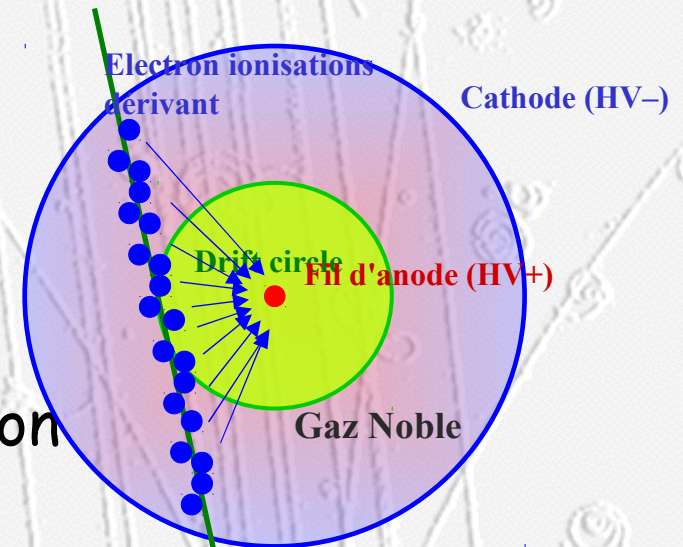


4. Détecteurs de Traces : **Gaz**

- **Chambres à dérive**

- 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 typiques : 10⁴ - 10⁵
- Mesure dans une direction uniquement



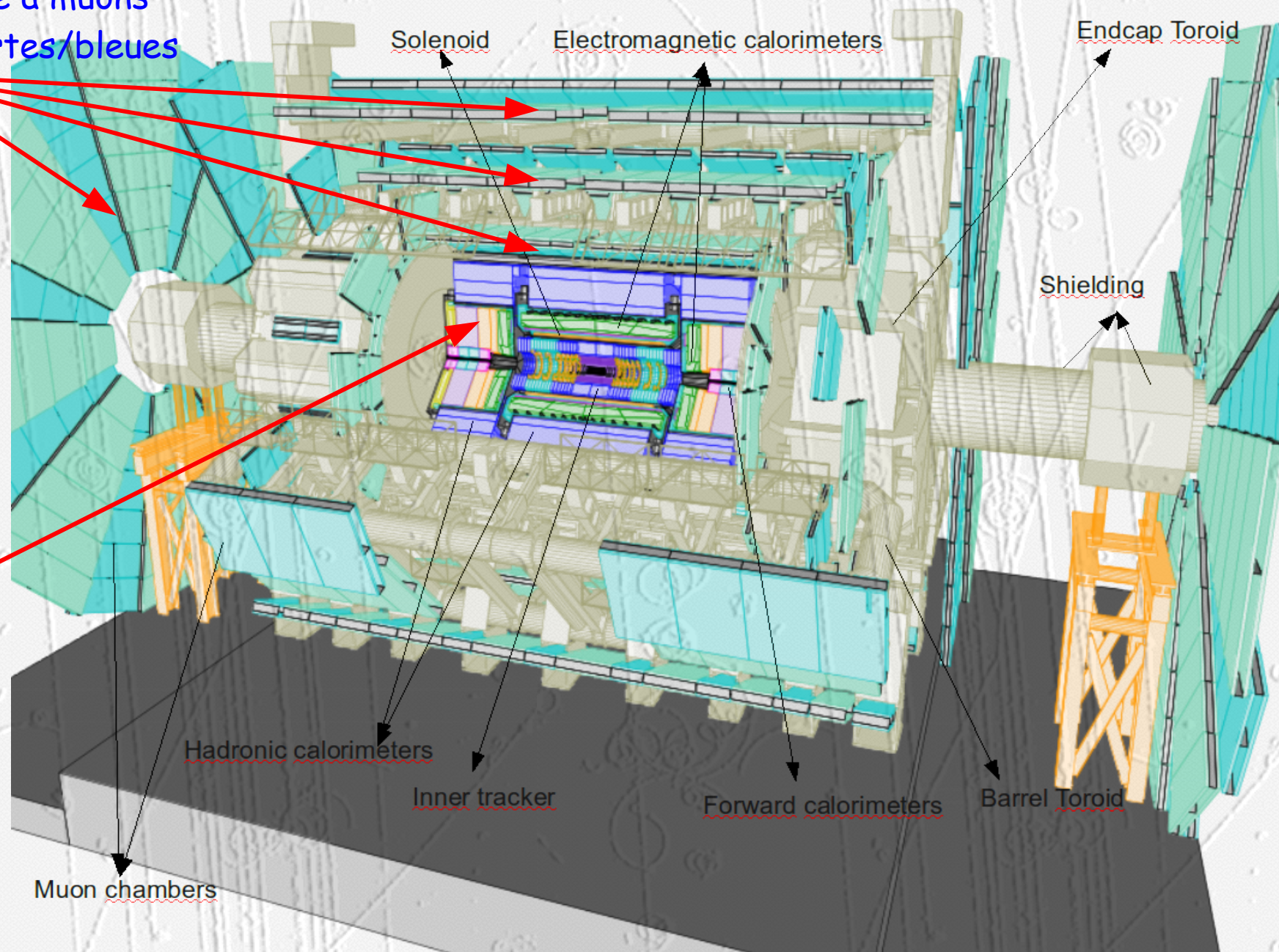
Particule chargée

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



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

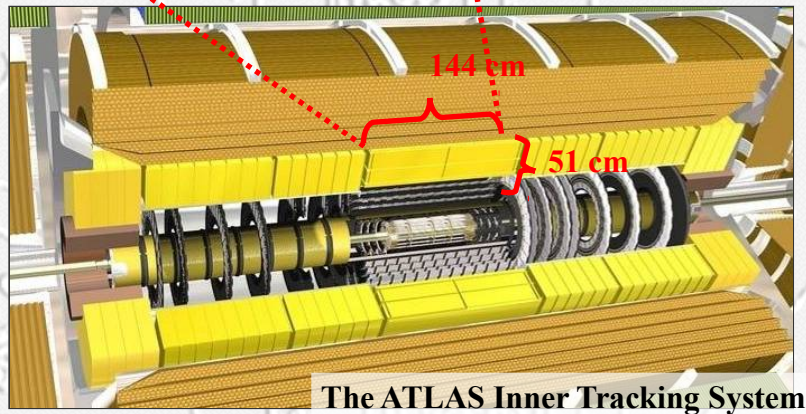
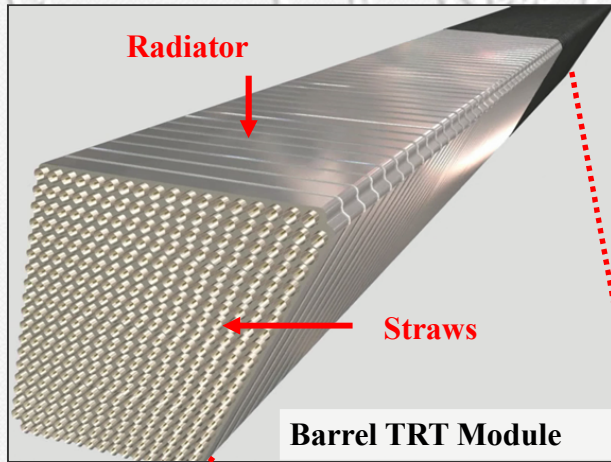
Spectromètre à muons
Chambres vertes/bleues



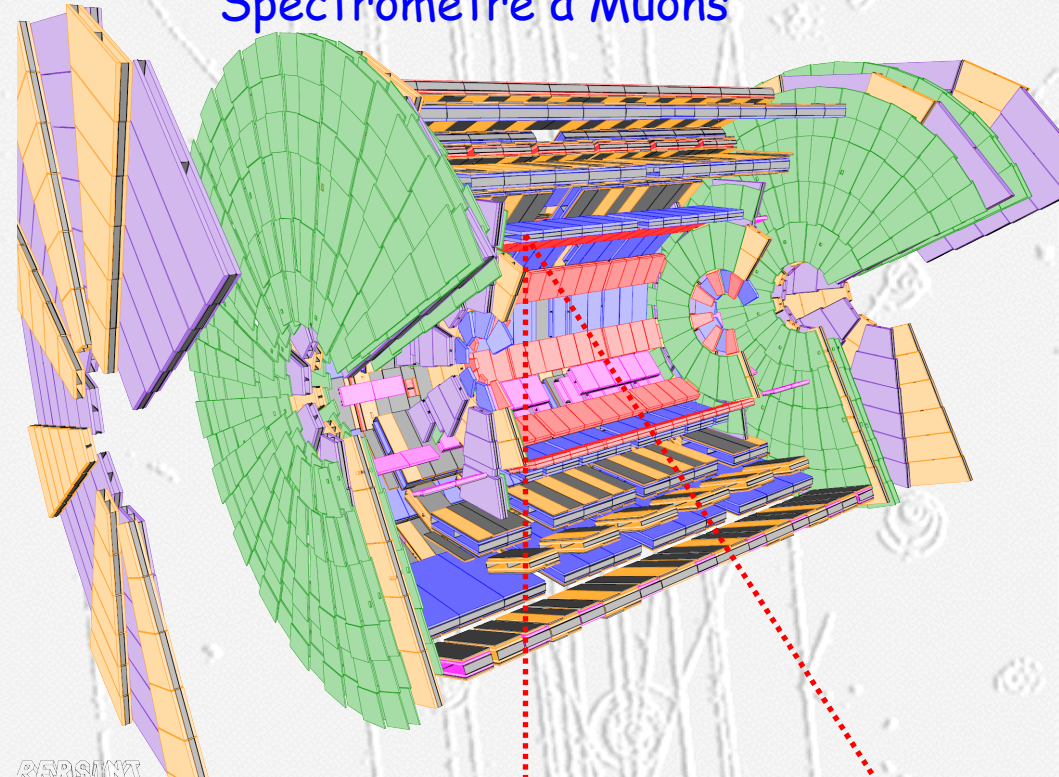
TRT

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

TRT



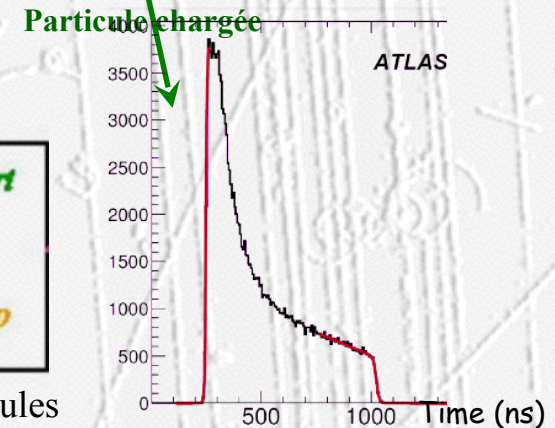
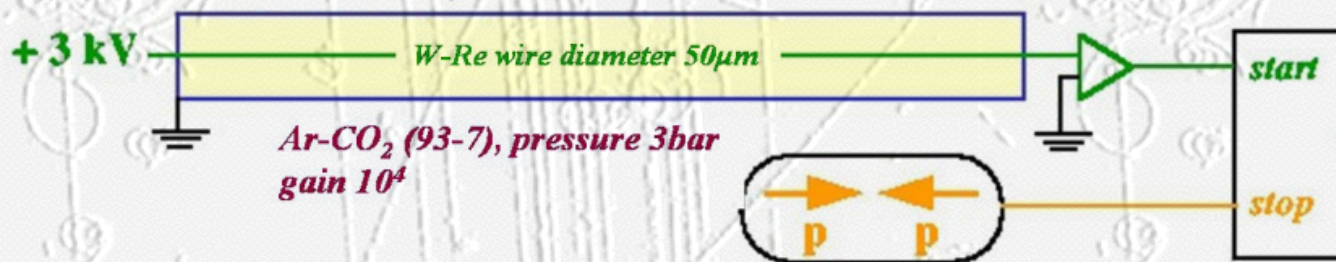
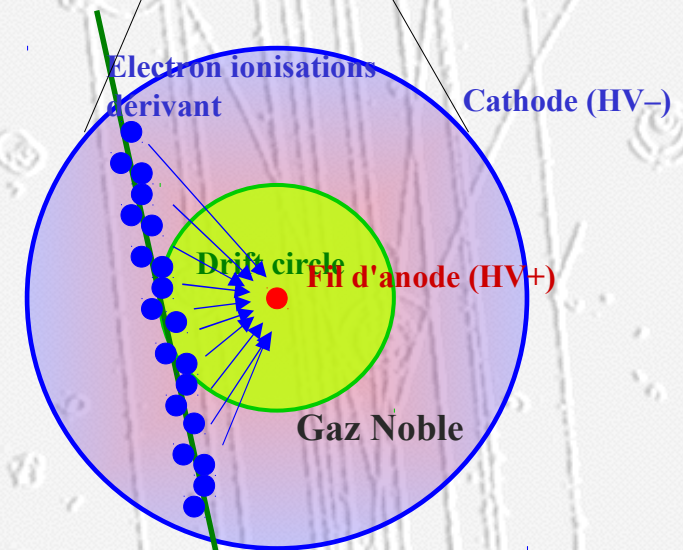
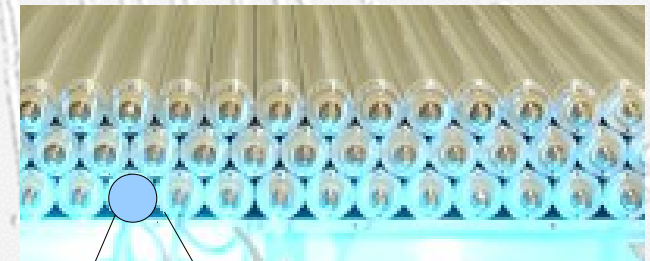
Spectromètre à Muons



