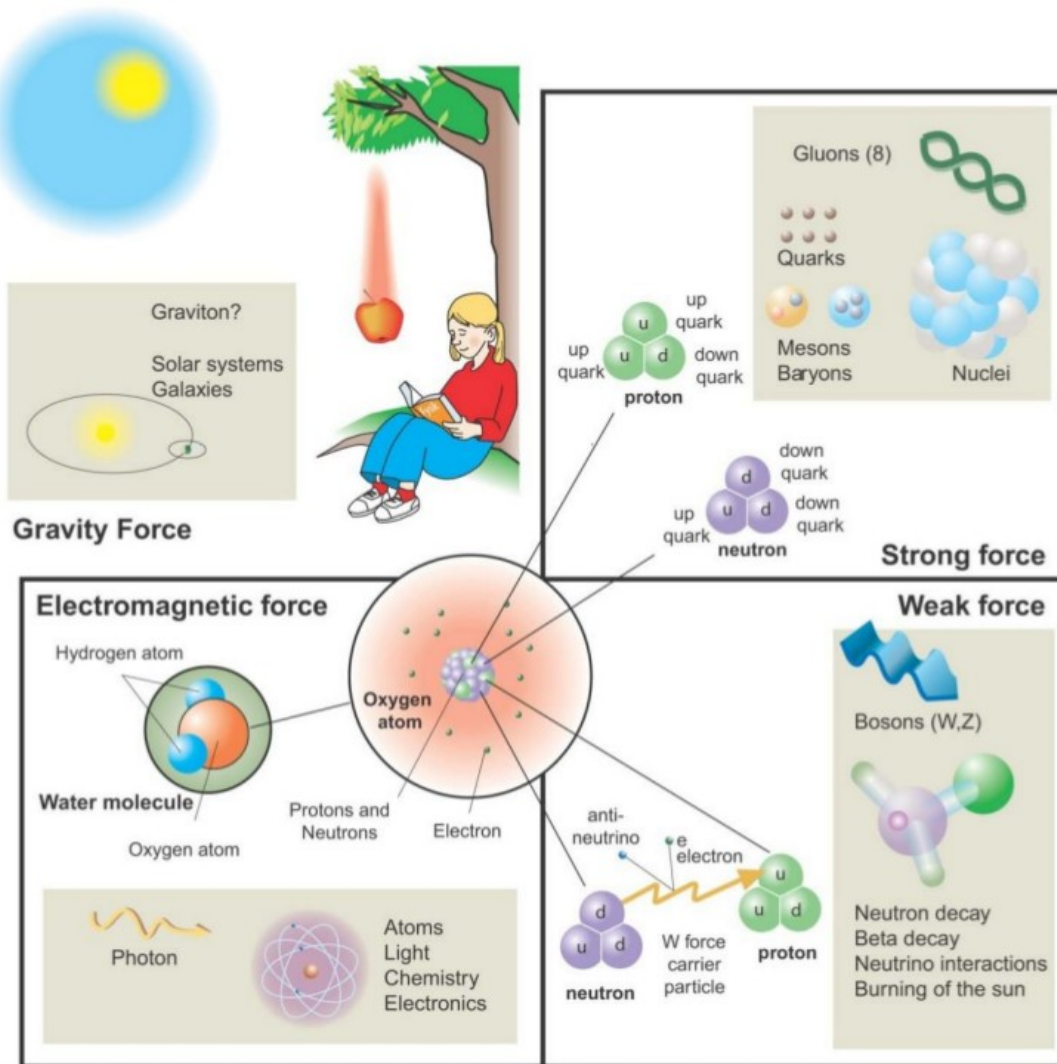


Enjeux de l'expérience ALICE

Qu'est ce qui nous intéresse et pourquoi ?
De quels moyens disposons nous ?
Où en sommes nous ?

Xavier Lopez for the ALICE LPC team

The fundamental interactions



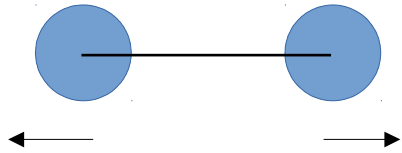
4 fundamental interactions

ALICE is dedicated to study the strong interaction

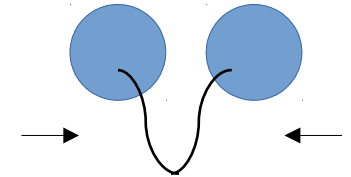
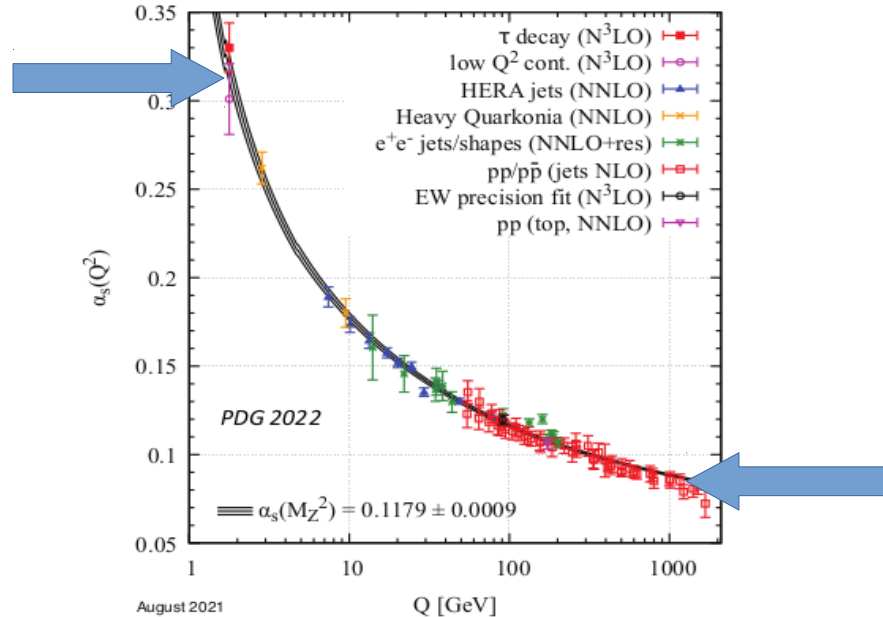
Quantum ChromoDynamic is the theory of the strong interaction

