

Mesure de luminosité à l'aide du système haute tension du calorimètre à argon liquide du détecteur ATLAS

Samir ARFAOUI

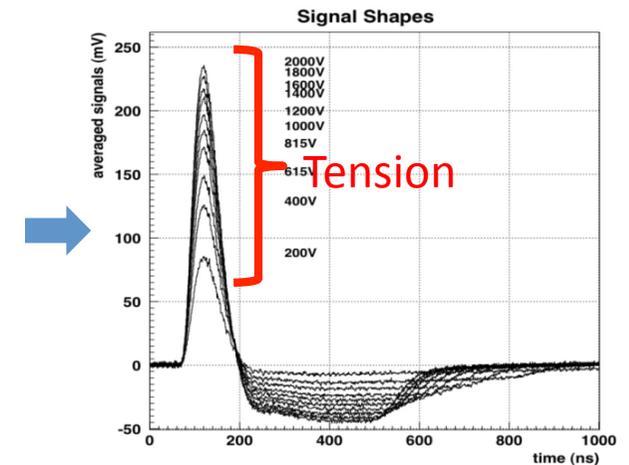
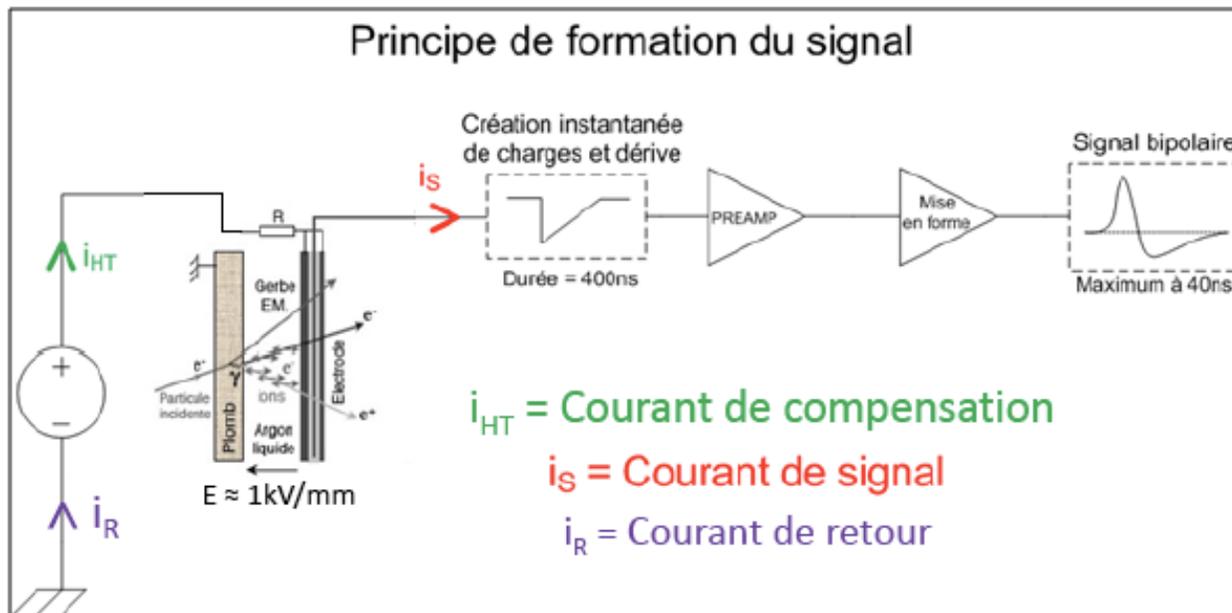
CERN / CPPM

Introduction

- Objectif : Mesure relative de la luminosité du LHC
- Outil : Système haute tension du calorimètre à argon liquide
- Avantages :
 - Linéarité
 - Indépendant de la prise de données
- Au LHC :
 - Paramètres machine : $d_{x,y}$ du point d'interaction $\rightarrow L_{\text{absolue}}$
 - N_{el} (taux de collisions élastiques) + N_{inel} (taux de collisions inélastiques) et théorème optique $\rightarrow L_{\text{absolue}}$
 - Diffusion coulombienne à petit angle $\rightarrow L_{\text{absolue}}$: ALFA (Absolute Luminosity For ATLAS)
 - **Flux de particules événements de biais minimum.** Courant introduit par le système haute tension du calorimètre à argon liquide d'ATLAS $\rightarrow L_{\text{relative}}$: **Objectif de mon travail.**

Le calorimètre à argon liquide

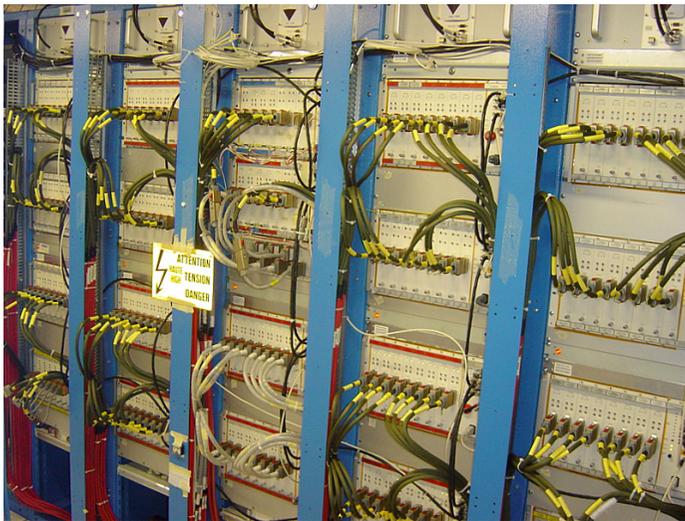
- Mesure l'énergie déposée par les particules chargées
 - Gerbes électromagnétiques (Bremsstrahlung + création de paires)
 - Gerbes hadroniques (interactions nucléaires)
- Calorimètre à échantillonnage
 - Milieu passif (absorbeur) : Pb, Cu, W
 - Milieu actif : argon liquide
 - Champ électrique -> collecte les électrons d'ionisation



$$i_S \propto U^{0.38} \Rightarrow \frac{\Delta i_S}{i_S} = 0.38 \frac{\Delta U}{U}$$

