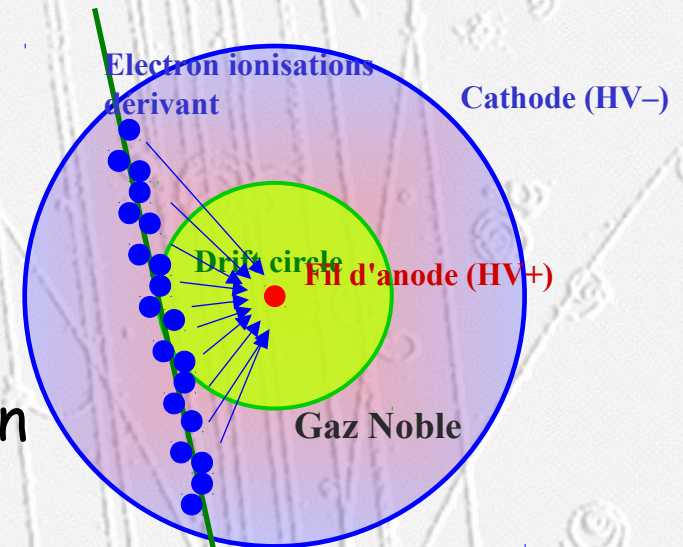


# 4. Détecteurs de Traces : **Gaz**

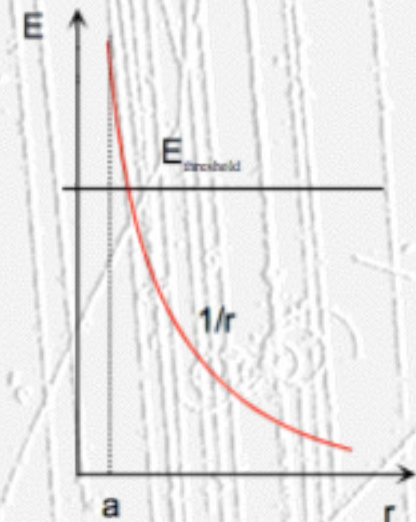
- **Chambres à dérives**

- De l'ordre d'une centaine de paires e-/ion
- Champ E est en 1/r.
- Au delà d'un certain seuil, les e- ionisent le gaz : **avalanche**
- Gain typique : 10<sup>4</sup> - 10<sup>5</sup>
- Mesure dans une direction uniquement



Particule chargée

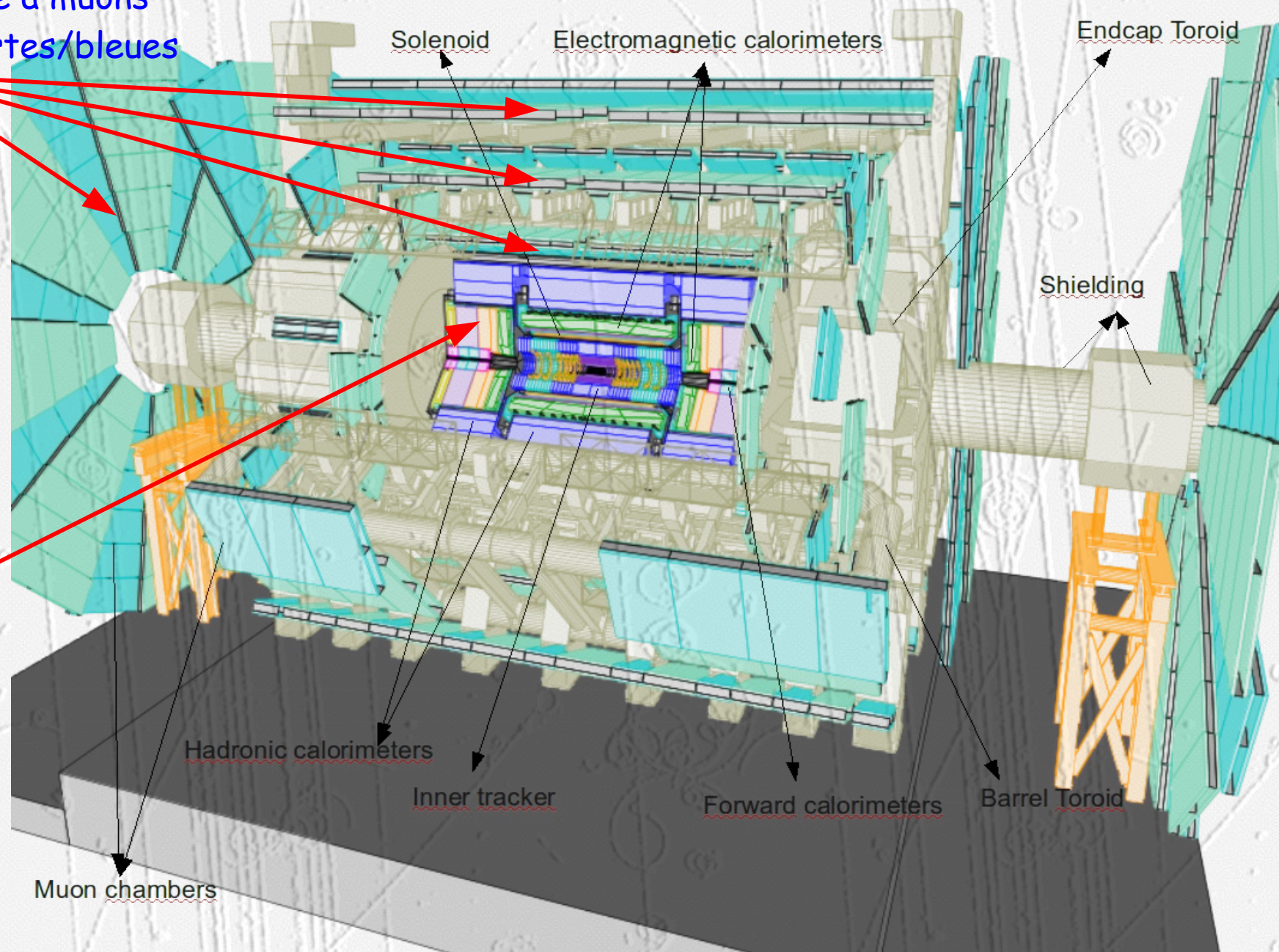
$$E = \frac{C V_0}{2 \pi \epsilon_0} \ln \left( \frac{1}{r} \right)$$





# 4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérivation dans ATLAS**

Spectromètre à muons  
Chambres vertes/bleues

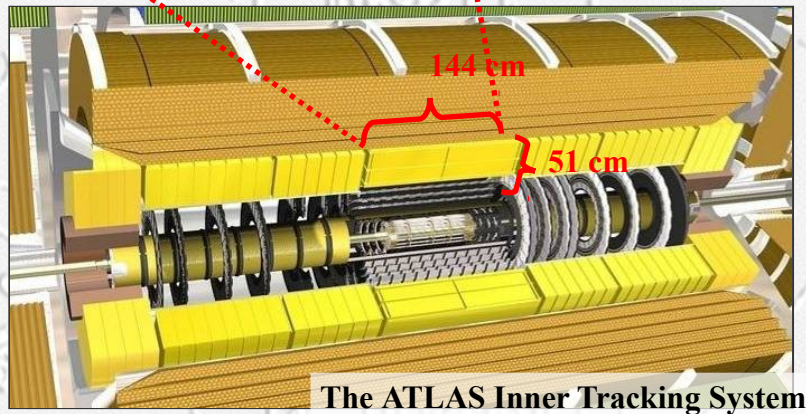
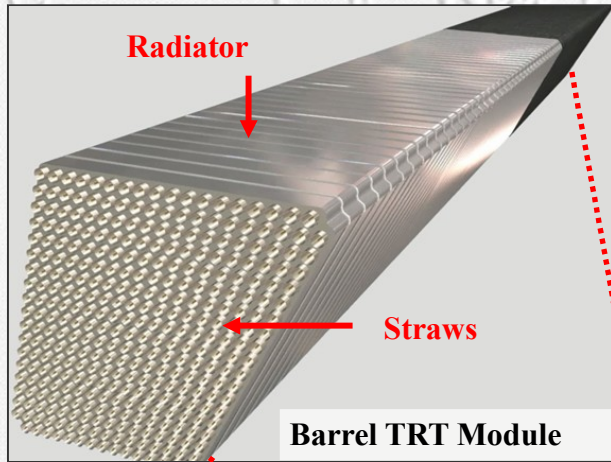


TRT

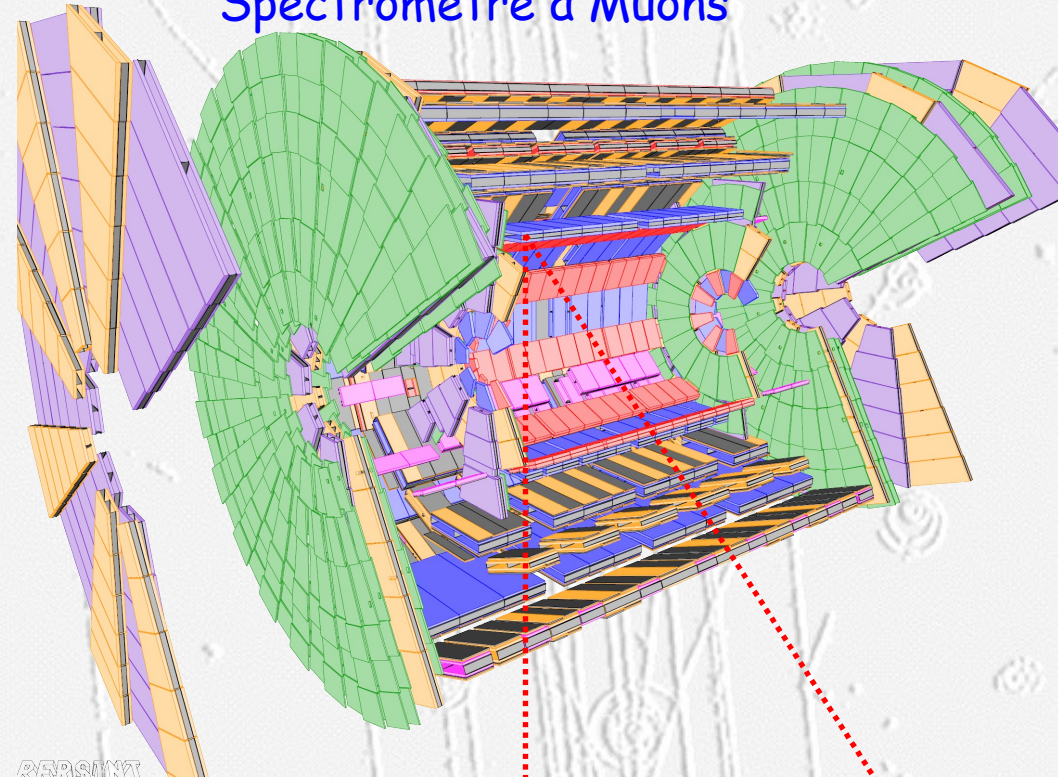


# 4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérive dans ATLAS**

TRT



Spectromètre à Muons

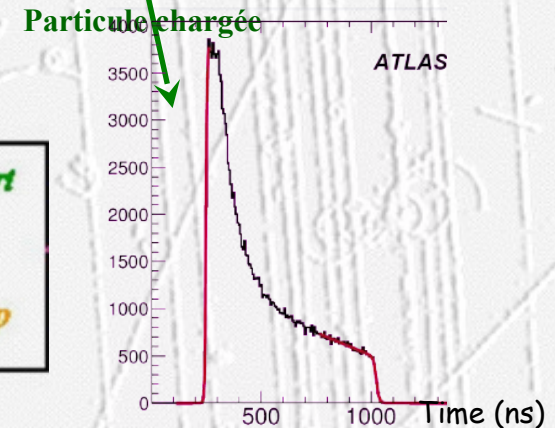
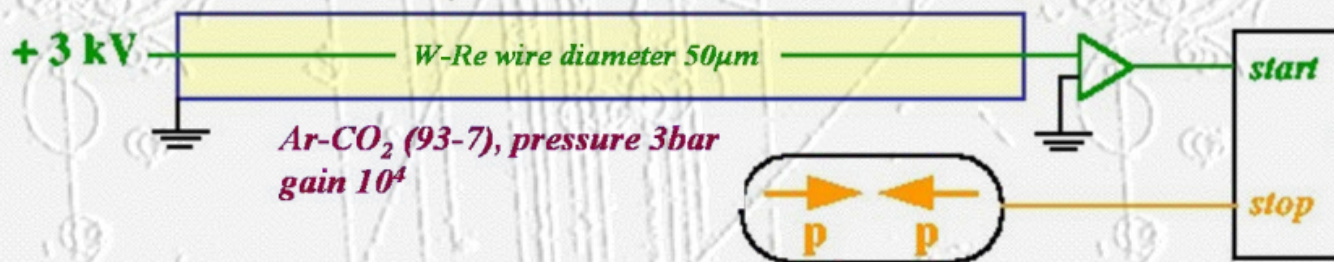
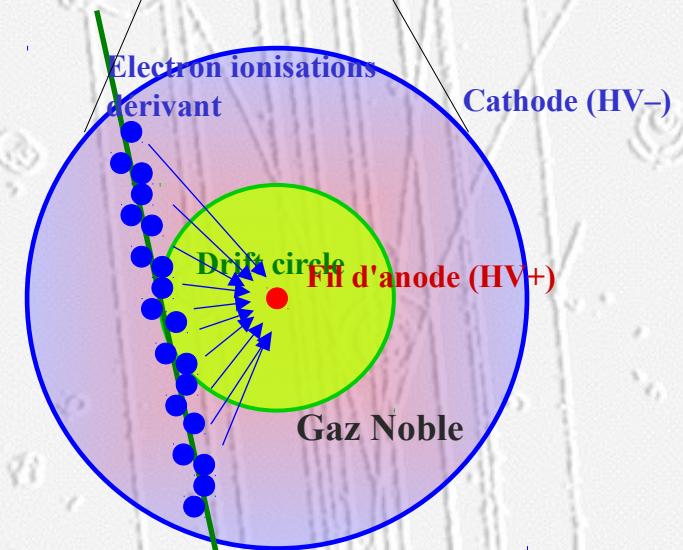
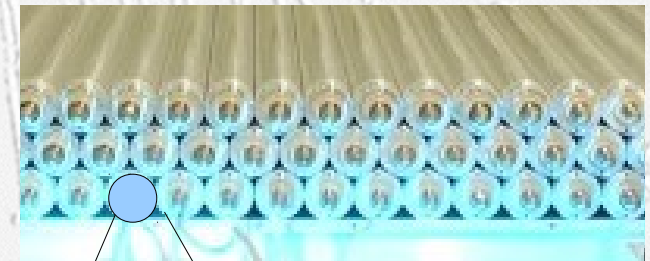




