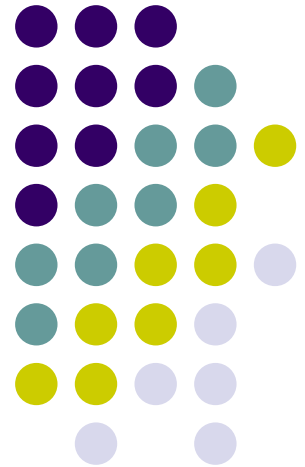


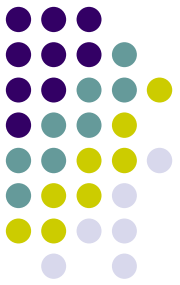
Etude des performances du calorimètre électromagnétique d'Atlas



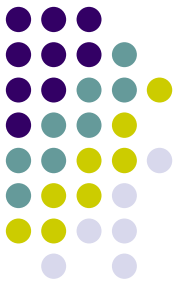
Cédric SERFON
CPPM-IN2P3
JJC 2003 La Roche en Ardenne



Plan



- Présentation du LHC et d'Atlas
- A quoi sert un calorimètre électromagnétique ?
- Principe de fonctionnement
- Le calorimètre électromagnétique d'Atlas
- Analyse des performances
 - Corrections à apporter
 - Résolution en énergie
 - Uniformité
- Conclusions



Atlas et le LHC

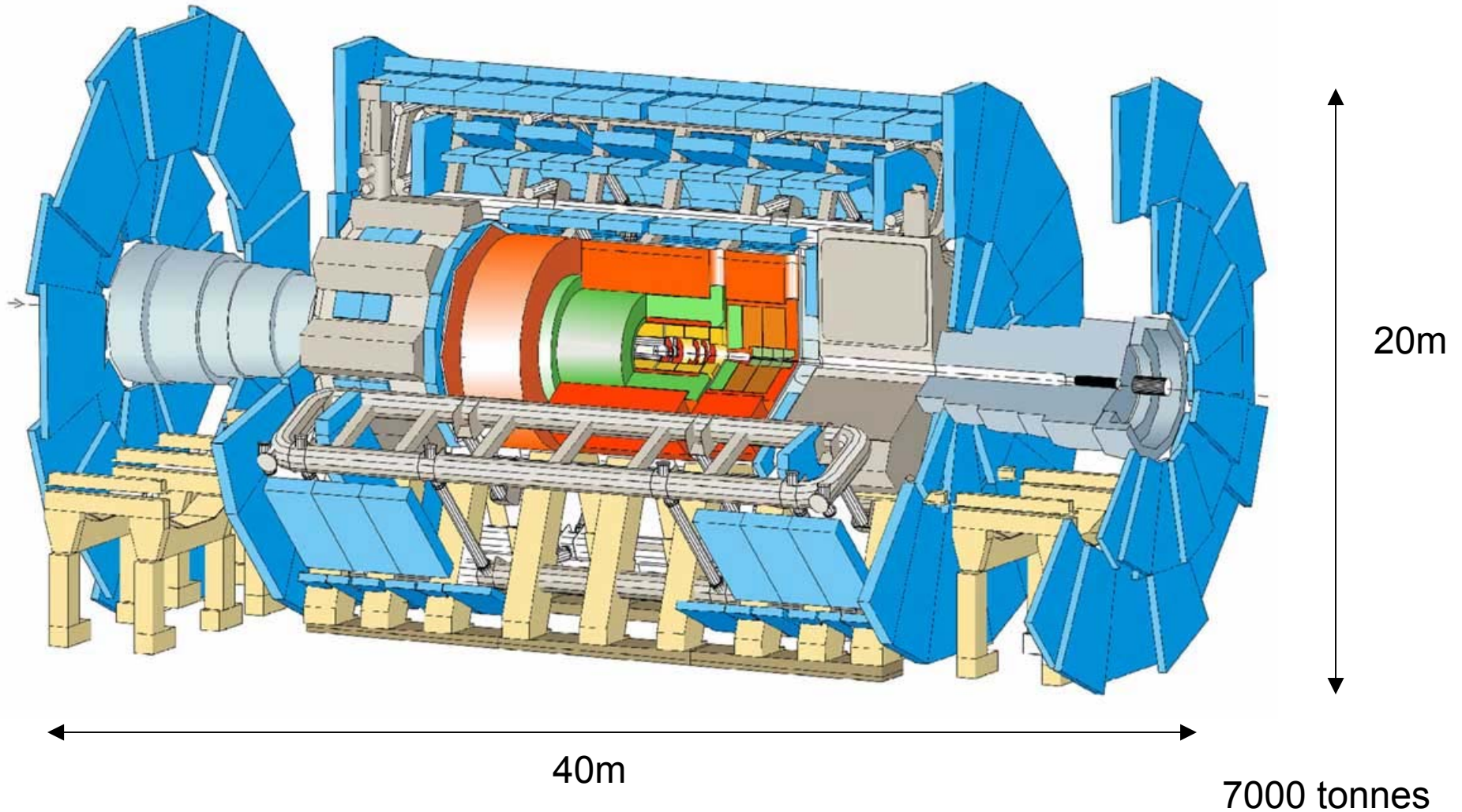
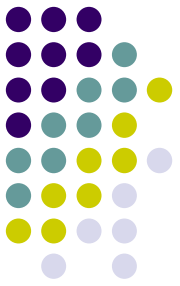
Le LHC

- Acronyme de **L**arge **H**adron **C**ollider
- Caractéristiques :
 - Collisionneur p-p
 - Energie au centre de masse : 14 TeV
 - Luminosité intégrée : 20 fb⁻¹ par an puis 100 fb⁻¹
 - Fréquence de croisement des faisceaux : 40 MHz
 - Début en 2007...