Le système haute tension

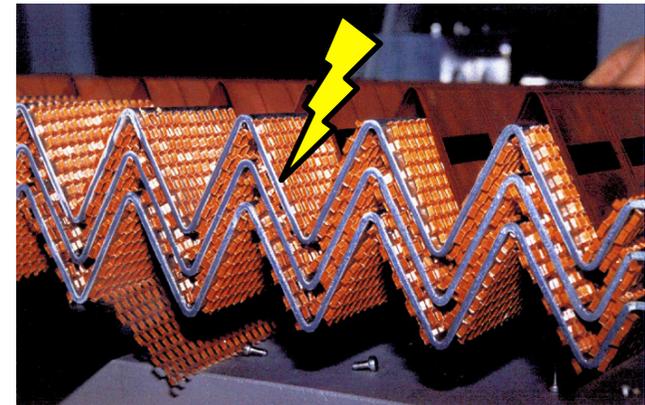
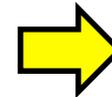
- $E \approx 1 \text{ kV/mm}$ par gap d'argon liquide
- Tension ajustable $< 3\text{kV}$ / canal
- Environnement logiciel de contrôle et de surveillance $\rightarrow V, I_{\text{HT}}, I_{\text{R}}$
- Caractéristiques:
 - ~ 4500 canaux HT $\leftrightarrow \sim 182000$ cellules du calorimètre
 - Alimentations \leftrightarrow Détecteur : câbles $\sim 110\text{m}$



Système haute tension



Traversée
chaud/froid



Électrodes dans le
cryostat

Température
ambiante



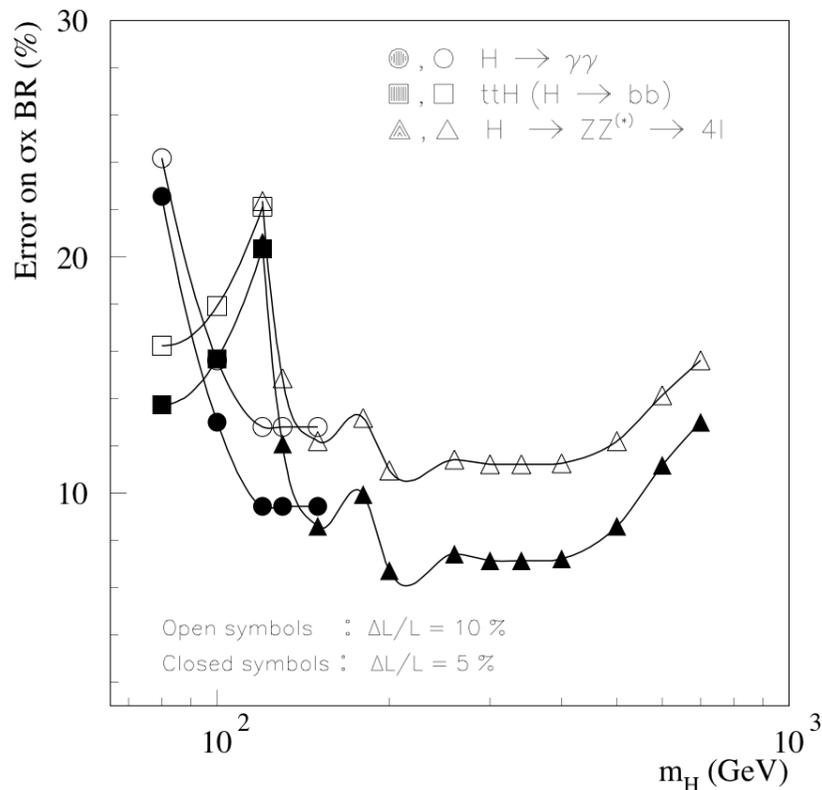
Cryostat à 88K
(Argon liquide)

Luminosité

- Grandeur définissant la capacité d'un collisionneur à produire des interactions

$$L = \frac{fn_1n_2}{4\pi\sigma_x\sigma_y} \text{ et } N = L \cdot \sigma$$

- Donc la mesure de L et N permet de déterminer la section efficace d'interaction d'un processus donné

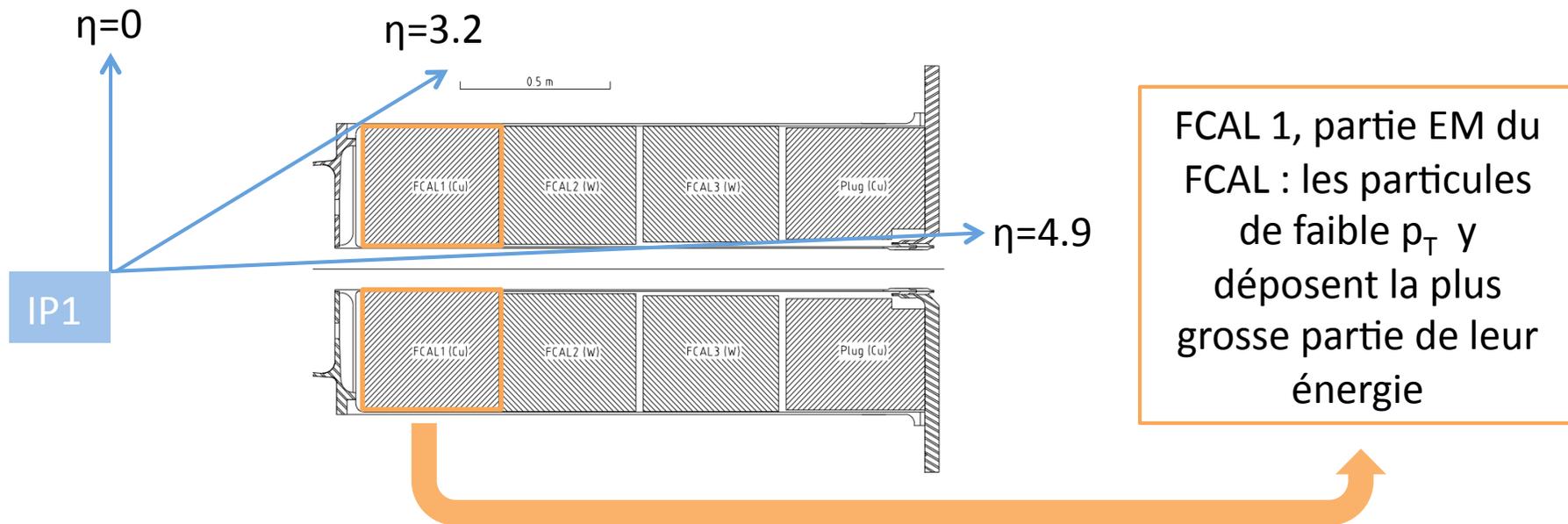


Précision relative de la mesure de $\sigma_H \cdot BR$ pour plusieurs modes en fonction de m_H . Calculs effectués avec $\Delta L/L = 5\%$ (symboles pleins) et $\Delta L/L = 10\%$ (symboles vides).