# 4. Détecteurs à Trace : **Chambres à dérivation**

- **Atlas : spectromètre à muons**

- Chambre à dérivation (1 à 6m)
- Fil 50  $\mu\text{m}$ , diamètre tube 30 mm
- $V=3000$  Volts
- Pression = 3 atm (300 paires/cm)
- Gain :  $2 \cdot 10^4$
- Temps de dérivation max : 700 ns
  - Vitesse de dérivation  $\sim 3\text{cm}/\mu\text{s}$
- Résolution spatiale  $\sigma \sim 80\mu\text{m}$
- Ar(93%)-CO<sub>2</sub>(7%)

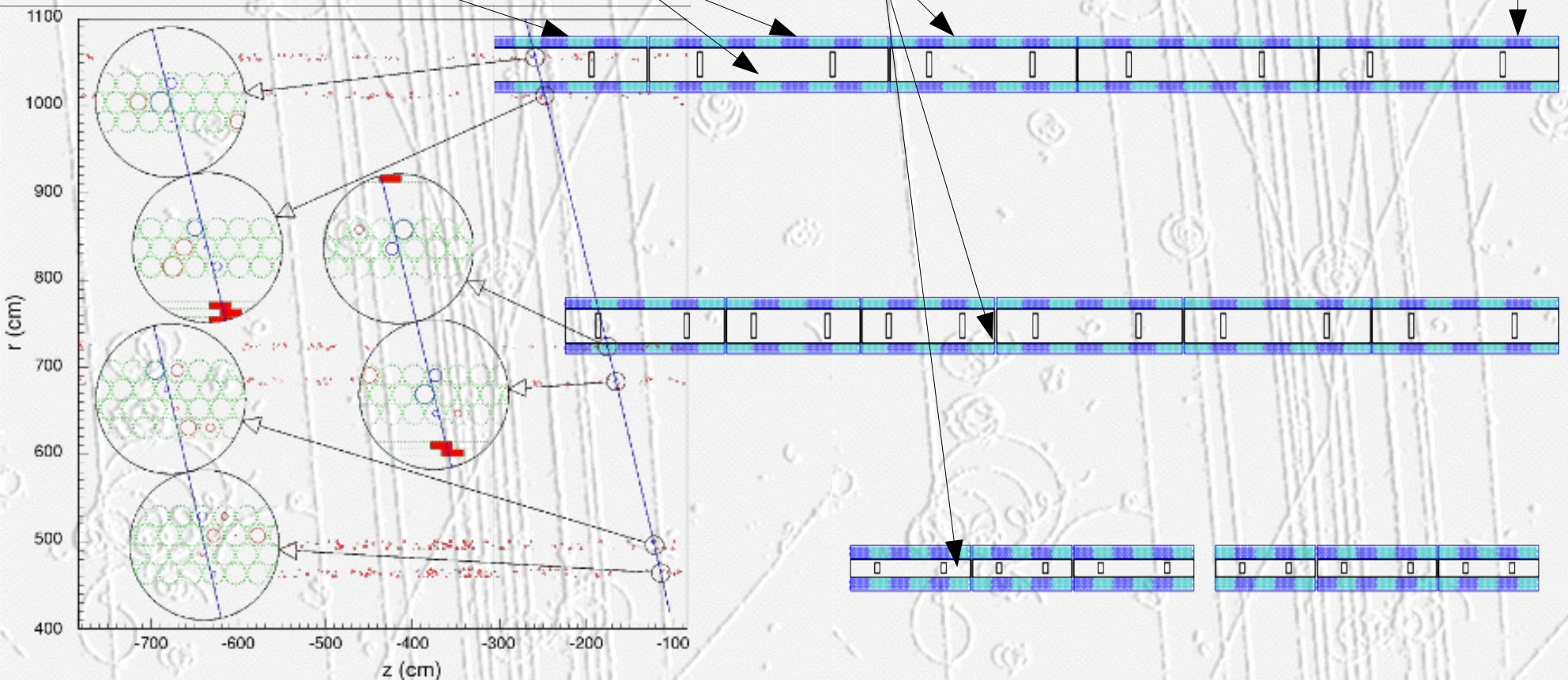
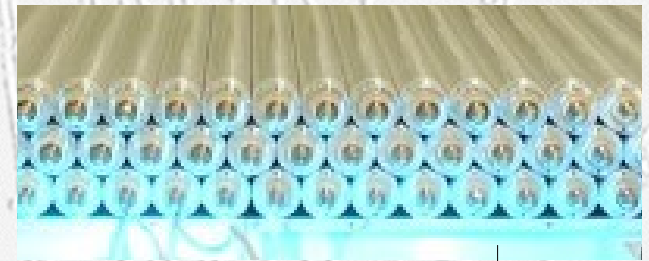




# 4. Détecteurs à Trace : **Chambres à dérivation**

- **Atlas : spectromètre à muons**

- 3 (4) tubes x 2 (couches) x 3 (positions)





# 4. Détecteurs à Trace : **Chambres à dérivation**

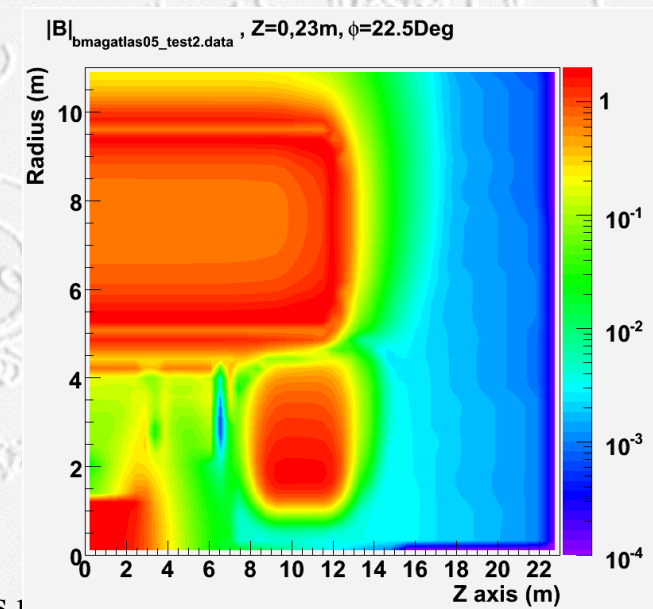
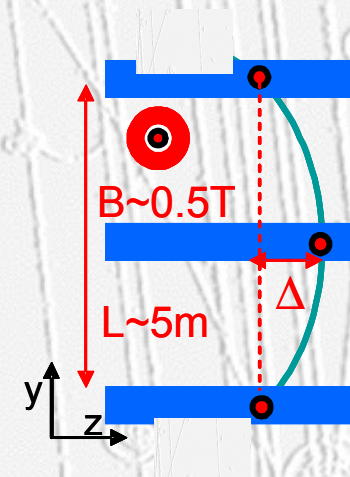
- **Atlas : spectromètre à muons**

- Problèmes :

- Information le long du fil  
& Déclenchement (trigger)
- Alignement
- Champ Magnétique

- Solutions:

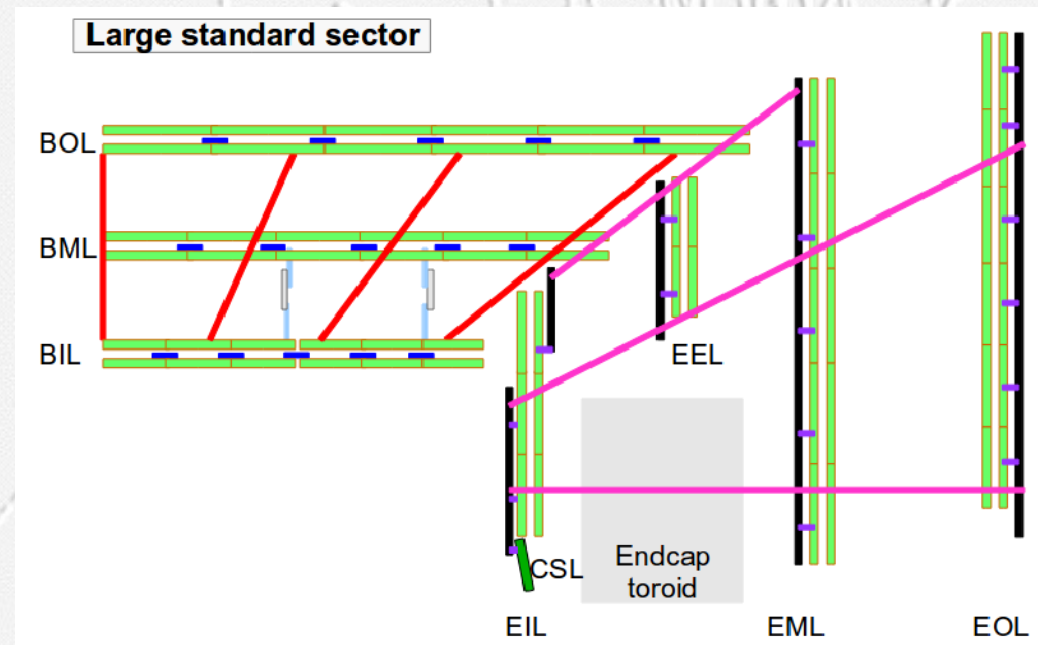
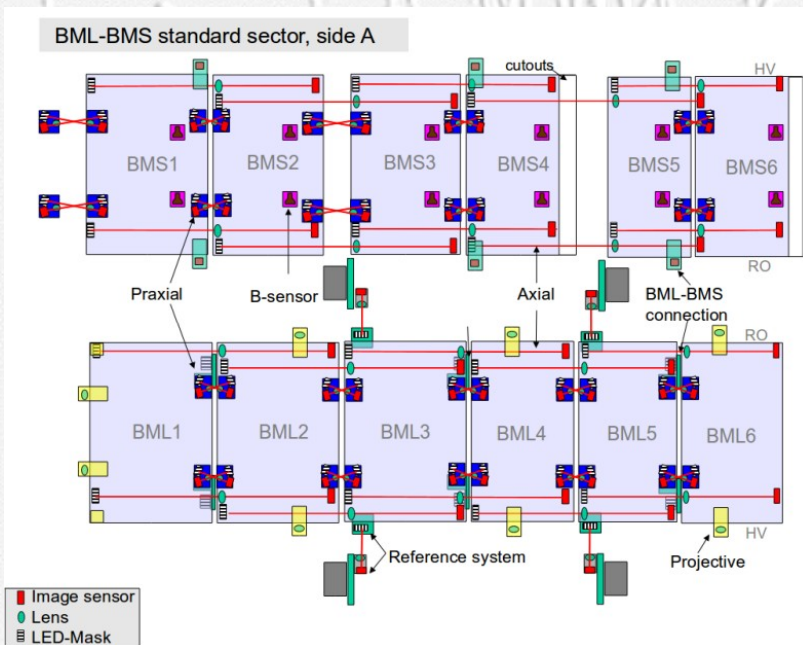
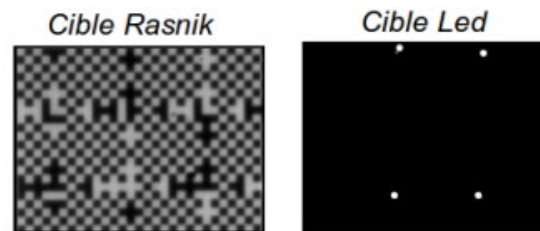
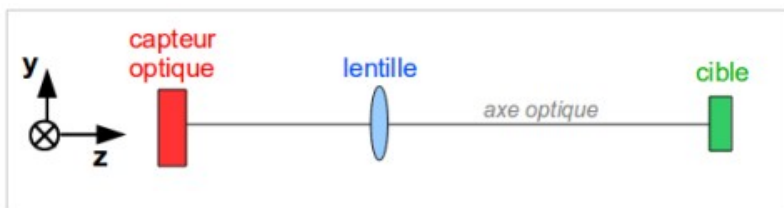
- RPC (Resistive Plate Chamber)
  - Segmentation en Phi et Eta
  - Très rapide (3ns)
- Alignement :
- toroïde à air



# 4. Détecteurs à Trace : **Chambres à dérivation**

- **Atlas : spectromètre à muons**

- Alignement, 50  $\mu\text{m}$  (flèche), 20000 paramètres libres  
= 1200 chambres \* (6 translations + 11 déformations)