The strong force behave in a non intuitive way...

QCD: deconfinement and mass



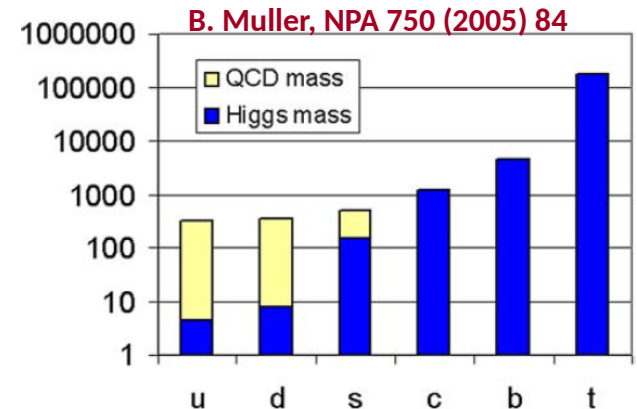
Long distance
hard QCD force



short distance
weak QCD force

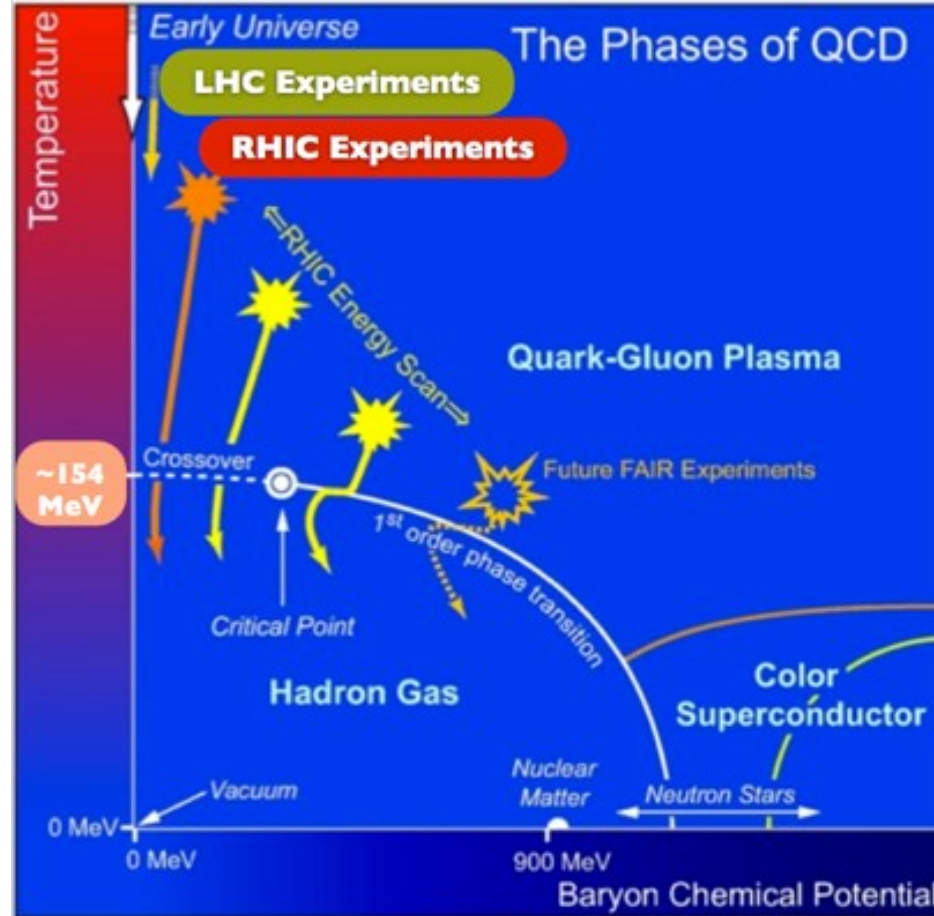
QCD predicts for high temperature and/or high density a phase transition of nuclear matter together with a restoration of the chiral symmetry

Most of the observed mass of light quarks is generated by the spontaneous breaking of chiral symmetry