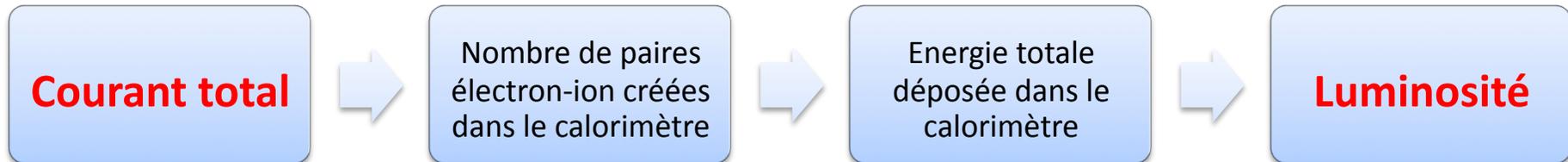
➔ Nécessité d'une mesure précise de la luminosité

Evénements de biais minimum

- Interactions « douces »
- $\sigma_{\text{TOT}} \approx 100\text{mb}$
- $\sim 10^{13}$ interactions/croisement @ LHC lumi. ($10^{34}\text{ cm}^{-2}\text{ s}^{-1}$)
- Particules filles : faible p_{T} (impulsion transverse)
 - Flux plus important à grand $\eta \Rightarrow$ Plus d'énergie déposée dans les calorimètres avants



Luminosité et système haute tension



$$I = N_{\text{paires}} \cdot e = \left[(L \cdot \sigma \cdot E_{\text{ebm}}) \cdot f \cdot \frac{K}{W} \right] \cdot e$$

f: fraction d'échantillonnage du sous-détecteur

K: facteur de suppression d'un électron par rapport à un muon au minimum d'ionisation

W: énergie de création d'une paire électron-ion dans l'Argon liquide

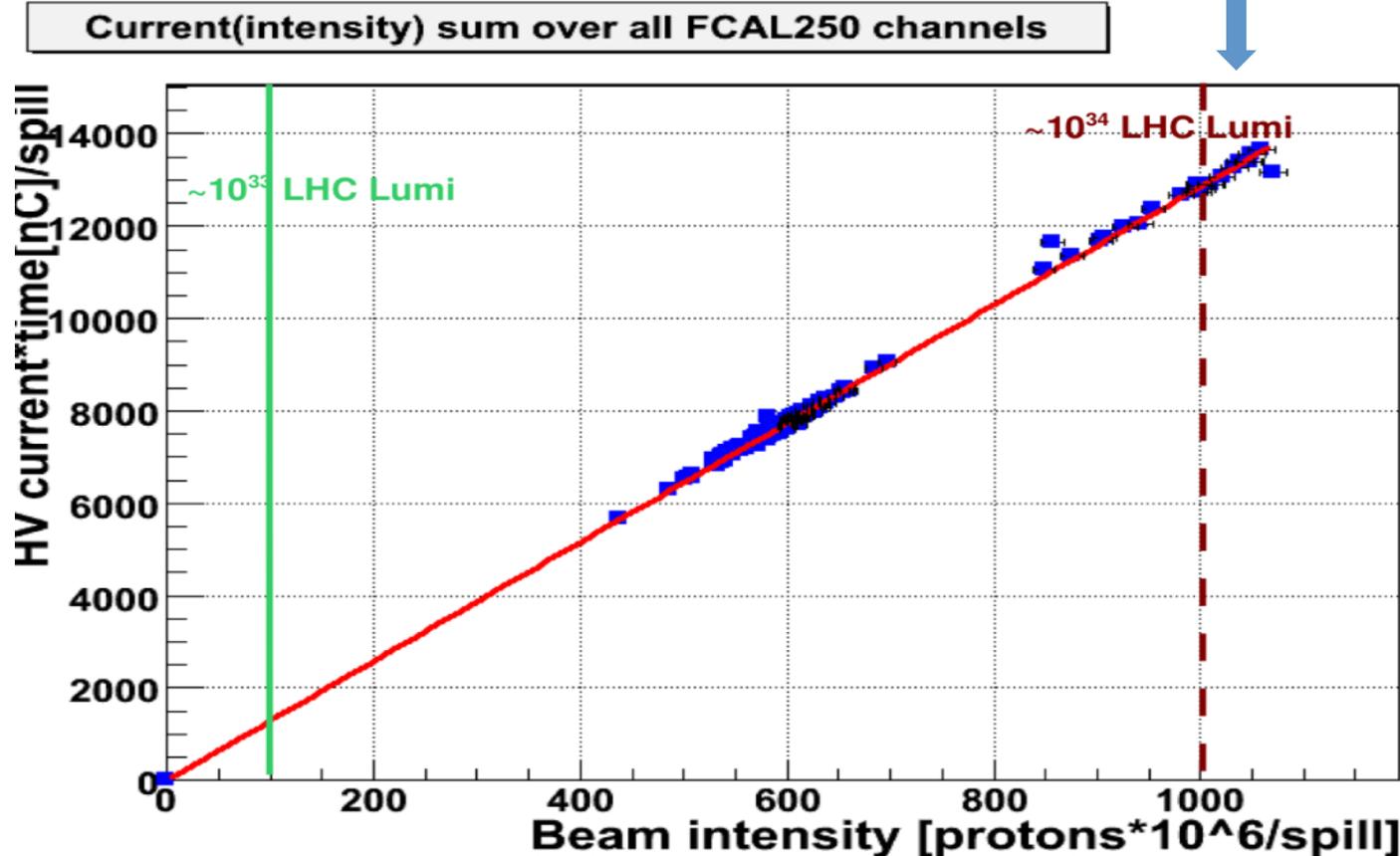
E_{ebm} : énergie déposée par un événement de biais minimum