# Détecteur de traces

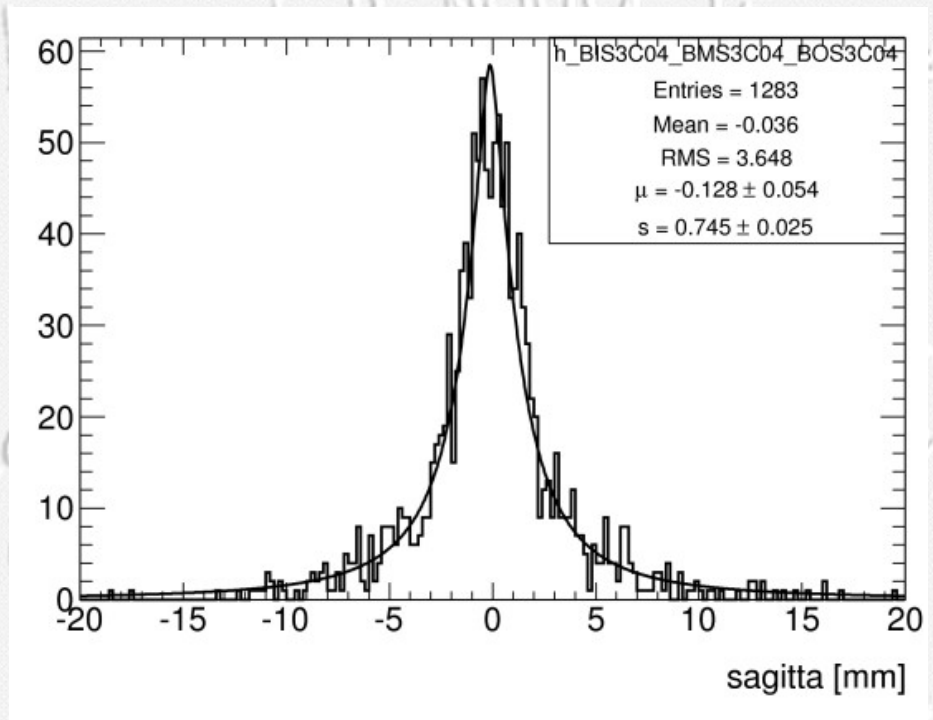
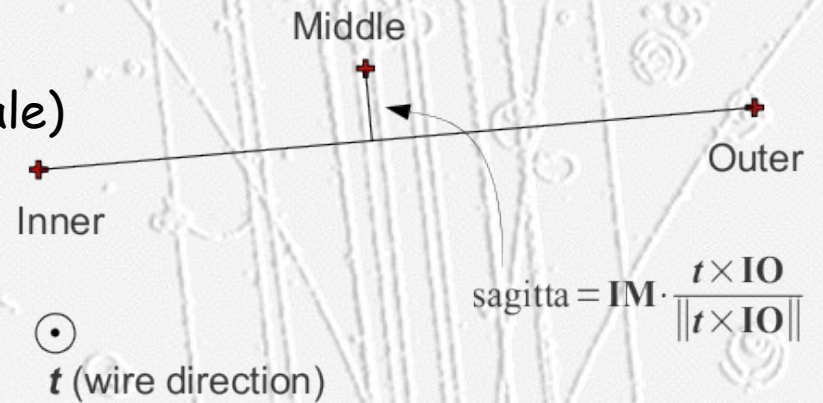
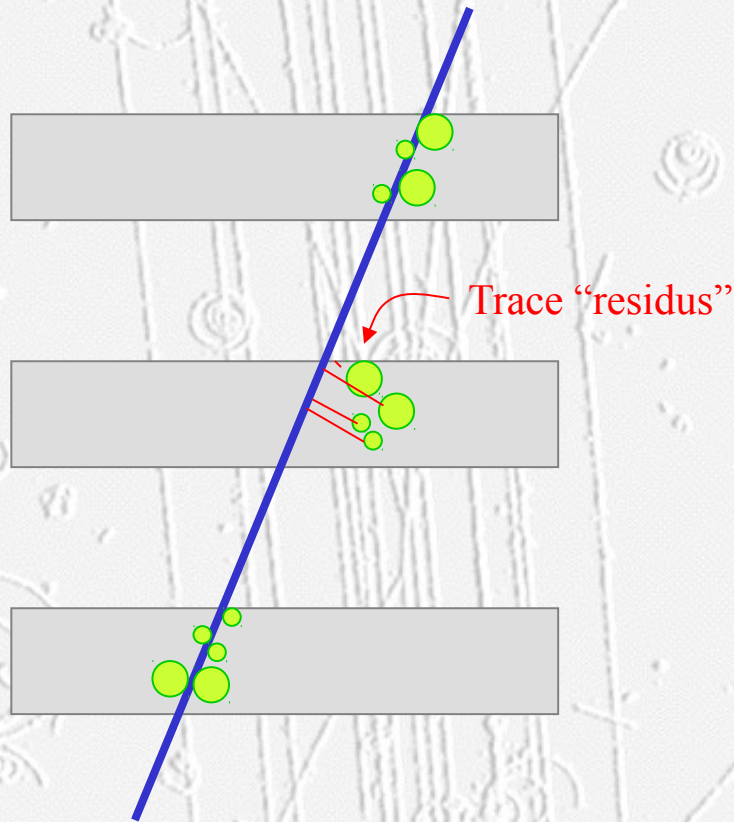




# 4. Détecteurs à Trace : **Chambres à dérivation**

- **Atlas : spectromètre à muons**

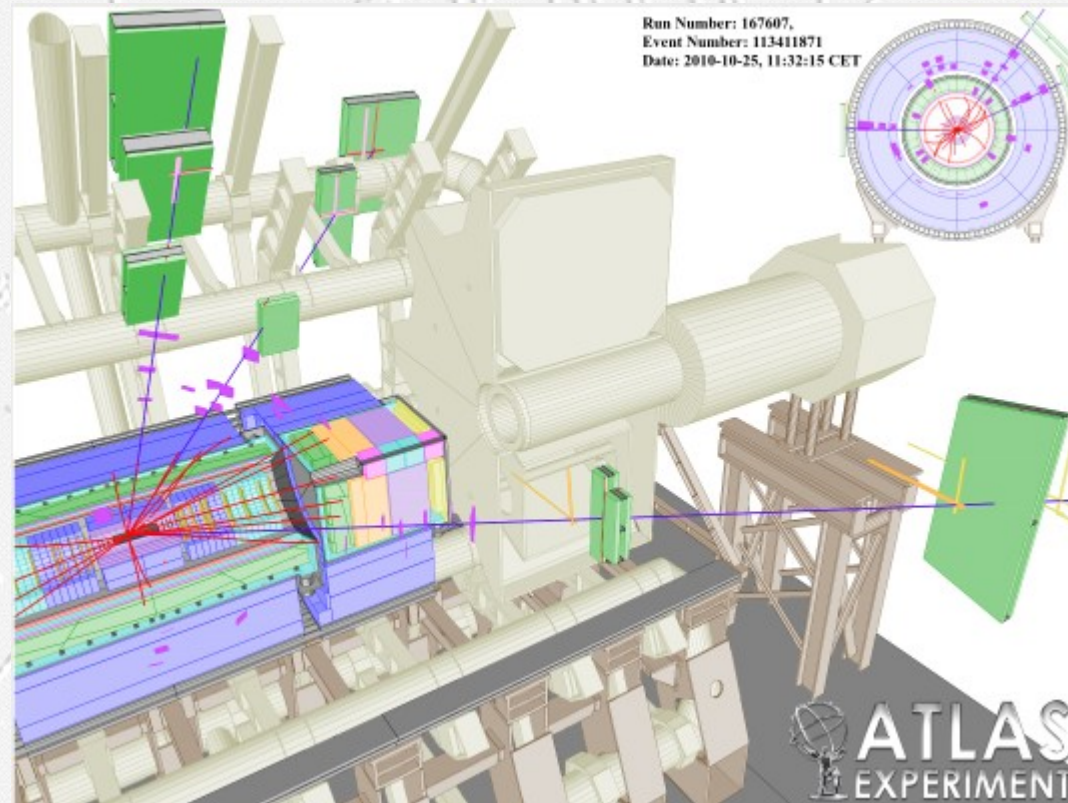
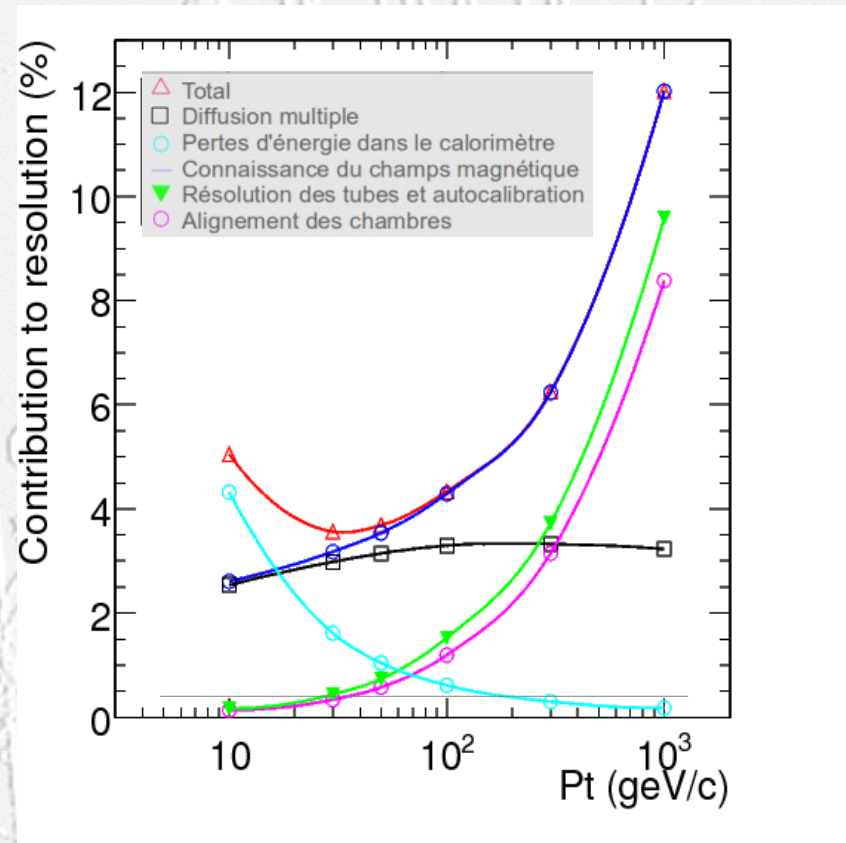
- Alignement trace droite (sans champ toroïdale)





# 4. Détecteurs à Trace : **Chambres à dérives**

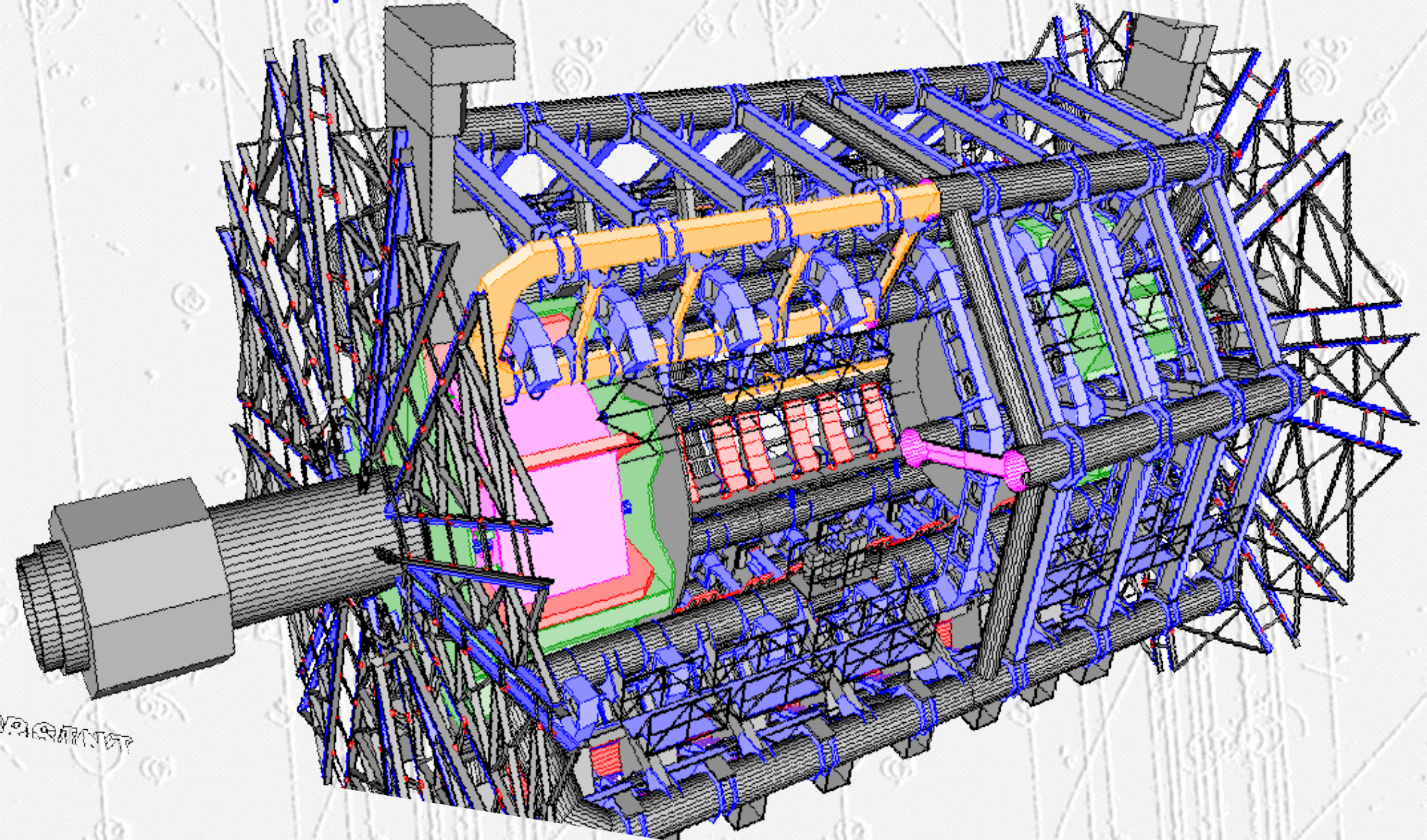
- **Atlas : spectromètre à muons**
  - Résolution en impulsion