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

- **Atlas : spectromètre à muons**

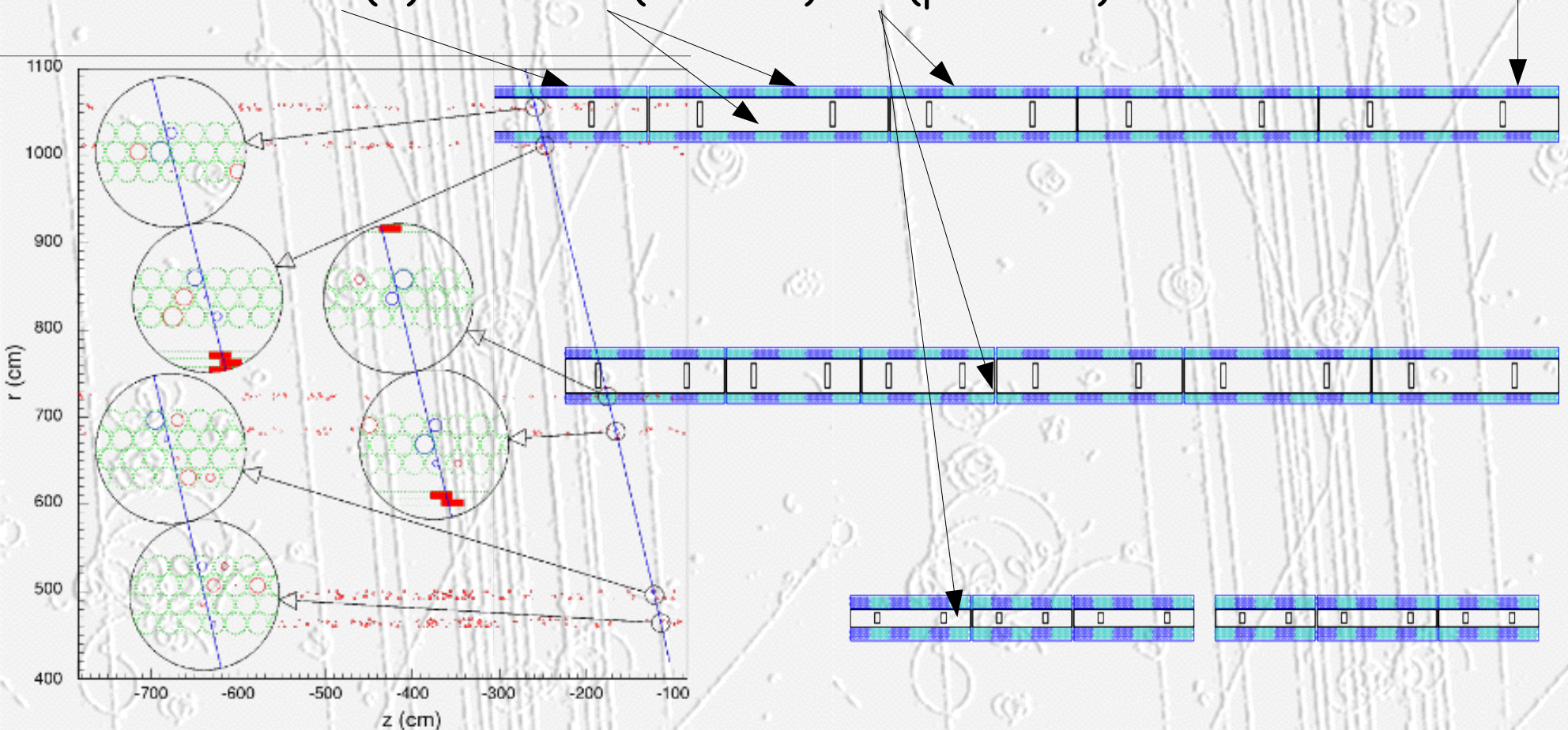
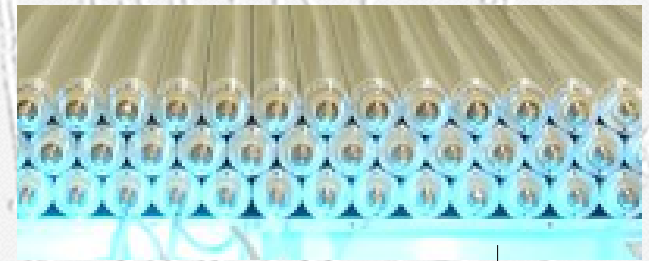
- Chambre à dérivation (1 à 6m)
- Fil 50 μm , diamètre tube 30 mm
- $V=3000$ Volts
- Pression = 3 atm (300 paires/cm)
- Gain : $2 \cdot 10^4$
- Temps de dérivation max : 700 ns
 - Vitesse de dérivation $\sim 3\text{cm}/\mu\text{s}$
- Résolution spatiale $\sigma \sim 80\mu\text{m}$
- Ar(93%)-CO₂(7%)



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**

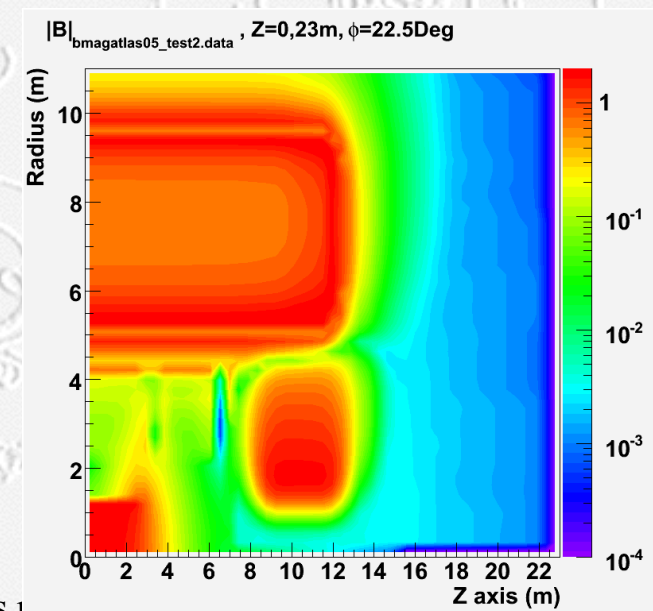
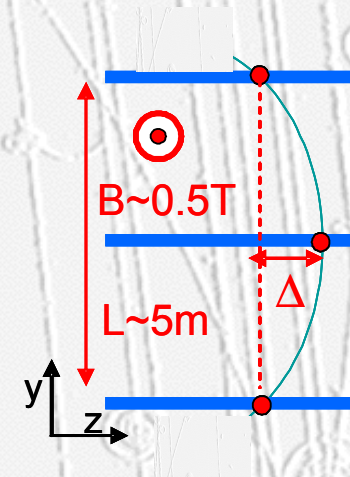
- **Atlas : spectromètre à muons**

- Problèmes :

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

- Solutions:

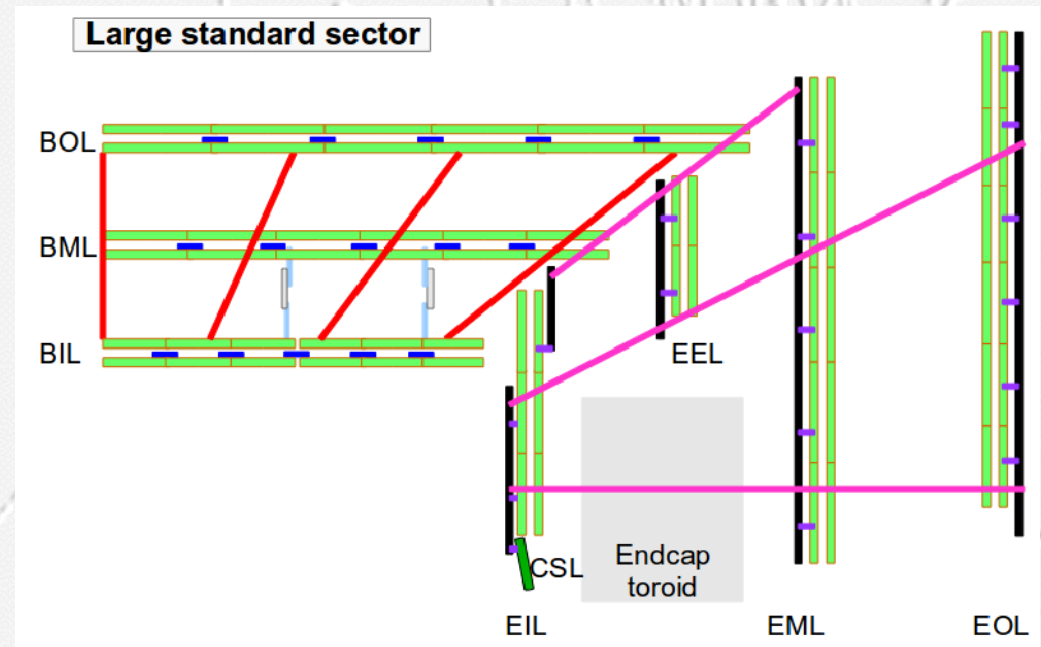
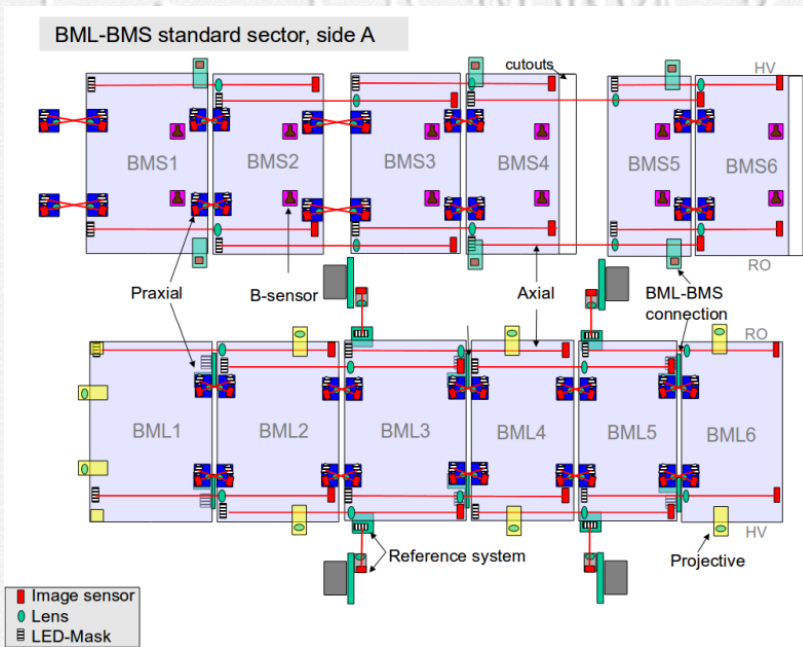
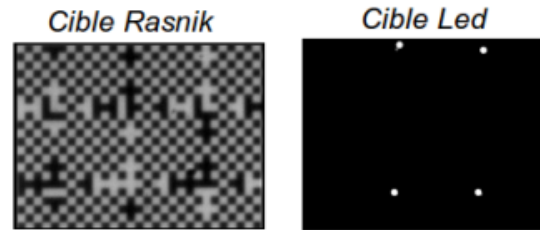
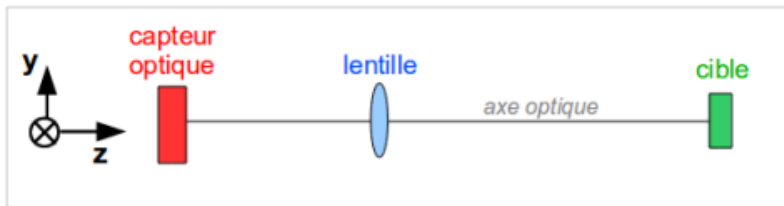
- RPC (Resistive Plate Chamber)
 - Segmentation en Phi et Eta
 - Très rapide (3ns)
- Alignement :
- toroïde à air



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

- **Atlas : spectromètre à muons**

- Alignement, 50 μm (flèche), 20000 paramètres libres
= 1200 chambres * (6 translations + 11 déformations)