Proposé par W. Bonivento : «*Online luminosity monitoring with liquid Argon calorimeters at ATLAS and D0*», ATL-LARG-2001-001

Validation de la mesure

- Tests faisceau @ IHEP Protvino
- Protons, 50 GeV, Prototype FCAL
- $I_{\text{faisceau}} \leftrightarrow L_{\text{LHC}} (10^{32} \text{ à } 10^{34} \text{ cm}^2\text{s}^{-1})$
- $I_{\text{HT}} \propto I_{\text{faisceau}} ?$

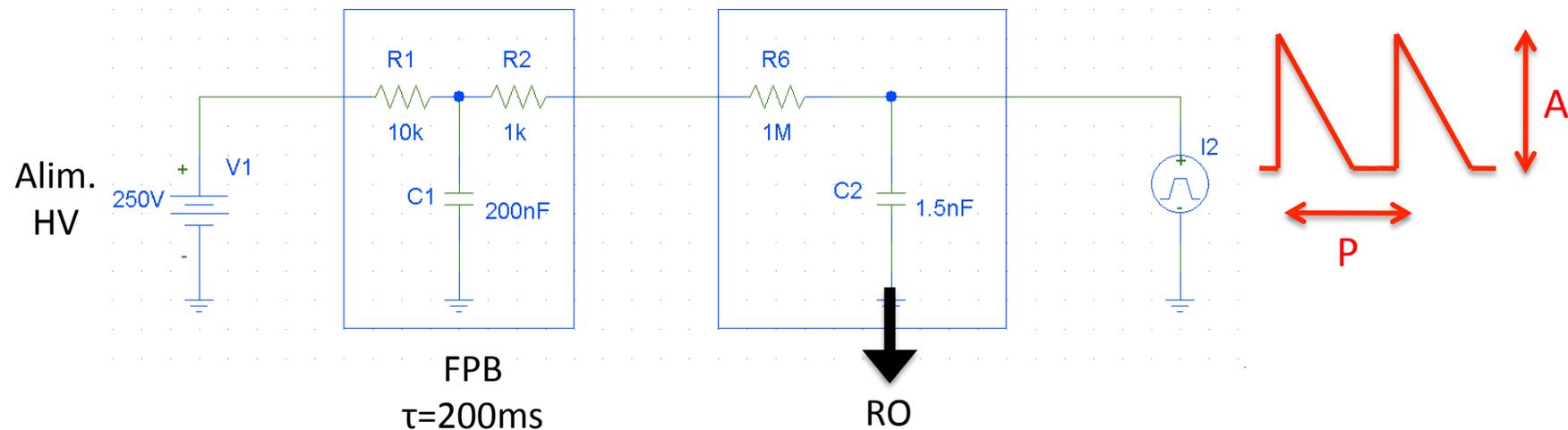
$I_{\text{HT}} = f(I_{\text{faisceau}})$
Extrapolation FCAL d'ATLAS
→ 10mA @ LHC nom. lumi.



Mesurabilité

A partir de quel (v_s, L) pourrais-je mesurer un signal?

- $\langle E_{bm} \rangle = f(v_s) \longrightarrow A$
 - Courant induit plus élevé
- $F_{bm} = f(L) \longrightarrow P$
 - Fréquence de dépôts d'énergie plus élevée



Conclusions et perspectives

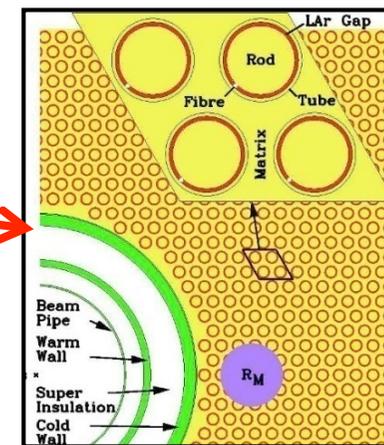
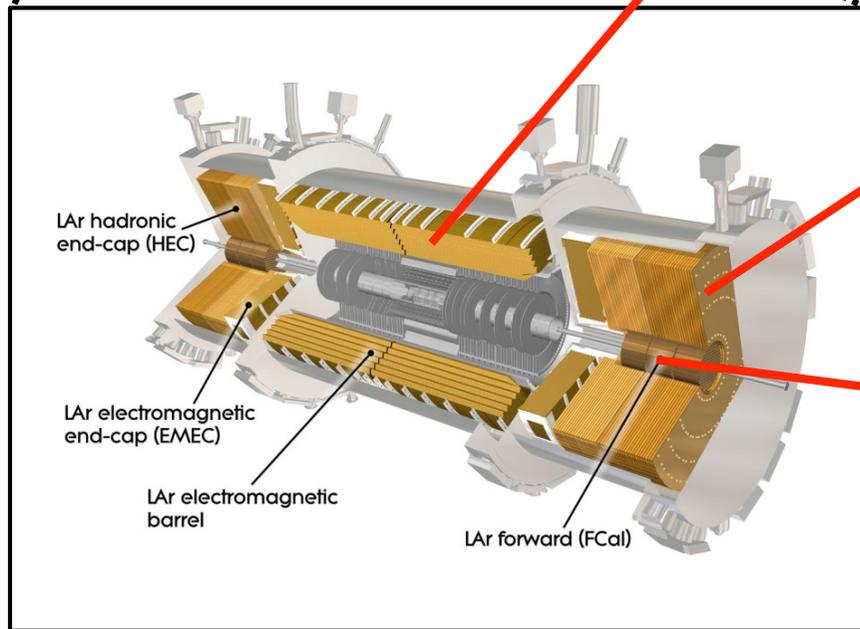
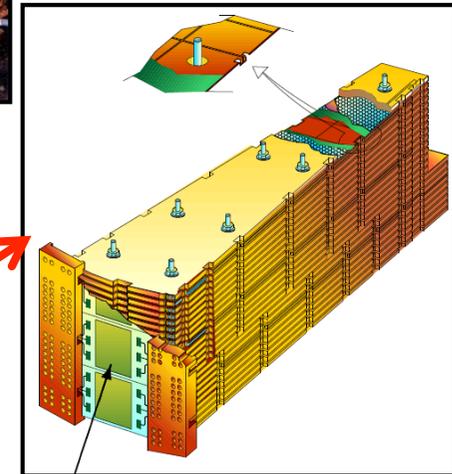
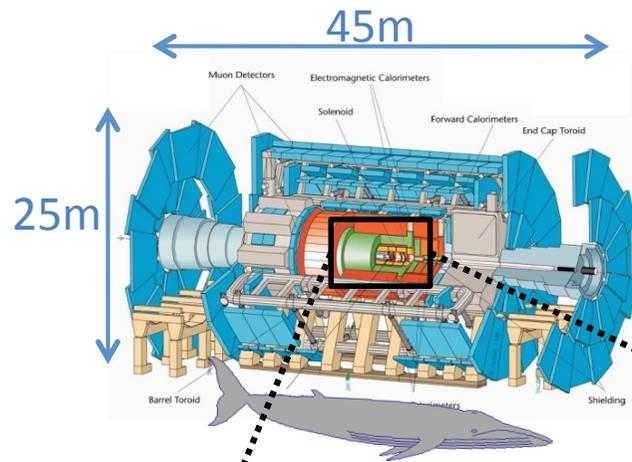
- Courant induits par le flux de particules de biais minimum
 - Signal proportionnel à l'énergie déposée mais la mise en forme détruit l'information lumi
 - Mesure du côté des alimentations haute tension
 - Indépendante de l'acquisition de données
 - Indépendante des systèmes de déclenchement
 - Ne nécessite aucun équipement supplémentaire (hors mis mon cerveau)
- Linearité montrée pour toute la gamme de lumi du LHC
 - A vérifier in situ
- Support logiciel en place et intégré au programme de mesures de luminosité d'ATLAS
- Perspectives
 - Avec les premières données : comparer données de collisions avec MC
 - Poursuivre le travail de simulation de la chaîne électronique pour mettre une limite inférieure au couple (\sqrt{s}, L) qui permettra de mesurer un signal