## 4. Détecteurs à Trace : **Chambres à dérivation**

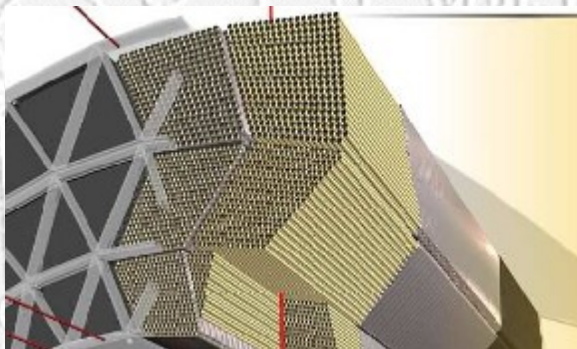
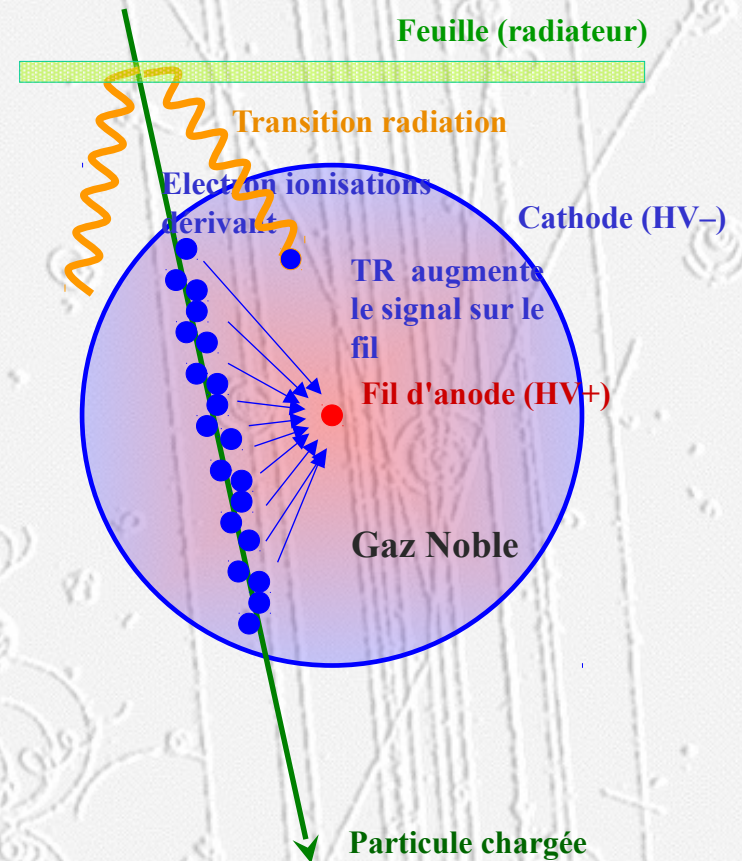
- **Atlas** : spectromètre à muons





## 4. Détecteurs à Trace : **Chambres à dérives**

- **Atlas : TRT\***
  - Chambre à dérives (0.37 à 1.44m)
  - Fil 31  $\mu\text{m}$ , diamètre paille 4 mm
  - $V=1530$  Volts
  - Pression = 1 atm (+10mbar)
  - Gain : 2.510<sup>4</sup>
  - Temps de dérives max : 48 ns
  - Résolution spatiale  $\sigma \sim 130 \mu\text{m}$
  - 70% Xe, 27% CO<sub>2</sub>, 3% O<sub>2</sub>

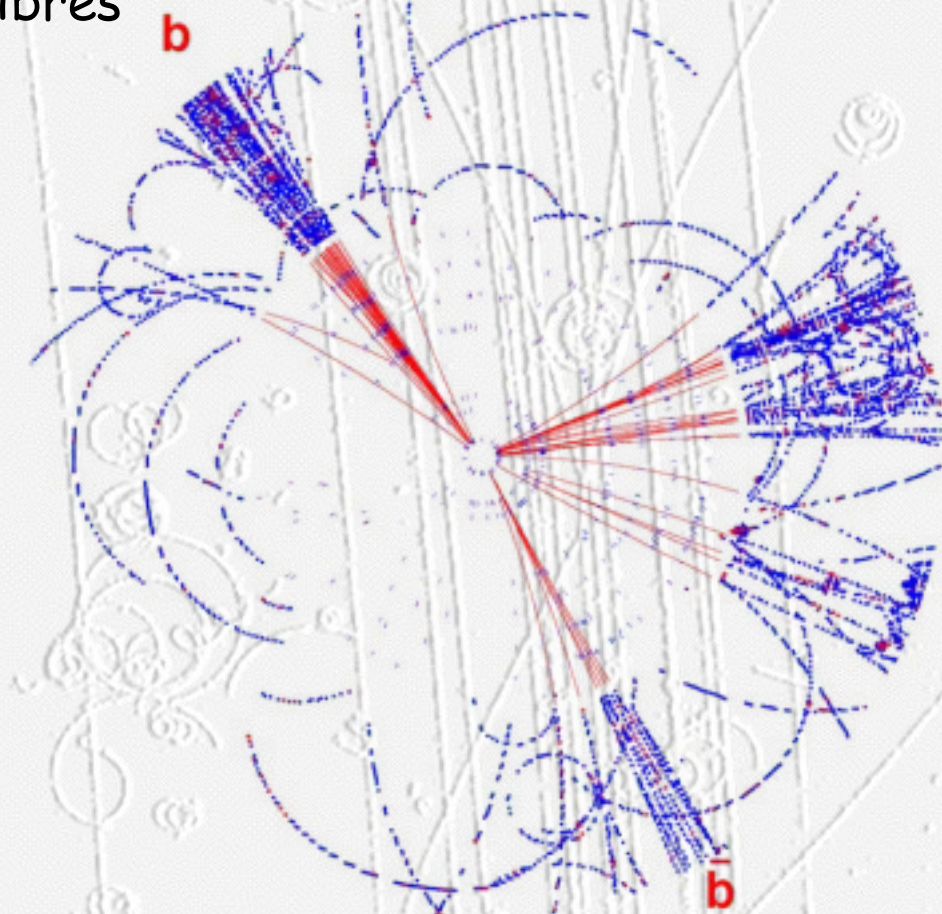
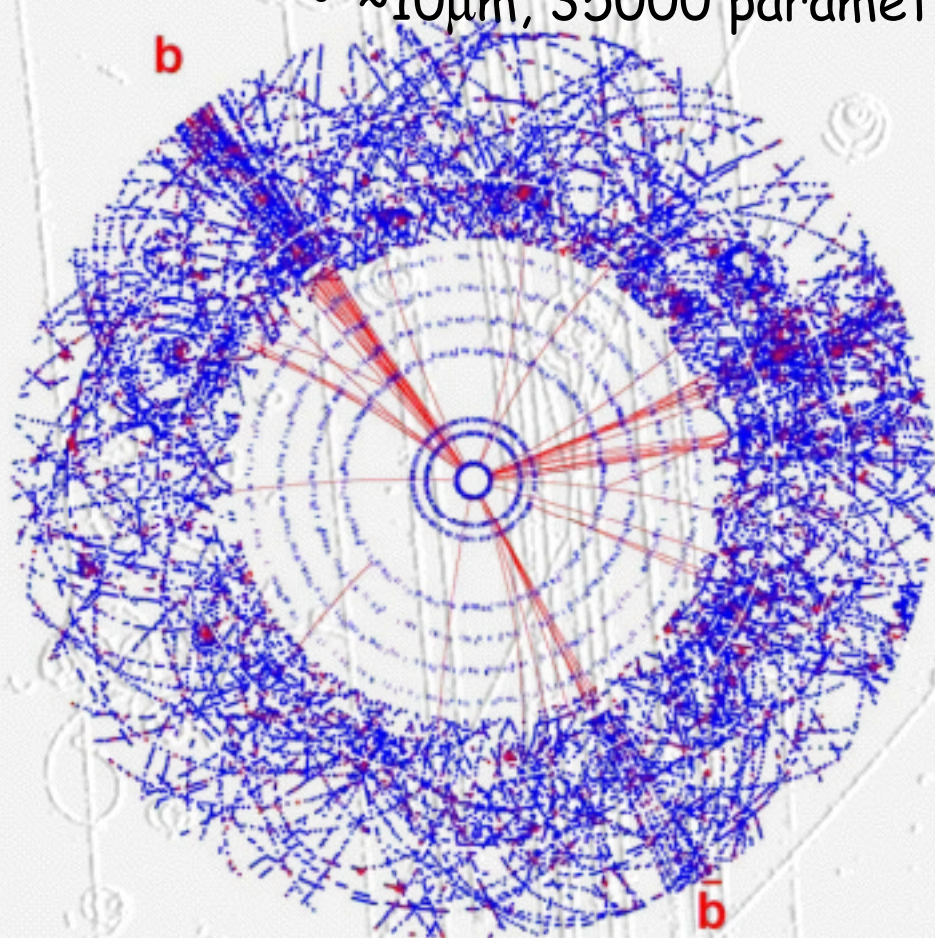
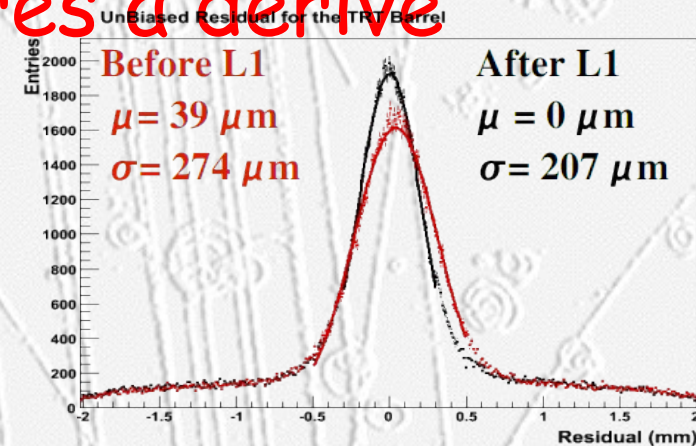


\* Transition Radiation Tracker



# 4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérivation**

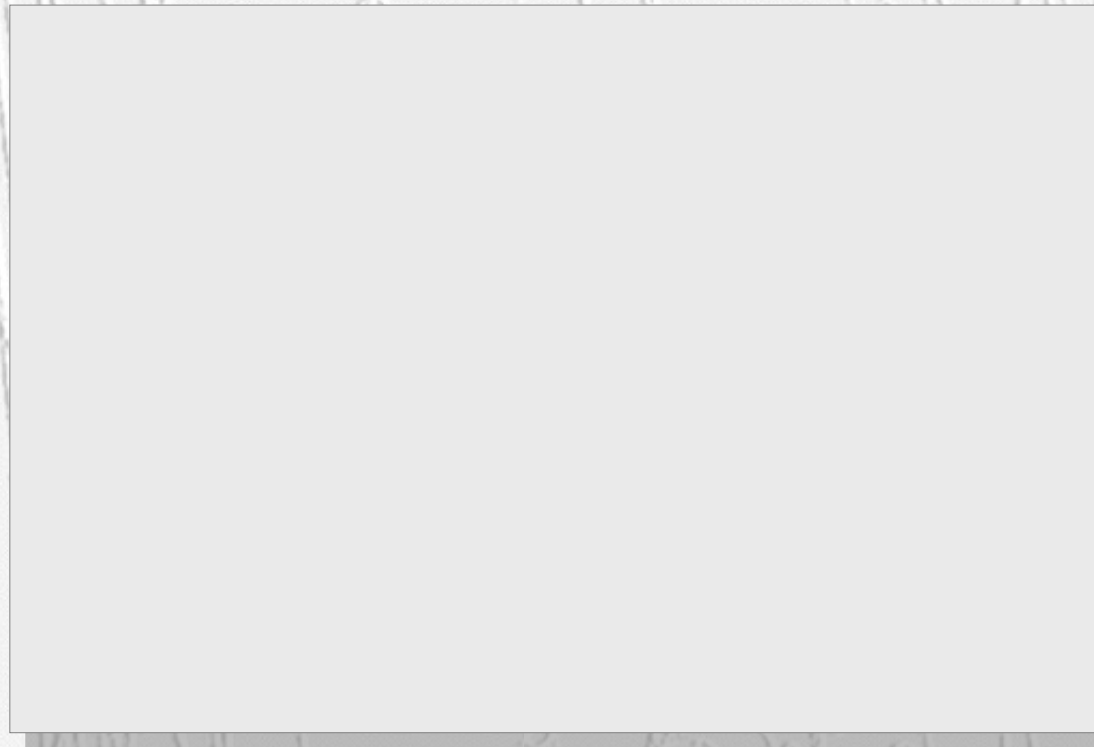
- **Atlas : TRT**
  - Alignement est aussi nécessaire
  - $\sim 10\mu\text{m}$ , 35000 paramètres libres