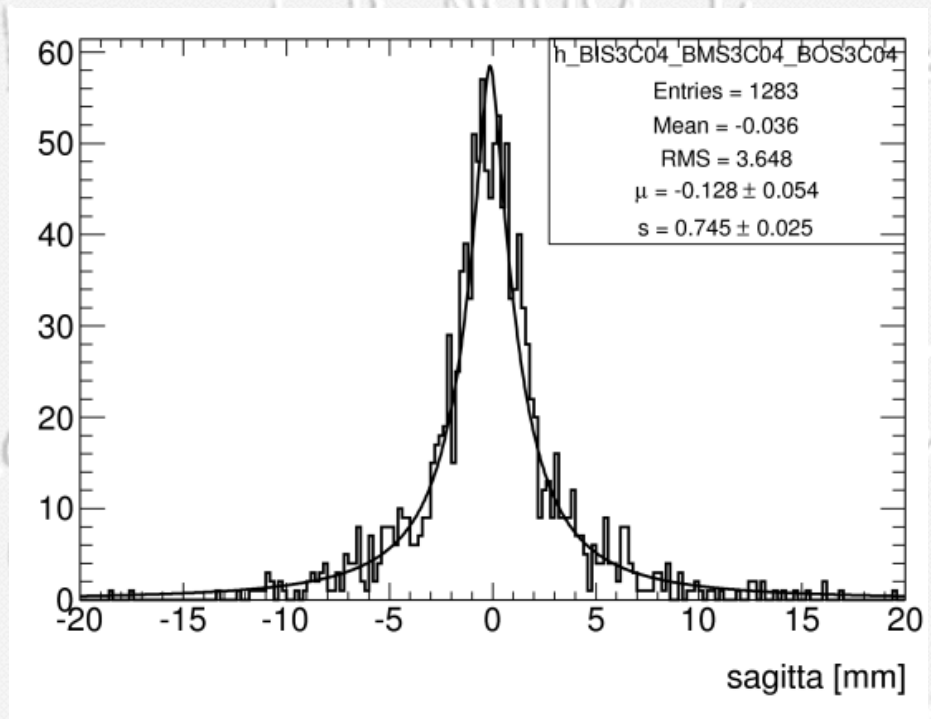
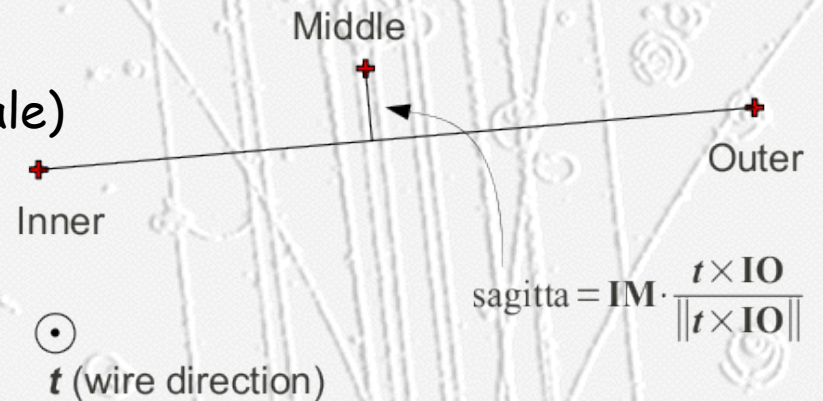
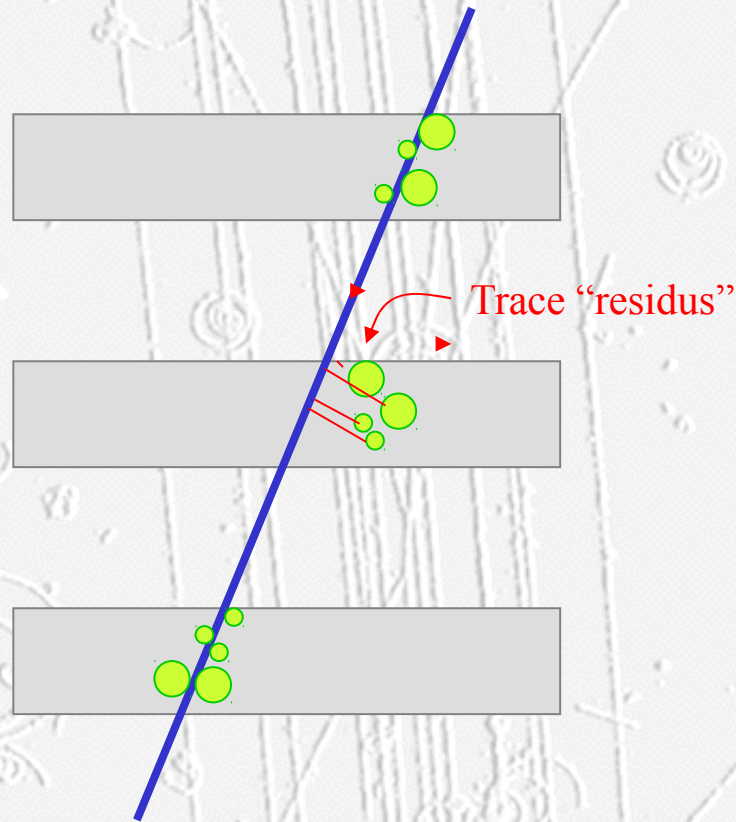
Détecteur de traces



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

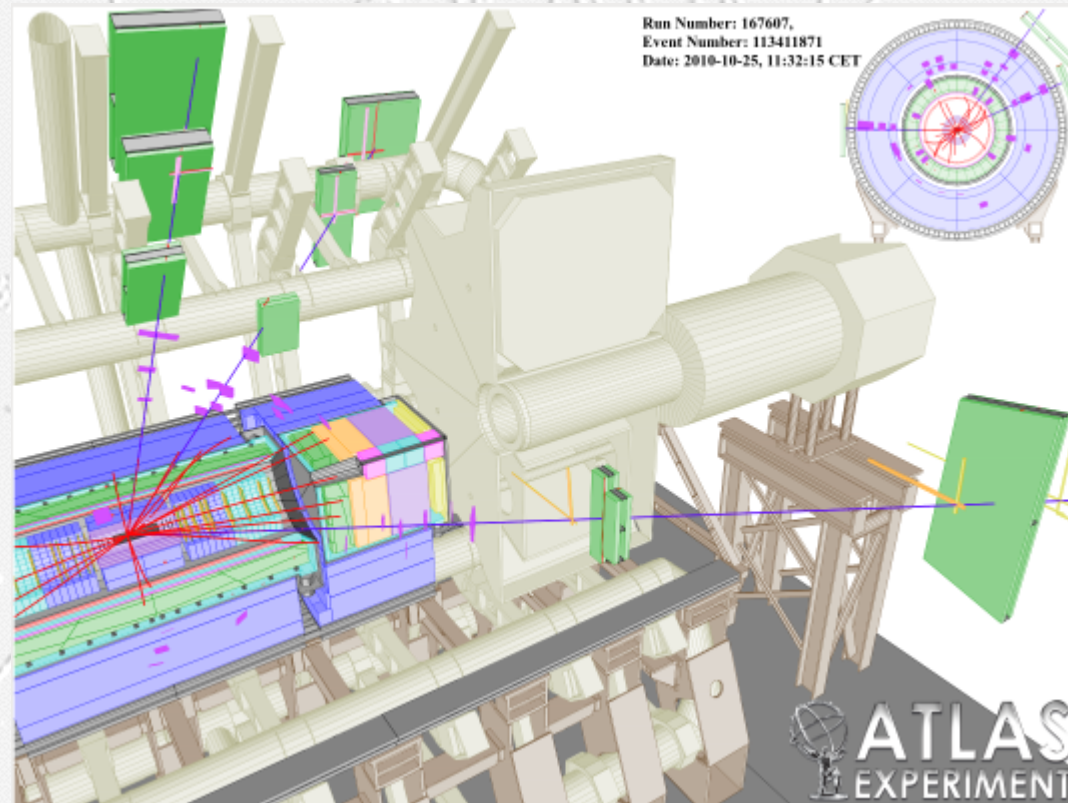
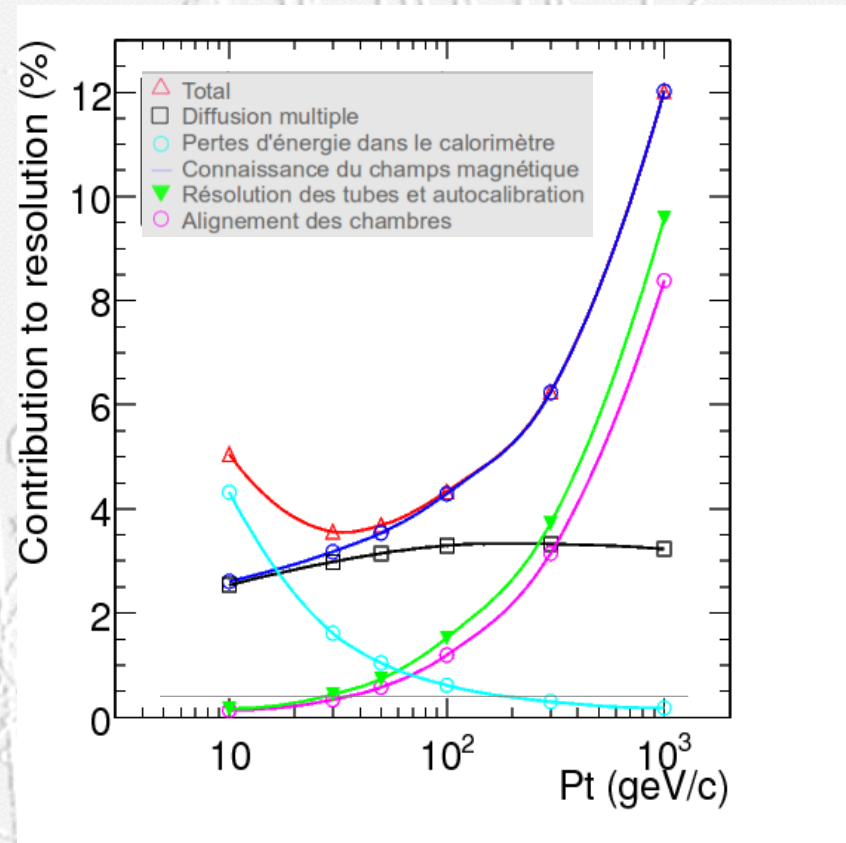
- **Atlas : spectromètre à muons**

- Alignement trace droite (sans champ toroïdale)



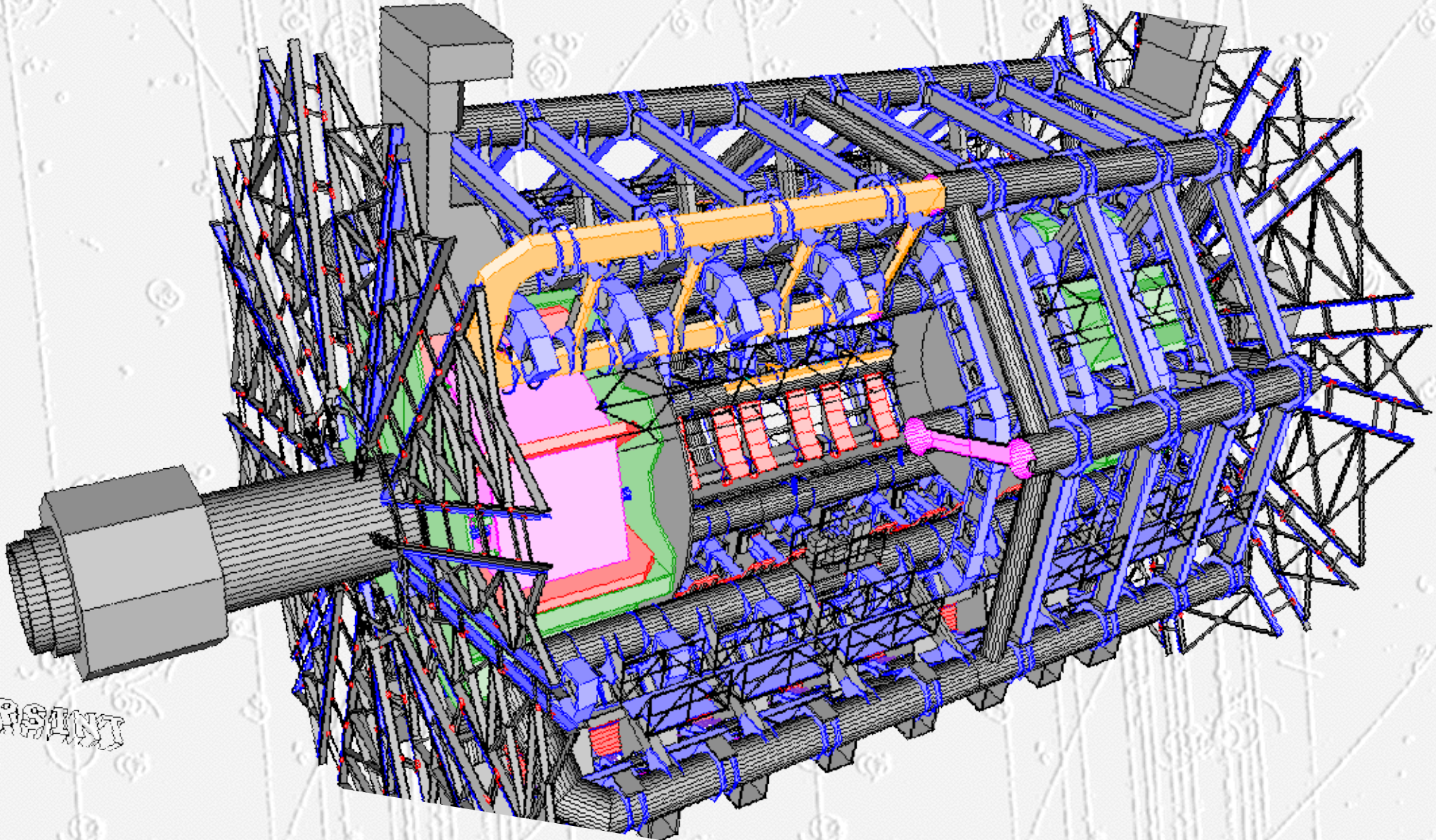
4. Détecteurs à Trace : **Chambres à dérivation**