A fortiori, merci !



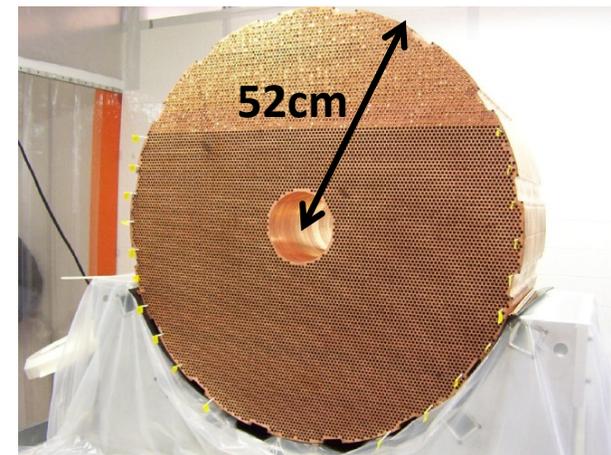
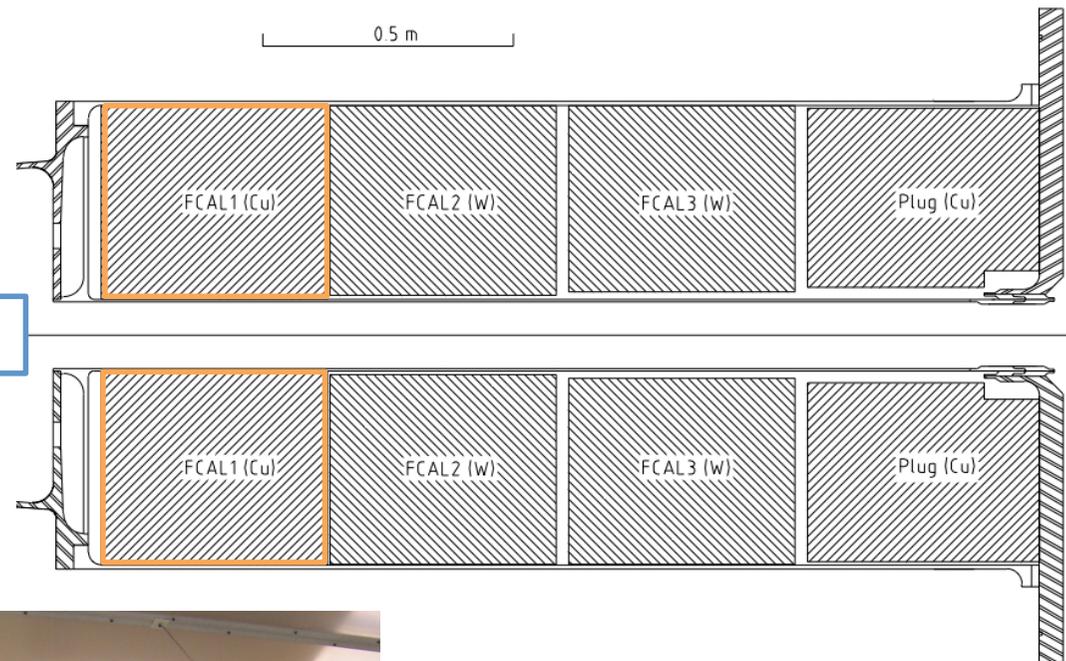
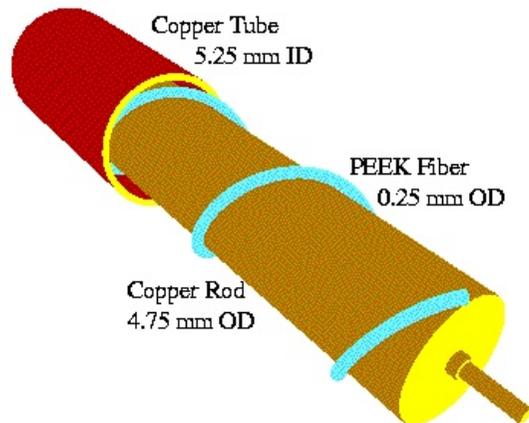
Suppléments

Le calorimètre à argon liquide (1)