## 4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérives**

- Atlas : TRT



Augmentation du nombre de  $x_0$  principalement  
due aux services mal estimés

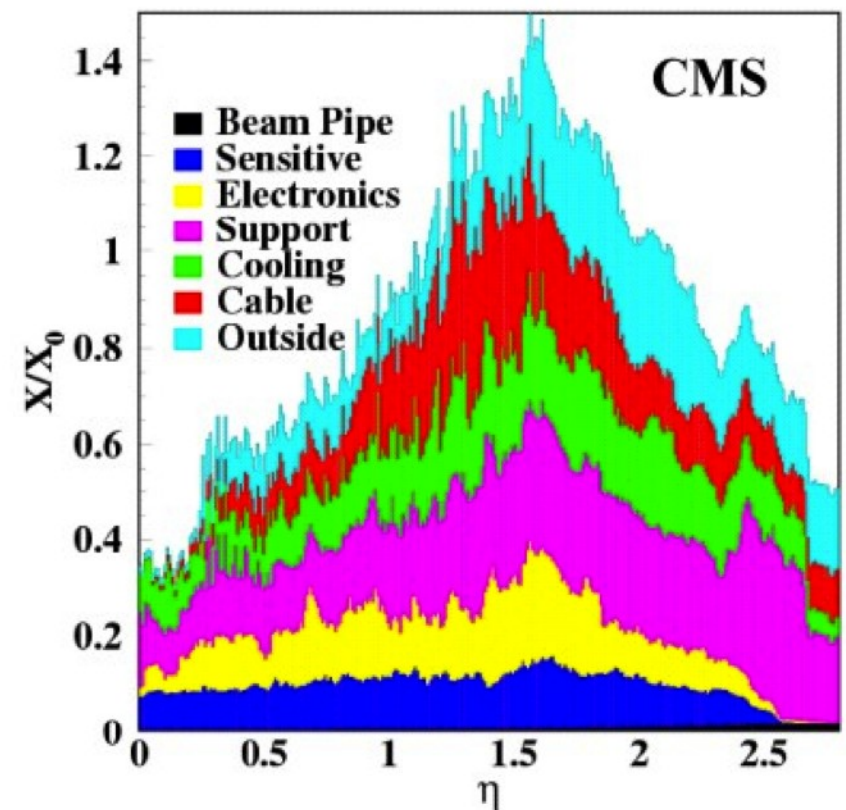
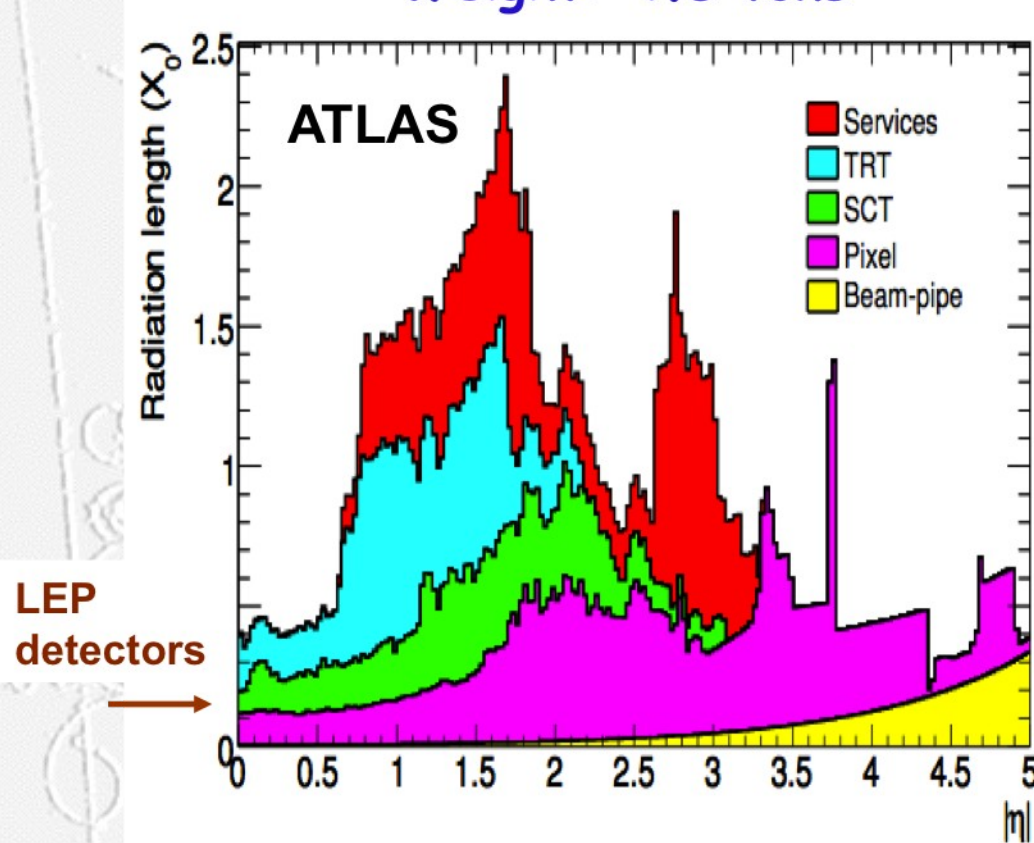


# 4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérivation**

- **Atlas : TRT**

Weight: 4.5 tons

Weight: 3.7 tons

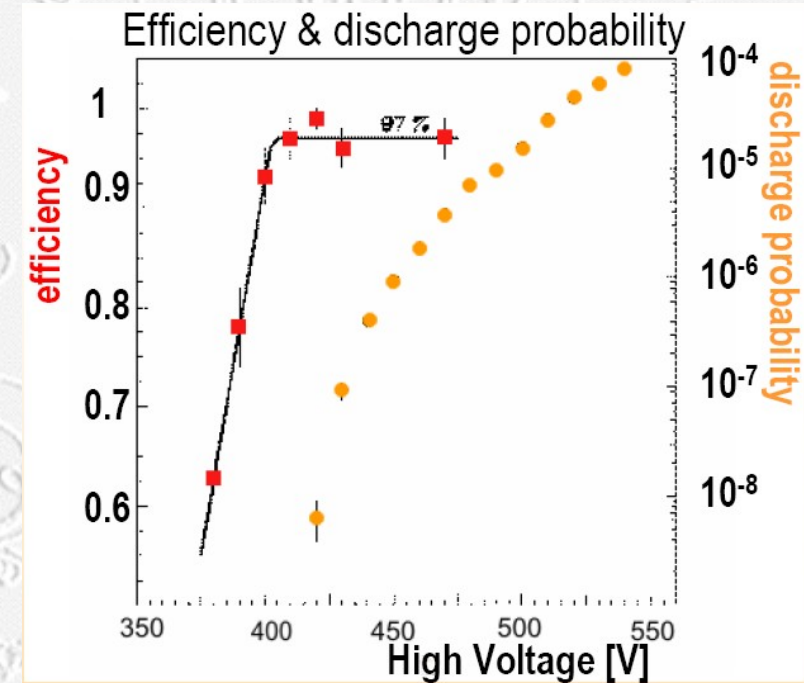
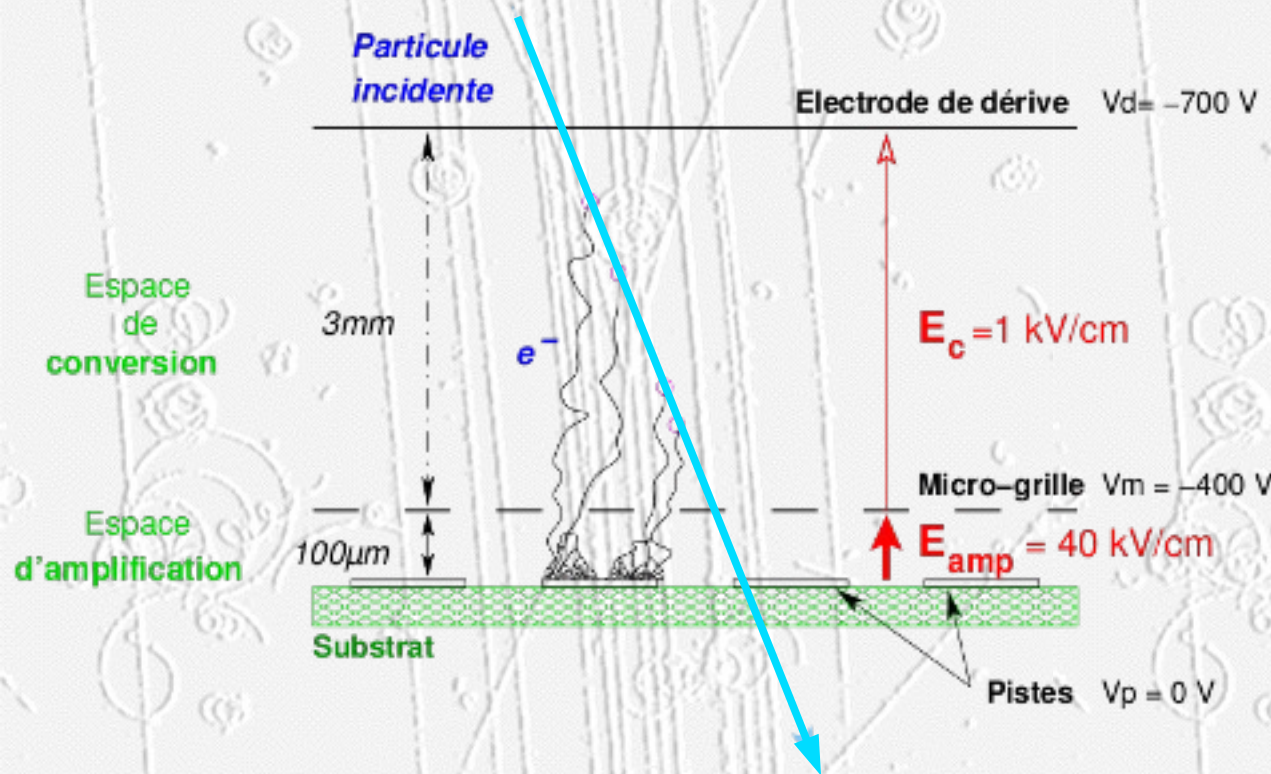




# 4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérivation**

- **Micro Megas**

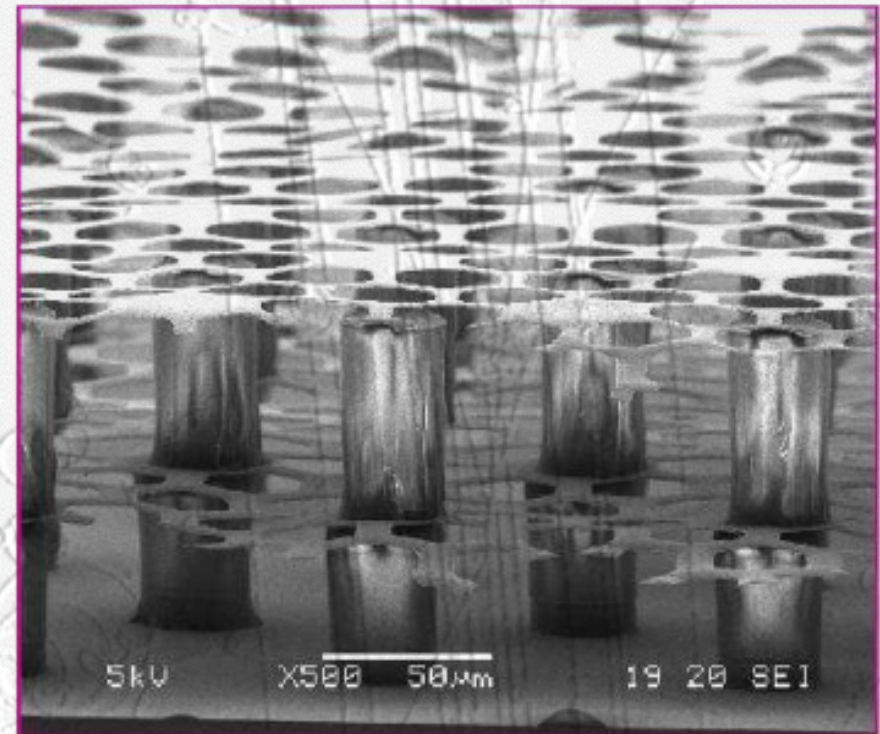
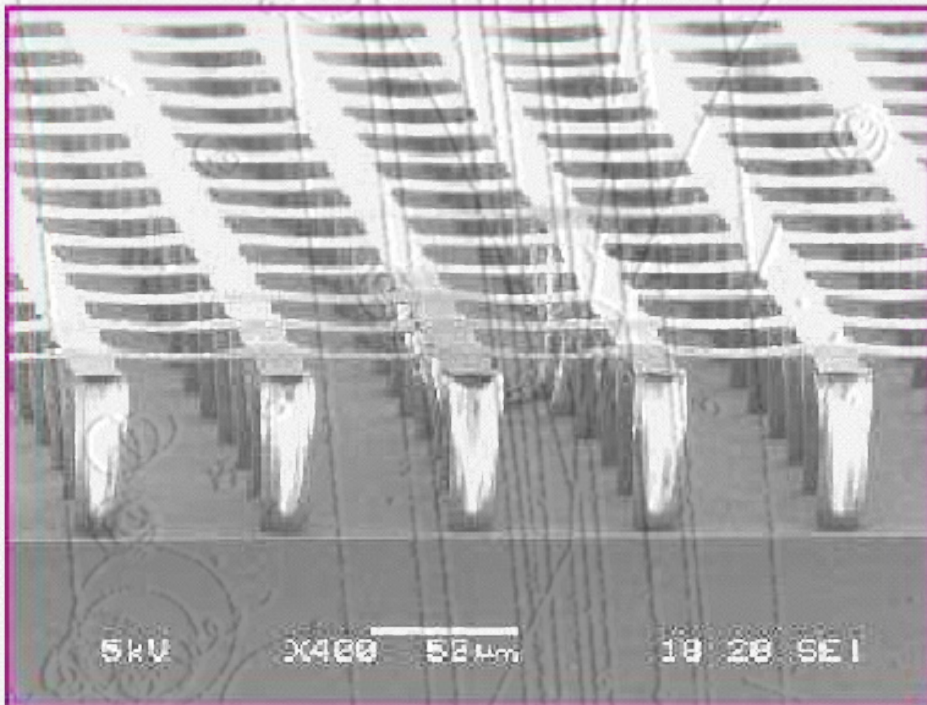
- Probabilité de décharge très faible
- Devrait supporter de très haut flux (sLHC)





