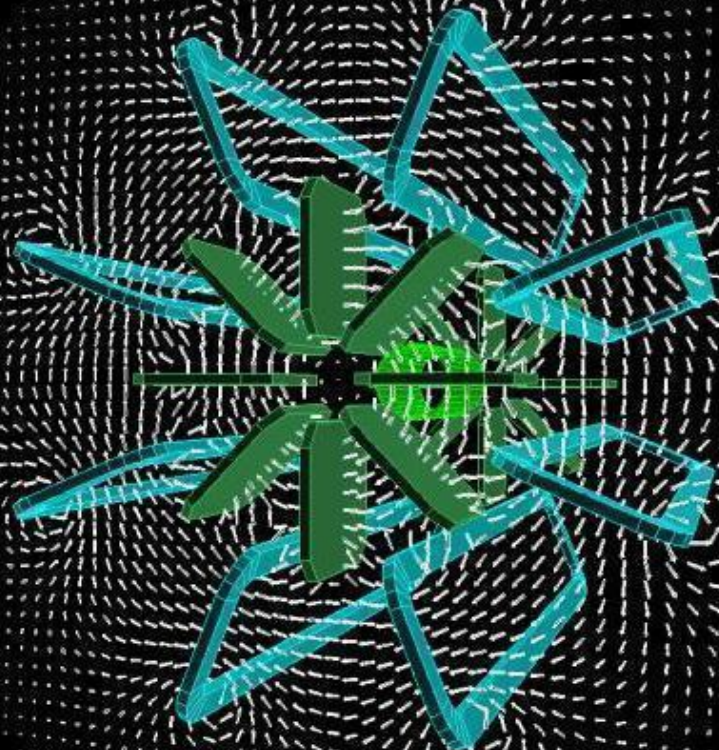
Détecteur

\odot B

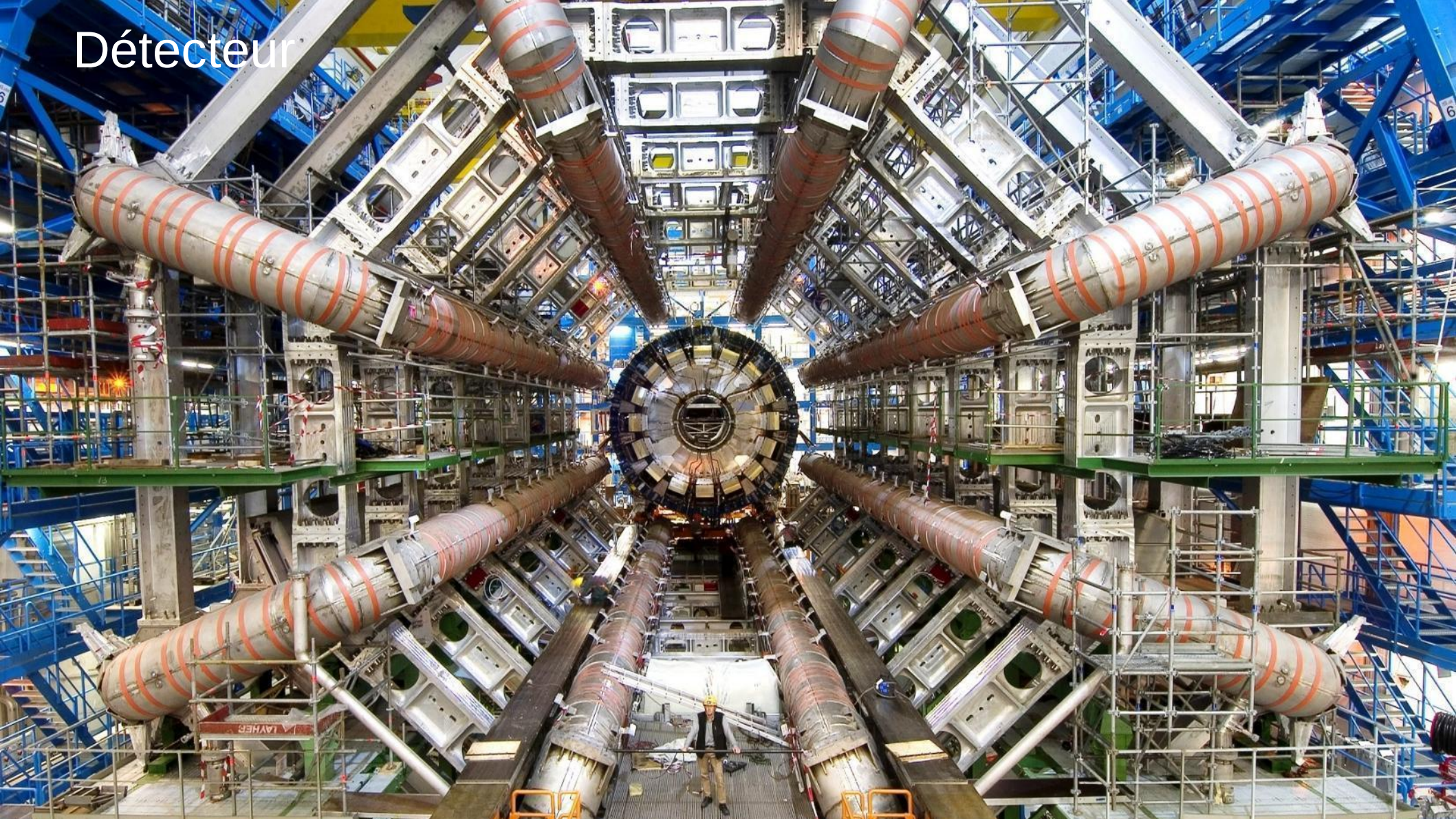


laurent chevalier laurent chevalier

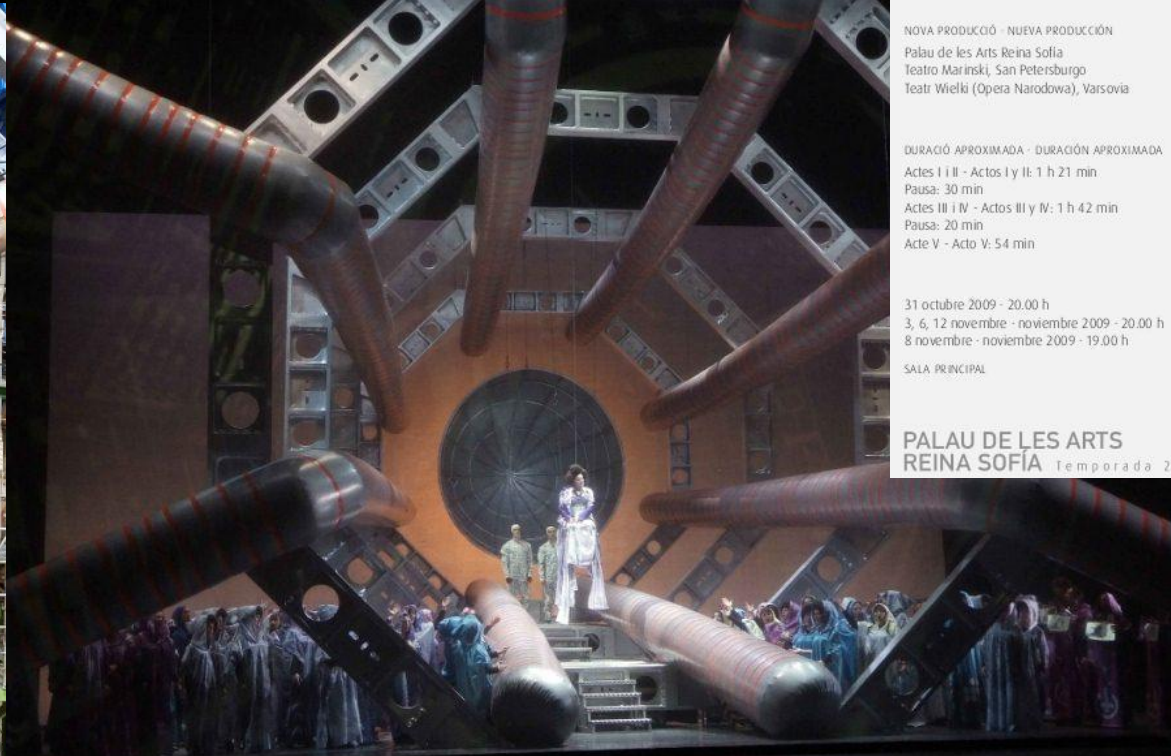
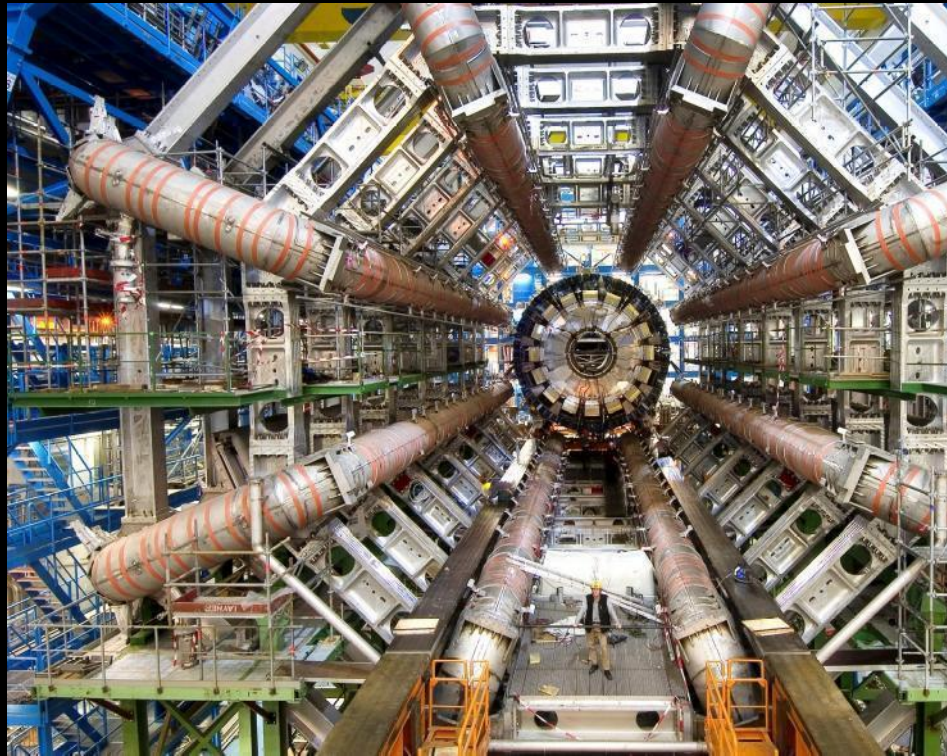
Détecteur