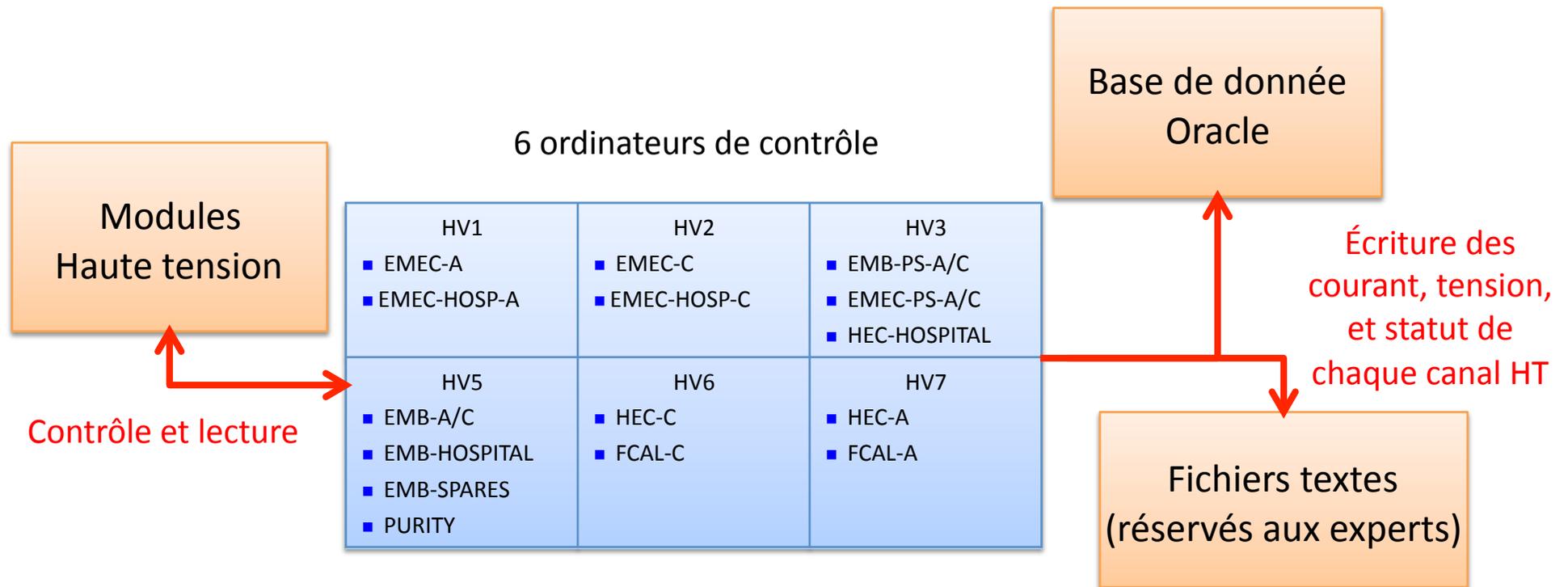


Le module FCAL1

- Partie électromagnétique du système calorimétrique avant (FCAL2/3 = hadroniques)
- Destiné aux particules de faible impulsion transverse (projection de l'impulsion sur la normale à l'axe du faisceau)
- Matrice en cuivre + 12000 tubes en cuivre contenant les électrodes de signal
- Espace entre électrode et paroi du tube = gap d'Argon liquide (250 μ m)
- Tubes alignés parallèlement à l'axe des faisceaux



Le système haute tension (2)



- L'environnement de contrôle de la haute tension permet de:
 - Commander les modules (ON, OFF, valeur de la HT)
 - Surveiller les système et gérer alertes et alarmes
 - Stocker les courant, tension, et statut de chacun des 4500 canaux

Mesures de luminosité au LHC

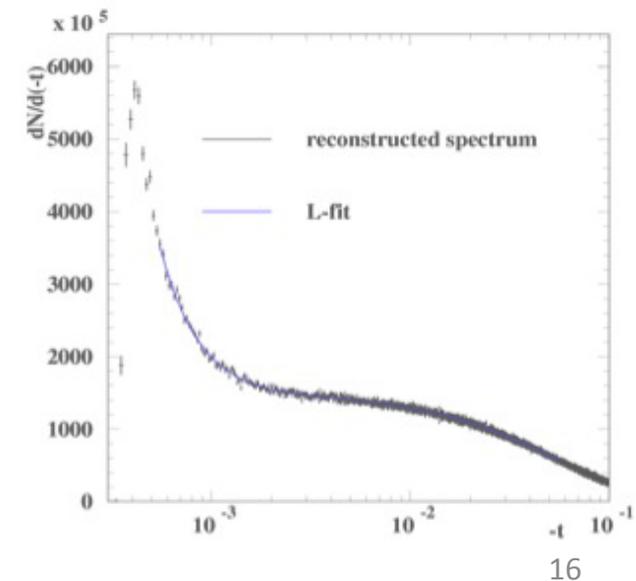
- Depuis les paramètres machine
 - Mesure des dimensions transverses du point d'interaction et détermination de la luminosité absolue. Précision attendue: 5-10%
- Mesure de N_{el} (taux de collisions élastiques), N_{inel} (taux de collisions inélastiques) et utilisation du théorème optique. Précision attendue: 2-3%

$-t \xrightarrow{\theta \rightarrow 0} (p\theta)^2$: transfert de quantité de mouvement entre les protons

$$\left. \frac{d\sigma_{el}}{dt} \right|_{t=0} = \frac{1}{L} \cdot \left. \frac{dN_{el}}{dt} \right|_{t=0} = (1 + \rho^2) \frac{\sigma_{tot}^2}{16\pi} \rightarrow L = \frac{(1 + \rho^2)(N_{el} + N_{inel})^2}{16\pi \left(\left. \frac{dN_{inel}}{dt} \right|_{t=0} \right)} \text{ avec } \sigma_{tot} = \frac{N_{el} + N_{inel}}{L}$$