## 4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérivation**

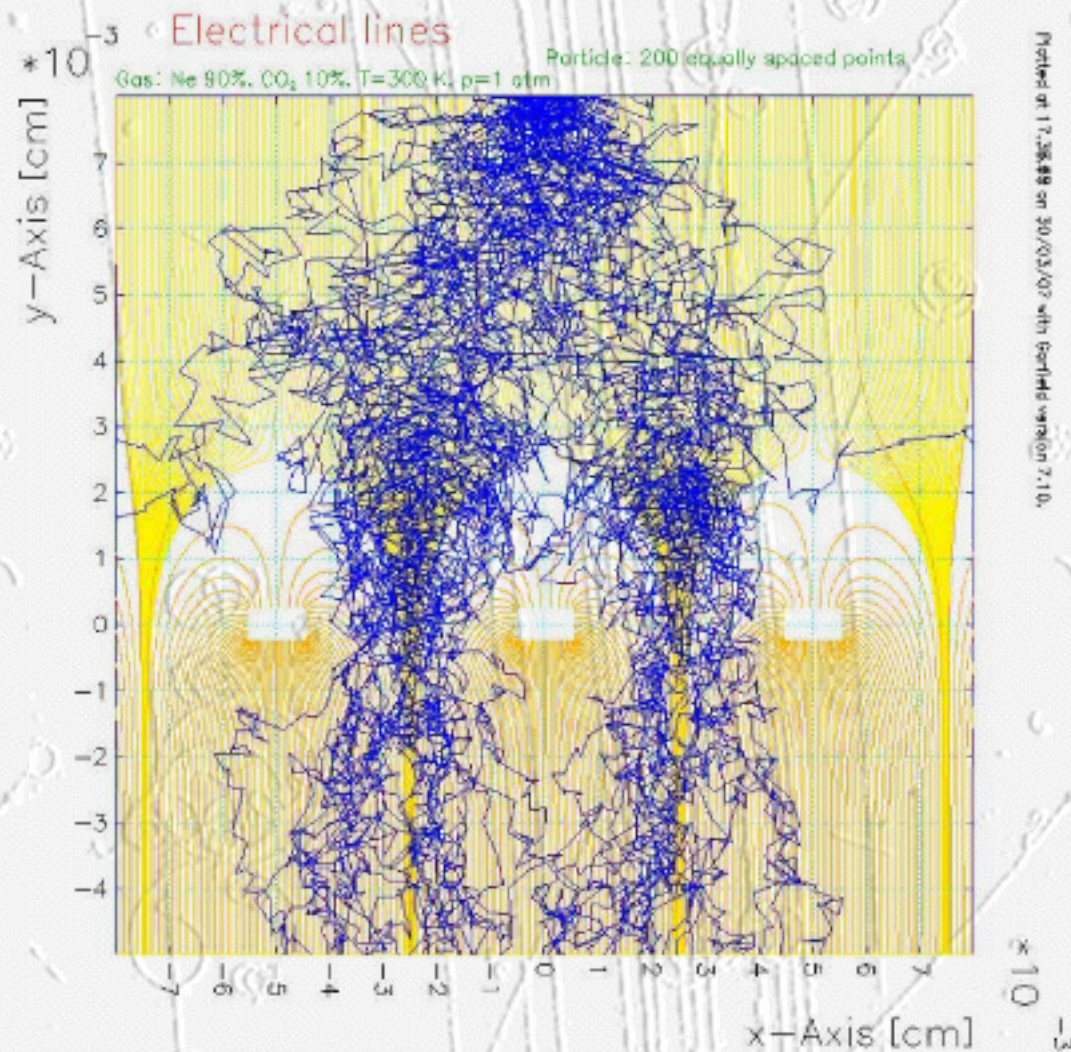
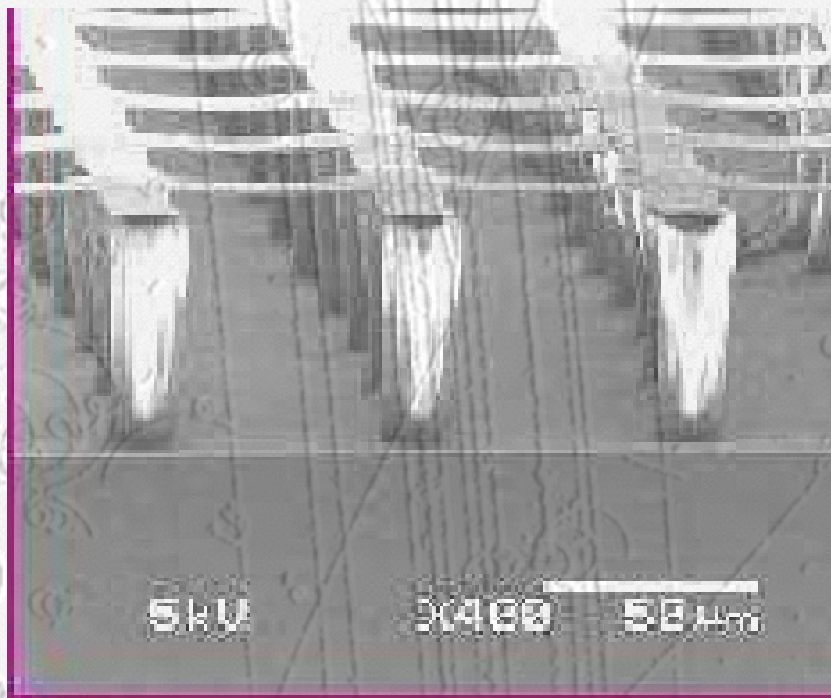
- **Micro Megas**
  - Problème « piliers » acceptance & plan de la grille





# 4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérivation**

- **Micro Megas**
  - Progression des simulations:

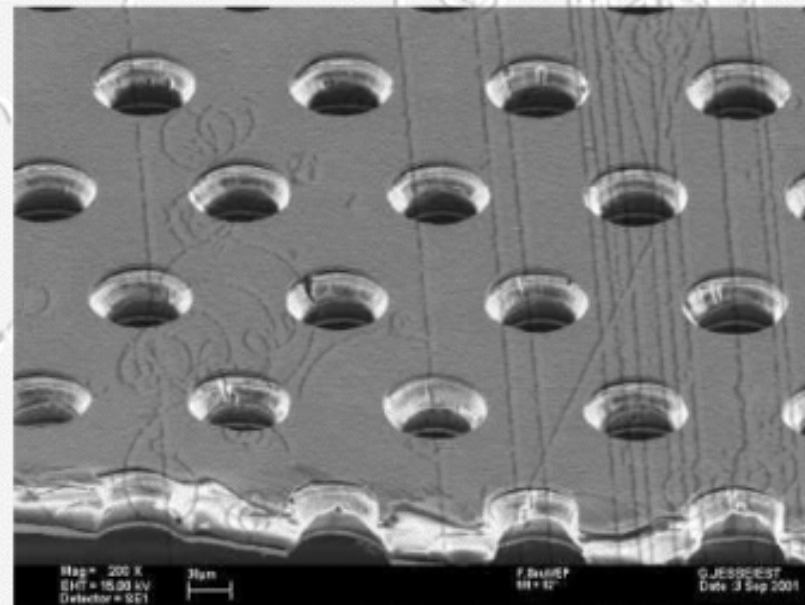
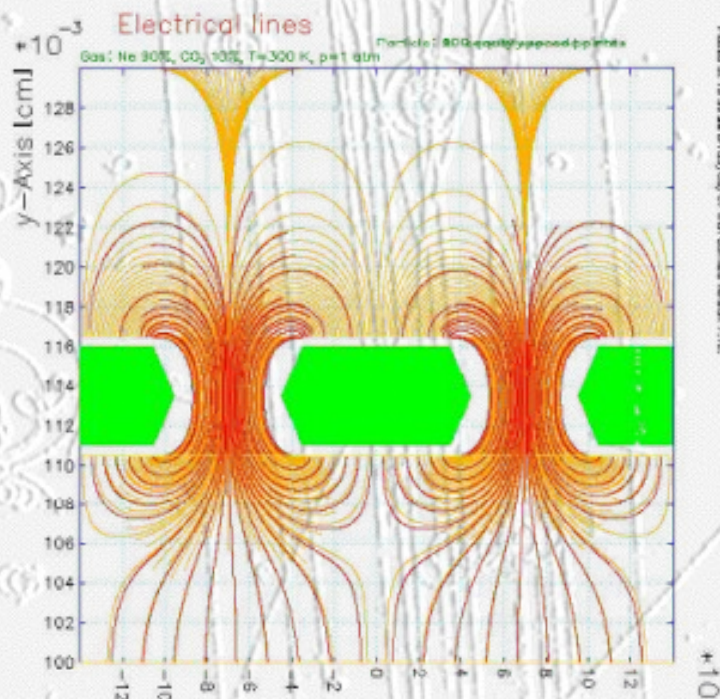




## 4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérivation**

- **GEM (Gas Electron Multiplier)**

- Feuille Cu-Kapton-Cu percée
- régulièrement de trous de 30-50  $\mu\text{m}$
- 200 à 400 V entre les 2 faces
- 100 à 1000  $e^-$  produits par un  $e^-$  unique à l'entrée d'un trou

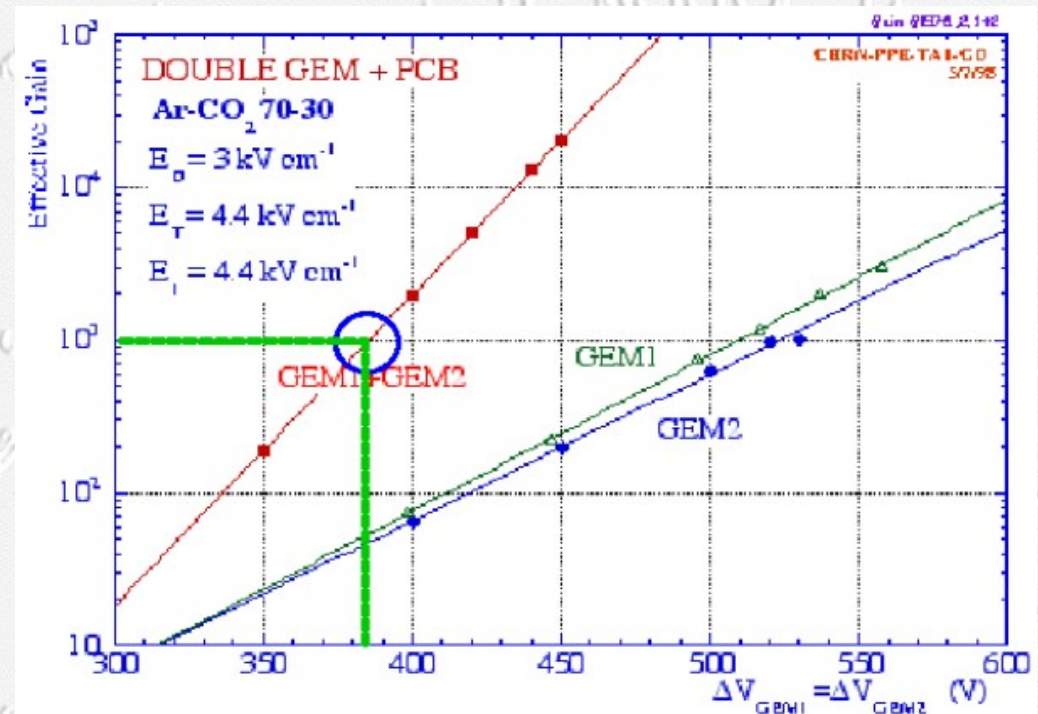
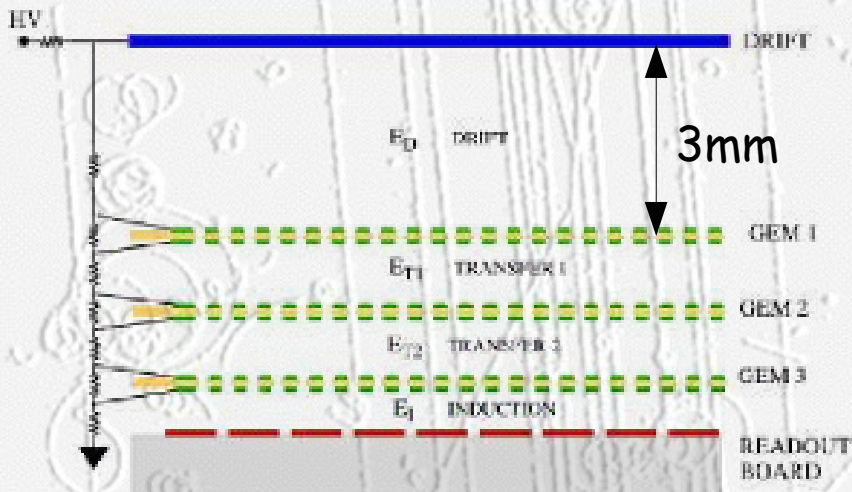