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



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

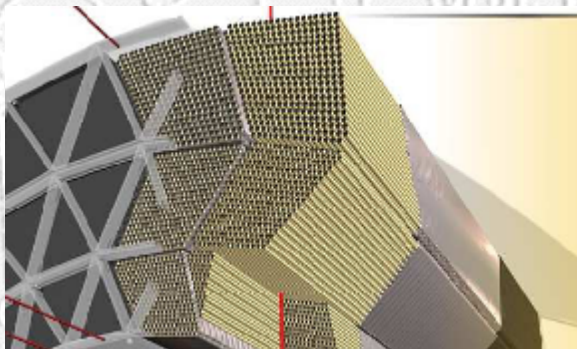
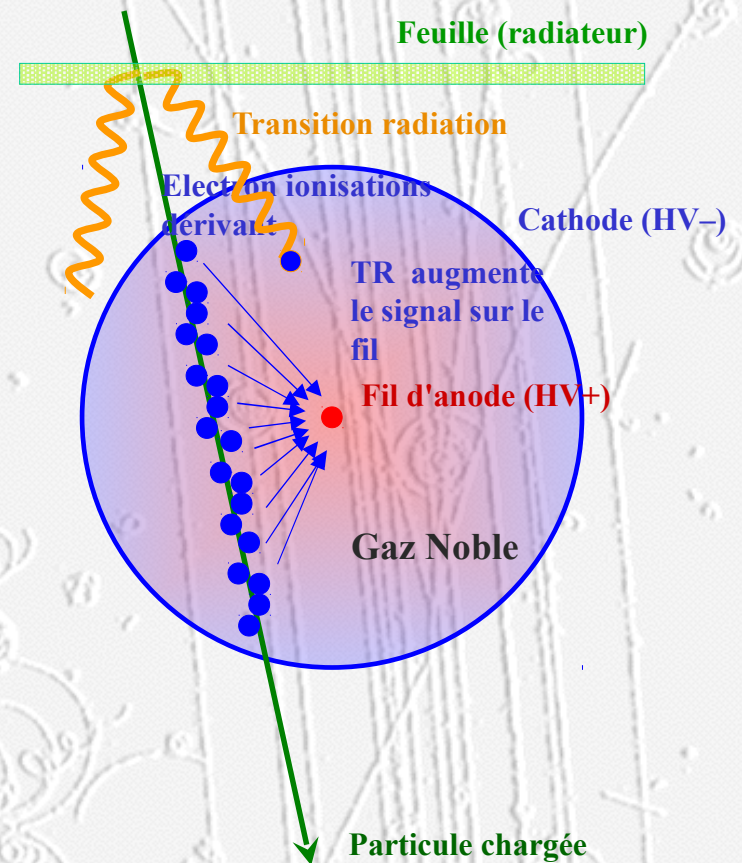
- **Atlas** : spectromètre à muons



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

- **Atlas : TRT***

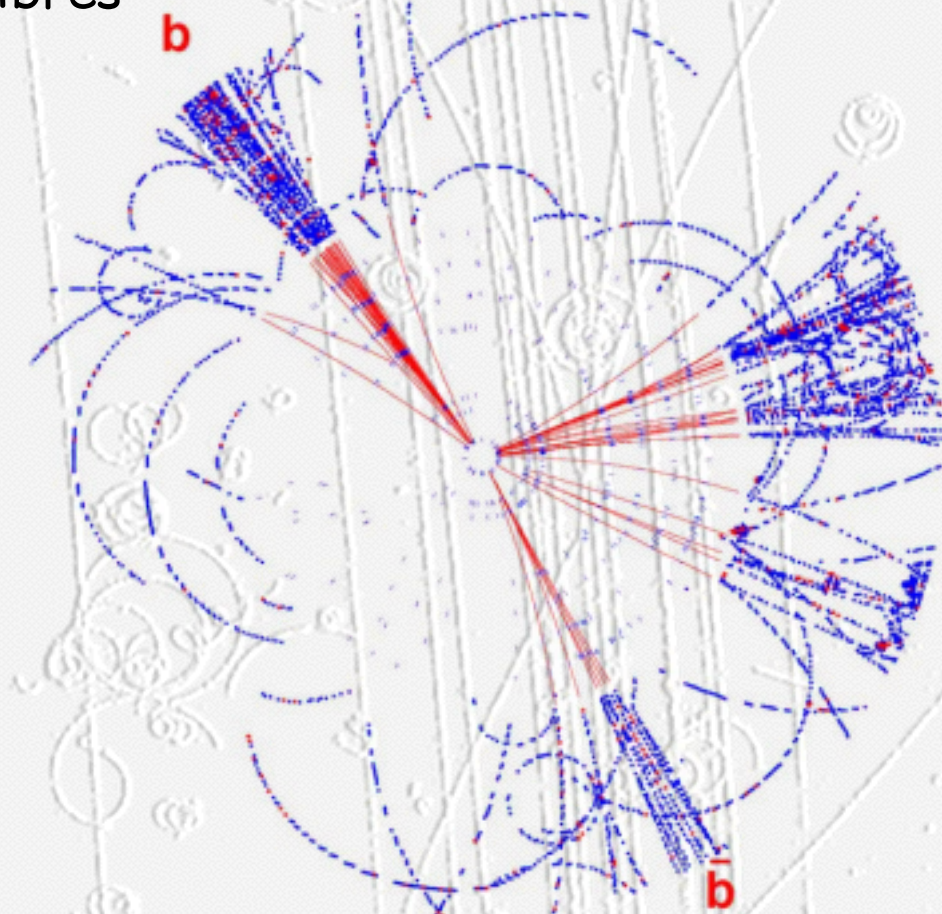
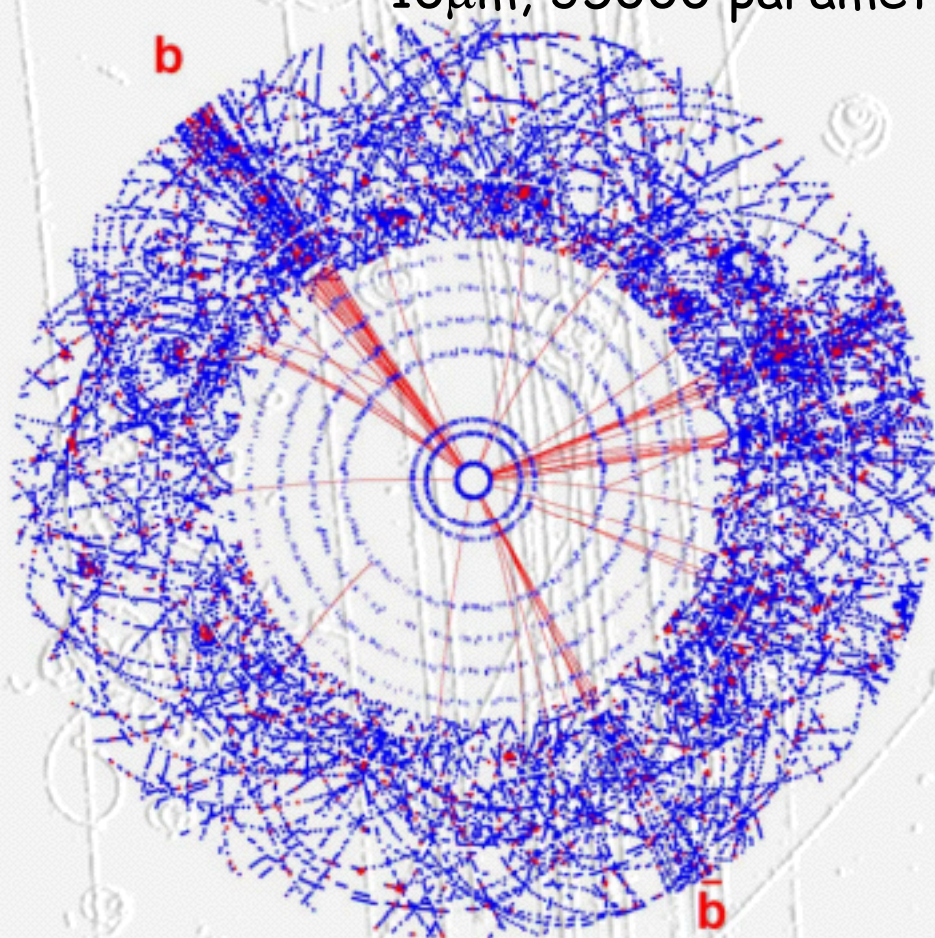
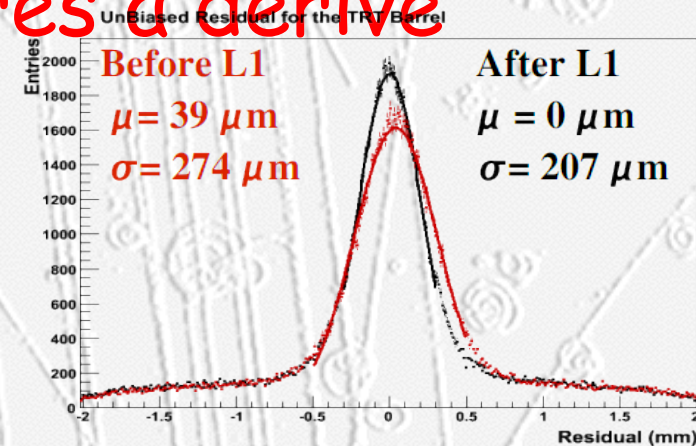
- Chambre à dérives (0.37 à 1.44m)
- Fil 31 μm , diamètre paille 4 mm
- $V=1530$ Volts
- Pression = 1 atm (+10mbar)
- Gain : $2.5 \cdot 10^4$
- Temps de dérives max : 48 ns
- Résolution spatiale $\sigma \sim 130 \mu\text{m}$
- 70% Xe, 27% CO₂, 3% O₂



* Transition Radiation Tracker

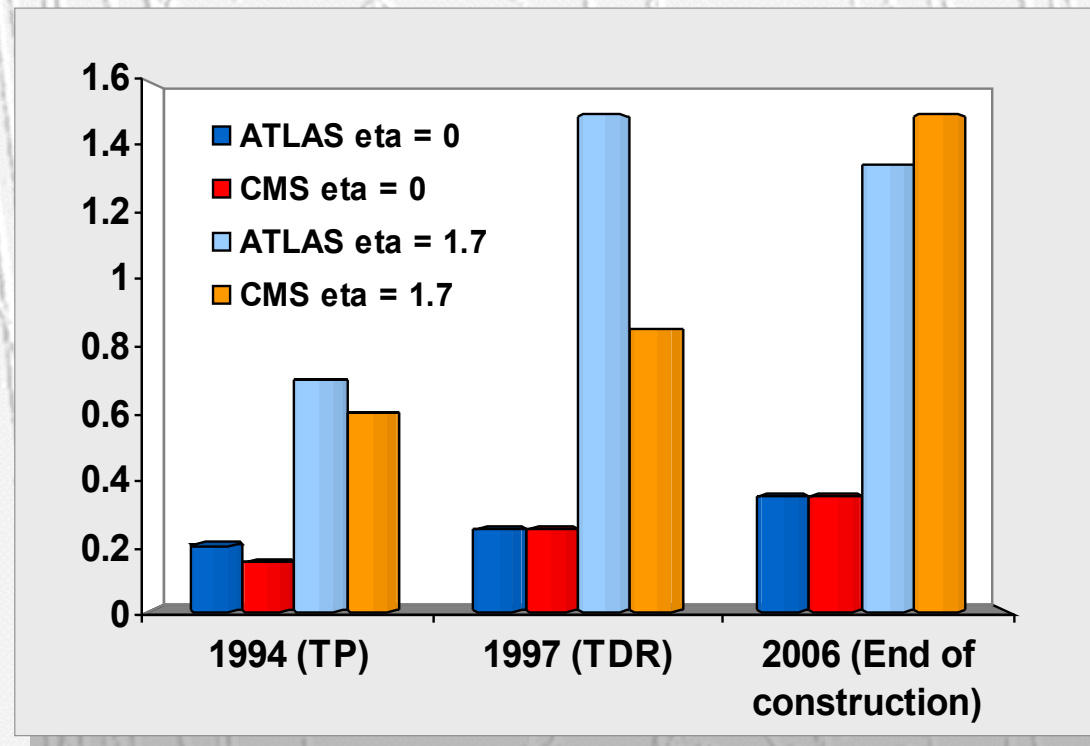
4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérivation**