Détecteur



DéTECTEUR



NOVA PRODUCCIÓN - NUEVA PRODUCCIÓN
Palau de les Arts Reina Sofia
Teatro Mariński, 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 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 brem

Longueur d'interaction

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

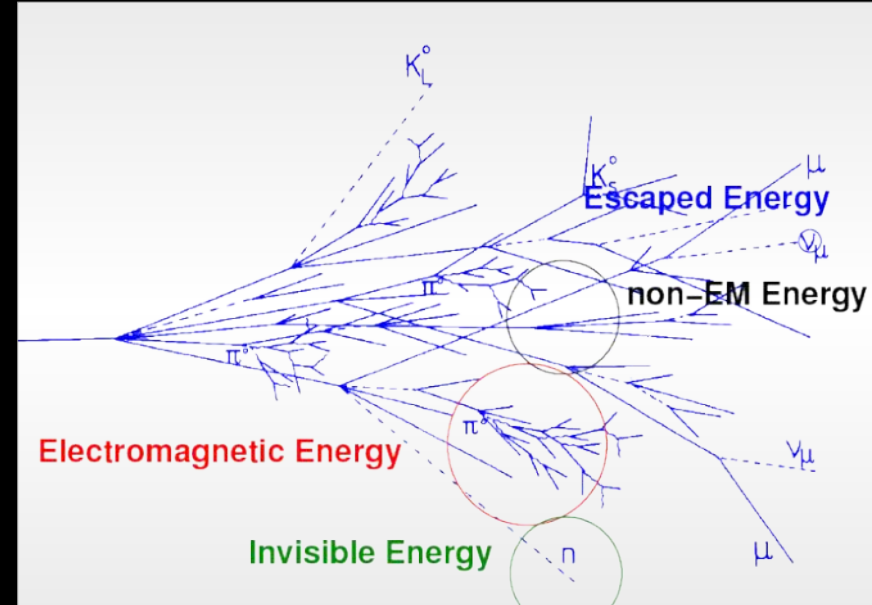
Détecteur

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 { $\frac{\text{MeV}}{\text{g/cm}^2}$ }	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 (($n-1$) $\times 10^6$ 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

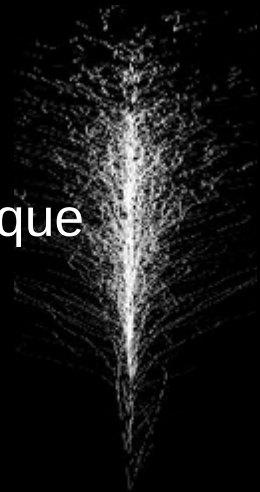
Remarque:

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

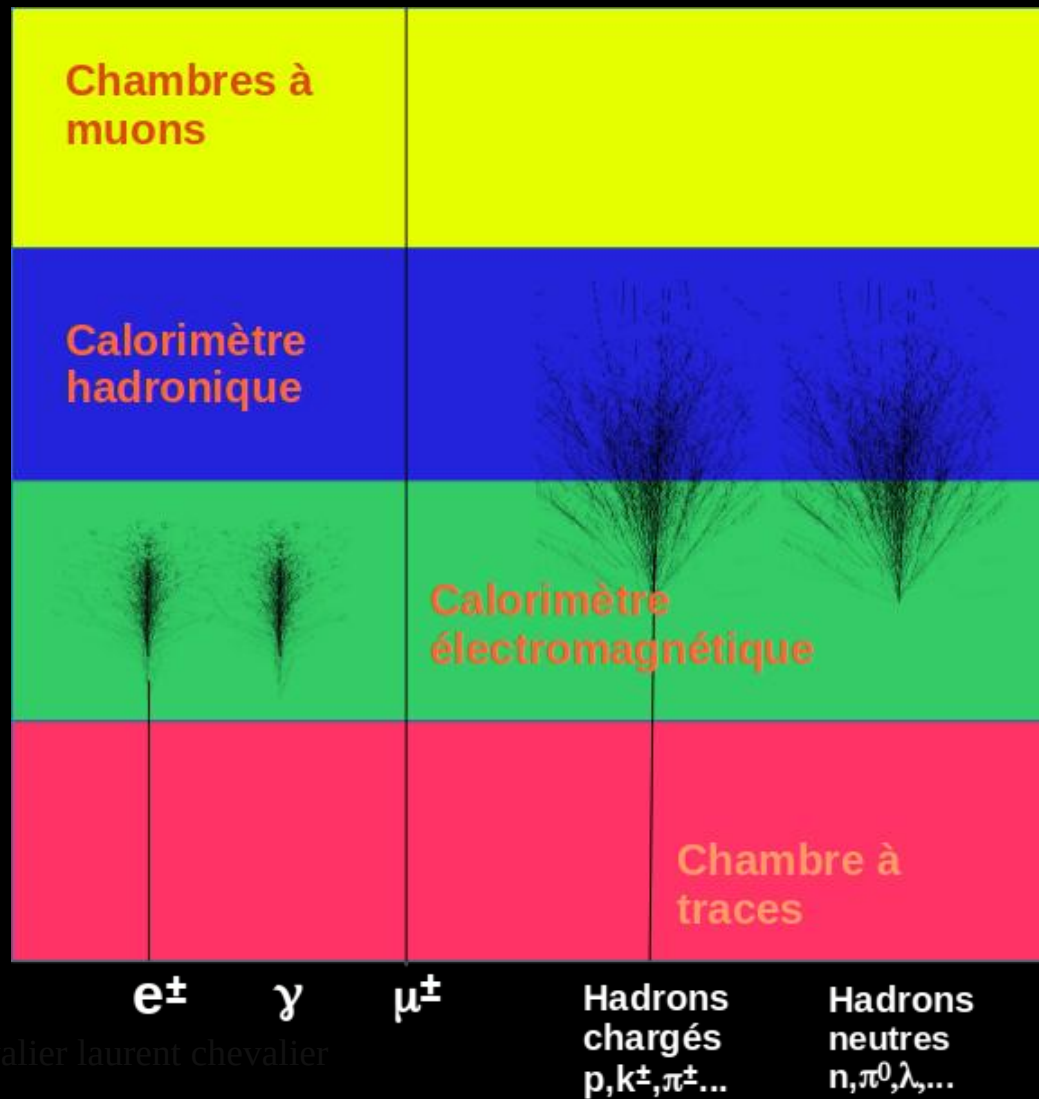
Détecteur

Réponse schématique

Gerbe :
électromagnétique
hadronique



Trace observée

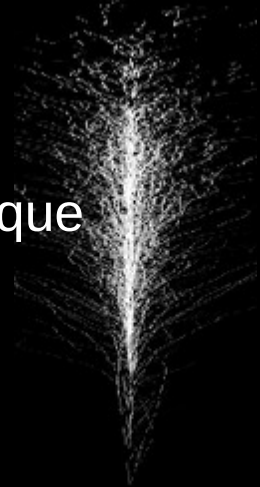


laurent chevalier laurent chevalier

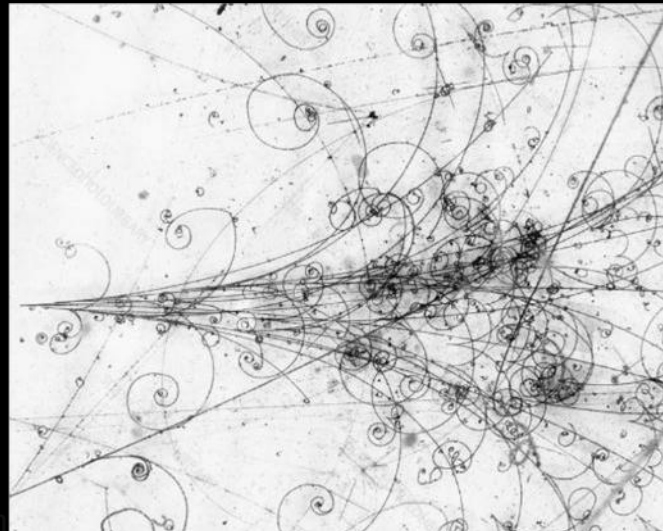
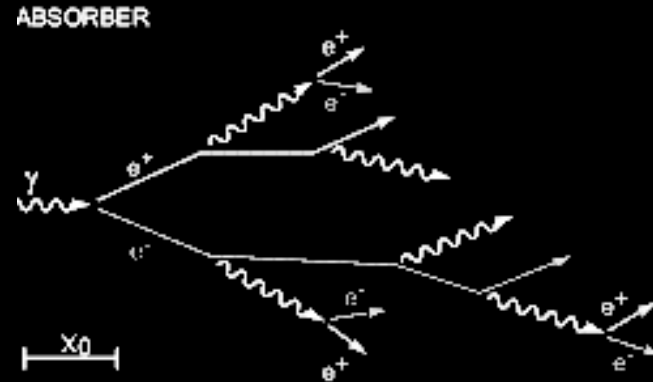
Détecteur