Atlas

- Acronyme de **A** Toroidal **LHC** **A**pparatu**S**
- L'une des quatre expériences sur le LHC :
 - Atlas, CMS : expériences généralistes
 - Alice : ions lourds
 - LHCb : violation de CP

Le détecteur Atlas

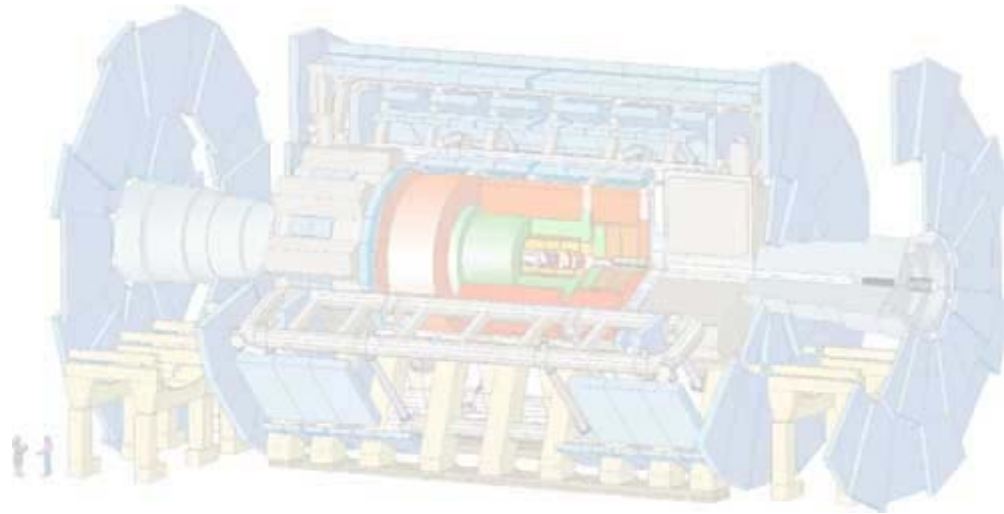
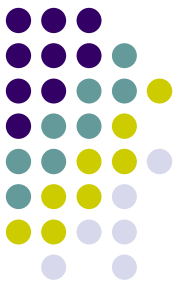


40m

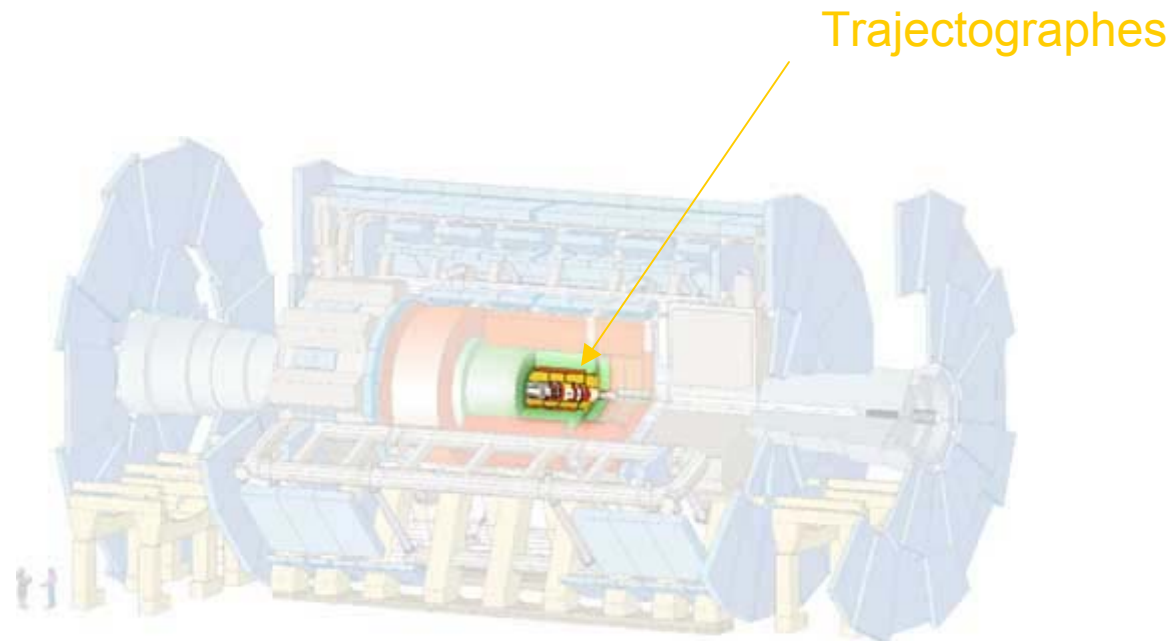
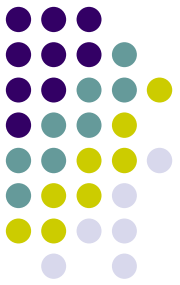
20m

7000 tonnes

Le détecteur Atlas



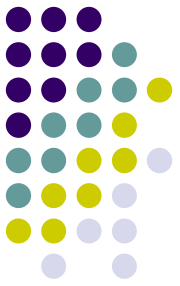
Le détecteur Atlas



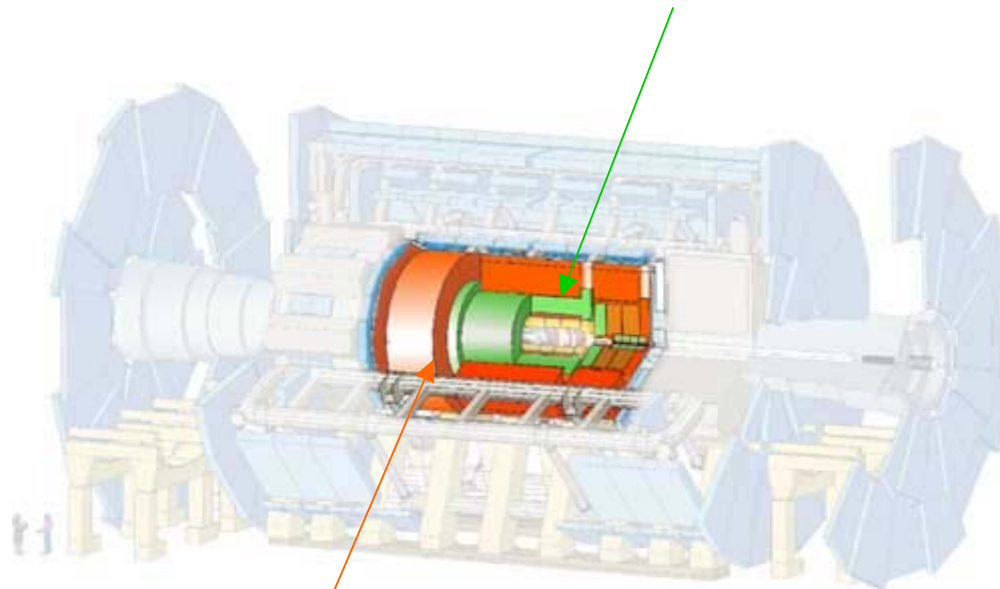
Buts :