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



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

- **Atlas : TRT**



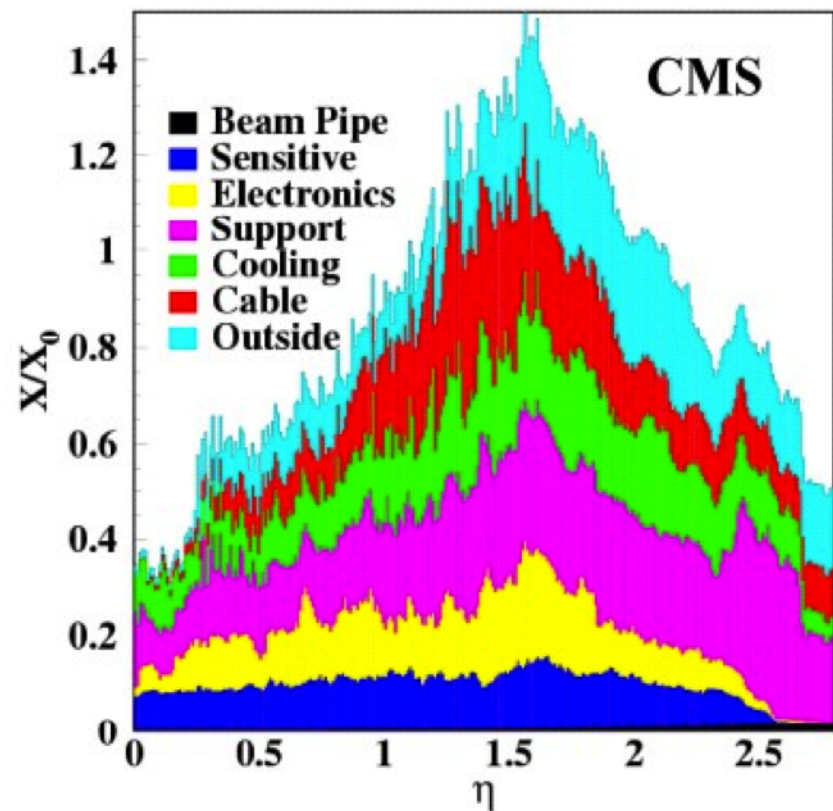
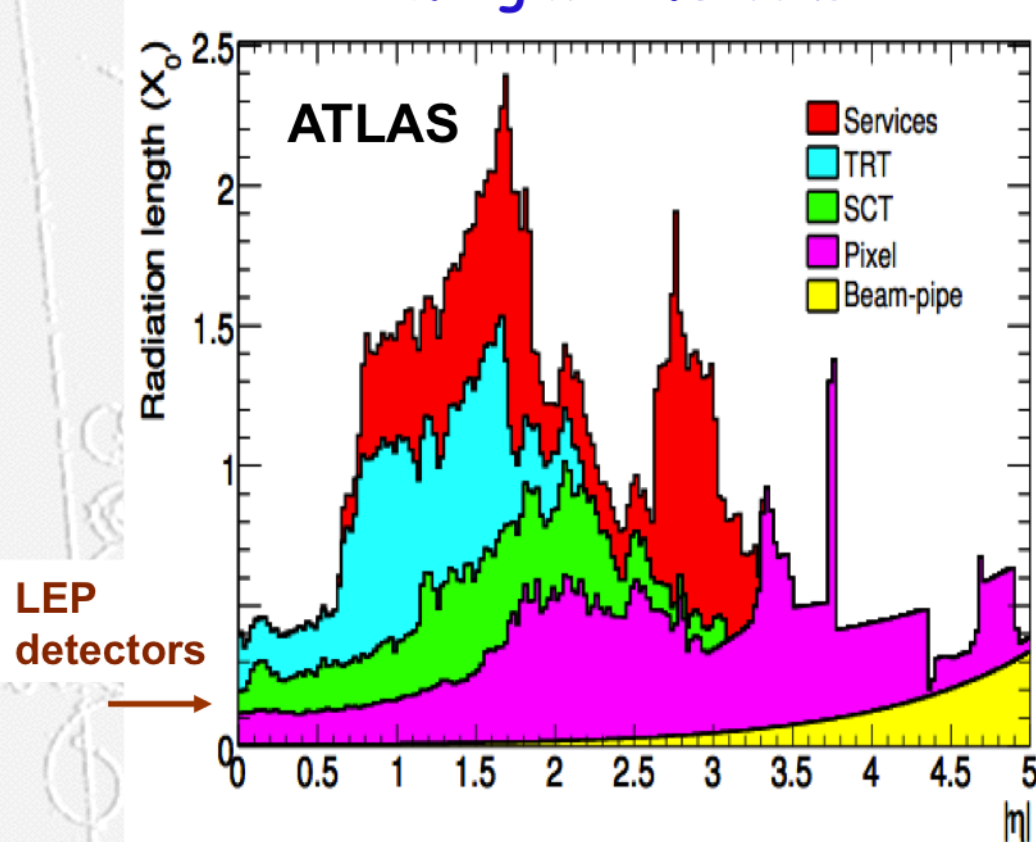
Augmentation du nombre de x0 principalement due aux services mal estimés

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

- Atlas : TRT

Weight: 4.5 tons

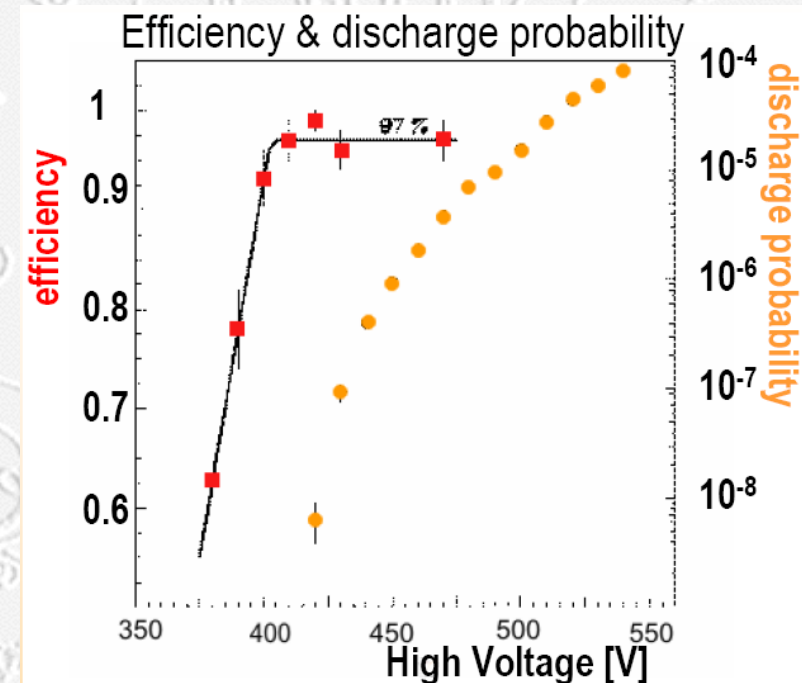
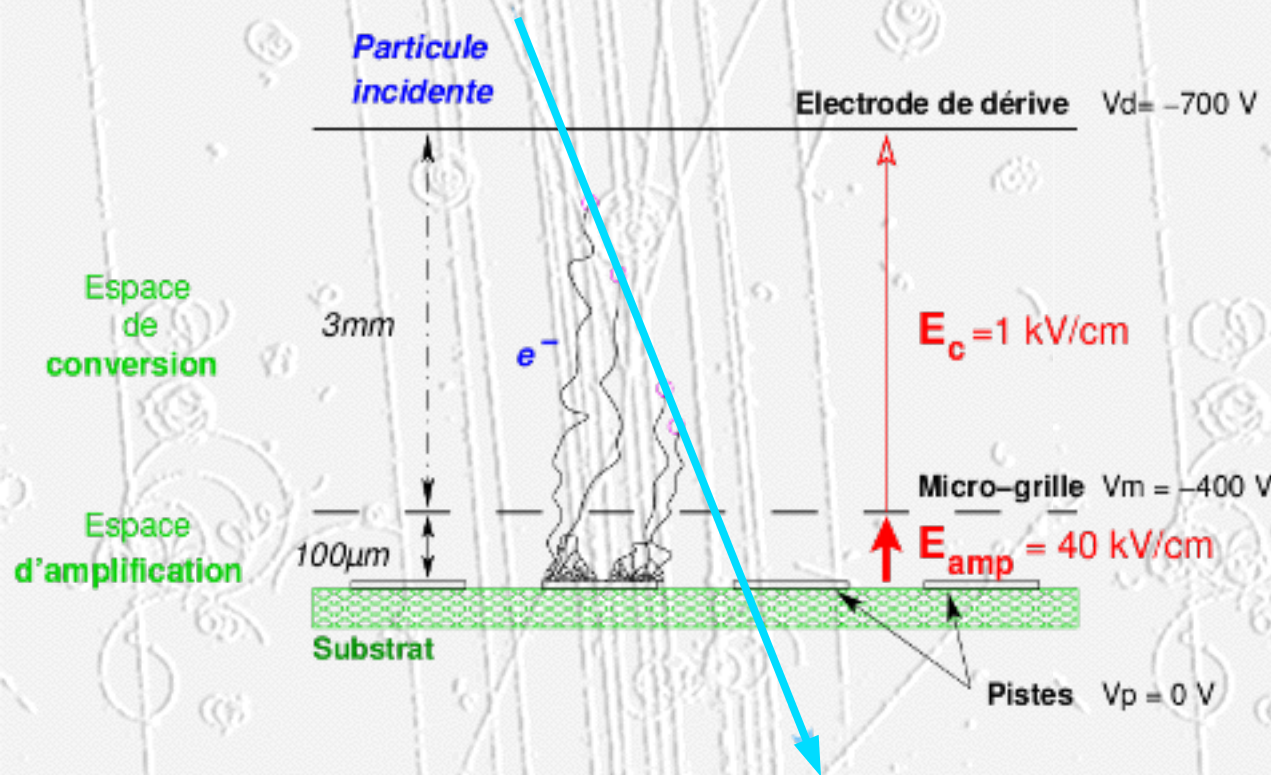
Weight: 3.7 tons



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

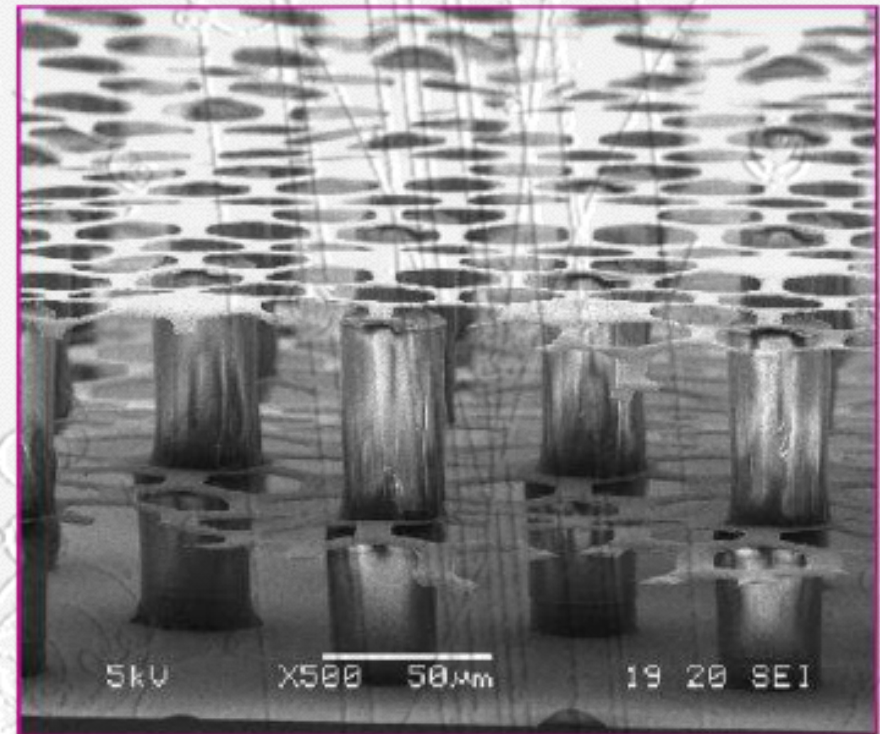
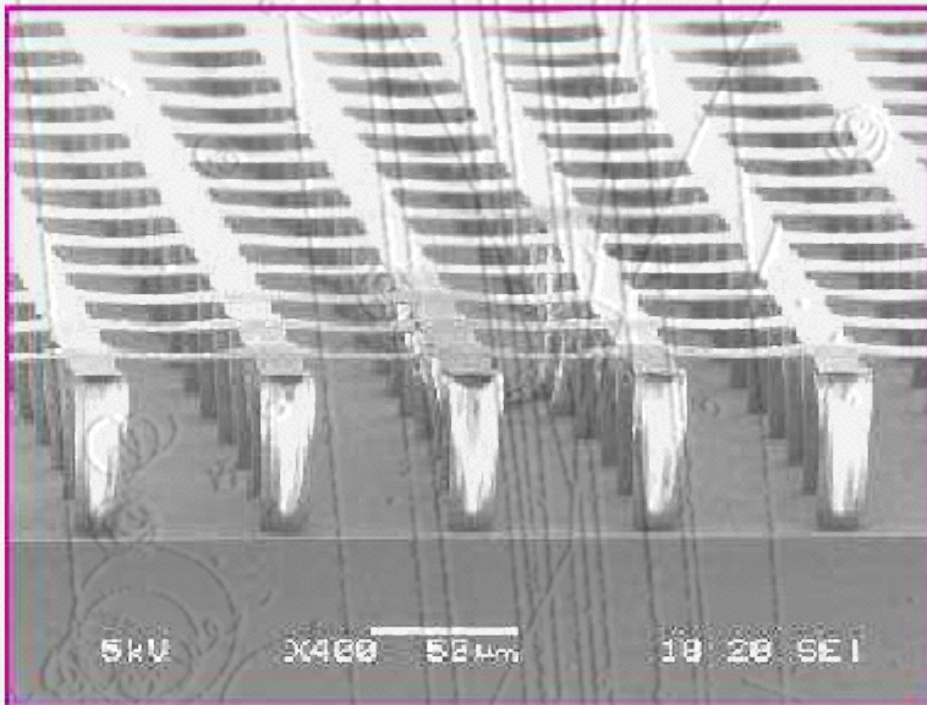
- **Micro Megas**