# 4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérivation**

- **GEM (Gas Electron Multiplier)**

- Plusieurs étages :
  - Tension plus basse pour un même gain
  - Moins de décharges

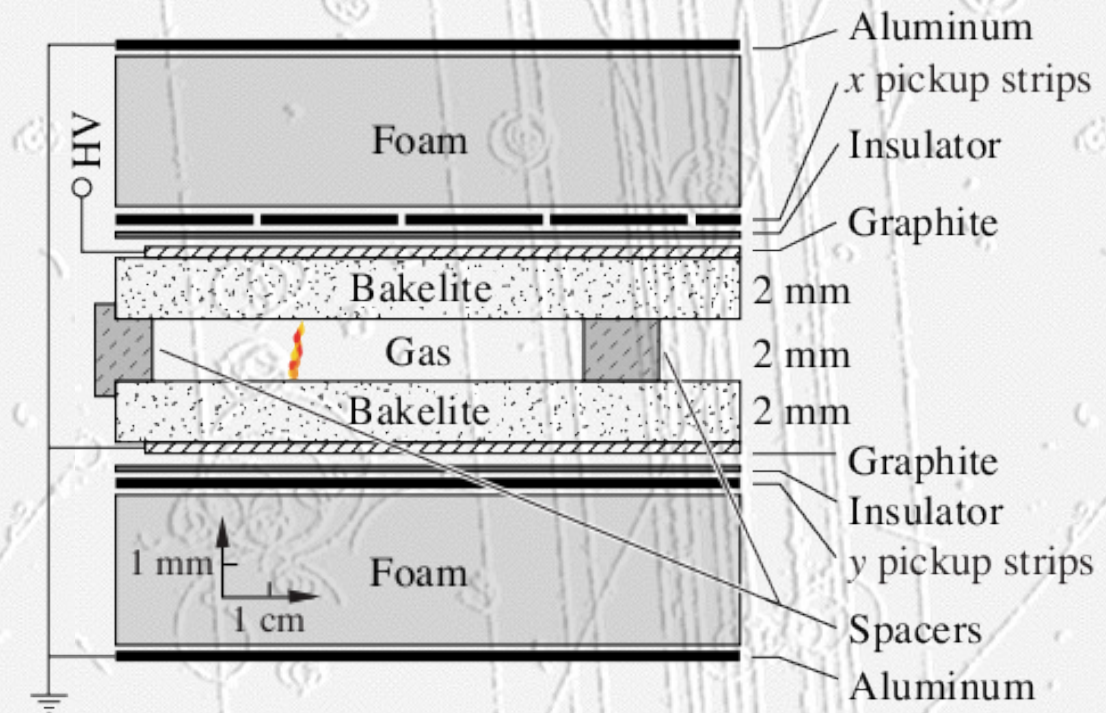




# Détecteurs de Traces

- **RPC (Resistive Plate chamber)**

- ~10KV entre les plans de bakélite
- Passage de la particule induit une décharge (signal ~300mV)
- Résolution spatiale < ~1mm
- Résolution temporel ~1ns
- **Pas de fils!!!!**





# Détecteur au Silicium

- LEP for Delphi P.Delpierre
  - Détecteur de vertex
- LHC for CMS, ATLAS, ALICE
  - Pixels & SCT
  - Nombre de voies d'électronique
  - Radiations (n,p, $\gamma$ ,...) très élevées
  - Temps de croisement très court (25ns)



# Détecteur au Silicium

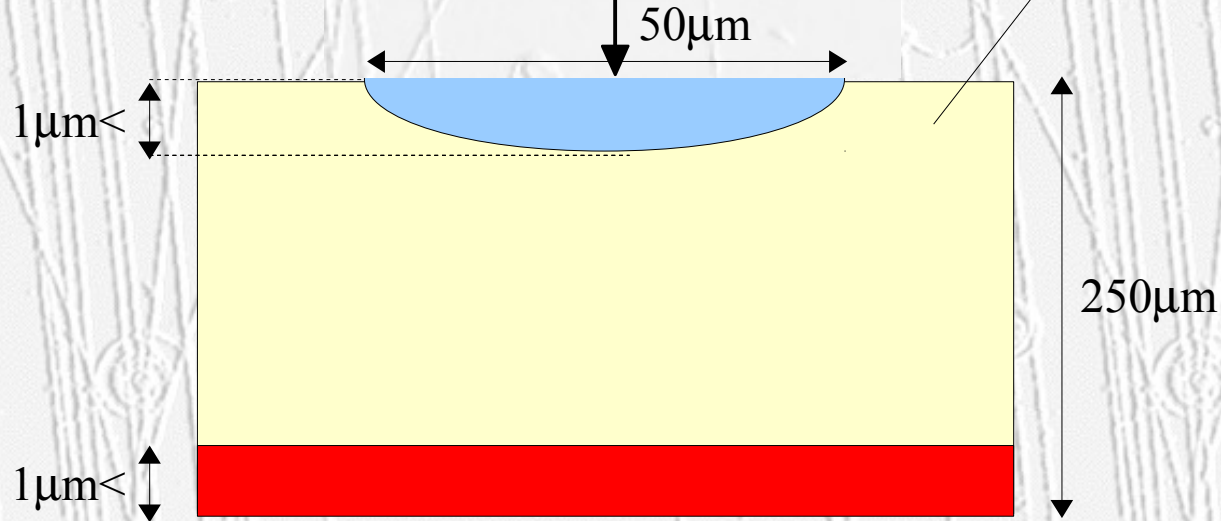
Si atome avec 4 électrons de valence

“Excess” electron

N type ( $\sim 10^{10}$  more e-)

Exemples: As, P

N type ( $\sim K\Omega$ )



P type

“Excess” hole

Exemples: B, Al, In

Cellule élémentaire :  $250\mu\text{m} \times 50\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$

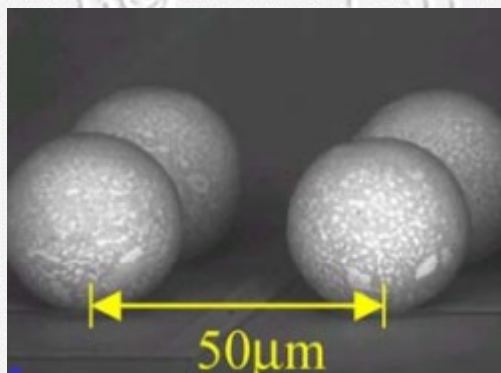
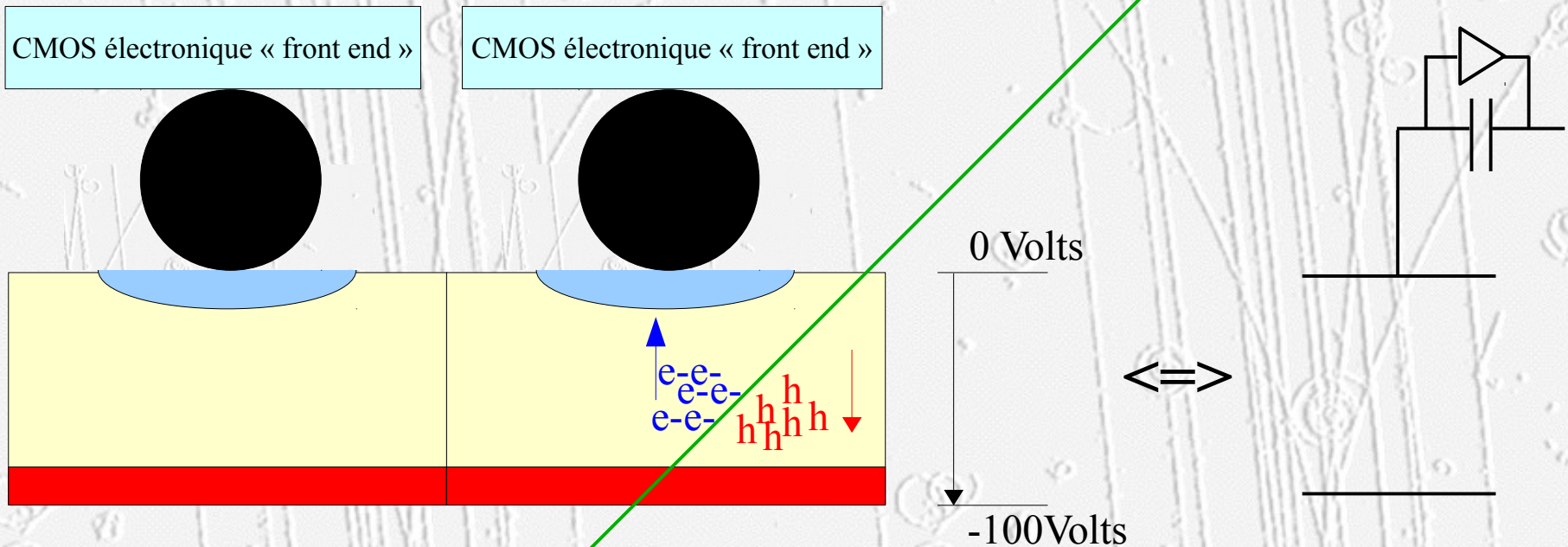
R $\Phi$  Z