- Reconstruire les traces chargées
- Mesurer leur impulsion
- Identification des particules

Le détecteur Atlas



Calorimètre électromagnétique



Calorimètre hadronique

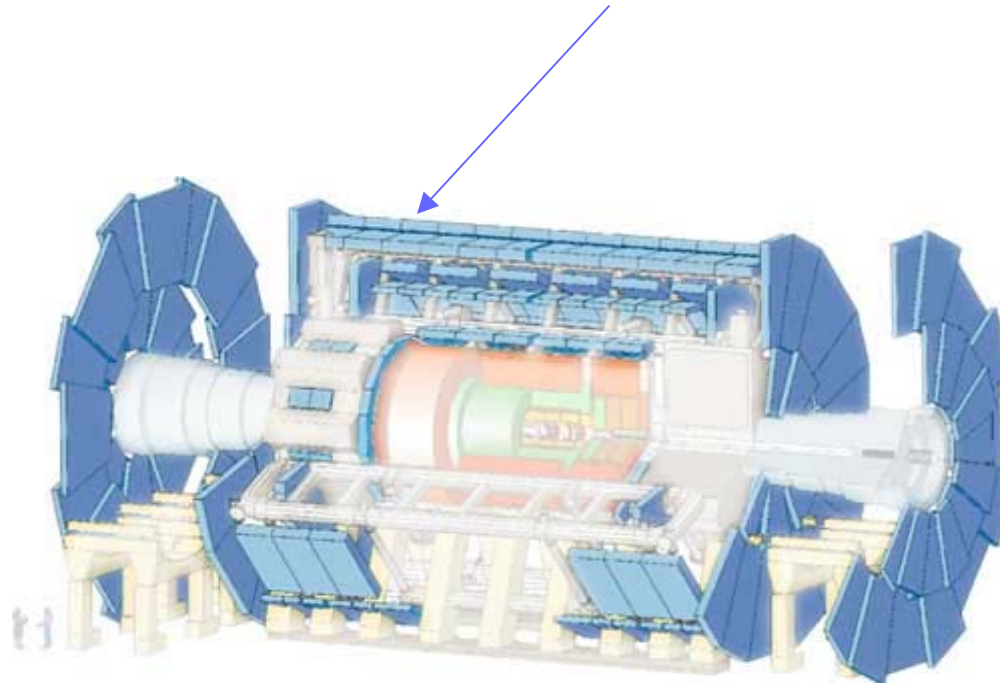
Buts :

- Mesurer l'énergie des électrons, photons, hadrons

Le détecteur Atlas



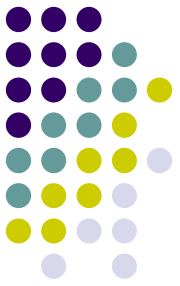
Détecteur de muons



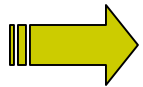
Buts :

- Reconstruire les traces des muons
- Mesurer leur impulsion

A quoi sert un calorimètre électromagnétique ?

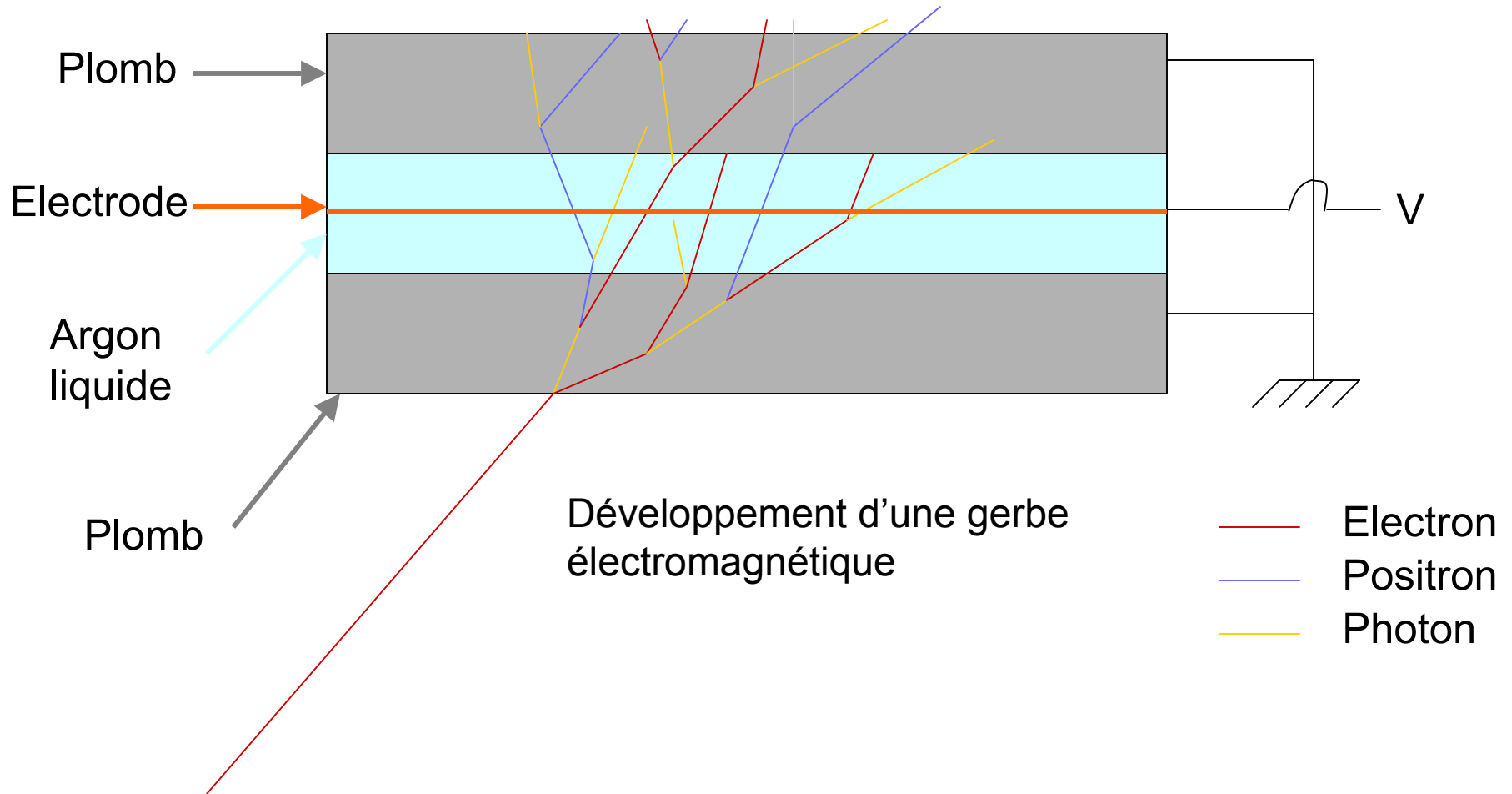
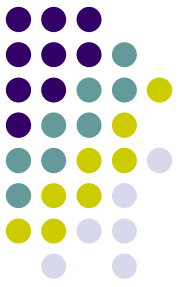


- Ses buts :
 - reconstruire l'énergie des photons et électrons
 - reconstruire une partie de l'énergie des hadrons
 - participer à l'identification (séparation électrons/jets, γ/π^0 ...)
 - reconstruire la direction incidente des photons (si le calorimètre est bien segmenté)
- Différents types de calorimètres : homogène, à échantillonnage...