QCD phase diagram

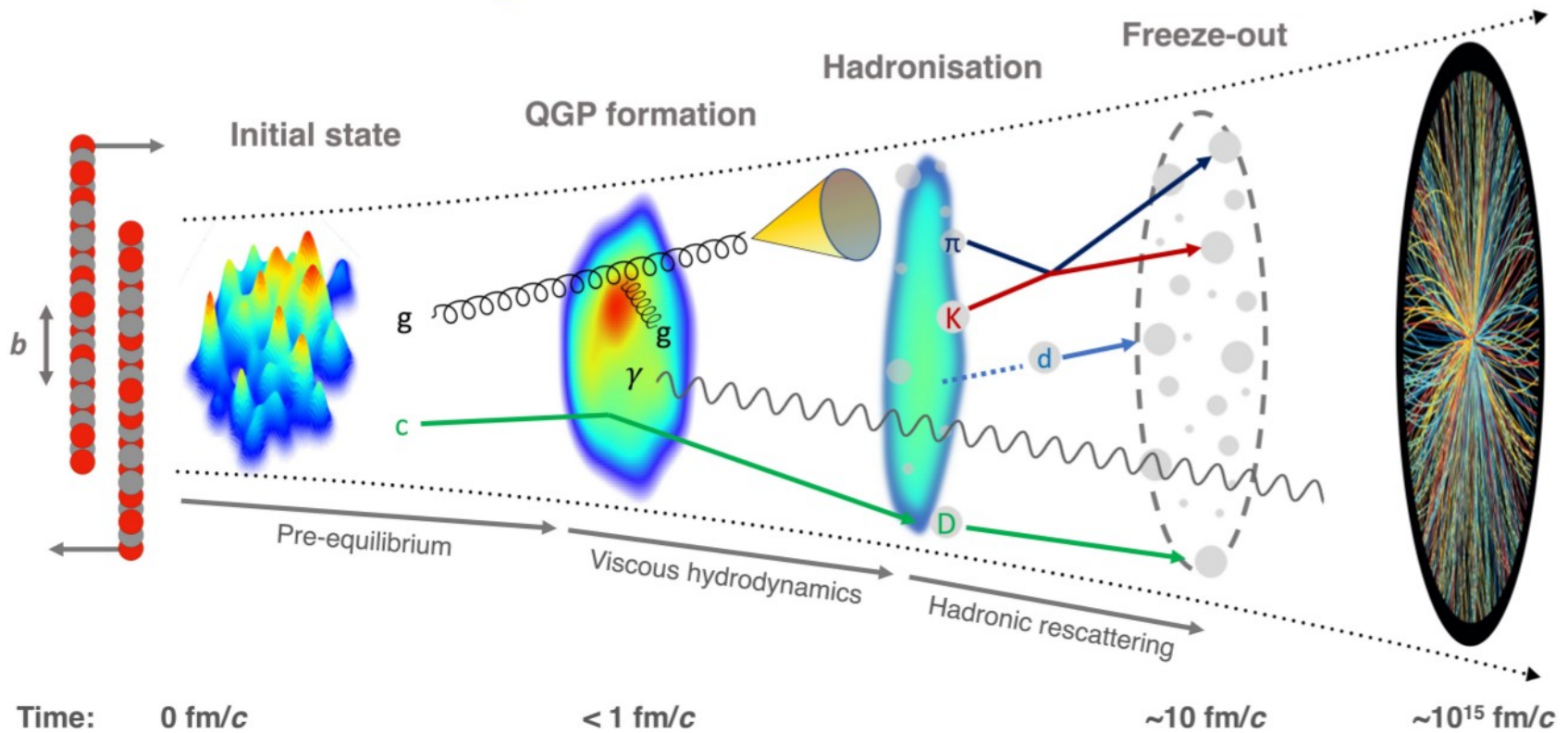
S. Borsanyi et al., PLB 730 (2014) 99; A. Bazanov et al., PRD 90 (2014) 094503



Deconfined QCD matter at high temperature T and/or baryochemical potential μ_B

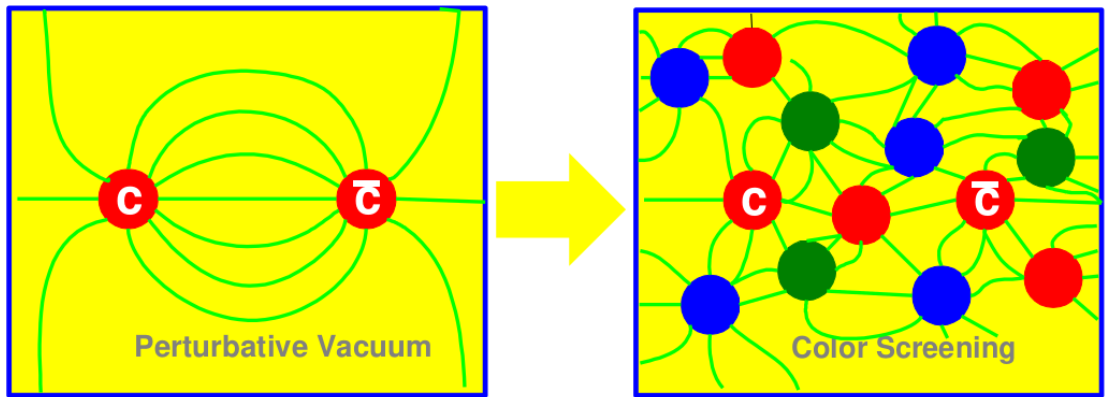
HIC at (ultra)-relativistic energy is the only experimental tool to study hot/dense QCD matter in the lab