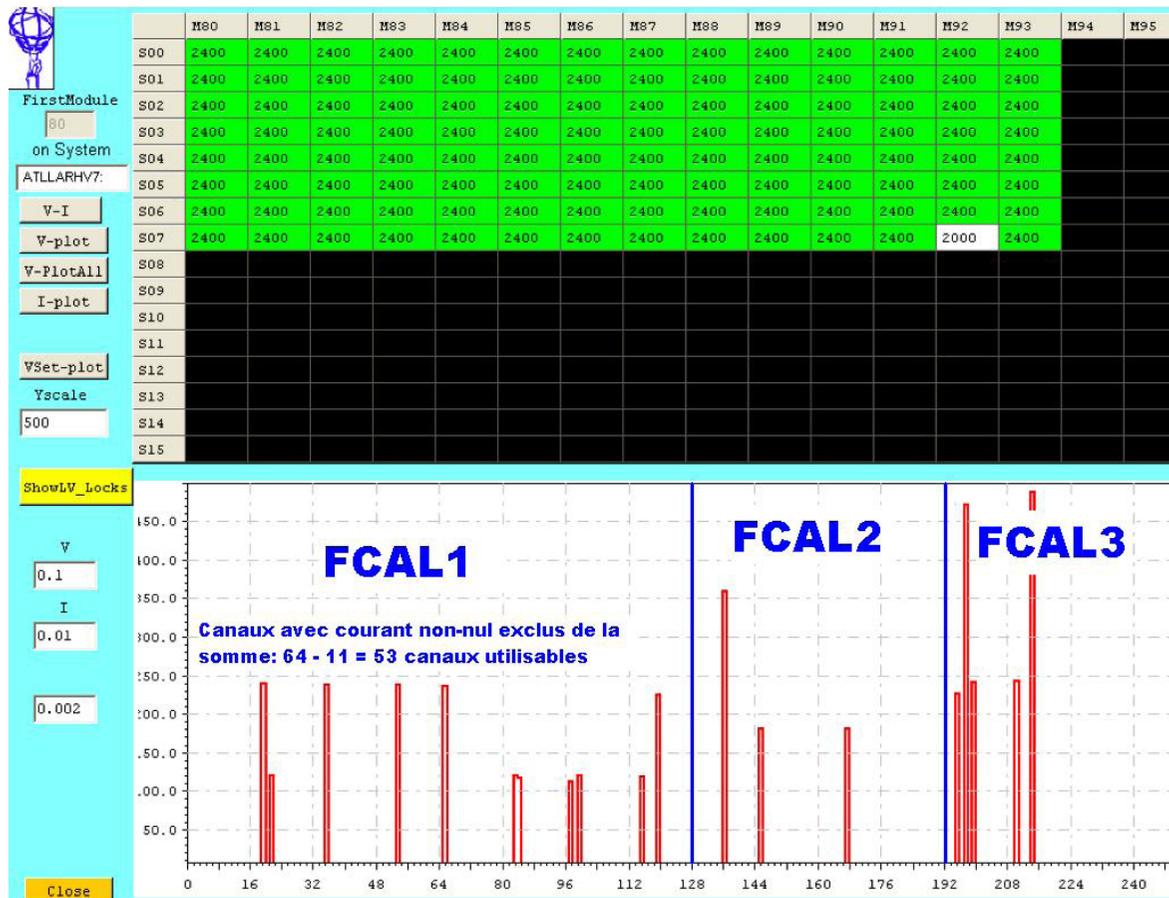
- Grâce à la diffusion coulombienne à petit angle
 - Ajustement de l'expression du taux de diffusion inélastique en fonction du transfert de quantité de mouvement
 - Expérience ALFA (Absolute Luminosity For ATLAS)
 - Précision attendue: 2-3%

$$\frac{dN_{el}}{dt} = L |F_C + F_N|^2 = L \left(\frac{4\pi\alpha^2}{|t|^2} - \frac{\alpha\rho\sigma_{tot} e^{-\frac{B|t|}{2}}}{|t|} + \frac{\sigma_{tot}^2 (1 + \rho^2) e^{-B|t|}}{16\pi} \right)$$



Mise en place de la mesure (1)

- Objectif: Mesurer le courant total circulant dans les FCAL1 (A et C) en fonction du temps
- Deux possibilités, équivalentes:
 - Sommer les courants mesurés de chaque canal du FCAL1 depuis le client HT



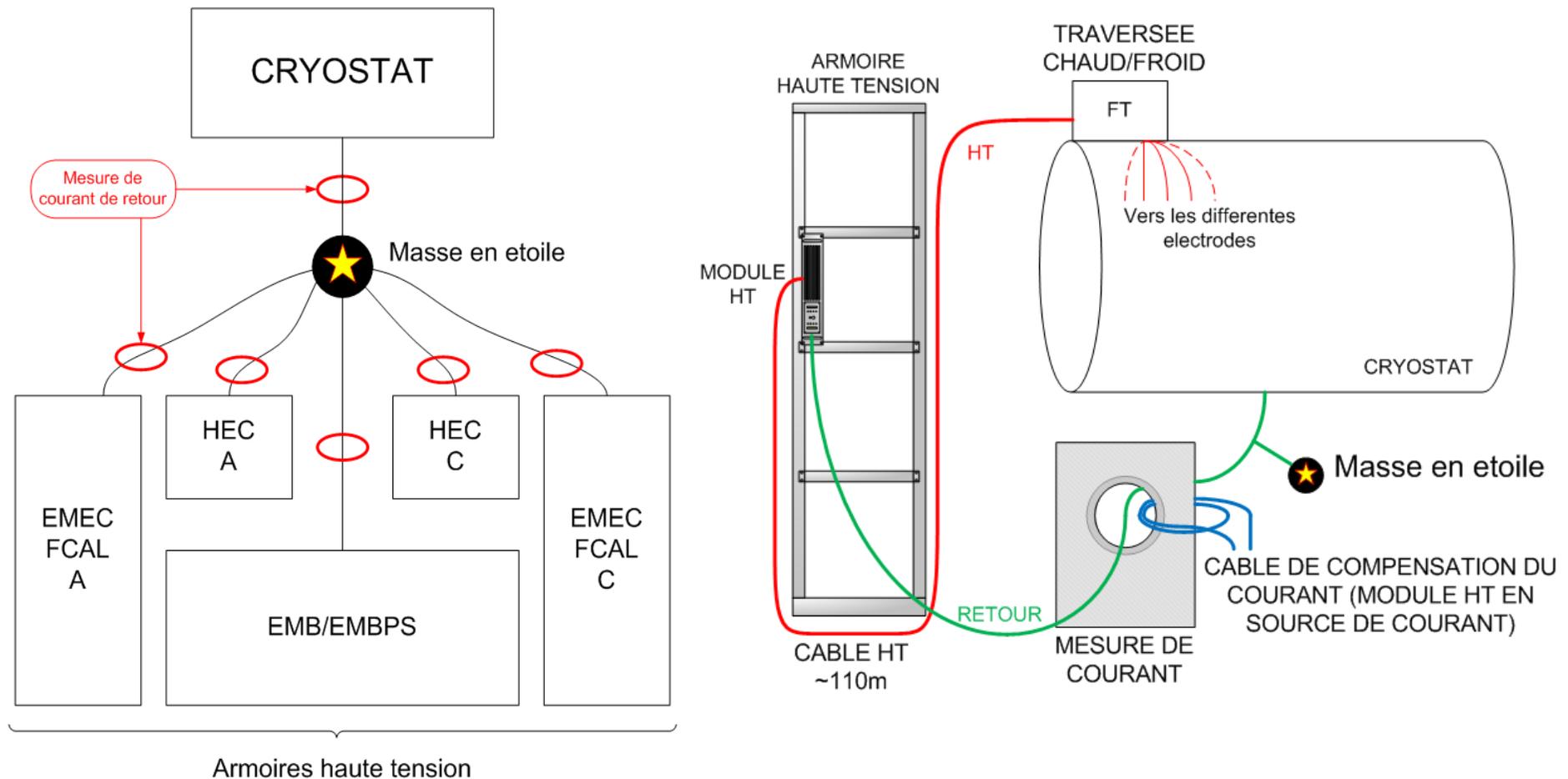
Panneau de visualisation de la haute tension des modules du FCAL-A.