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



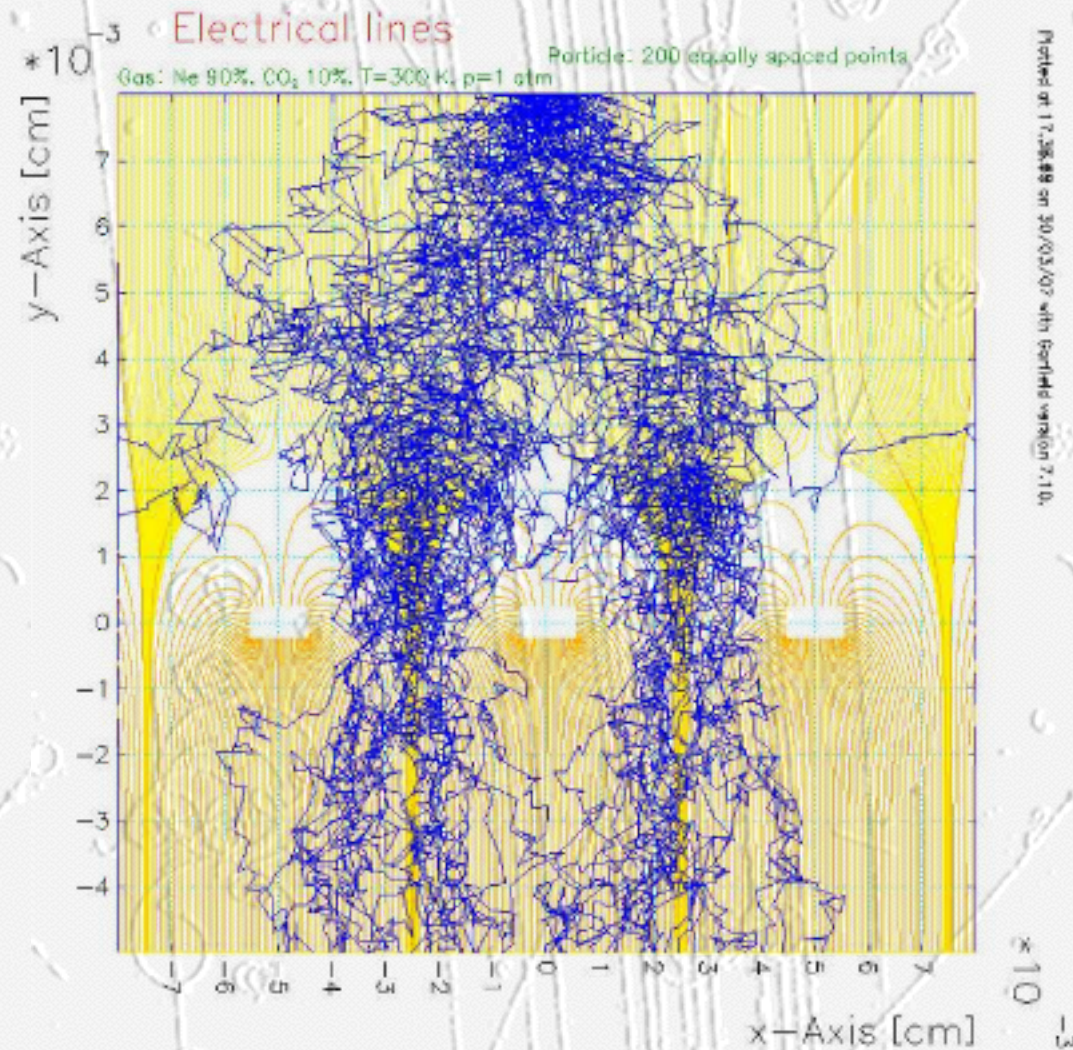
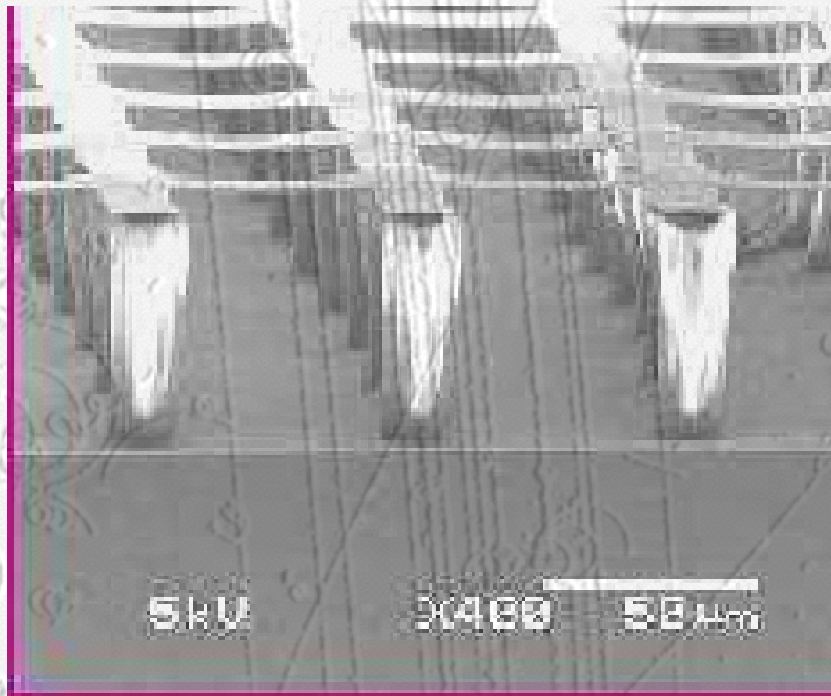
4. Détecteurs de Traces : **Chambres à dérivation**

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



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

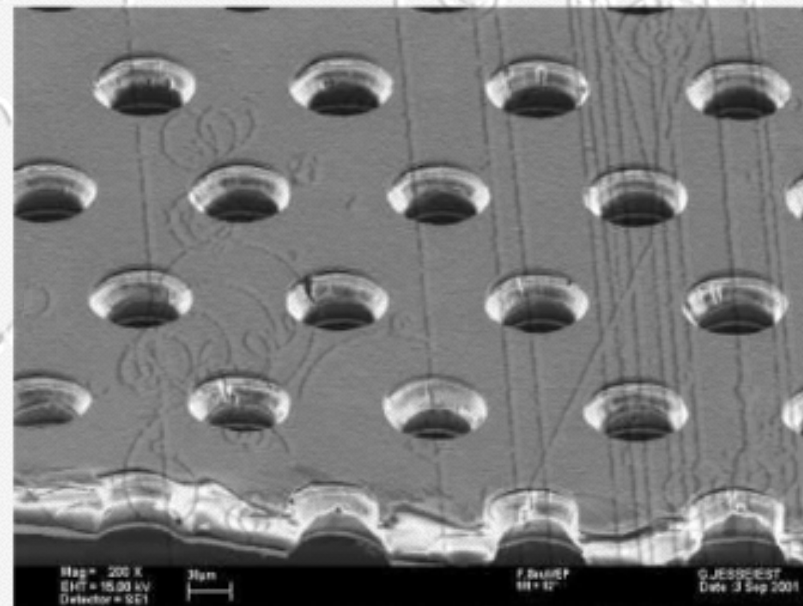
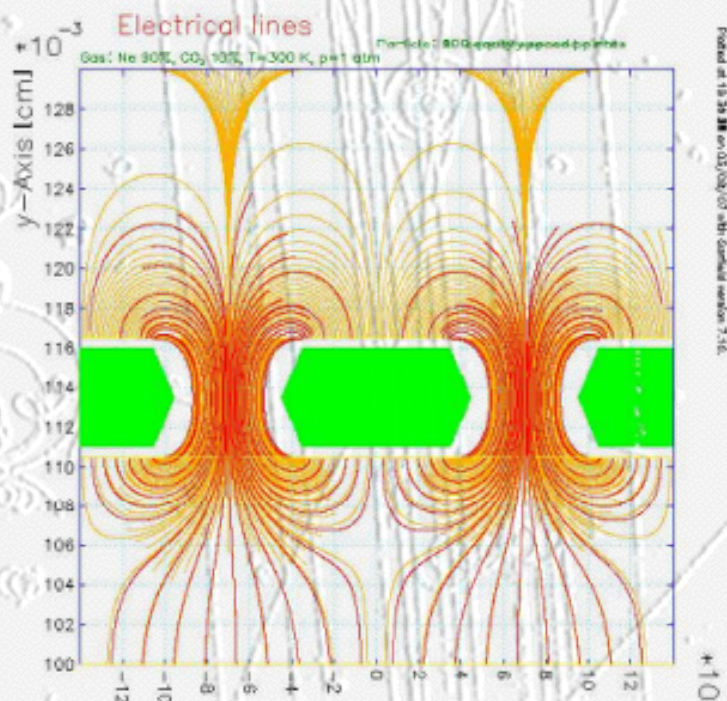
- **Micro Megas**
 - Progression des simulations:



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

- **GEM (Gas Electron Multiplier)**

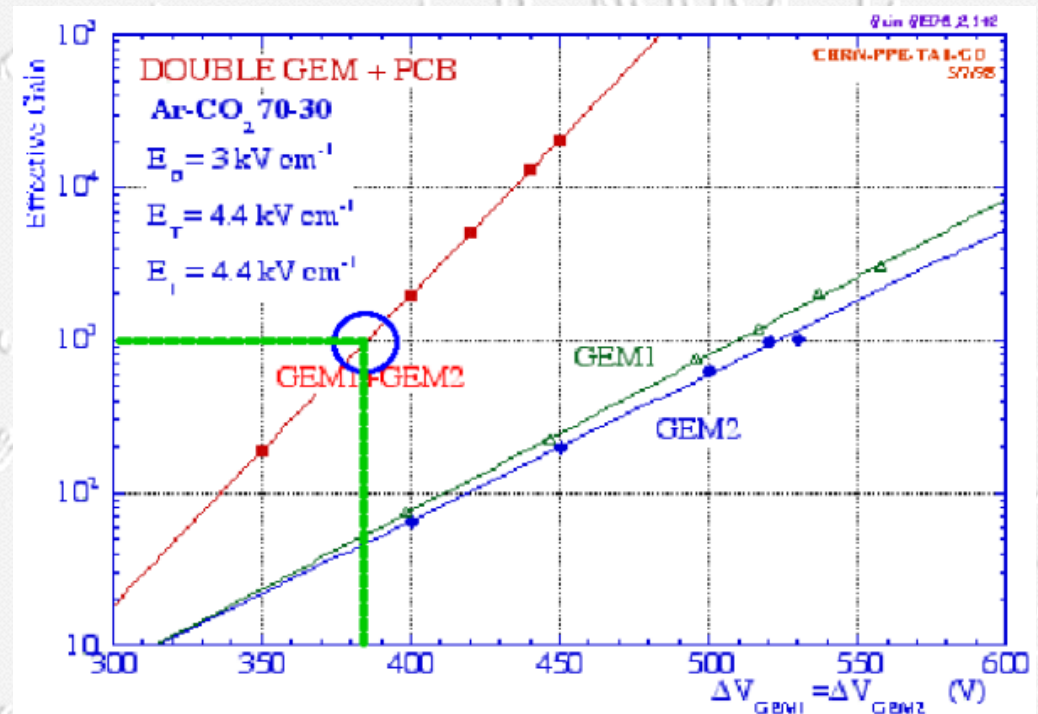
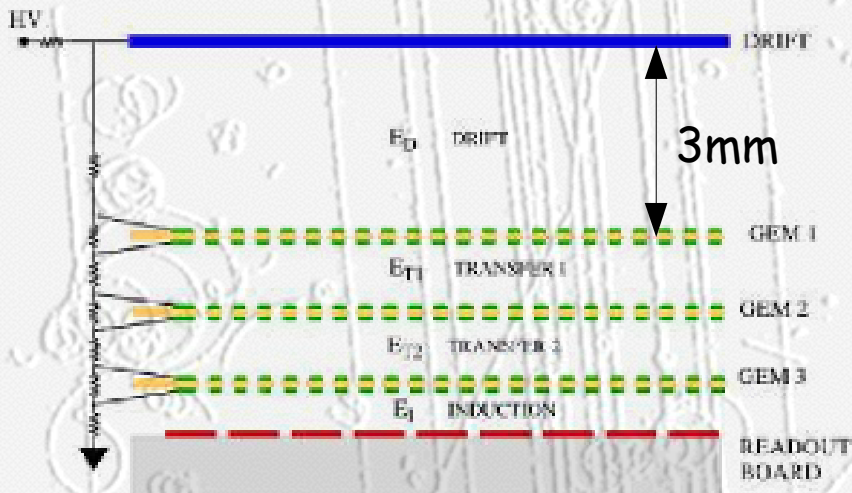
- Feuille Cu-Kapton-Cu percée
- régulièrement de trous de 30-50 μm
- 200 à 400 V entre les 2 faces
- 100 à 1000 e^- produits par un e^- unique à l'entrée d'un trou