Heavy ion collisions (HIC): time evolution

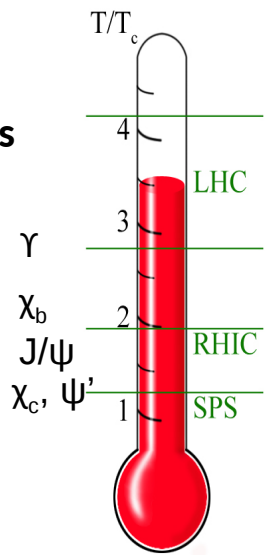


In-medium effect study: nuclear modification factors

Due to Color screening effect quarkonia dissociation in hot medium



Sequential dissociation of resonances



Definition of nuclear modification factor:

$$R_{AA} = \frac{d^2 N_{AA} / dp_T d\eta}{\langle N_{coll} \rangle d^2 N_{pp} / dp_T d\eta}$$

N_{coll} = number of binary collisions

→ Estimation of the in-medium effects :

- $R_{AA} = 1$: binary scaling , no medium effect
- $R_{AA} > 1$: excess
- $R_{AA} < 1$: absorption or suppression

SPS ($\sqrt{s_{NN}} = 17$ GeV): a main result...

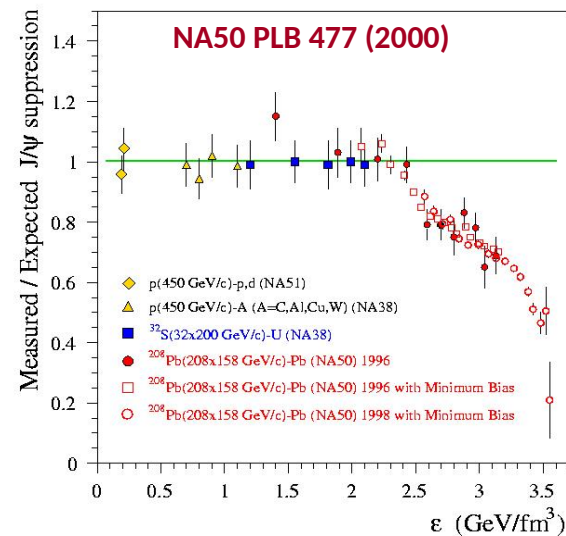
High Mass Resonances - Quarkonia suppression

J/ψ ($c\bar{c}$) suppression \rightarrow hint for a QGP formation

And many other measurements ...

CERN announcement on 10th February 2000

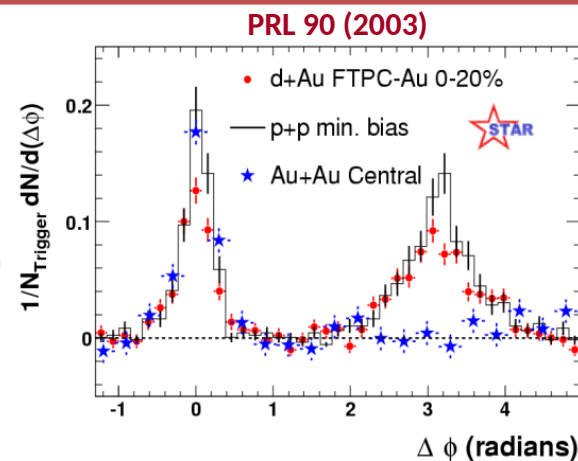
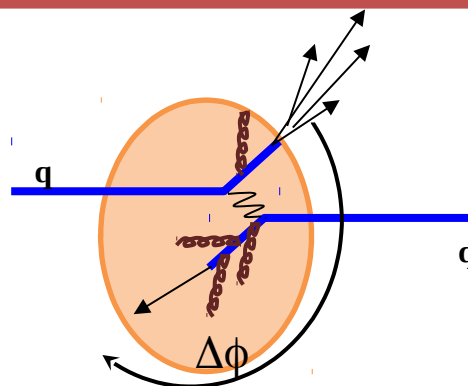
“New state of matter created at CERN”



RHIC ($\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV): a main result...