La mesure du courant de chaque canal HT et la sommation sur l'ensemble du FCAL1 permettra un suivi de la luminosité relative dans le temps.

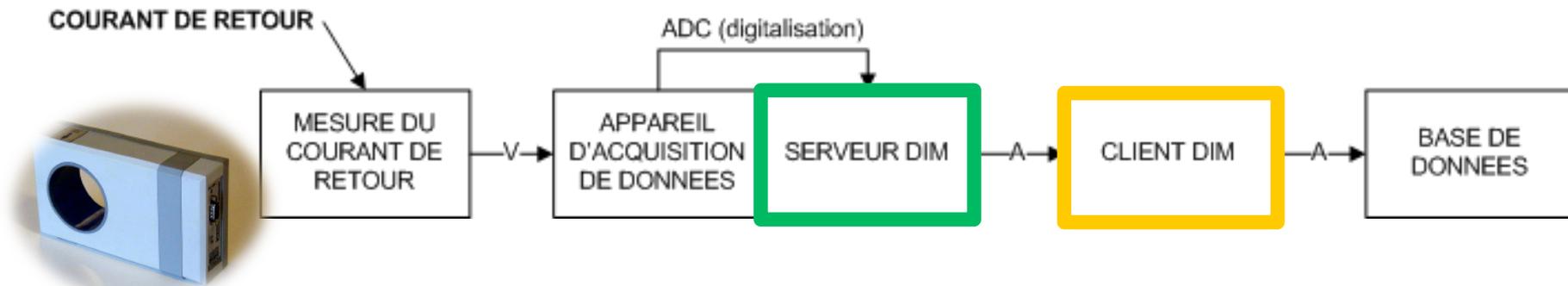
Précision sur la mesure du courant pour 64 canaux: $1.6\mu A$

Mise en place de la mesure (2)

- Mesurer le courant de retour de l'ensemble des modules du FCAL
 - Bobines de mesure de courant (précision: $10\mu\text{A}$) placées sur les retour des cryostats
 - Permet de plus une analyse de la qualité de la mise à la terre du système



Mise en place de la mesure (3)



Les données lues depuis les bobines sont:

- Transmises via TCP/IP sur le réseau du CERN
- Publiées par un serveur DIM (Distributed Information Management)
- Acquisées par les client DIM qui les associent à des points de données
- Envoyées vers la base de données Oracle du DCS (Detector Control System)

Para_1: Datapoint parameterization (System1 - Windaq; #1)

Datapoint/Comment	Value	Bits	Time
.channel1	1.03271484375	-----	2008.06.20 18:31:07.920
.channel2	0.98876953125	-----	2008.06.20 18:31:07.920
.channel3	1.1279296875	-----	2008.06.20 18:31:07.920
.channel4	1.0400390625	-----	2008.06.20 18:31:07.920
.channel5	0.95458984375	-----	2008.06.20 18:31:07.920
.channel6	1.06689453125	-----	2008.06.20 18:31:07.920

DIM tree browser, v1.6.2

```
DIS_DNS@pclarhv.cern.ch
PVSSSysMan12:DIMHandler@pclarhv.cern.ch
├─ DATAQSDK_SERVICE [F:1;F:1;F:1;F:1;F:1;F:1;F:1]
│   ├── F [1] 1.03271484375 (3F843000h)
│   ├── F [1] 0.98876953125 (3F7D2000h)
│   ├── F [1] 1.1279296875 (3F906000h)
│   ├── F [1] 1.0400390625 (3F852000h)
│   ├── F [1] 0.95458984375 (3F746000h)
│   └── F [1] 1.06689453125 (3F889000h)
├─ PVSS_DIM_DATAQSDK_CLIENT_LIST [C]
├─ PVSS_DIM_DATAQSDK_EXIT [L:1] [CMD]
├─ PVSS_DIM_DATAQSDK_SERVICE_LIST [C]
├─ PVSS_DIM_DATAQSDK_SET_EXIT_HANDLER [L:1] [CMD]
└─ PVSS_DIM_DATAQSDK_VERSION_NUMBER [L]
```

mysdk

DataqSdk Control

START STOP

Travaux prévus

- Vérifier la linéarité : énergie déposée vs. luminosité
 - similaire aux travaux en faisceau test
 - mesurer la quantité d'énergie déposée en moyenne par un événement de biais minimum dans les calorimètres avant en fonction de la luminosité
 - d'abord sur les données simulées
 - ensuite sur les données de collision
- Estimer la quantité de courant attendue dans le système haute tension pour différentes luminosités
 - l'énergie moyenne déposée dans une cellule du FCAL correspond à un certain courant injecté par le système HT pour compenser la chute de tension (dans la cellule pas celle du shifter)
 - grouper les cellules du FCAL par région de haute tension pour estimer le courant totale à injecter par canal HT
- Comparer la fréquence des dépôts d'énergie dans les FCAL1 par événement avec celle des mesures de courants HT
 - dépend de la luminosité
 - permettra de vérifier la viabilité de la mesure avec l'équipement actuel
 - compléter l'étude grâce à la simulation de la chaîne électronique reliant les cellules du FCAL au système haute tension