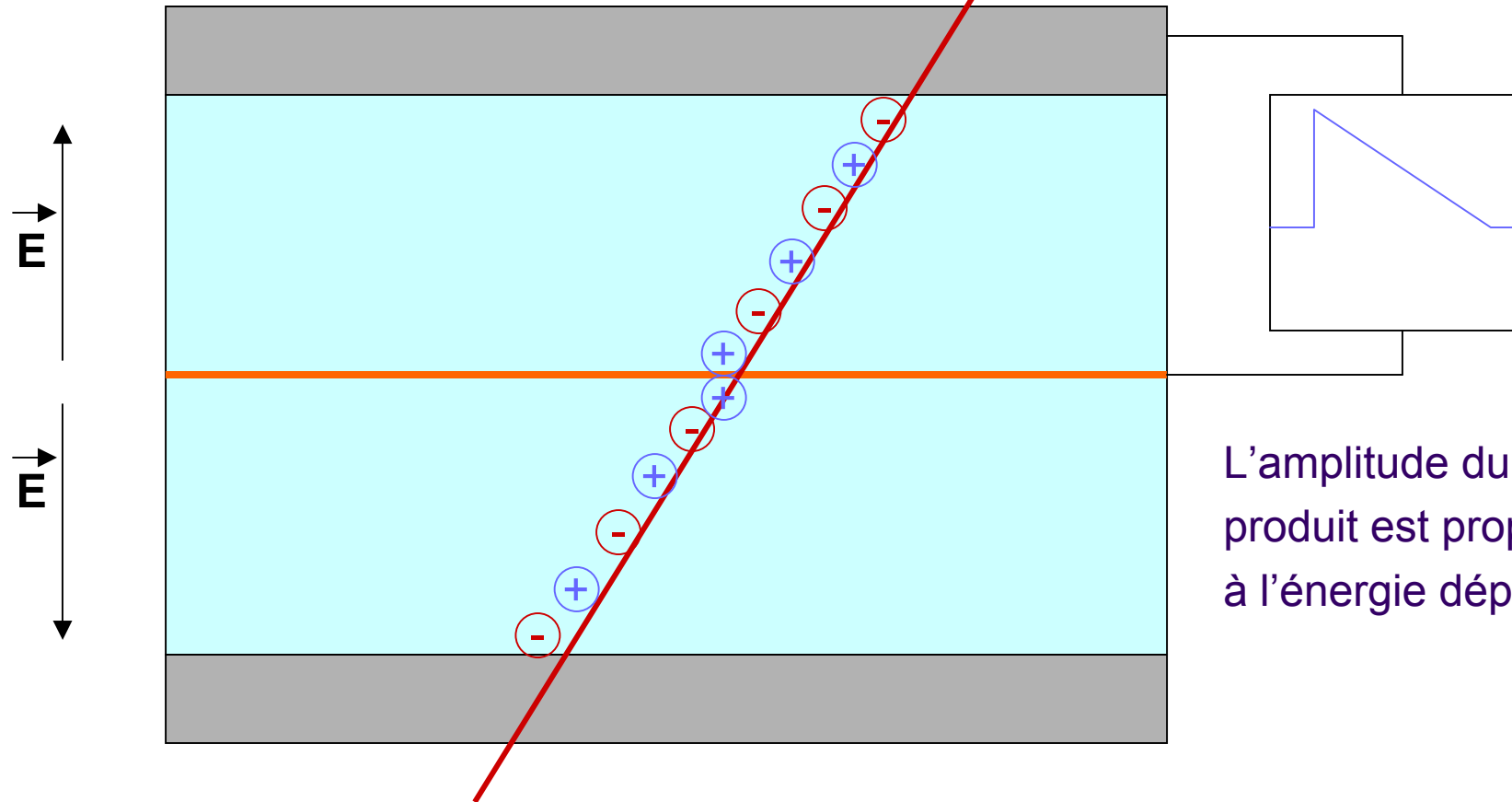
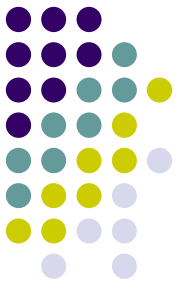


Dans la suite, est détaillé le fonctionnement d'un calorimètre à échantillonnage plomb (milieu passif), argon liquide (milieu actif) (c'est le cas d'Atlas)