Di-jet correlation: evidence of strong jet quenching in QGP

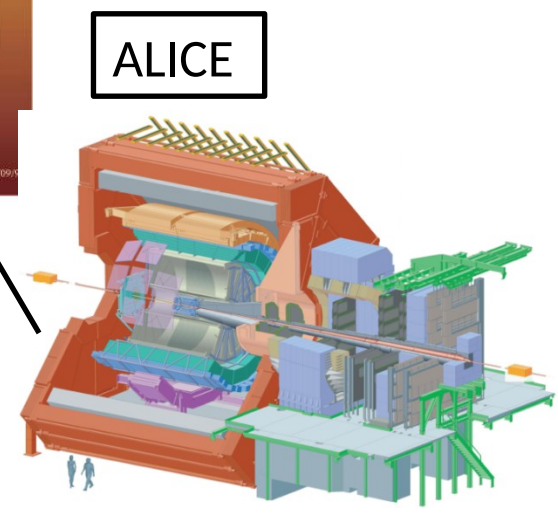
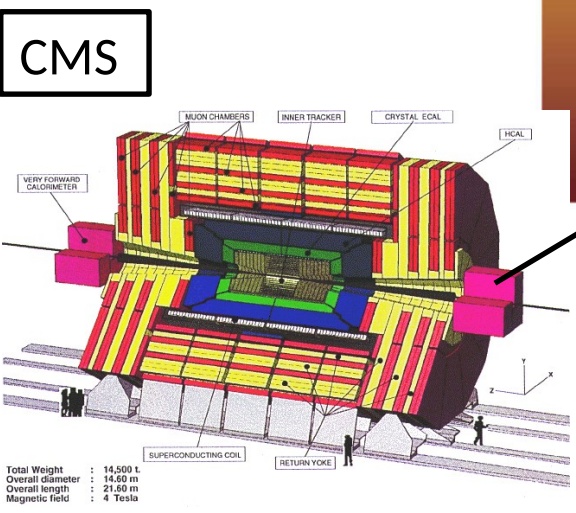
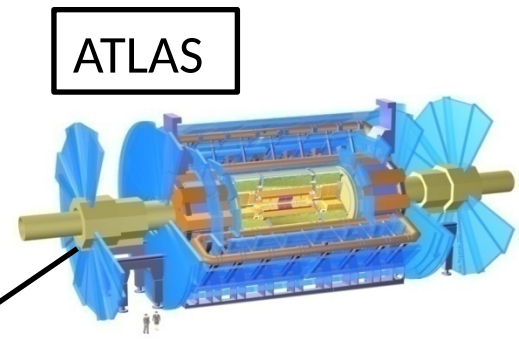
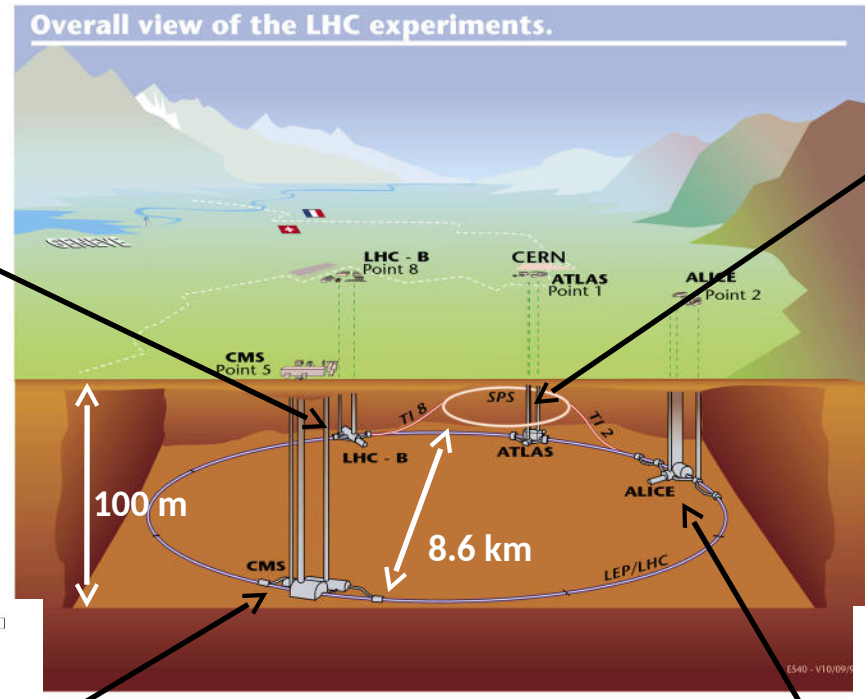
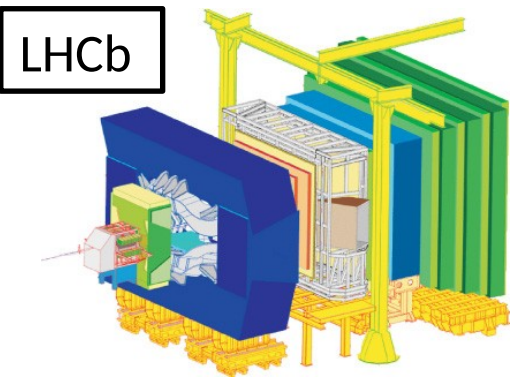
And many other measurements ...