Réponse schématique

Gerbe :
électromagnétique
hadronique



Trace observée

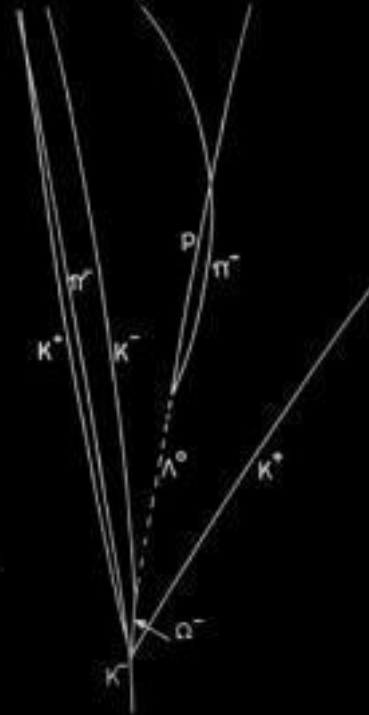
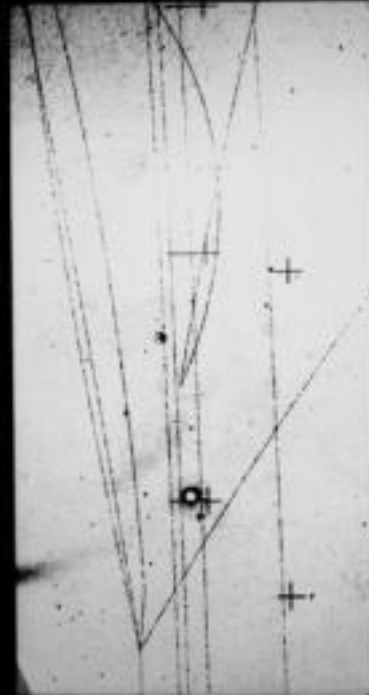


laurent ch

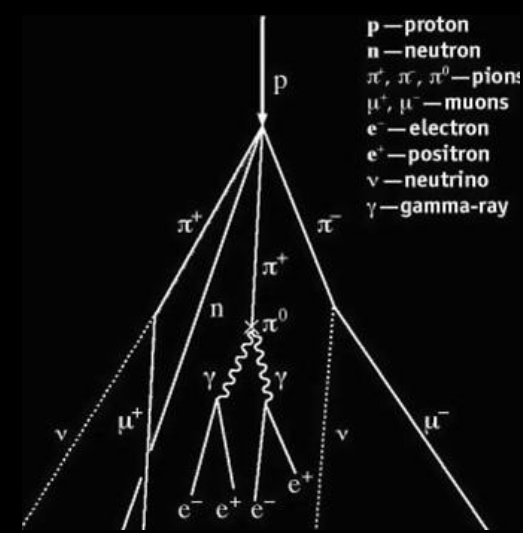
Détecteur

Réponse schématique

Gerbe :
électromagnétique
hadronique



AT 10 GeV/c



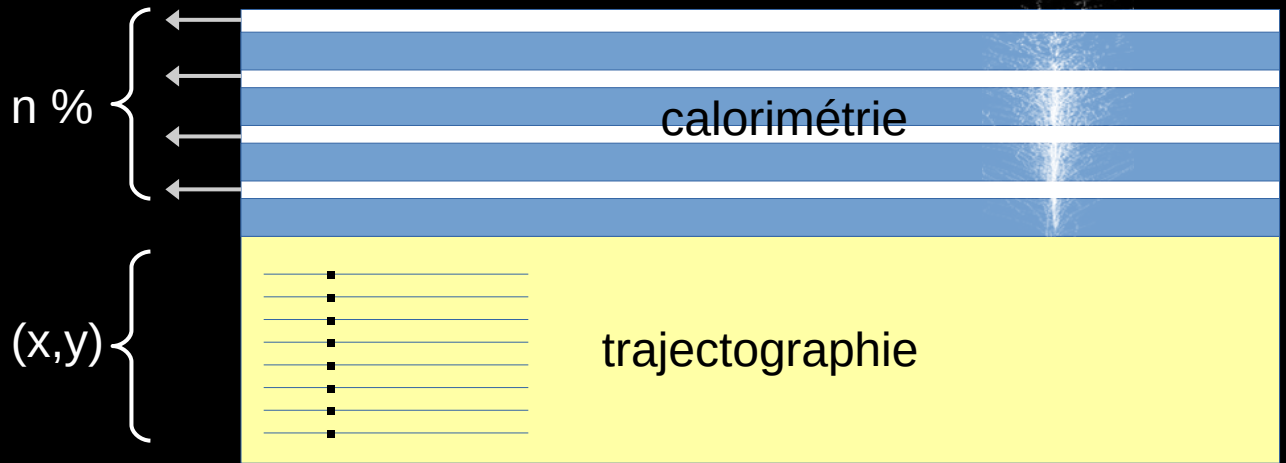
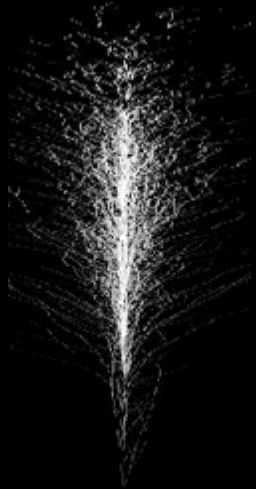
Trace observée

laurent chevalier laurent chevalier

Détecteur

Réponse schématique

Gerbe :



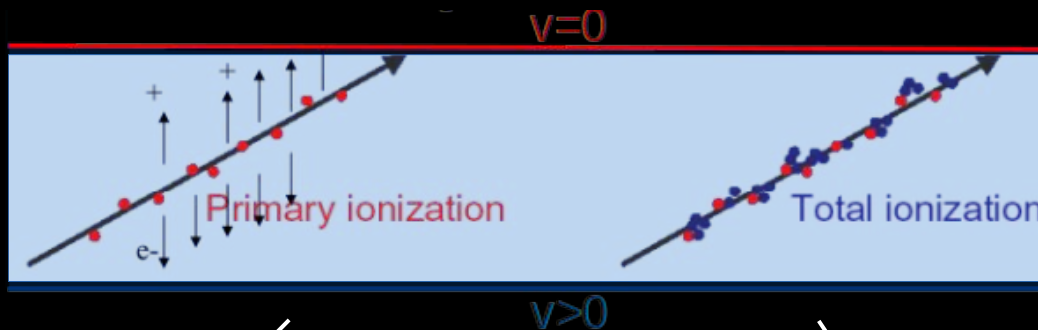
Trace observée:



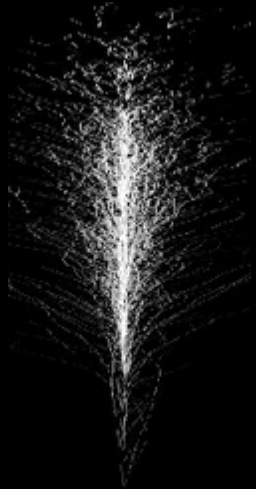
e^\pm γ μ^\pm Hadrons chargés Hadrons neutres
laurent chevalier laurent chevalier p, k^\pm, π^\pm, \dots n, π^0, λ, \dots

Détecteur

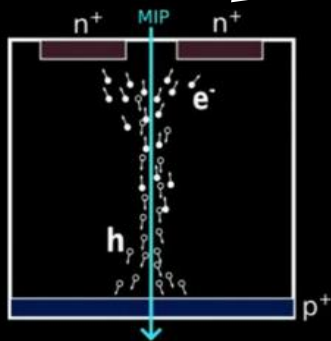
Réponse schématique



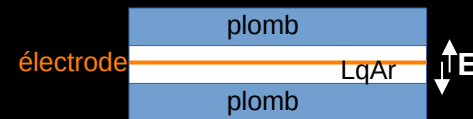
Gerbe :



tracker



calorimètre



Trace observée:

e^\pm

γ

μ^\pm

Hadrons
chargés
 p, k^\pm, π^\pm, \dots

Hadrons
neutres
 n, π^0, λ, \dots

laurent chevalier laurent chevalier

Détecteur

ATLAS (7 ktons)

CMS (12.5 ktons)

INNER TRACKER

- Silicon pixels + strips
- TRT with particle identification
- $B = 2T$
- $\sigma(p_T) \sim 3.8\%$ (at 100 GeV, $\eta = 0$)

- Silicon pixels + strips
- No dedicated particle identification
- $B = 4T$
- $\sigma(p_T) \sim 1.5\%$ (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 ~ 3 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)

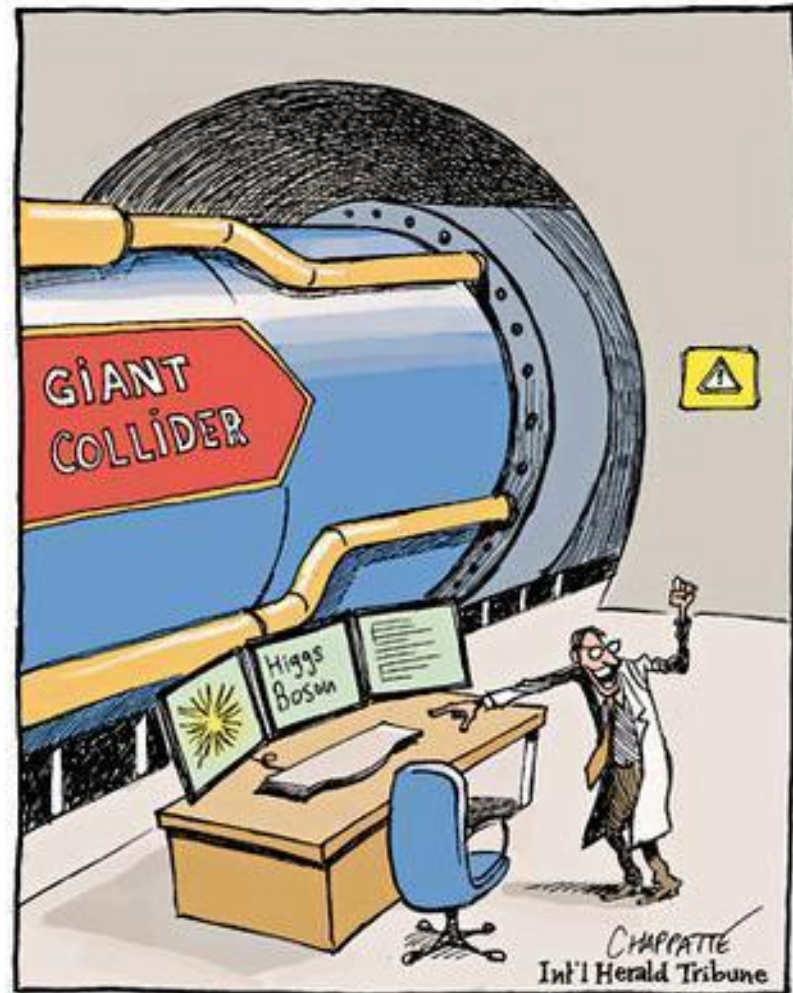
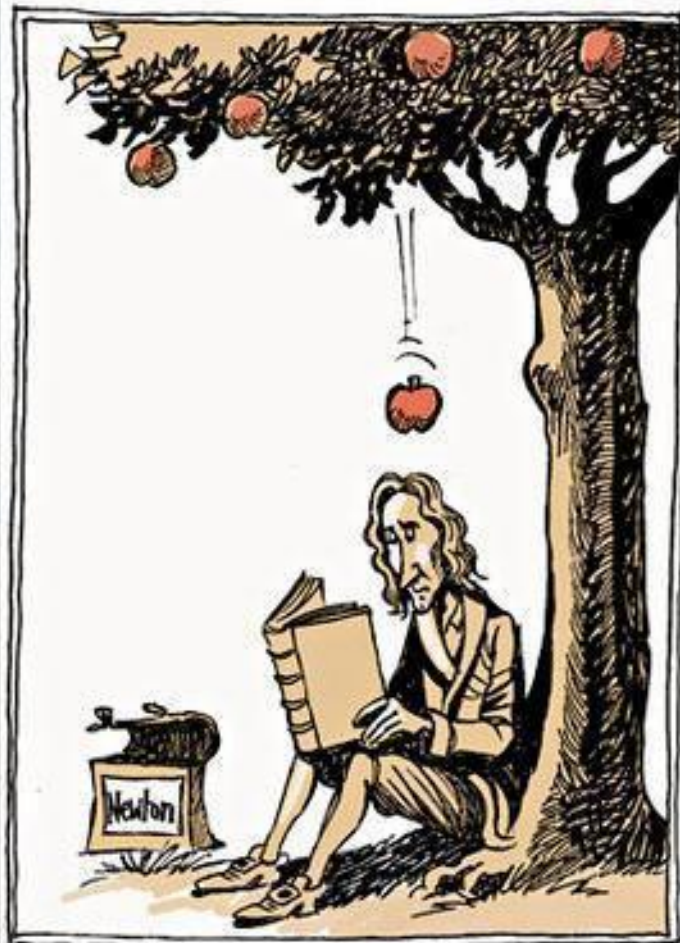
- Cu (EC: brass) / Scint. tiles
- Tail catchers outside solenoid
- $\sigma(E) \sim 100\% / \sqrt{E} \oplus 8\%$ (Barrel)