Principe de fonctionnement

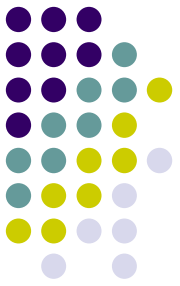


Principe de fonctionnement

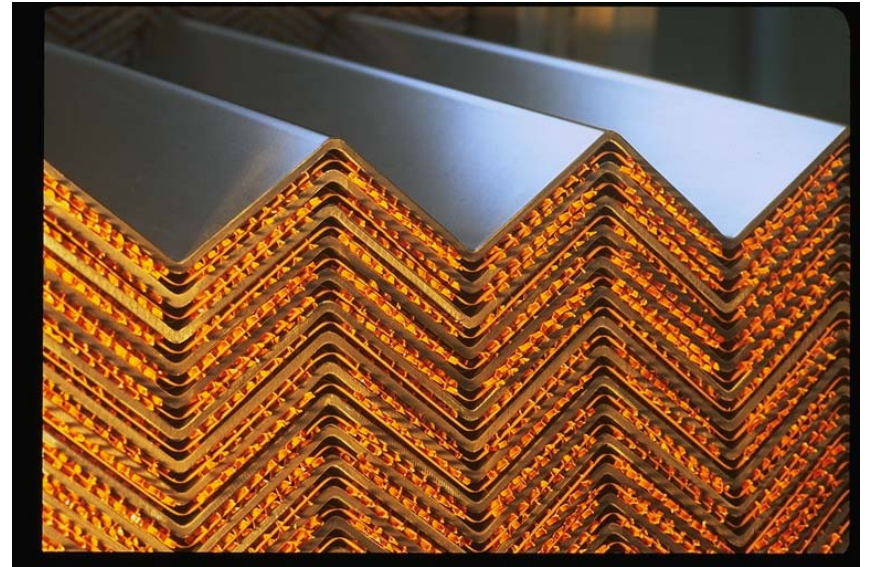


L'amplitude du signal produit est proportionnelle à l'énergie déposée

Le calorimètre électromagnétique d'Atlas

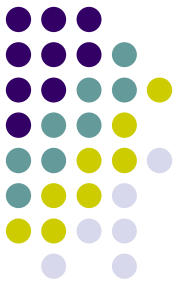


- Une des particularités du calorimètre électromagnétique d'Atlas : la **géométrie en accordéon**. Avantages :
 - rapidité
 - herméticité



La structure en accordéon

Le calorimètre électromagnétique d'Atlas



- Un des buts d'Atlas : la découverte du boson de Higgs. Un canal intéressant : $H \rightarrow \gamma\gamma$, mais nécessite bonne résolution en énergie

- Pour un calorimètre :

$$\frac{\sigma_E}{E} = \frac{a_E}{\sqrt{E}} \oplus \frac{b_E}{E} \oplus c_E$$

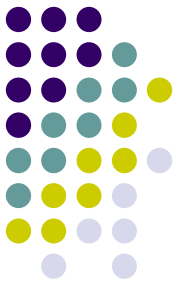
où a_E = terme d'échantillonnage

b_E = terme de bruit

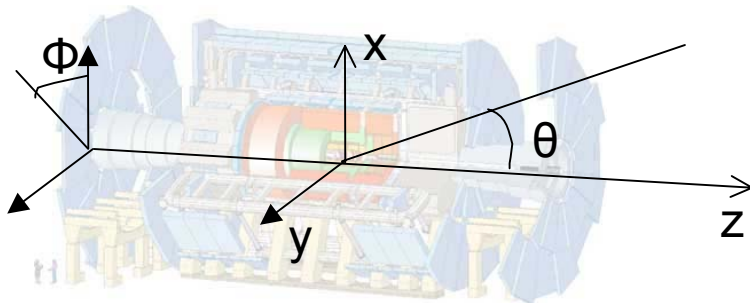
c_E = terme constant

- Pour atteindre une résolution de 1% sur la masse du Higgs, il faut $a_E < 10\% \text{ GeV}^{1/2}$ et $c_E < 0.7\%$
- Lors des études de physique, il est important de reconstruire l'énergie de toutes les particules + énergie transverse manquante (énergie des neutrinos, LSP...), donc nécessite bonne herméticité

Le calorimètre électromagnétique d'Atlas



- Le calorimètre électromagnétique d'Atlas est composé de :
 - un tonneau (couverture en pseudo rapidité $|\eta| < 1.4$)
 - deux bouchons ($1.4 < |\eta| < 3.2$)

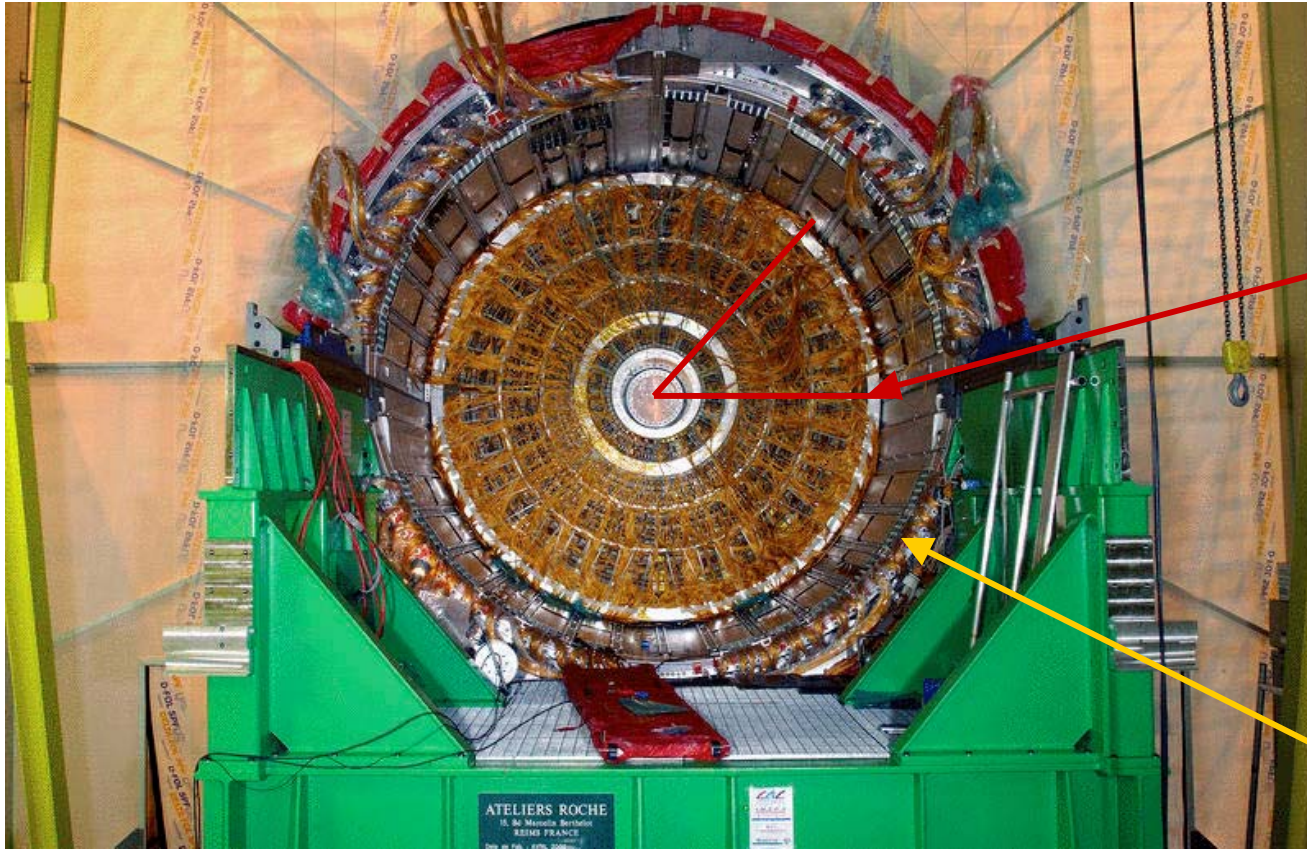
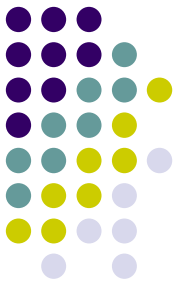