RHIC announcement on 18th April 2005

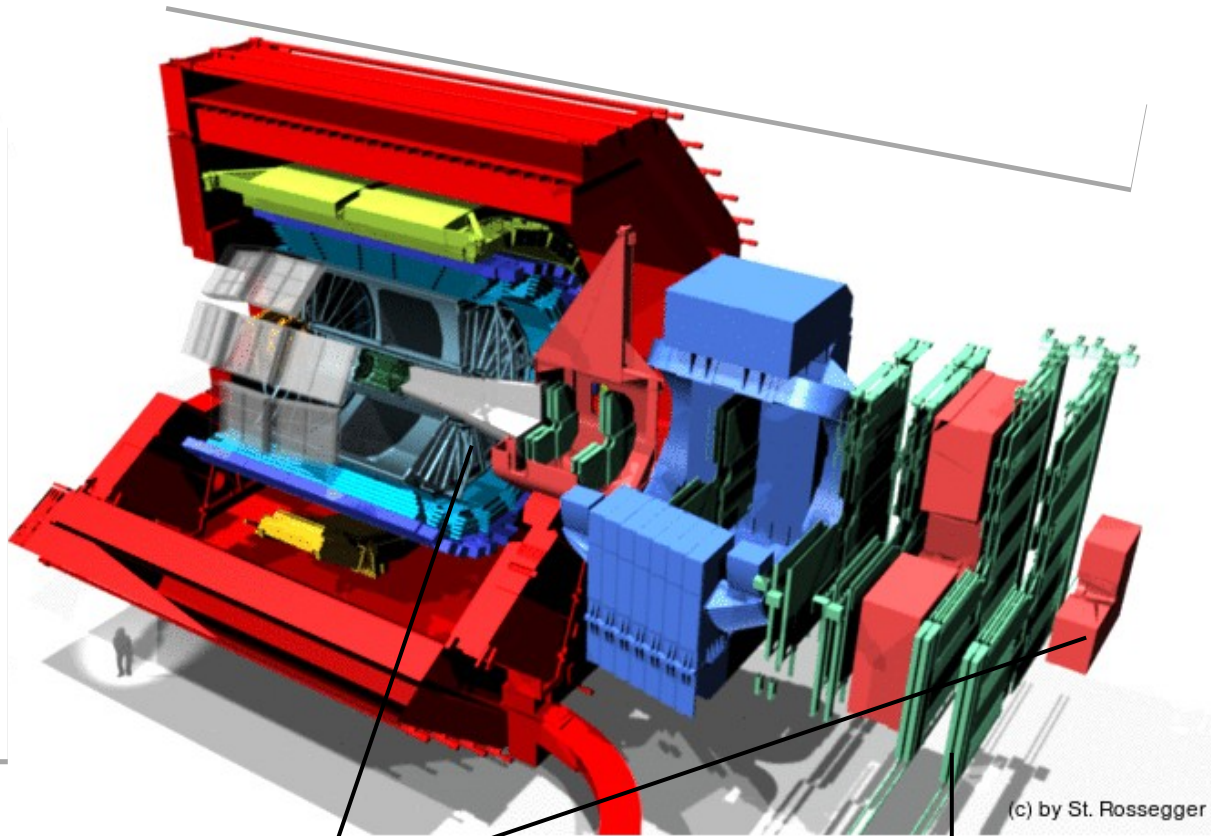
“The matter created appears to be more like a liquid”

Large Hadron Collider (LHC) : $\sqrt{s_{NN}} = 5500 \text{ GeV}$!



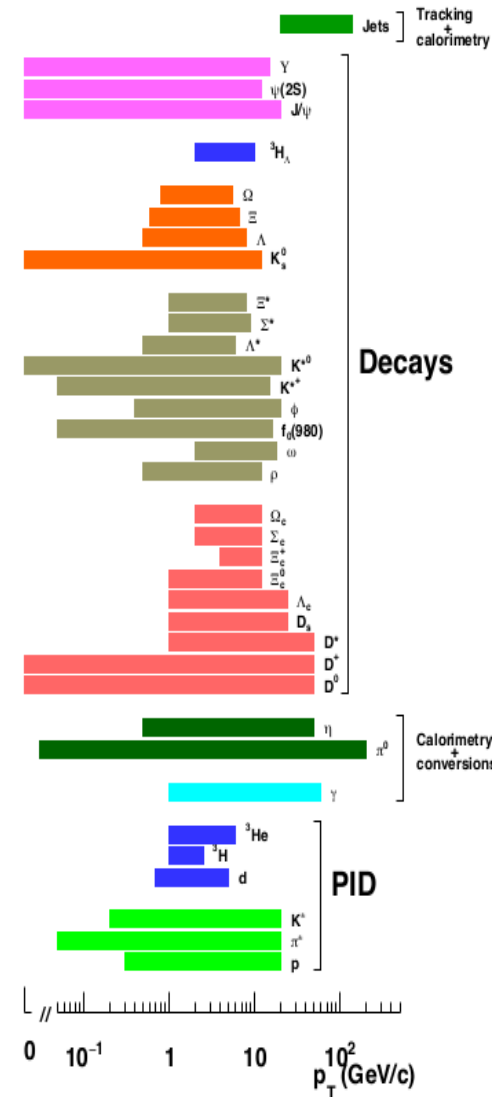
A Large Ion Collider Experiment (ALICE)