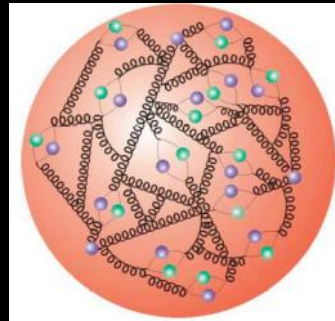
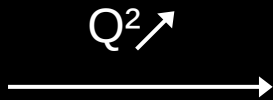
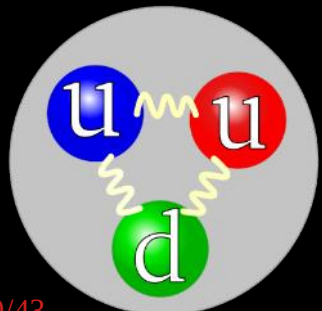
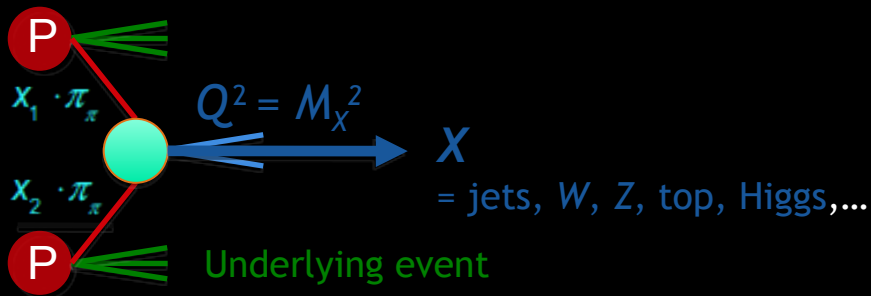
MUON

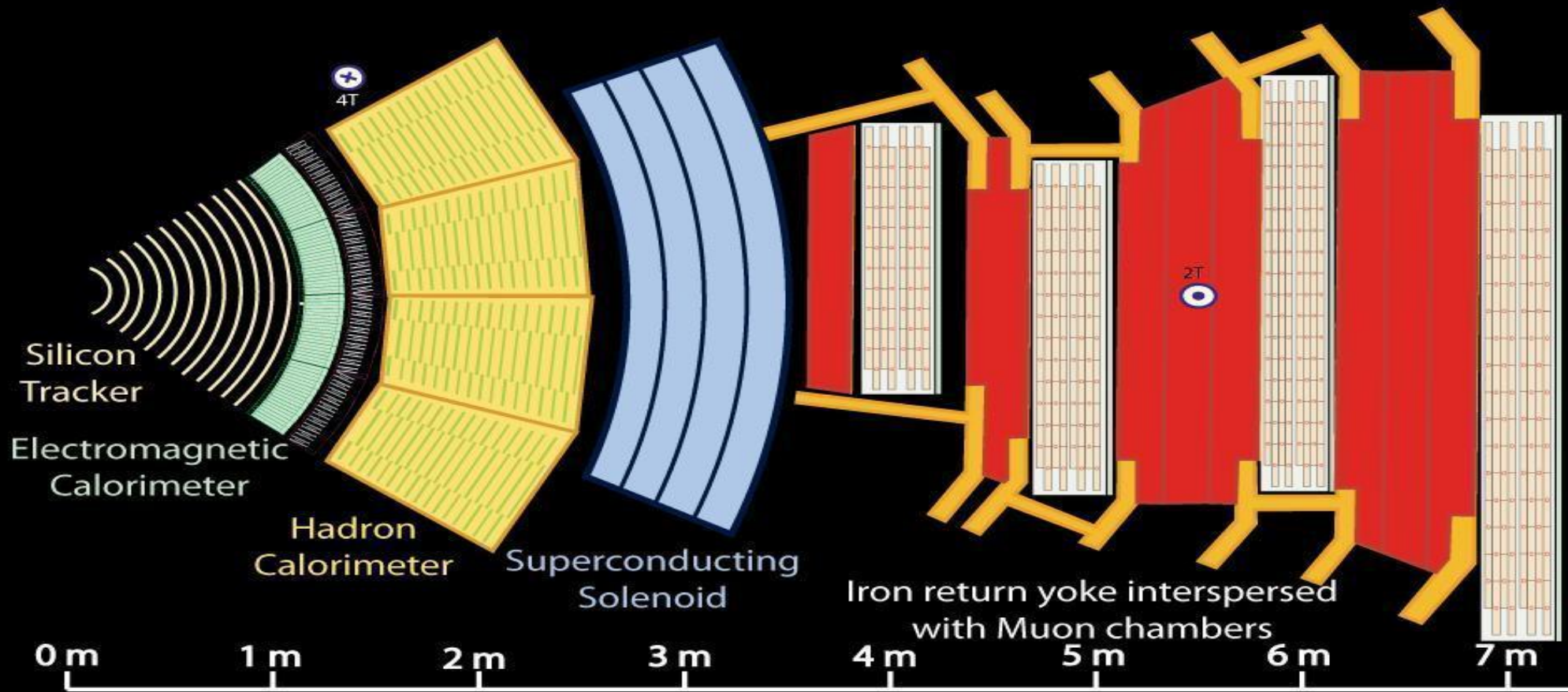
- Drift tubes & CSC (fwd) + RPC/TGC
- $\sigma(p_T) \sim 10.5\% / 10.4\%$ (1 TeV, $\eta = 0$)
(standalone / combined with tracker)

- 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:

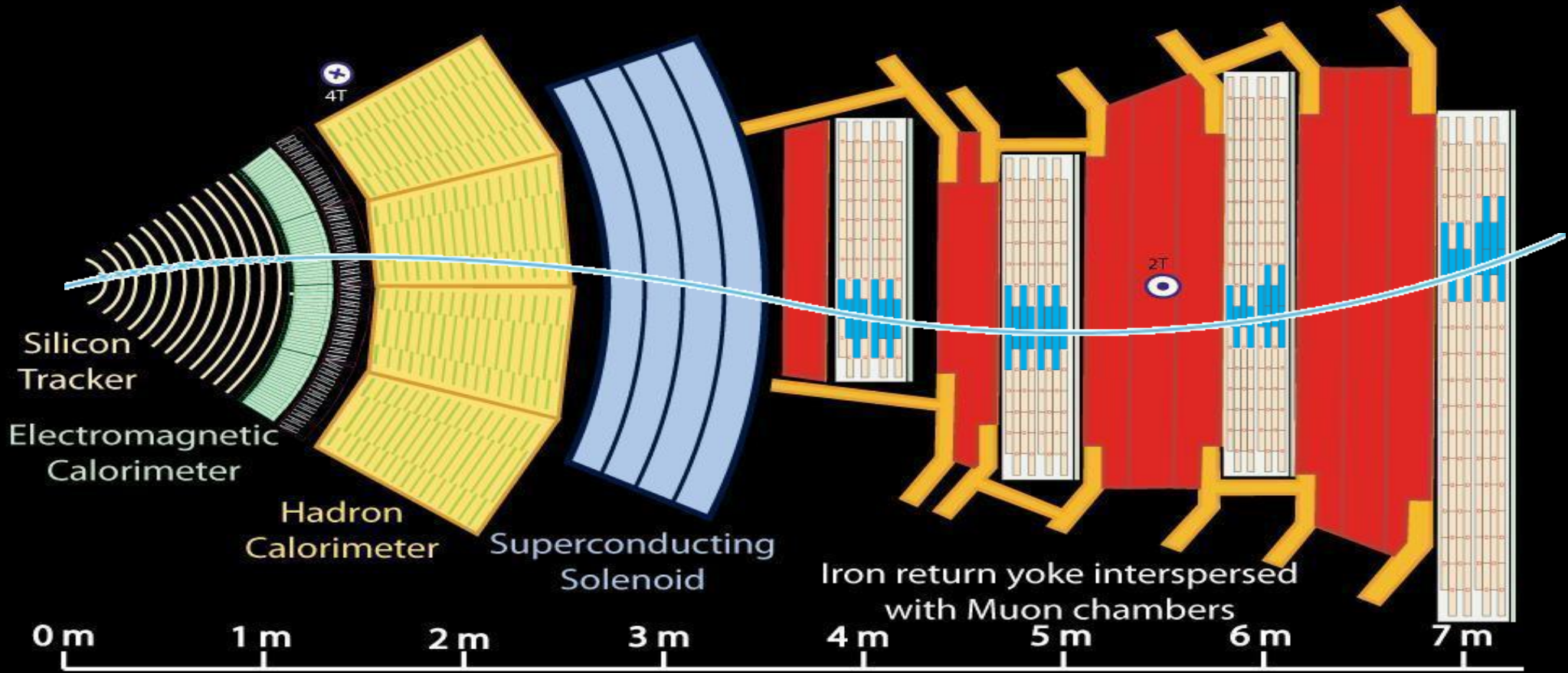
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

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

- - - Photon



Key:

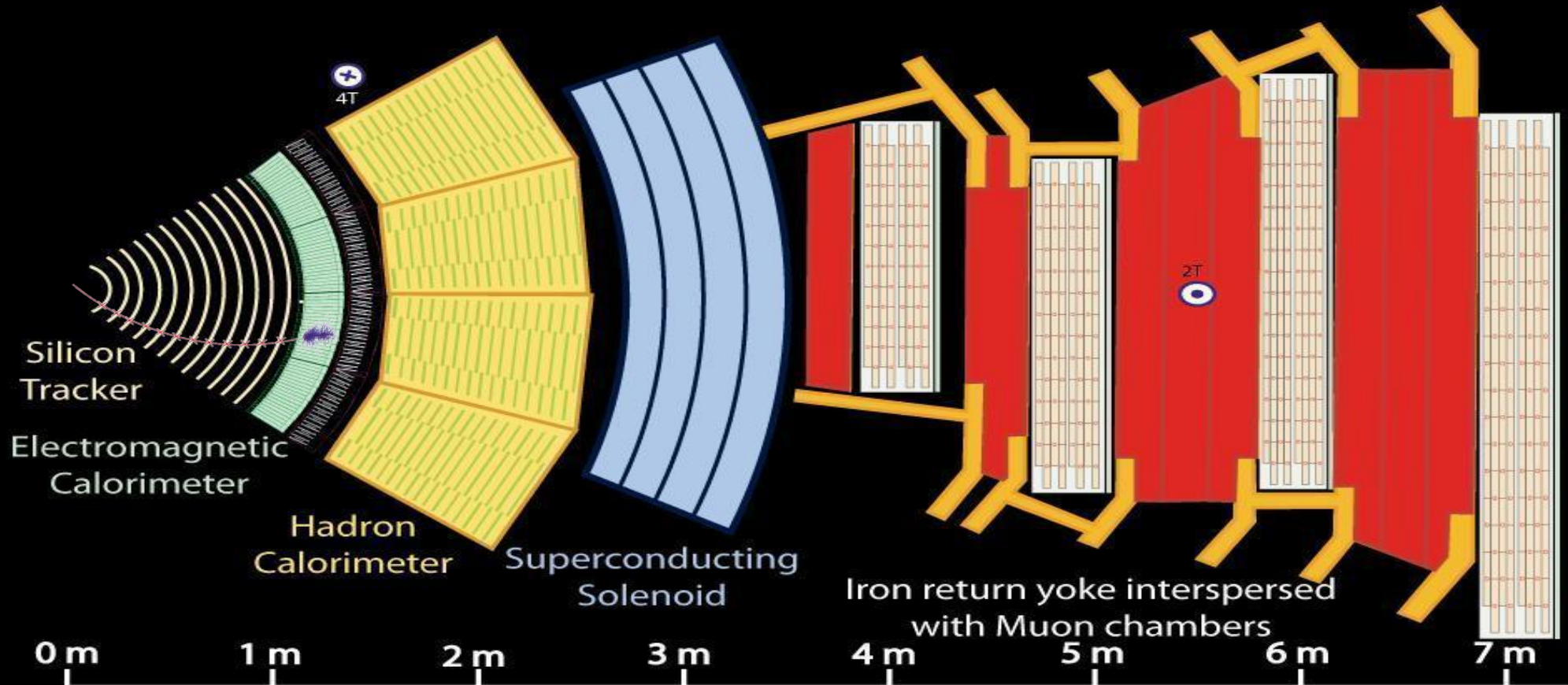
— Muon

— Electron

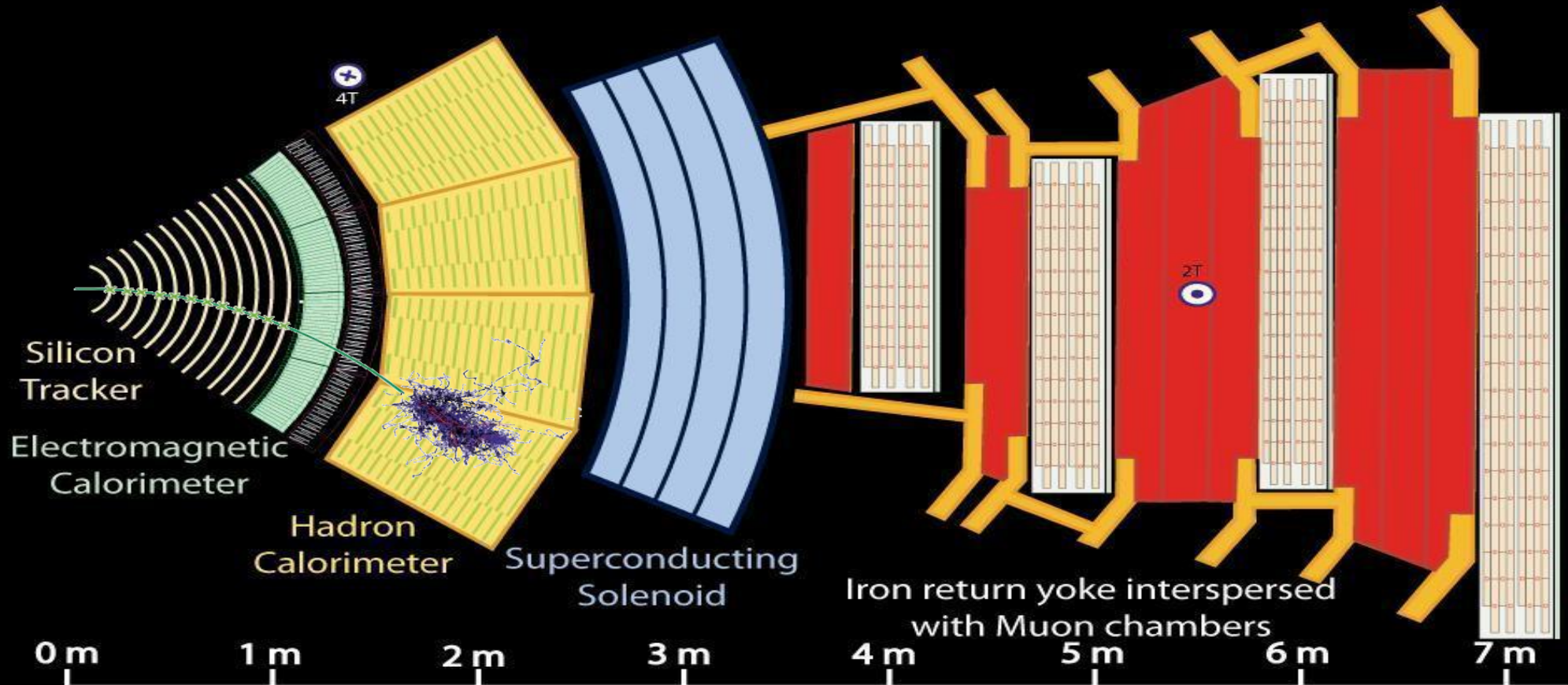
— Charged Hadron (e.g. Pion)