$$\eta = -\ln|\tan(\theta/2)|$$

$$\begin{aligned} \eta = 0 &\leftrightarrow \theta = 90^\circ \\ \eta = 1.4 &\leftrightarrow \theta = 27.7^\circ \\ \eta = 3.2 &\leftrightarrow \theta = 4.7^\circ \end{aligned}$$

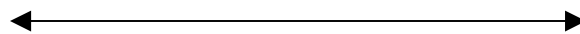
- Par la suite, on ne considère que les bouchons du calorimètre

Le bouchon du calorimètre électromagnétique



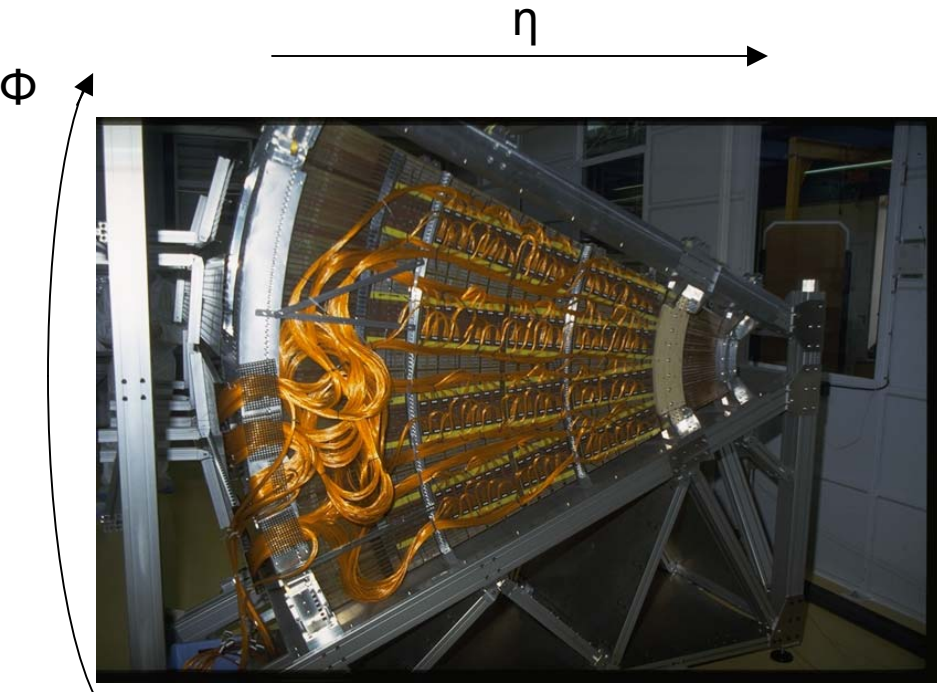
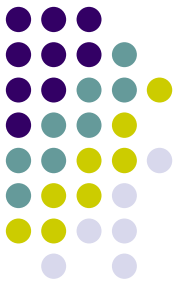
Un module = 1/8^{ème}
du bouchon

Bouchon dans
son cryostat

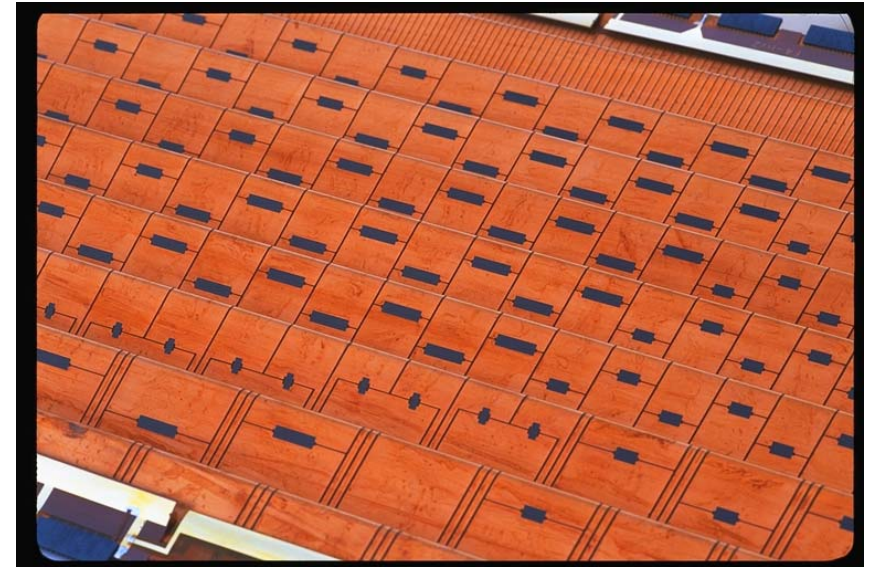


~4 m

Le bouchon du calorimètre électromagnétique

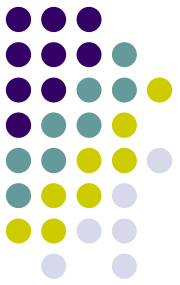


Un module en cours de câblage

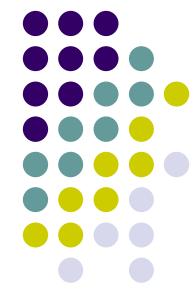


Une électrode segmentée longitudinalement (profondeur) et transversalement en cellules selon η et Φ