40 countries 172 institutes 2031 members



Muon Spectrometer data used in LPC analyses

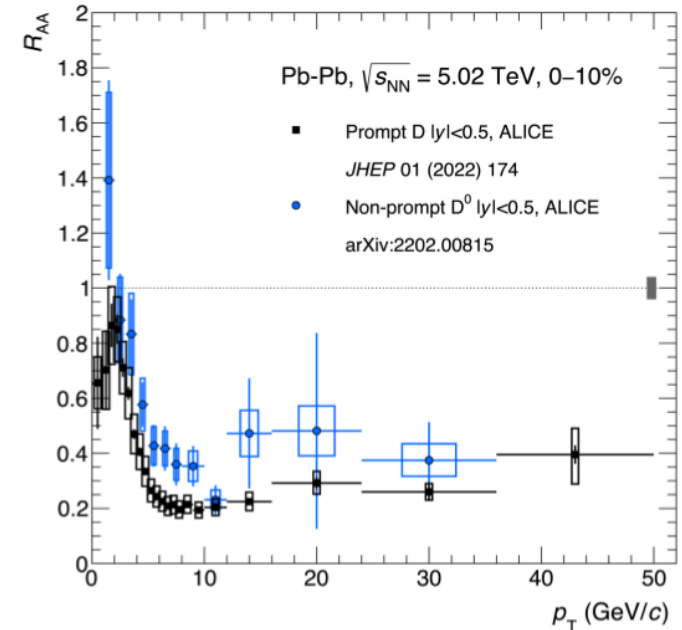
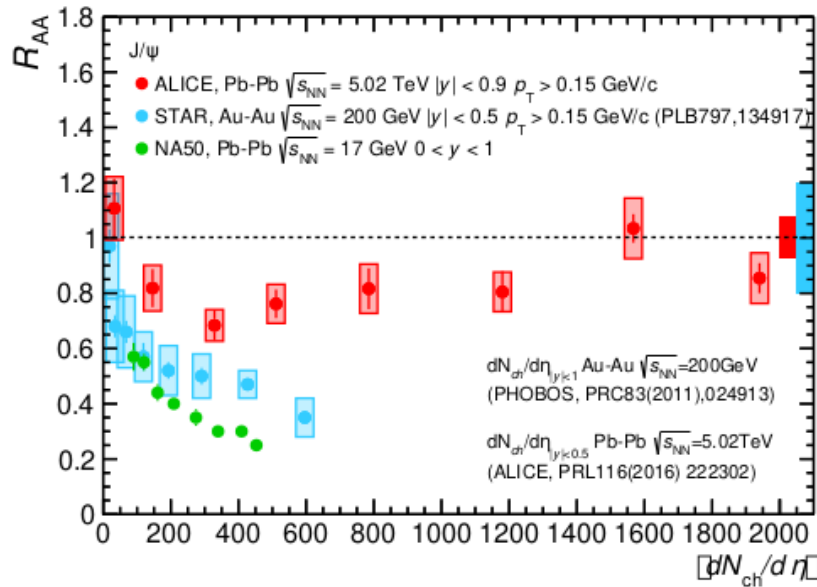
Muon trigger electronics developed at LPC



All type of particles are identified/reconstructed

Some highlights from ALICE

ALICE REVUE of Physics Results from RUN1 and RUN2 data
arXiv:2211.04384v1 [nucl-ex]



$$\Delta E_{u,d,s} > \Delta E_c > \Delta E_b \Rightarrow R_{AA}^{u,d,s} < R_{AA}^c < R_{AA}^b$$

**C quarks completely thermalized
regeneration and participation
to the collective expansion**

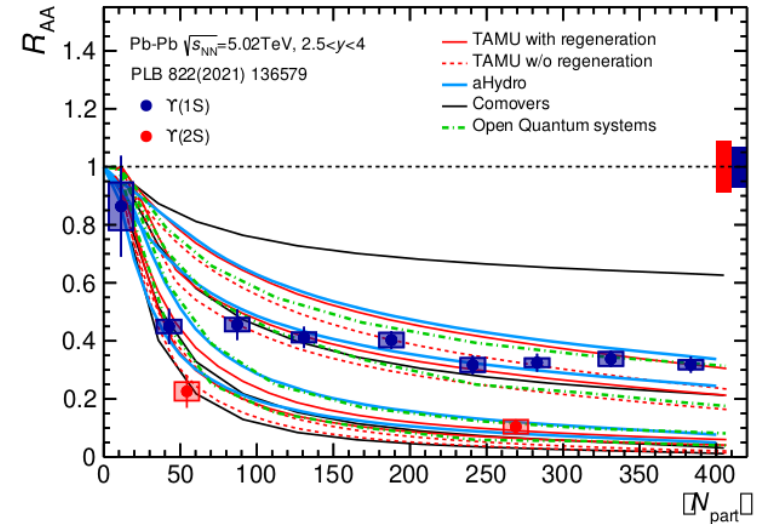
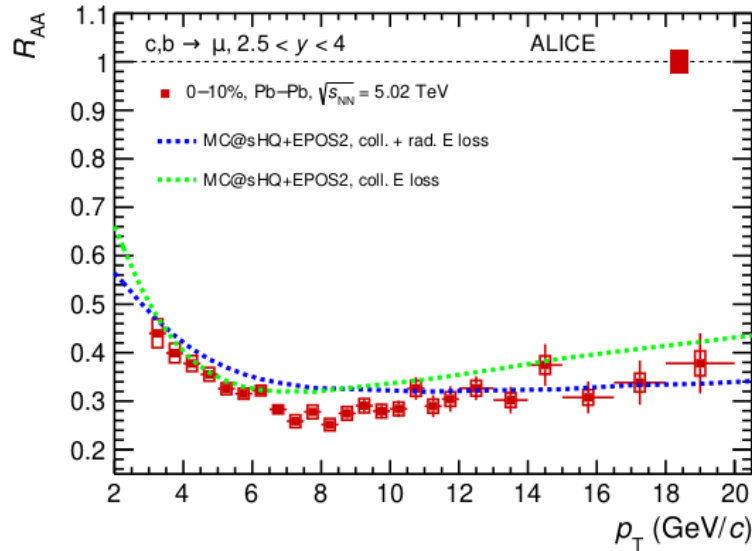
Prompt D = c quark

Non-prompt D = b quark

Flavour dependence observed !