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

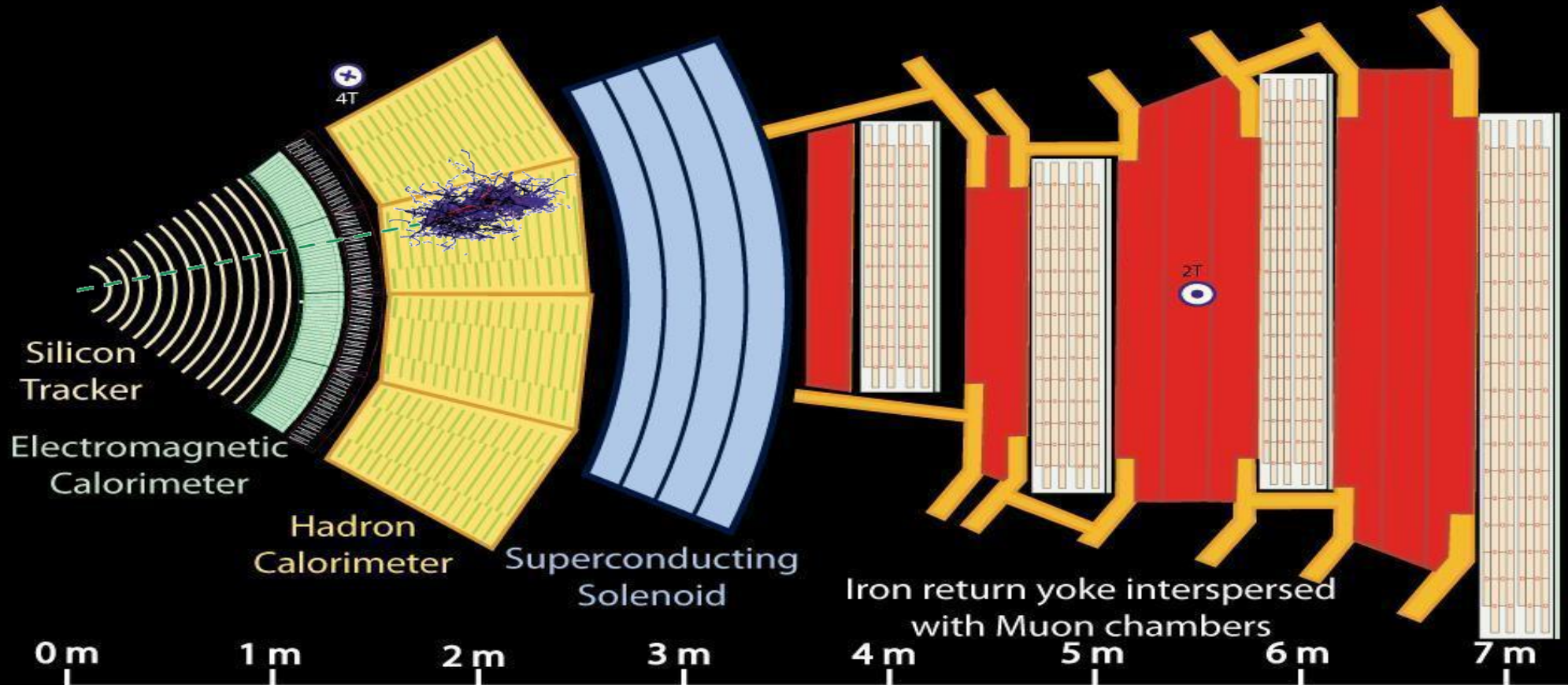
- - - Photon



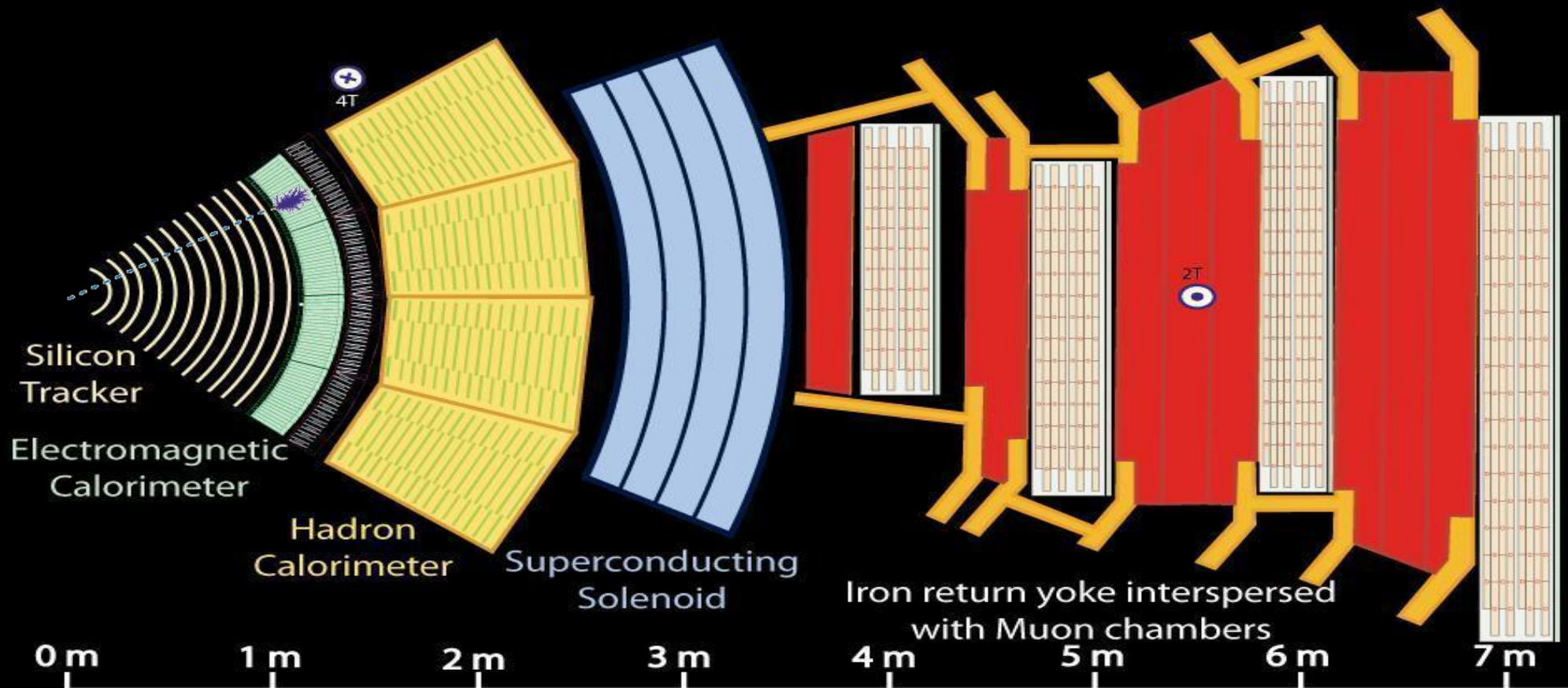
- Key:
- Muon
 - Electron
 - Charged Hadron (e.g. Pion)
 - Neutral Hadron (e.g. Neutron)
 - Photon



- Key:
- Muon
 - Electron
 - Charged Hadron (e.g. Pion)
 - - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)
 - - - Photon



- 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

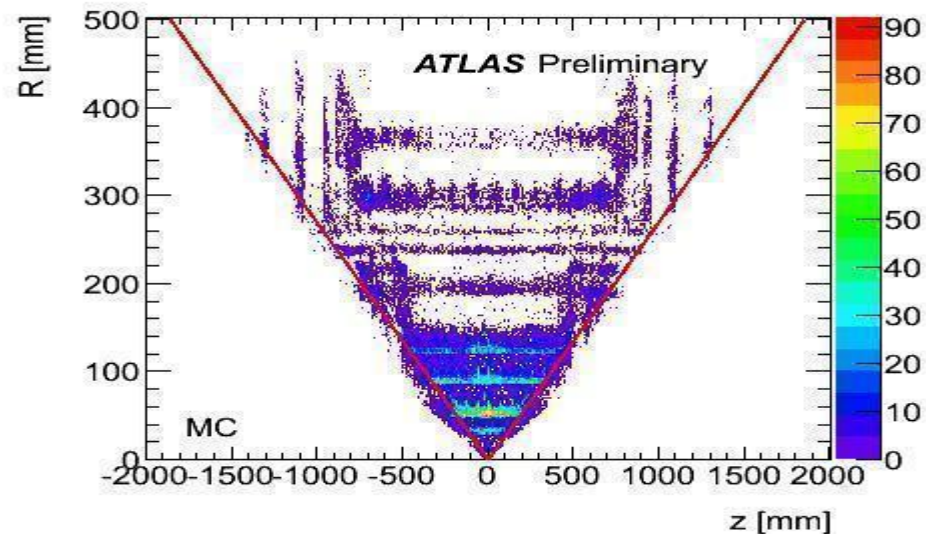
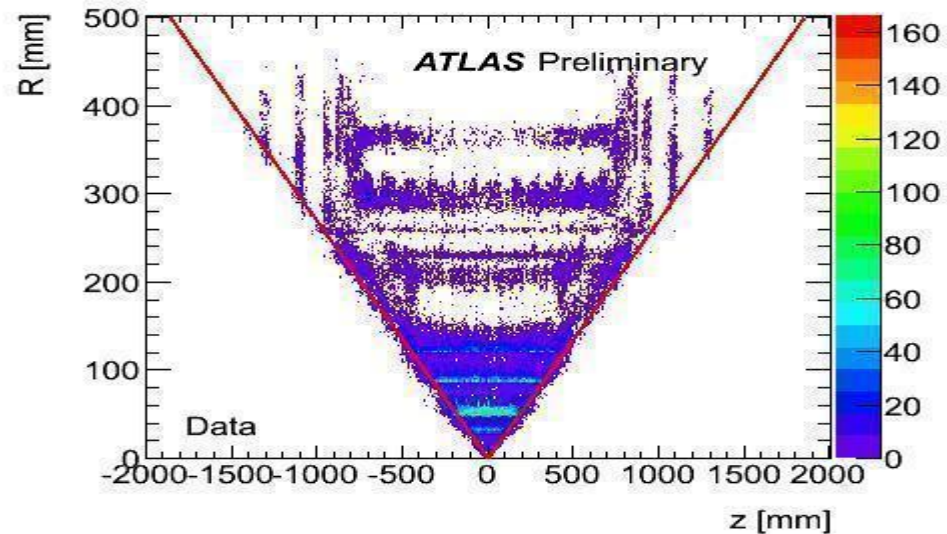
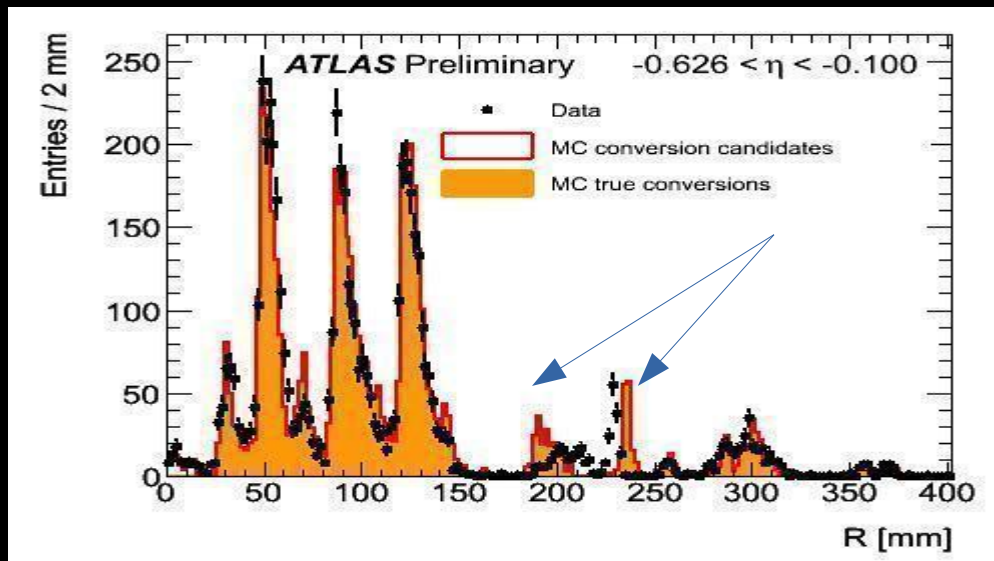
- D'autres phénomènes physiques
- De la mauvaise connaissance de l'appareil
- De problèmes électroniques
- De programme de reconstruction imparfait