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

- **GEM (Gas Electron Multiplier)**

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

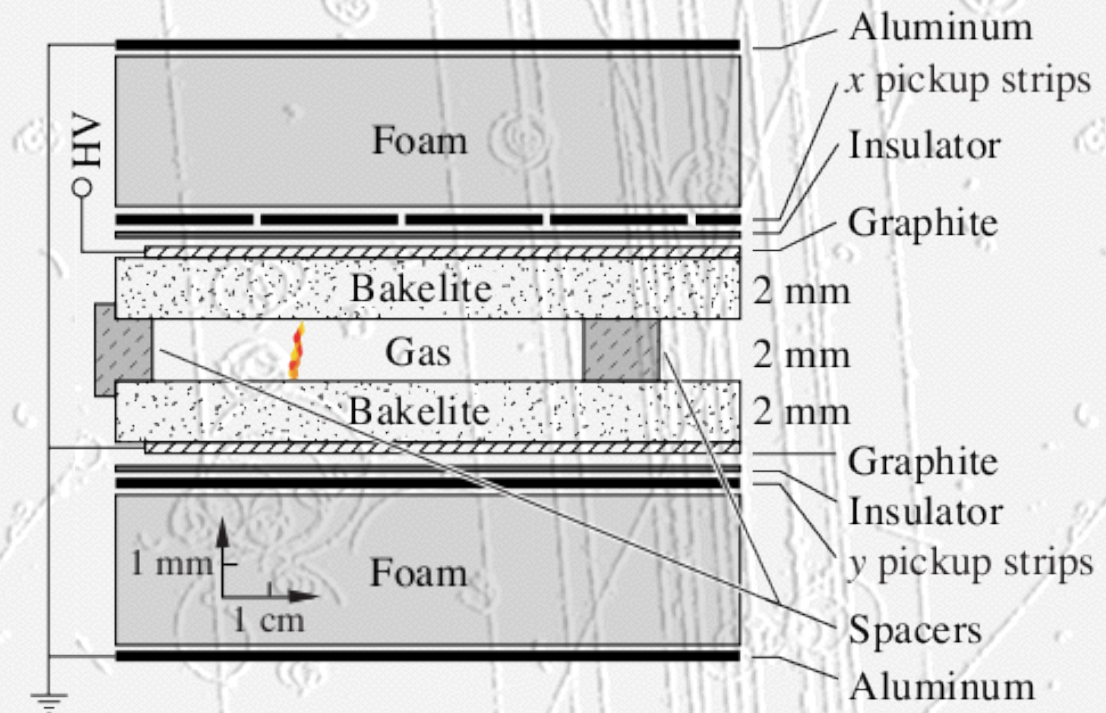


Détecteurs de Traces

- **RPC (Resistive Plate chamber)**

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

- **Persint si temps**



Détecteur au Silicium

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

Détecteur au Silicium

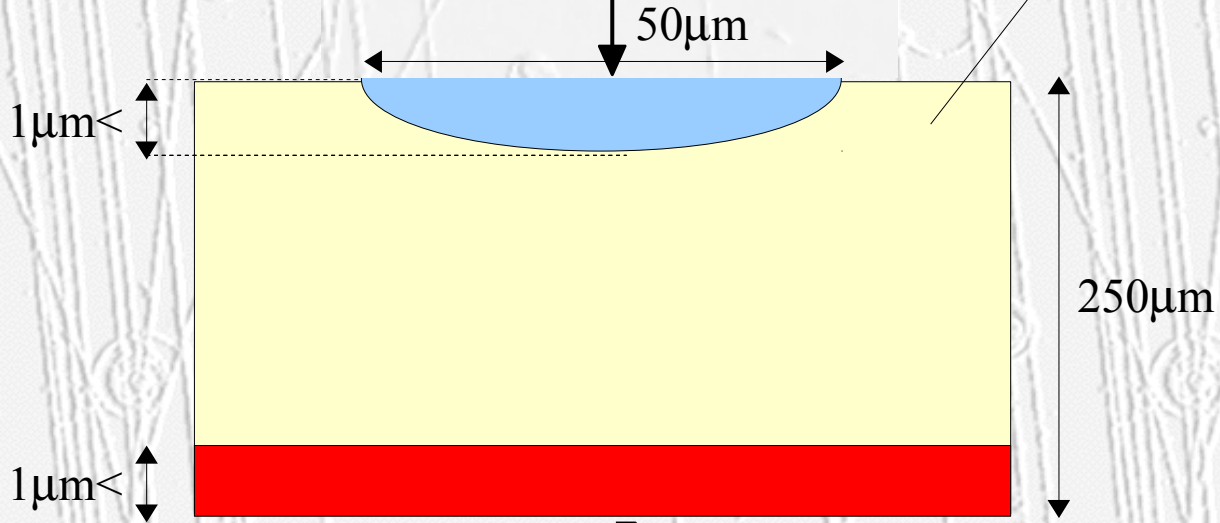
Si atome avec 4 électrons de valence

“Excess” electron

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

Examples: As, P

N type ($\sim K\Omega$)



P type

“Excess” hole

Examples: B, Al, In

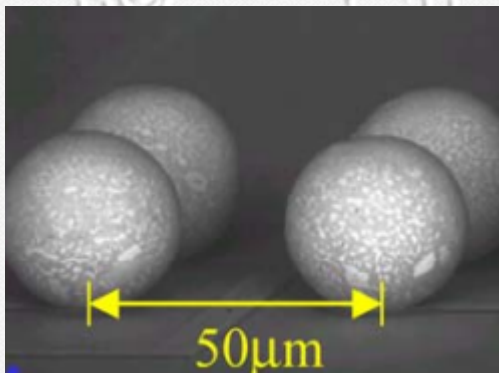
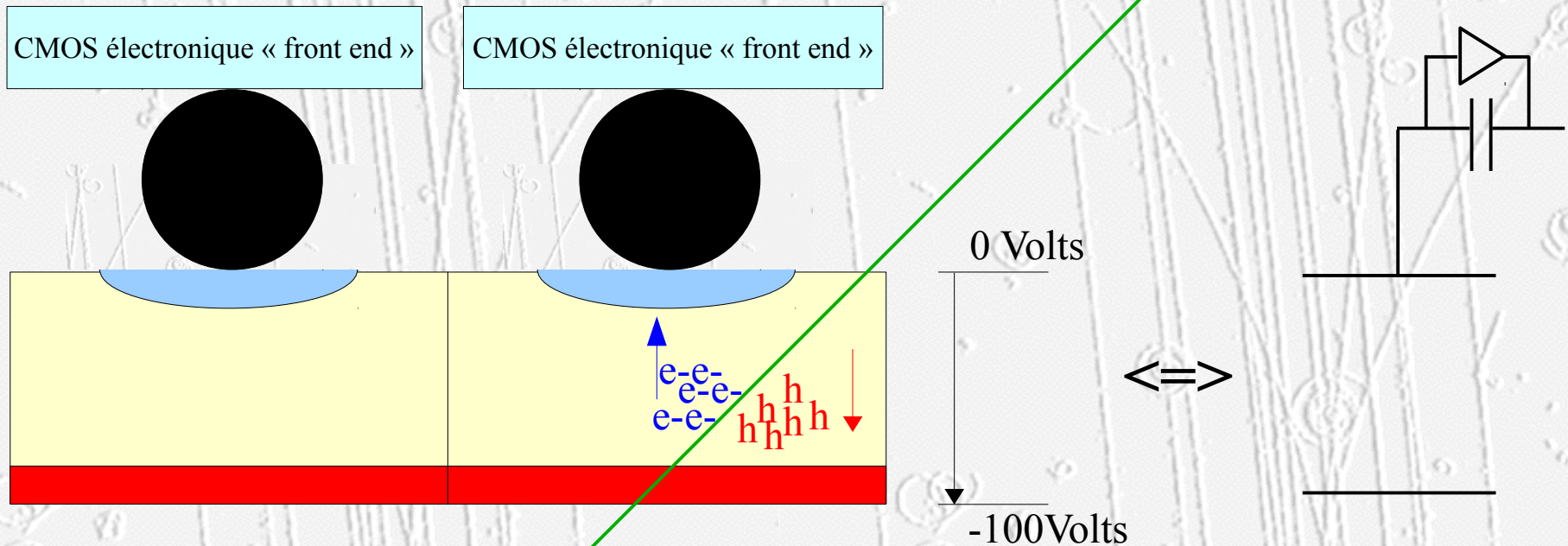
Cellule élémentaire : 250 μm x 50 μm x 400 μm

R Φ Z

Détecteur au Silicium

- ATLAS:Pixels

Trace Chargée



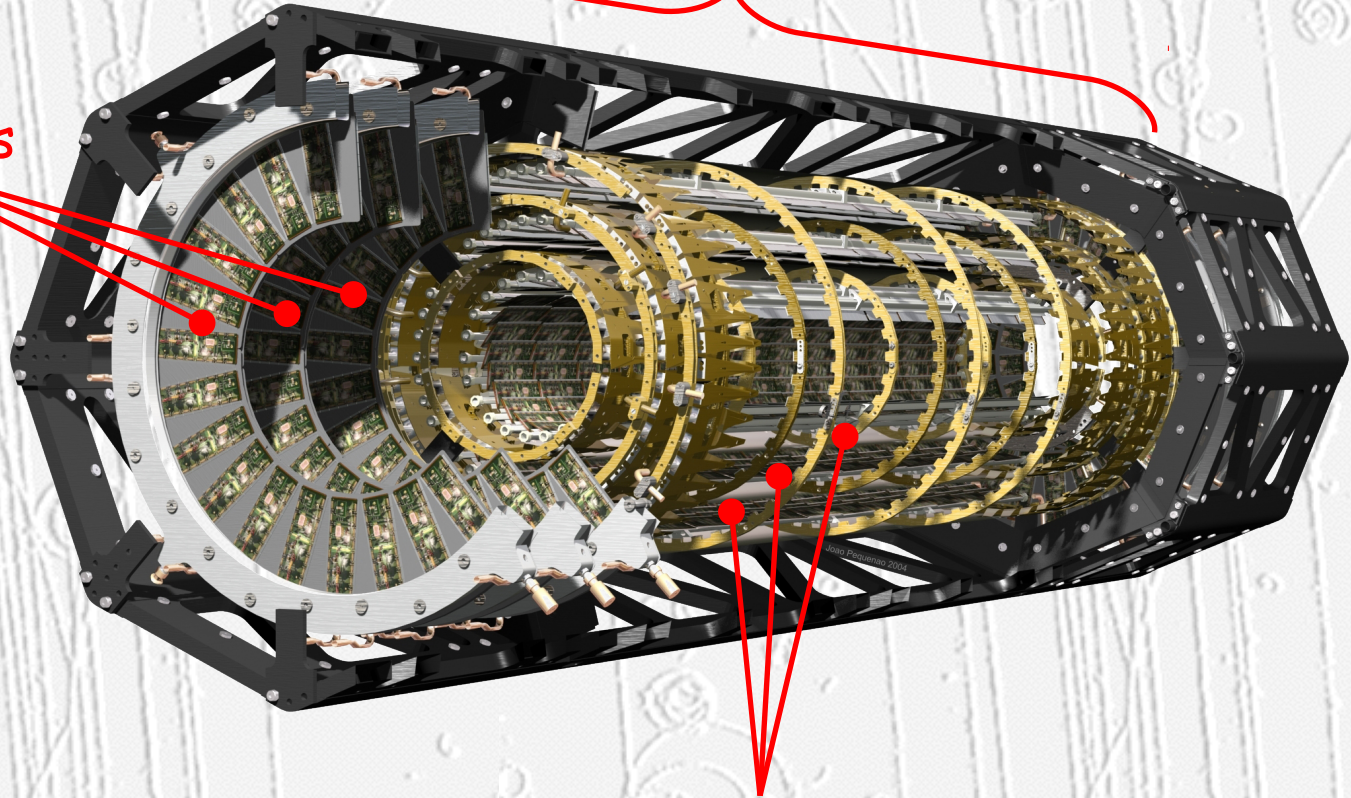
- ~20000 électron par trace chargée
- Temps de collection des e⁻: ~5ns