# Détecteur au Silicium

- ATLAS:Pixels

Trace Chargée



- ~20000 électrons par trace chargée
- Temps de collection des e-: ~5ns

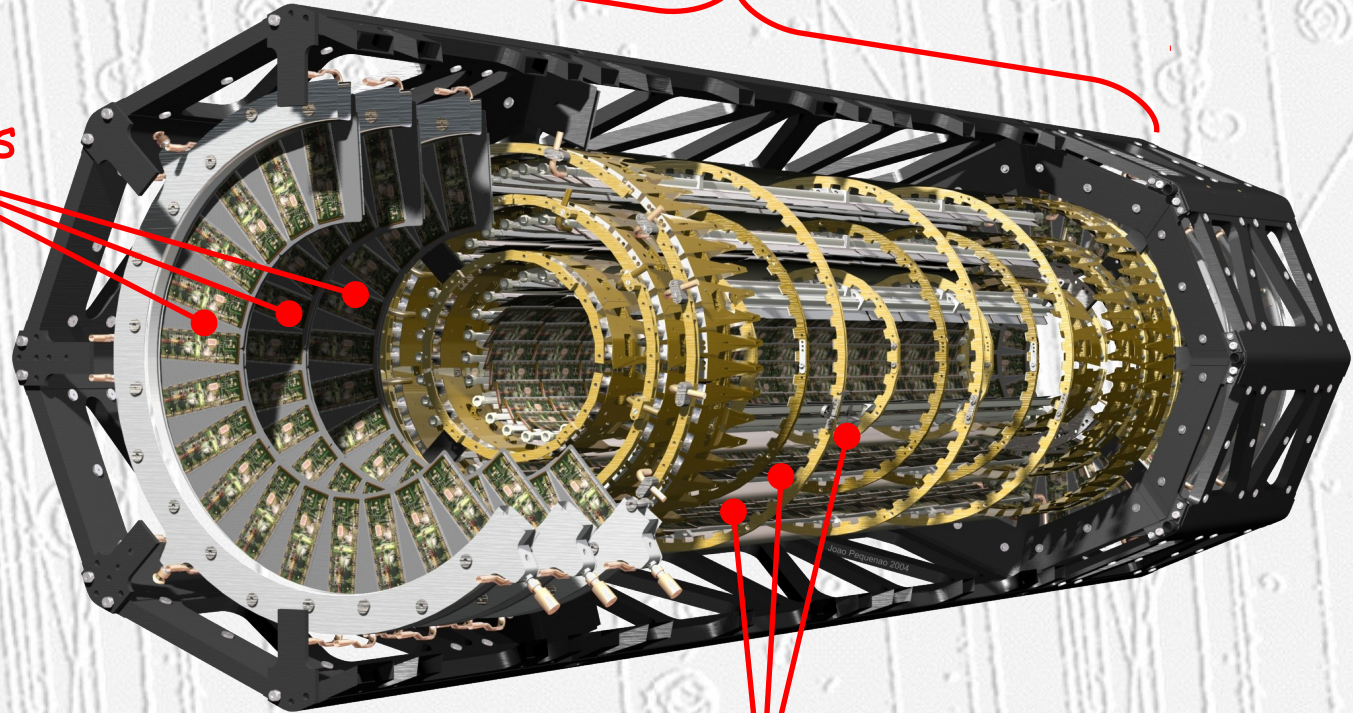


## 4. Détecteurs de Traces : **Silicium**

- **Atlas : Pixels**

Long: 1.3 m, poids: ~4.4 kg, d: 34.4 cm

2x3 end-cap disks,  
each with 8 sectors  
and 48 modules



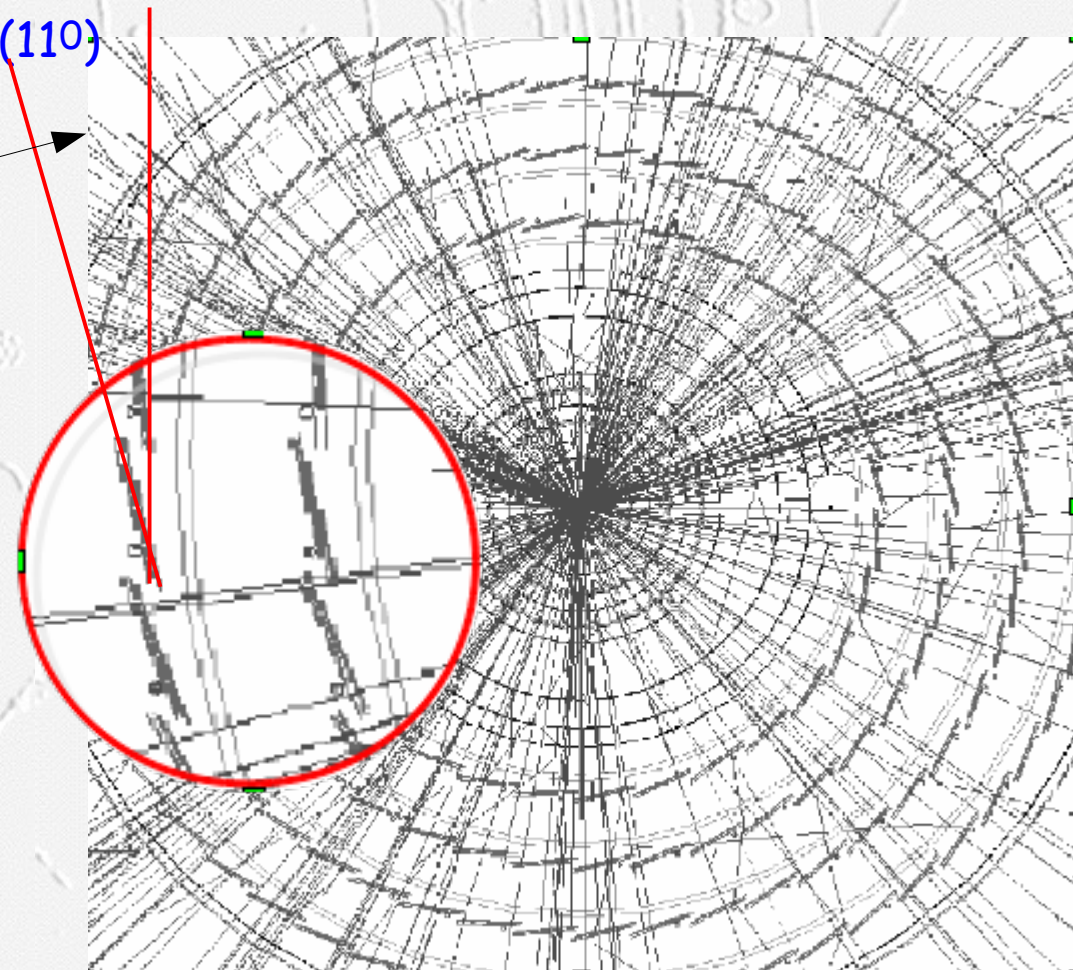
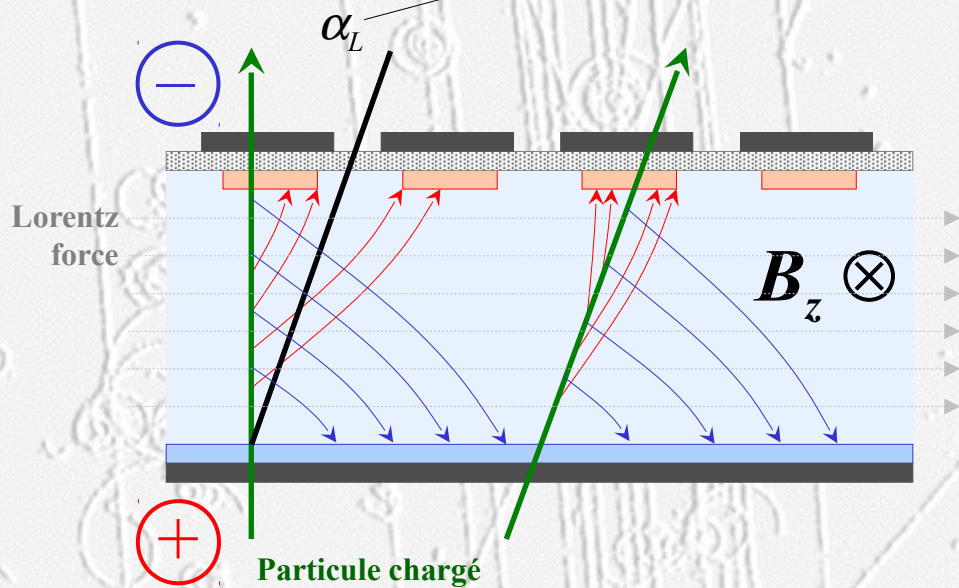
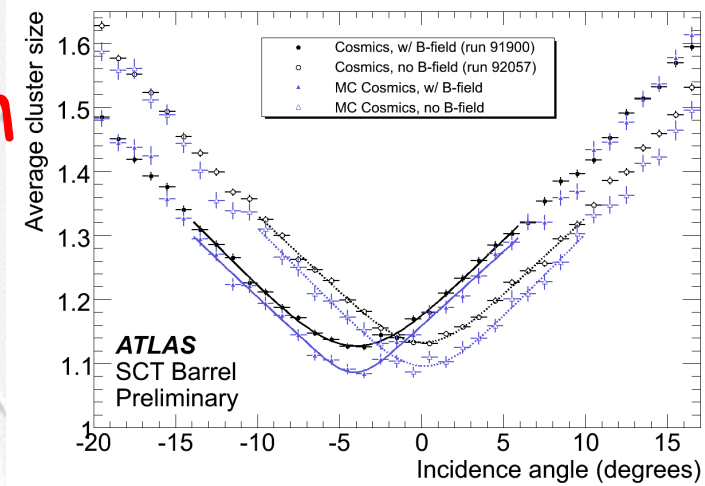
**3 Barrel layers ( $R = 5, 9, 12$  cm),  
 $\Sigma = 1456$  barrel modules**



# 4. Détecteurs de Traces : Silicium

## • Atlas : Pixels & SCT

- Pour compenser l'angle de Lorentz, pour les traces radiales (effet Hall), les modules des Pixels (200) et du SCT(110) sont inclinés.





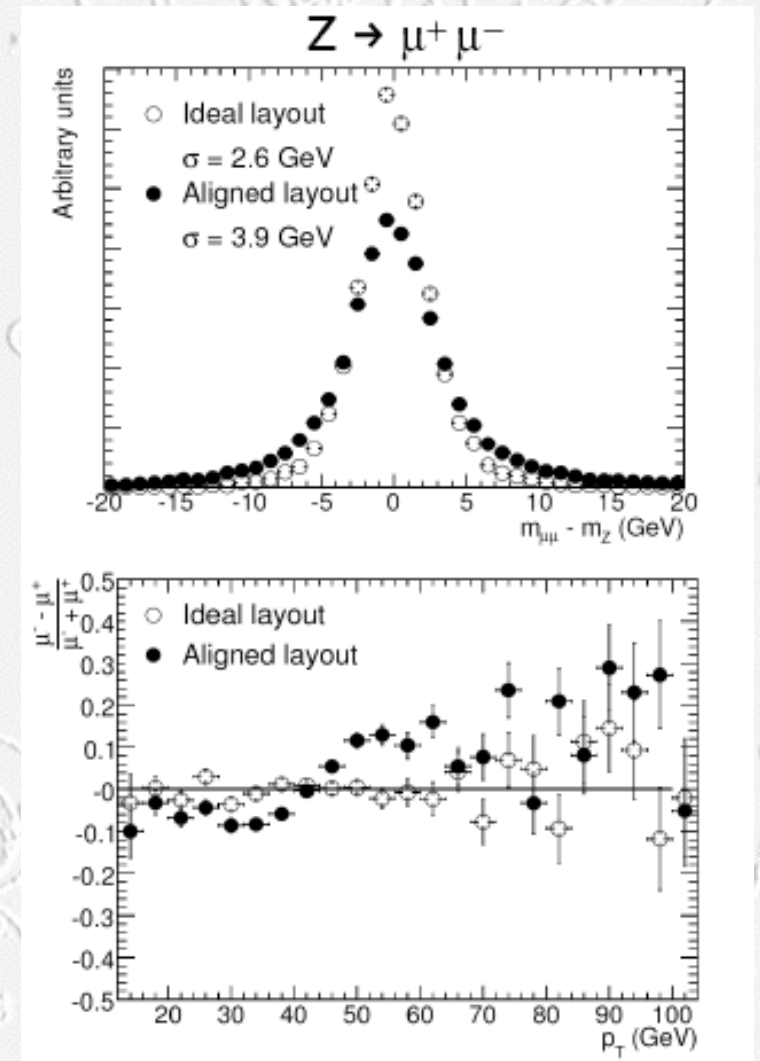
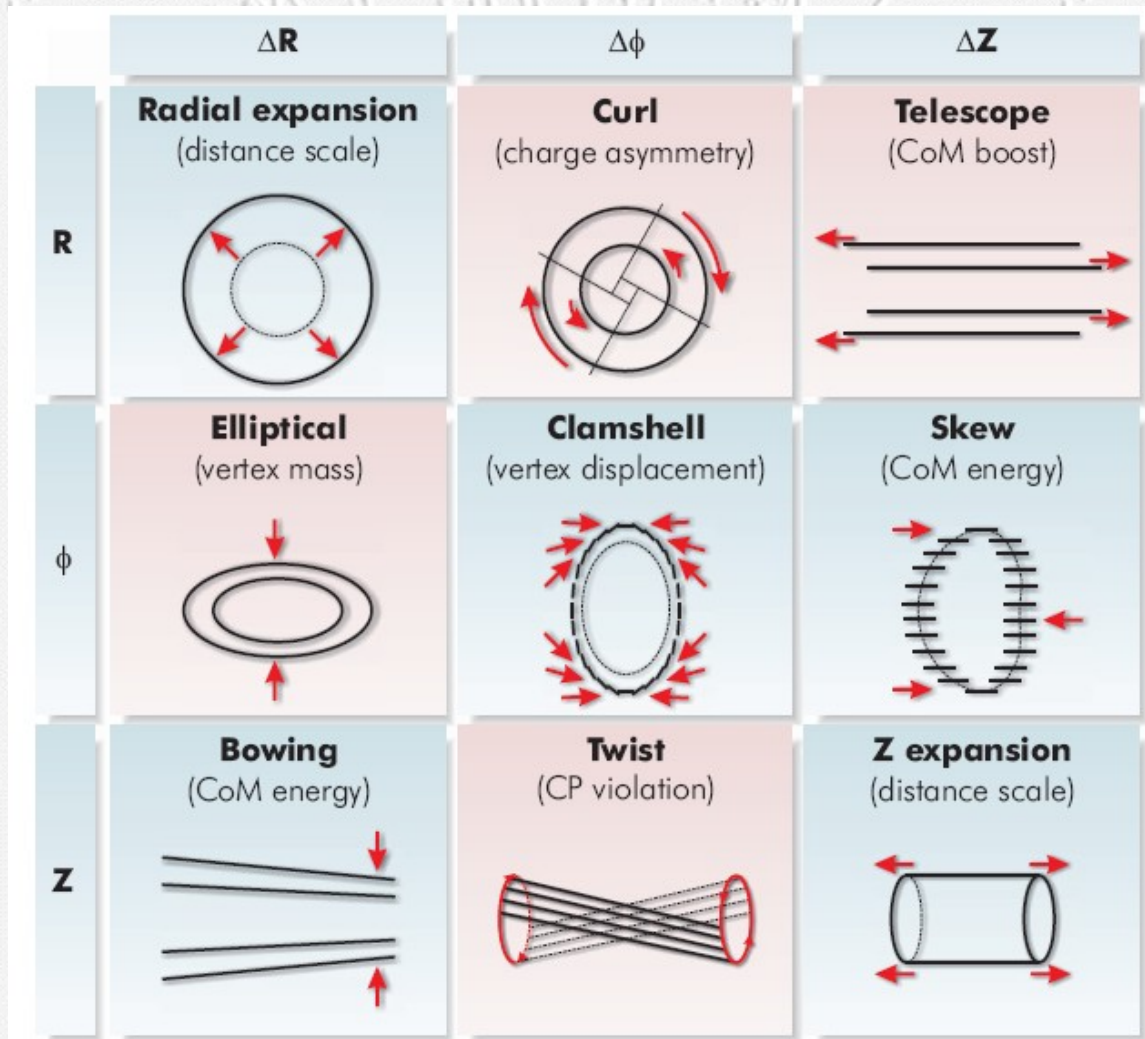
## 4. Détecteurs de Traces : Silicium

- **Atlas vs CMS: Pixels & SCT**
  - Cette inclinaison des modules Pixels & SCT n'existe pas dans CMS, CMS peut donc renverser son champ magnétique solénoïdal sans gros impact sur ses mesures : ce n'est pas possible pour ATLAS..
  - Pour certaines mesures de physique, le renversement du champ magnétique pourrait permettre de diminuer largement les erreurs systématiques dues à la connaissance du champ vs la géométrie des détecteurs



# 4. Détecteurs de Traces : Silicium

- Atlas: Pixels & SCT : Alignement!!





# 4. Détecteurs de Traces : Silicium & gaz

- Atlas : Pixels, SCT & TRT  
(trajectographe interne plongé ds un champ solénoïdal 2T)
- Résolution spatiale (barrel):
  - Pixel:  $10 \mu\text{m}$  [ $r\phi$ ],  $115 \mu\text{m}$  [ $z$ ], 1744 modules
  - SCT:  $17 \mu\text{m}$  [ $r\phi$ ],  $580 \mu\text{m}$  [ $z$ ], 4088 modules
  - TRT:  $130 \mu\text{m}$  [ $r\phi$ ] /  $n$  /  $l$  /  $s$ , 2688 modules