Génération (théorie), numérisation (électronique), simulation

Simulation

Data/MC

- Atlas : Pixels & SCT



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

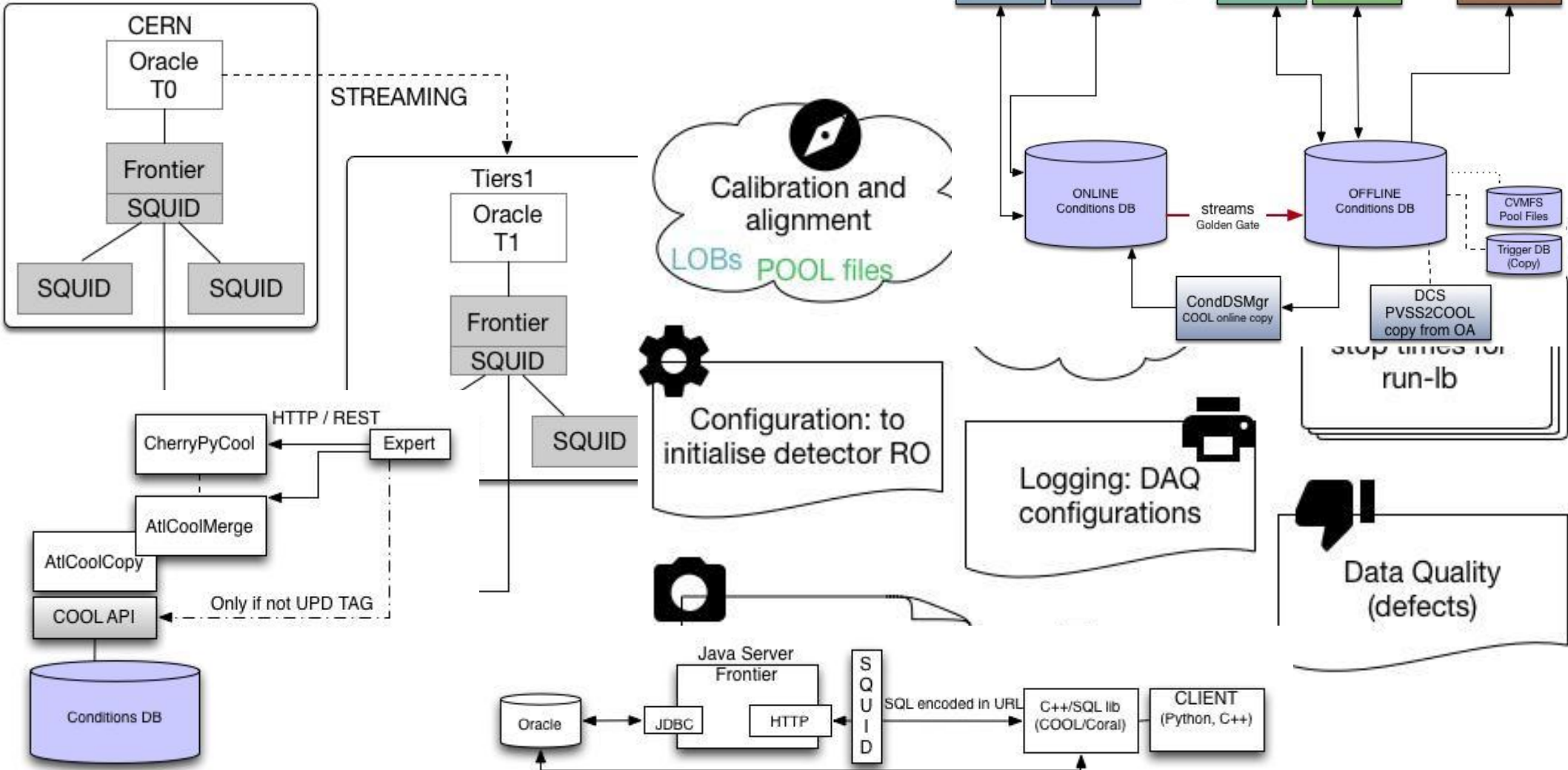
Solution

→ 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

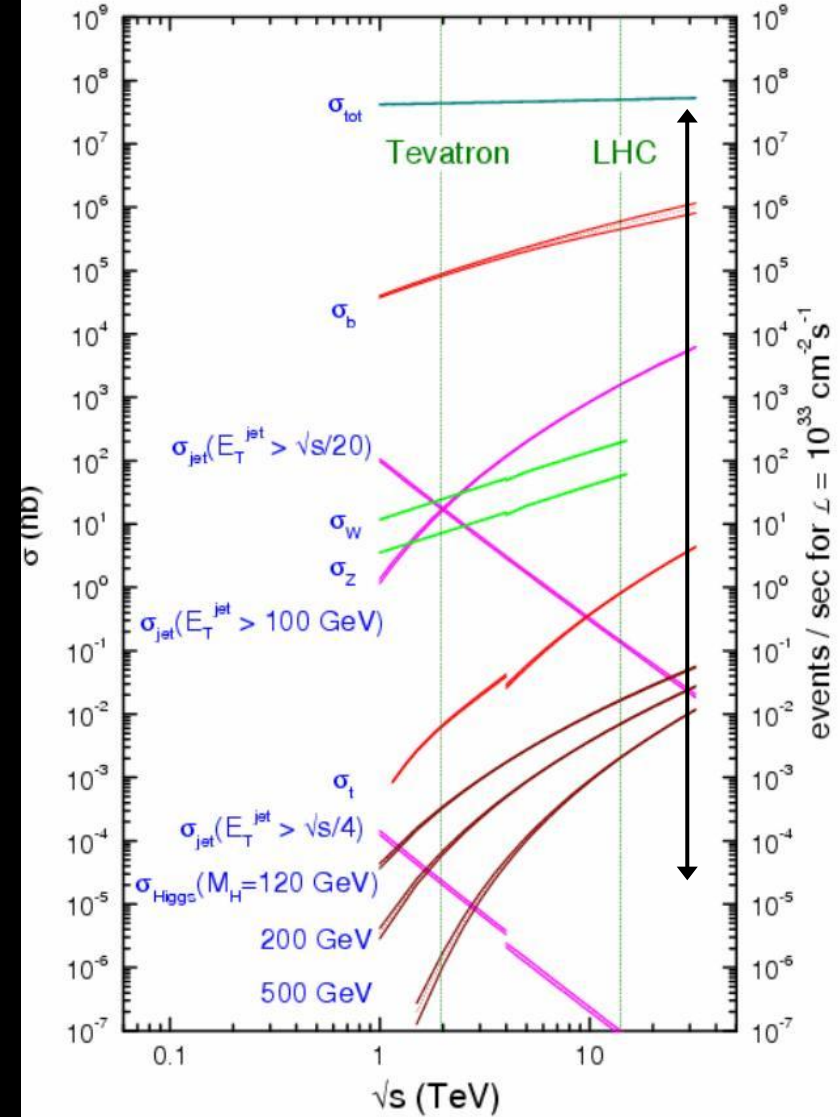


Mesures

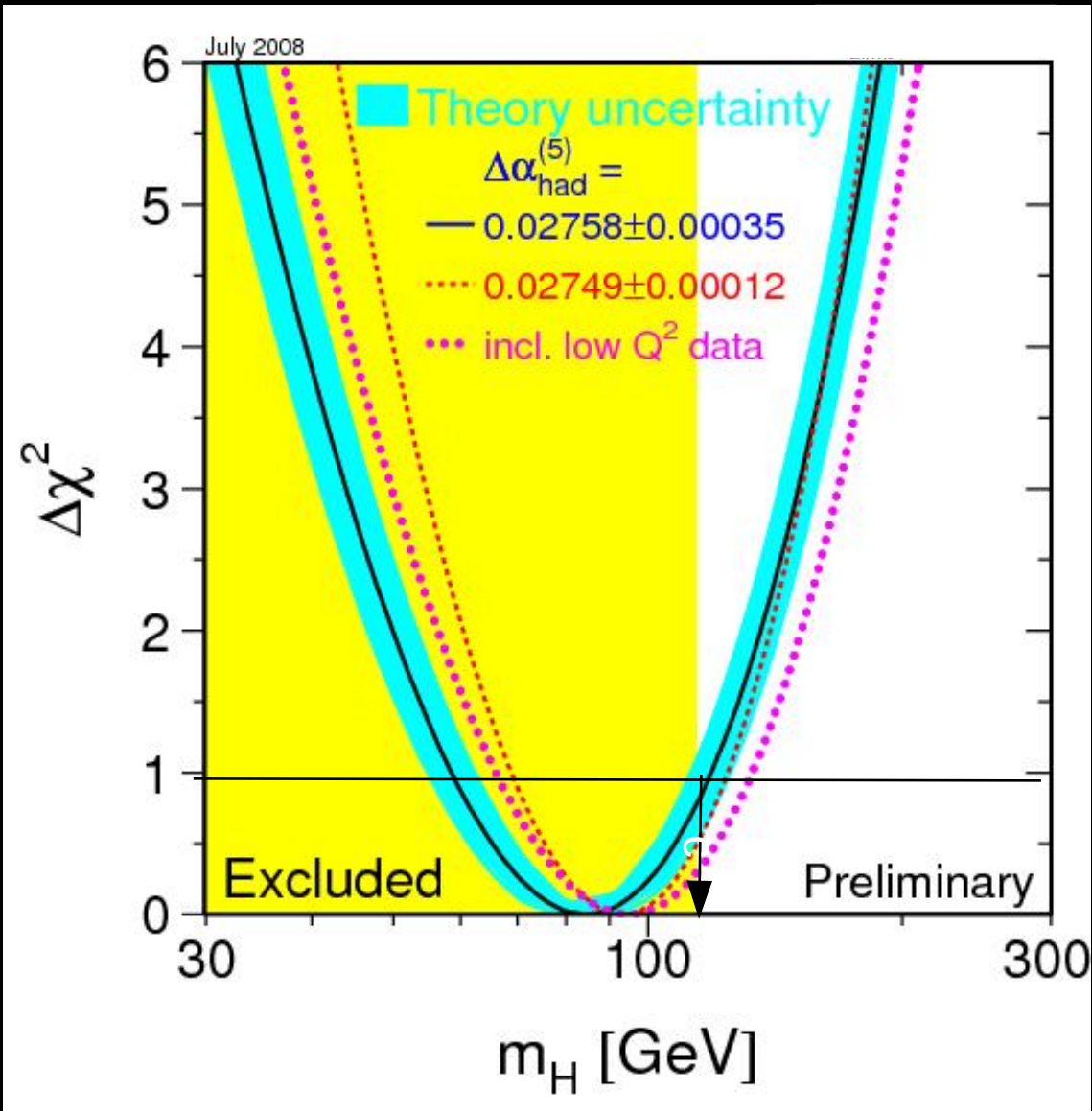
ordre de grandeur
de ce qu'on cherche $\sim 10^{12}$