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

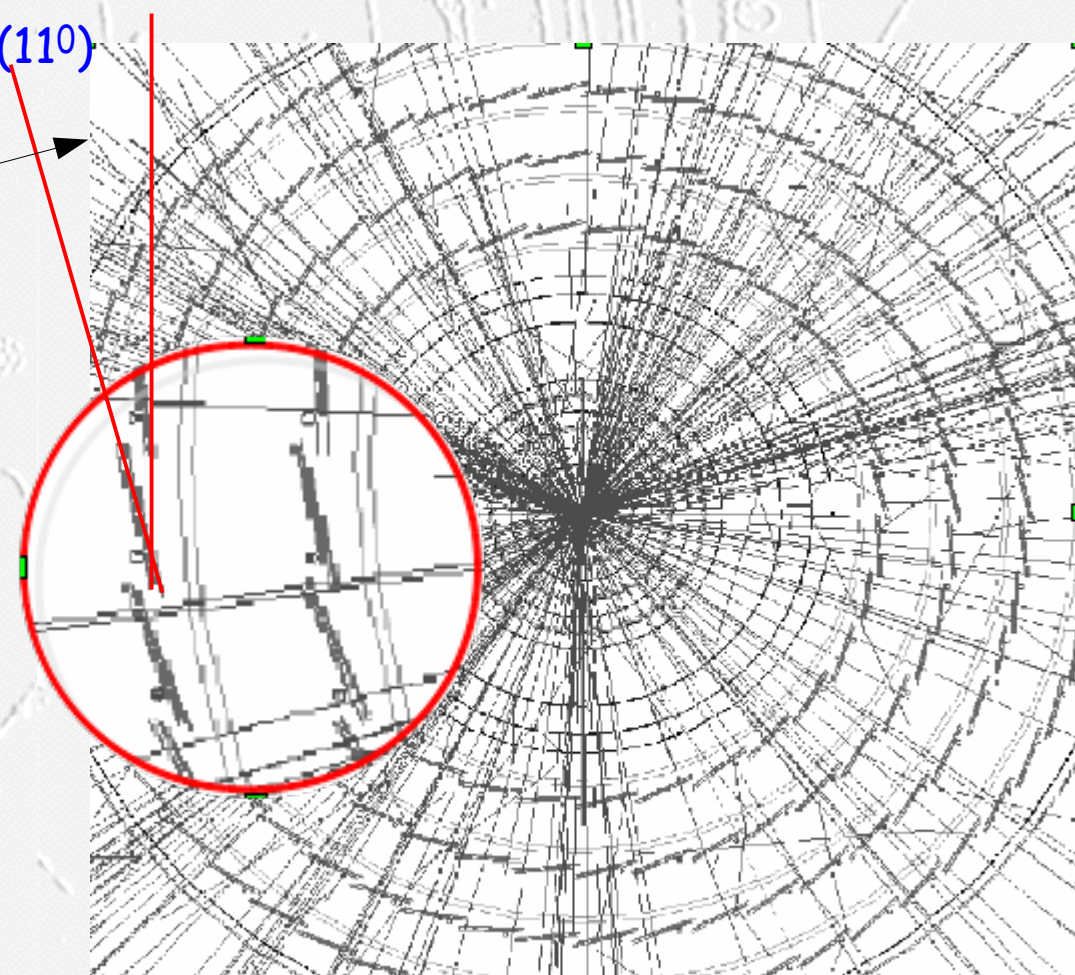
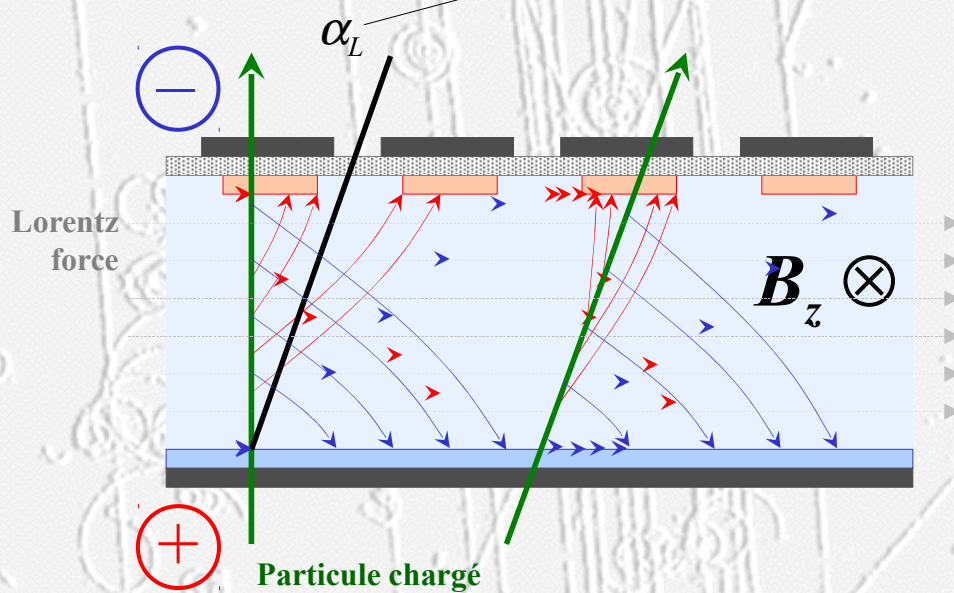
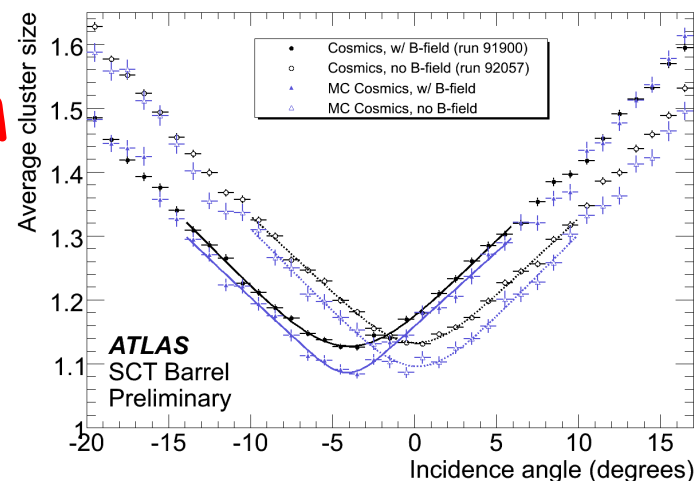


**3 Barrel layers ($R = 5, 9, 12$ cm),
 $\Sigma = 1456$ barrel modules**

4. Détecteurs de Traces : Silicium

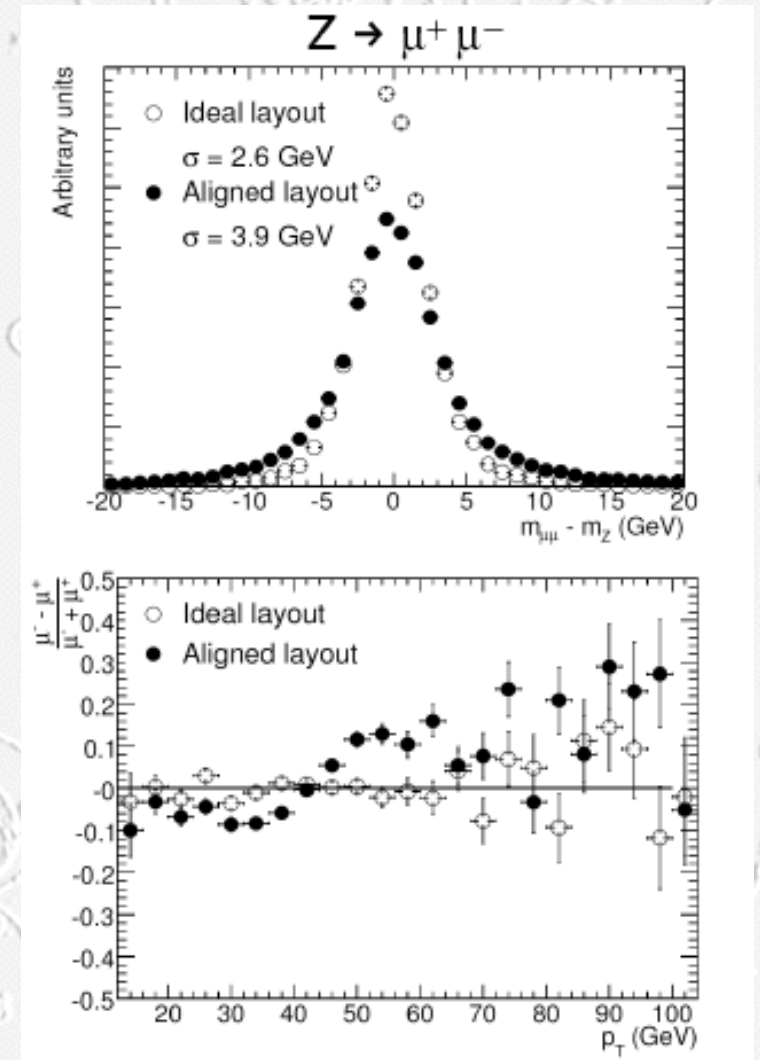
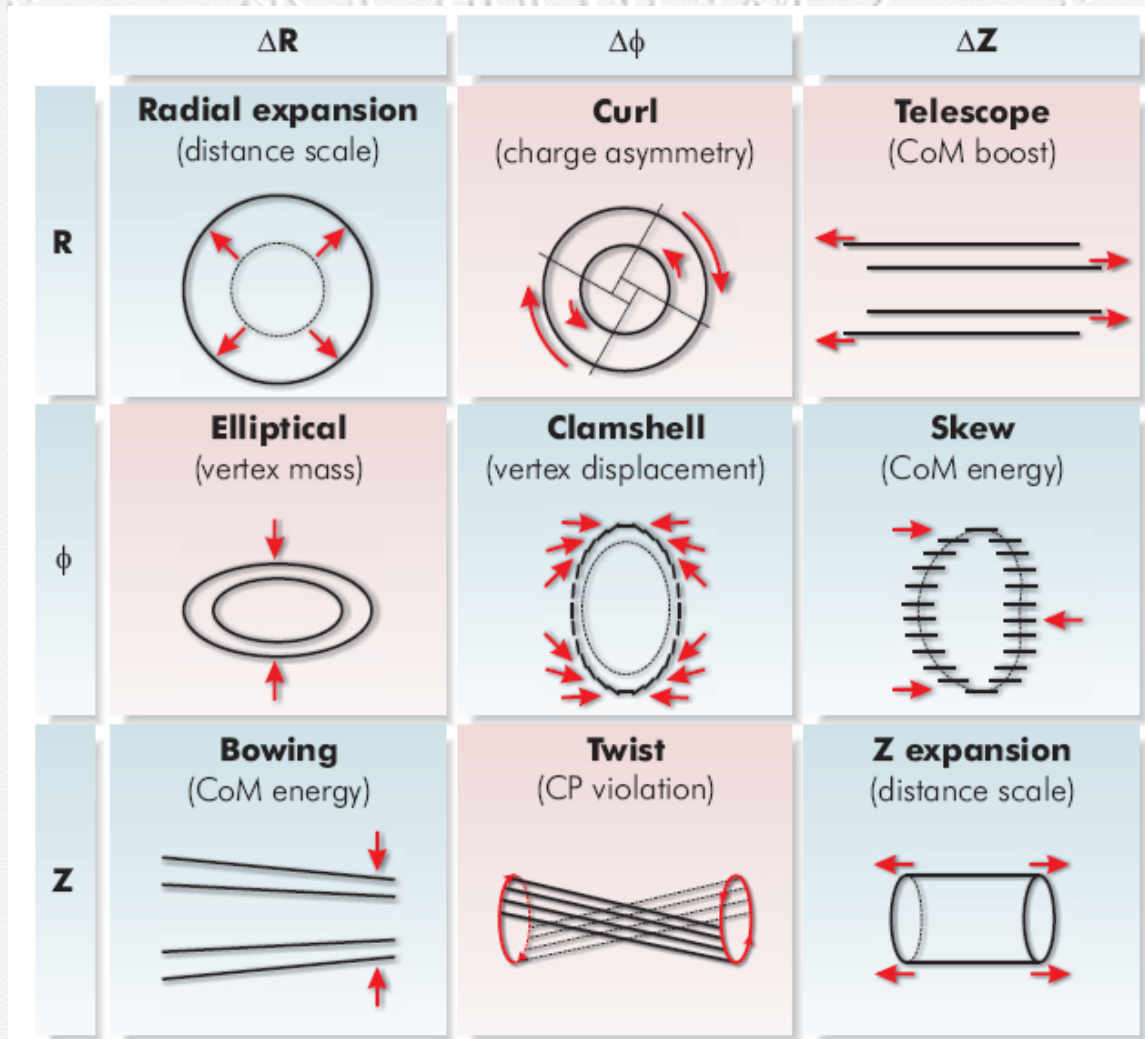
• Atlas : Pixels & SCT

- Pour compenser l'angle de Lorentz, pour les traces radiales (effet Hall), les modules des Pixels (20°) et du SCT (11°) sont inclinés.



4. Détecteurs de Traces : Silicium

- Atlas: Pixels & SCT : Alignement!!



4. Détecteurs de Traces : **Silicium**

- **Atlas vs CMS: Pixels & SCT**
 - Cet inclination des modules Pixels & SCT n'existent pas dans CMS, CMS peut donc renverser son champ magnétique solénoïdale sans gros impact sur ces 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 & gaz

- Atlas : Pixels, SCT & TRT
(trajectographe interne plongé ds un champ solénoïdale 2T)
- Résolution spatiale (barrel):
 - Pixel: 10 μm [$r\phi$], 115 μm [z], 1744 modules
 - SCT: 17 μm [$r\phi$], 580 μm [z], 4088 modules
 - TRT: 130 μm [$r\phi$] / pailles!, 2688 modules