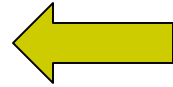
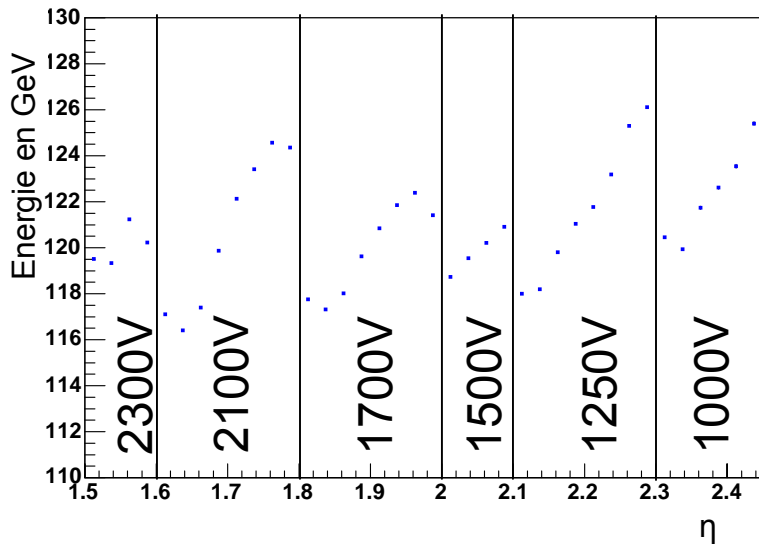
Analyse des performances



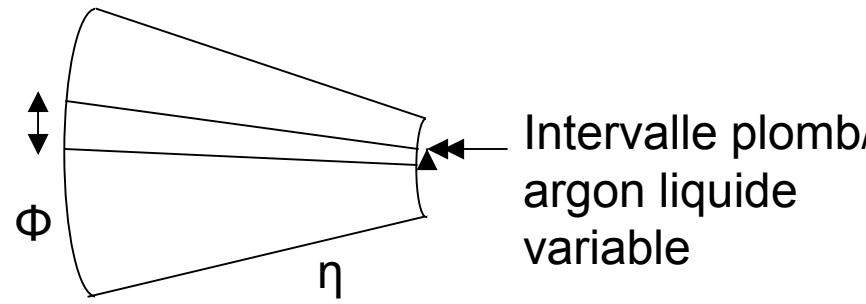
- Afin de caractériser les performances du bouchon, test de 3 modules en faisceaux :
 - Cartographie de tous les modules avec des électrons de 120 GeV
 - Balayage en énergie en quelques points
 - Balayage avec des muons
 - ...
- J'ai extrait de ces tests :
 - Résolution en énergie
 - Uniformité



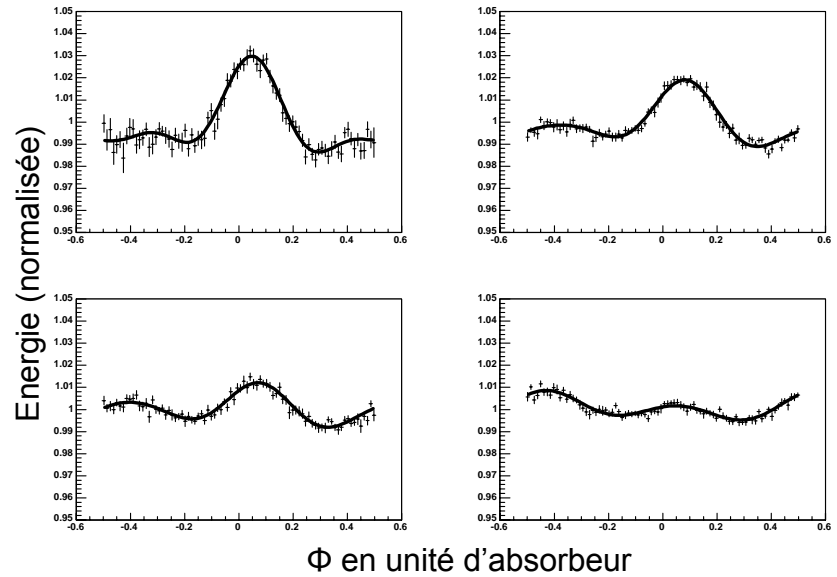
Corrections à apporter



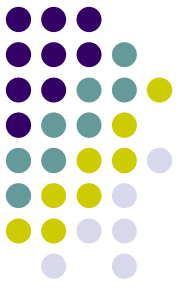
Effet du aux hautes tensions



Modulations en Φ due à l'évolution du rapport d'échantillonnage



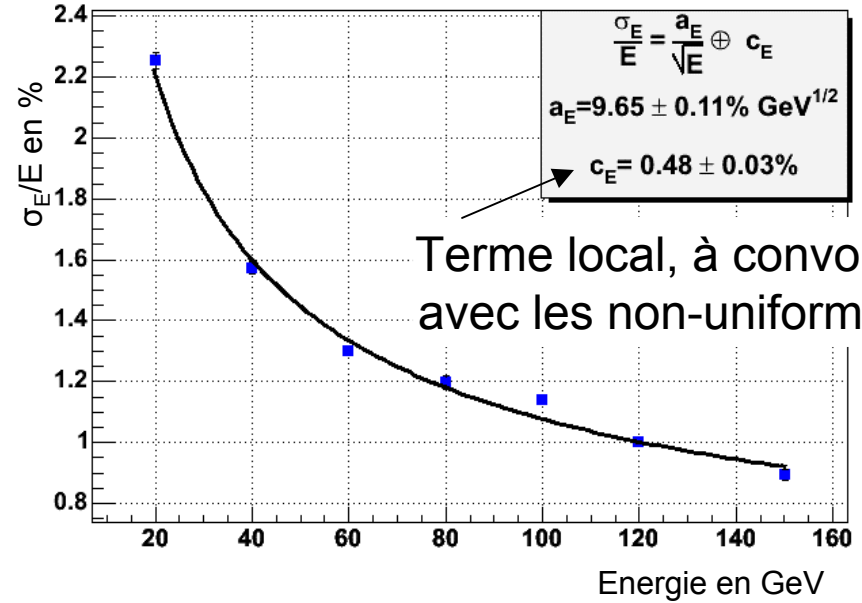
- Liste de corrections non exhaustive...