proton - (anti)proton cross sections

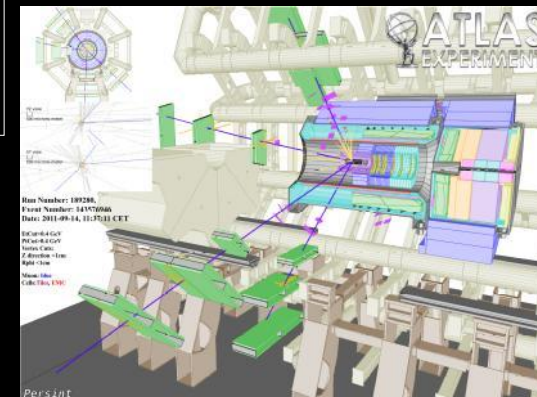


contraintes précédentes →

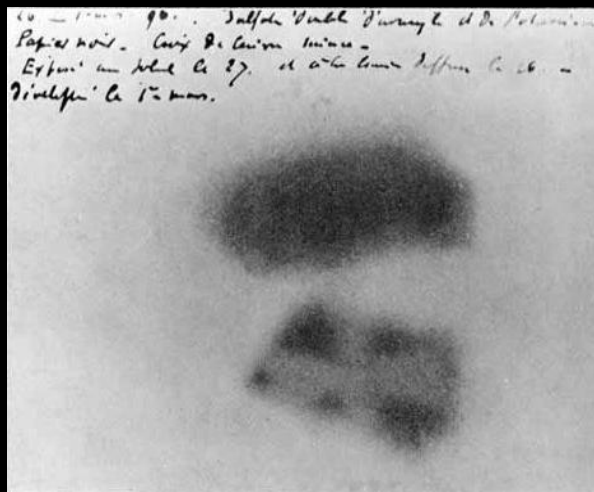


simulation

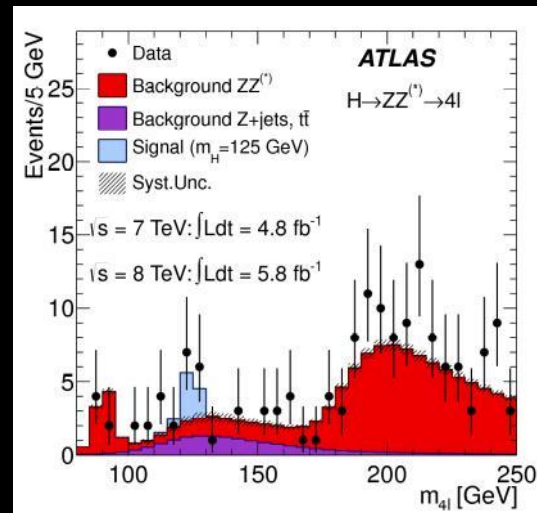
données



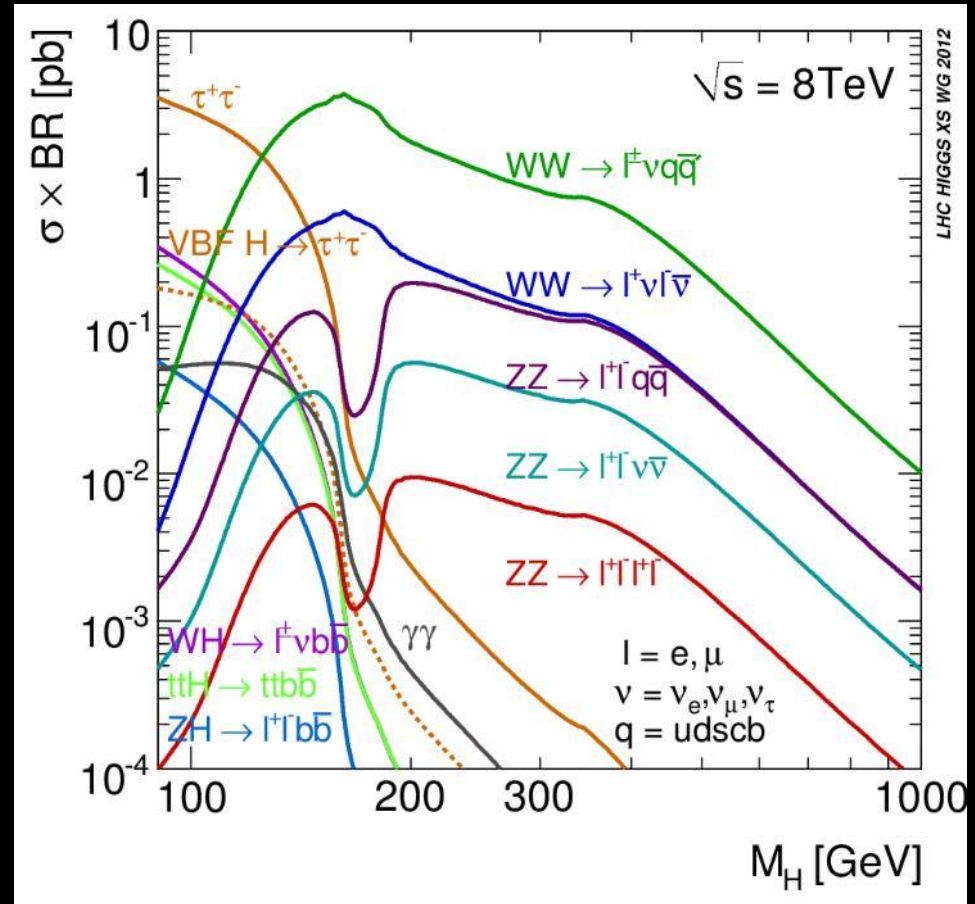
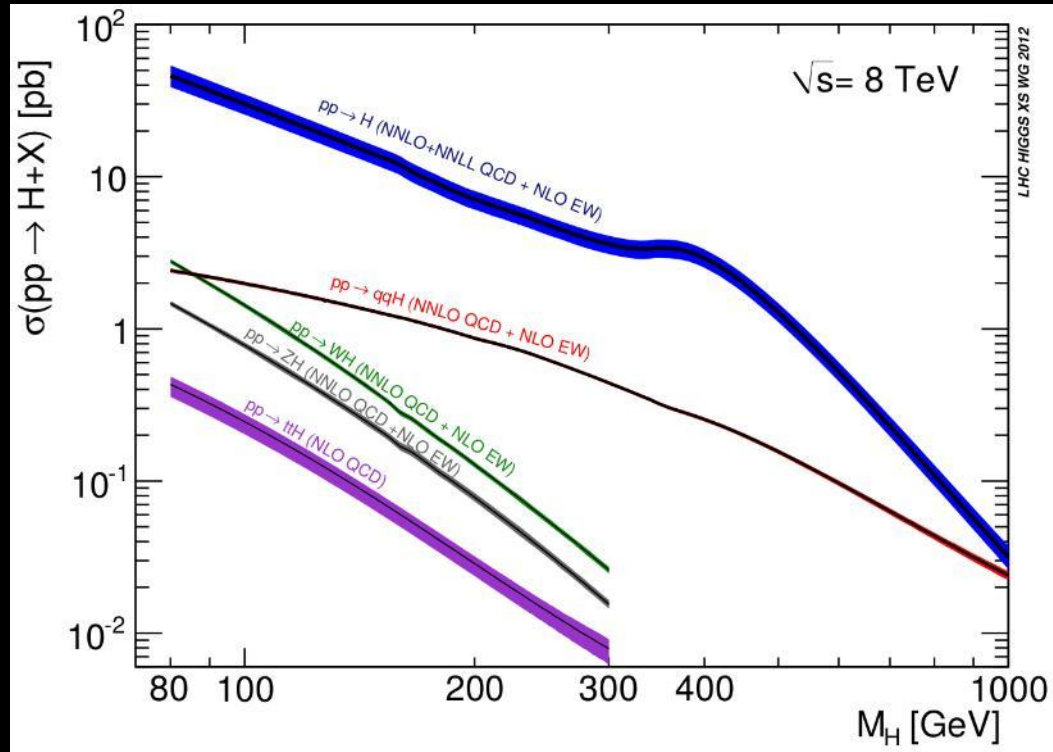
reconstruction



mesures



Théories et modèles → Simulation

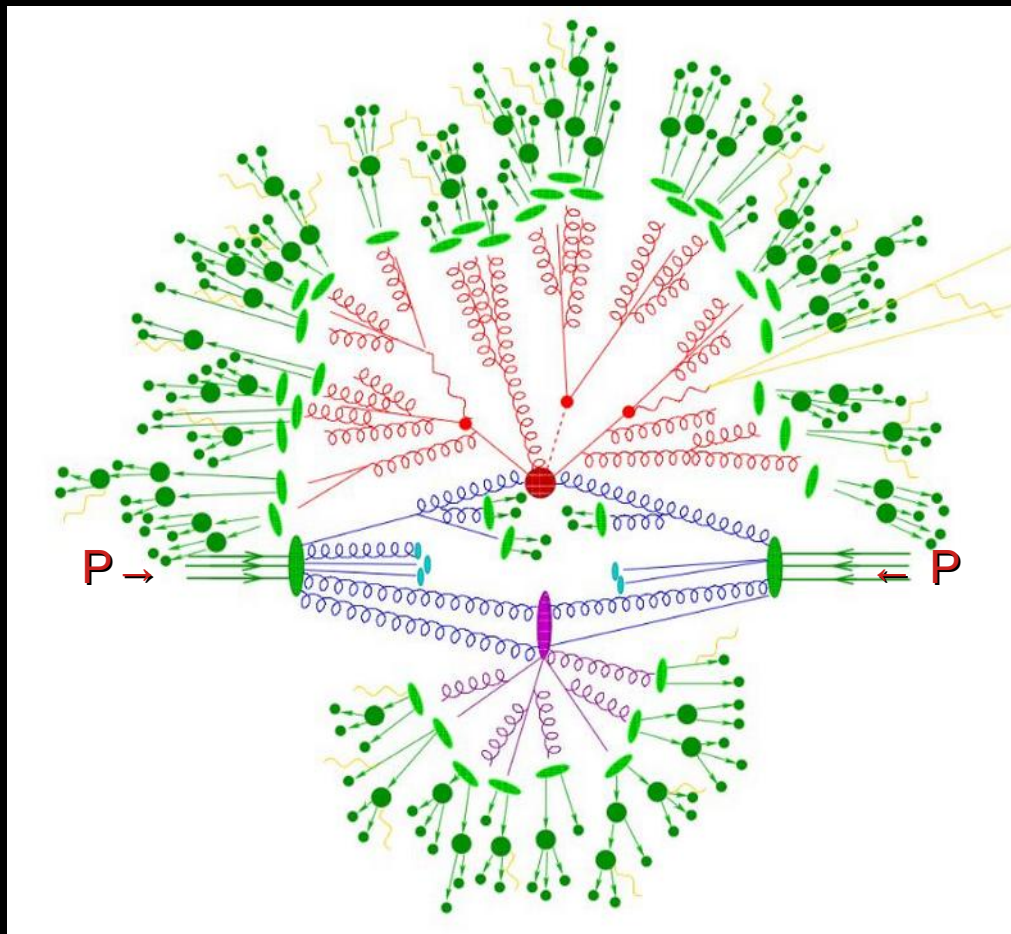


Simulation

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.

ARTICLE INFO

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

ABSTRACT

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](#).

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)



laurent chevalier laurent chevalier