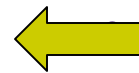
Résolution en énergie

- Résolution en énergie en fonction de E, après soustraction du bruit pour une cellule à $\eta=1.9$

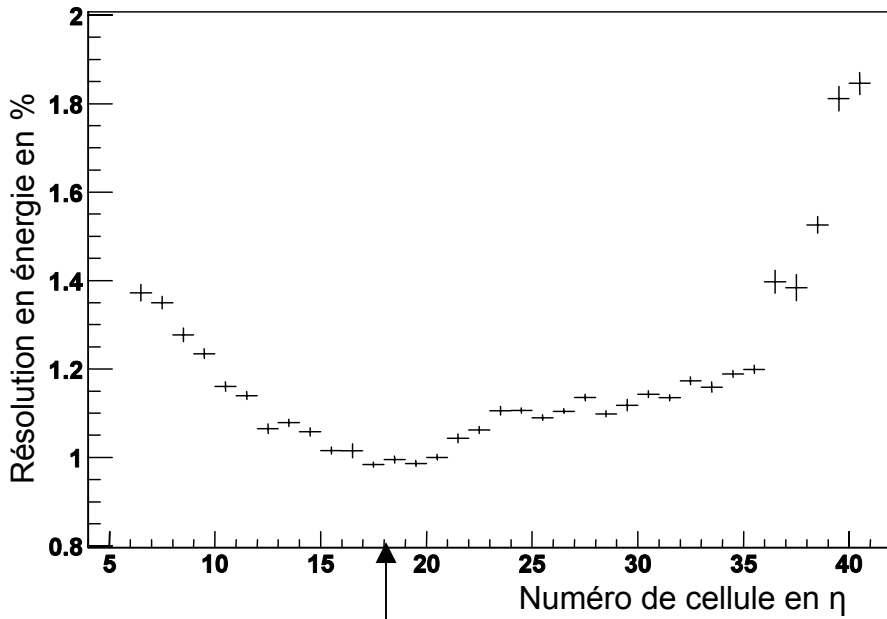
En accord avec les spécifications



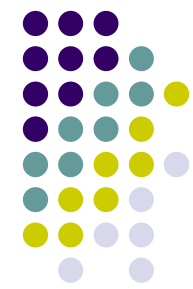
Terme local, à convoluer avec les non-uniformités



Profil de résolution en énergie à 120 GeV

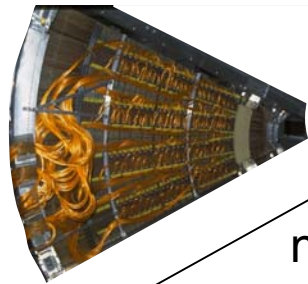


Uniformité

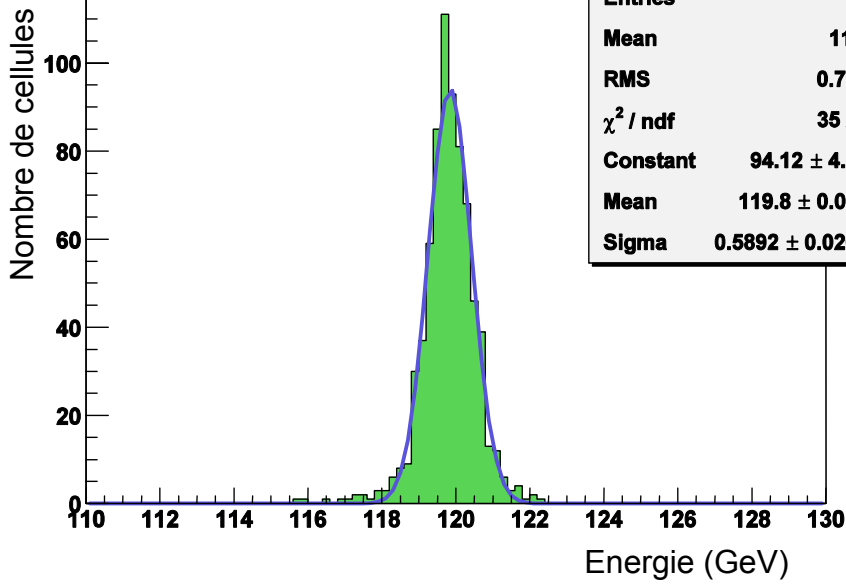
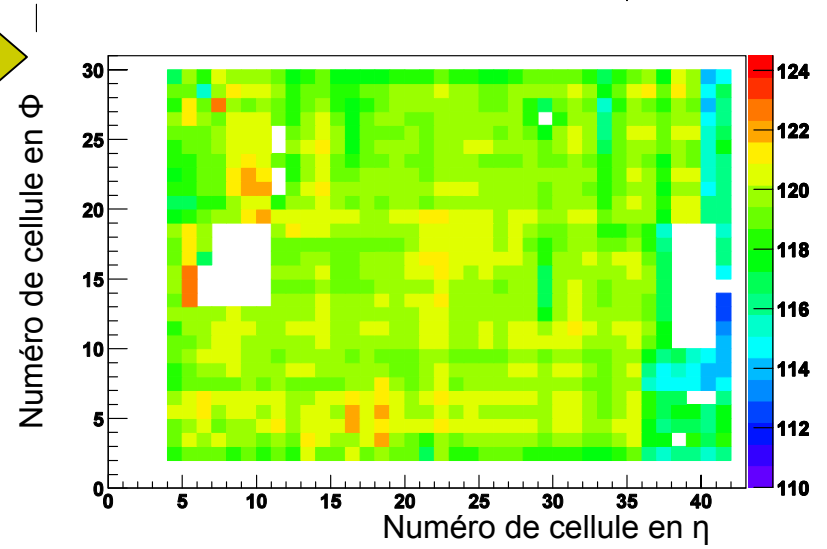


Carte d'uniformité pour un module

Φ



η

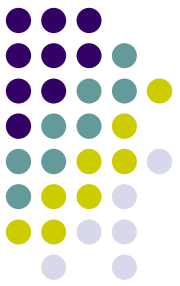


Energy distribution	
Entries	733
Mean	119.8
RMS	0.7244
χ^2 / ndf	35 / 28
Constant	94.12 ± 4.793
Mean	119.8 ± 0.0224
Sigma	0.5892 ± 0.02001

Distribution de l'énergie correspondant à la carte ci-dessus

- Au final, non uniformité de 0.5% sur le module tout entier

$c_E \sim 0.7\%$ en accord avec les spécifications



Conclusions

- Construction du calorimètre électromagnétique **en cours d'achèvement** (1^{er} trimestre 2004)
- **3 modules sur 16 testés en faisceaux**
- Les premiers résultats sur la résolution en énergie et l'uniformité sont en **accord avec performances attendues** :
 - $a_E < 10\% \text{ GeV}^{1/2}$
 - $c_E < 0.7\%$
- Beaucoup de travail reste à faire pour **paramétrer les différentes corrections appliquées** (correction des hautes tensions, des effets géométriques...)
- Outre cette analyse, j'ai commencé une étude sur la séparation électrons/jets avec des simulations