ALICE @ LPC : Heavy quarks (c,b) studies

ALICE REVUE of Physics Results from RUN1 and RUN2 data
arXiv:2211.04384v1 [nucl-ex]



Strong interactions of heavy quarks with the hot medium

Models comparisons and other measurements allow us to draw some conclusions on the QGP characteristics at LHC

ALICE@LPC: 21 PhD+HDR and since 2009 17 articles

Global properties of the QGP@LHC / open questions

Thermodynamic

Formation time: $\sim 1\text{fm}/c$ (10^{-23}s) Lifetime: $\sim 10\text{fm}/c$
Initial temperature: $T \sim 5 T_c$ ($T_c \sim 155\text{ MeV}$) so 10^5 solar center
Energy density: $12\text{ GeV}/\text{fm}^3$ (70 times the normal nuclear one)

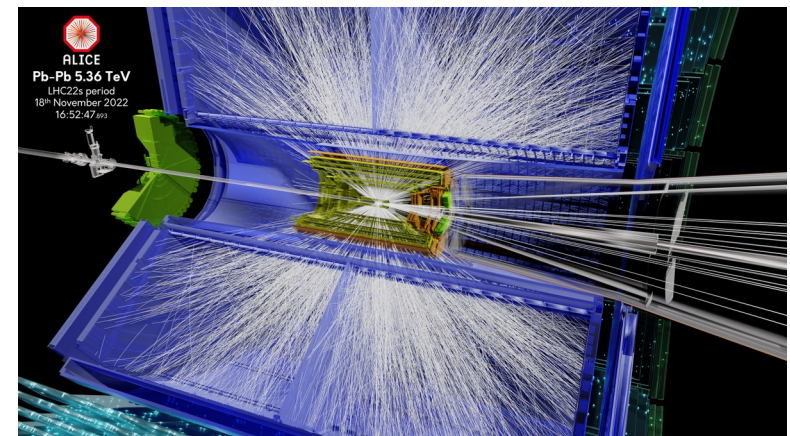
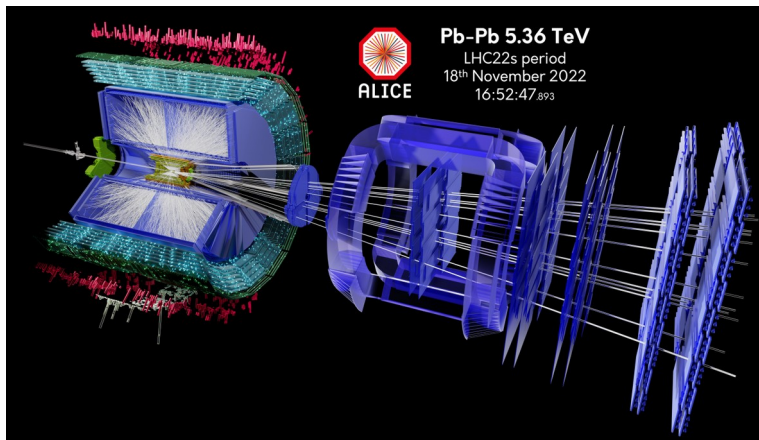
Hydrodynamic

The most perfect fluid ever created $1/4\pi < \eta/s < 0.3$ (5 times lower than superfluid He)
The most rapid expansion ever observed for a many-body system in the laboratory
approaching about 70% of the speed of light

RUN3 and RUN4 : more statistics and new sub-detectors -> new physics channels
→ more constraints on the QGP properties

How does the QGP affect the formation of hadrons ? → early universe

What is the nature of hadron-hadron interactions ? → neutron star



Thanks !

- **En 1995, soutenu par la Direction de l'époque (J.C. Montret), l'équipe ALICE@LPC est créée**
 - **Regroupement des équipes DLS, FOPI et NA50 (11 EC, 1CR, 1 Ing.)**

ALICE TP, 12/1995: J.-P. Alard, A. Baldit, N. Bastid, J. Castor, Th. Chambon, A. Devaux, P. Dupieux, B. Espagnon, J. Fargeix, P. Force, F. Manso, G. Roche and P. Saturnini.
- **ALICE@LPC oriente sa participation technique sur le déclencheur ("trigger") du spectromètre à muons d'ALICE**
 - **"trigger" = sélection rapide (électronique de décision) des événements d'intérêt, contenant au moins un muon dans notre cas**
 - **Événements transférés vers le système d'acquisition (DAQ)**

Réunion ALICE - 18/01/96

Etat du projet

- T.P. ALICE déposé en Dec 95, presentat. LHCC 01/02
- Spectromètre dimuon → addendum
 - LOI acceptée (été 95)
 - T.P. fin 96 → les points forts d'interaction sont dans le T.P. ALICE
- Engagement Français
 - IN2P3 → 30 MFF (ALICE 130 MCHF)
 - Essentiel dans le spectro dimuon (Nantes, Orsay, CERN) - Rep. H. GUTAROD

Participation de Clermont-Fd (1^{er} AP en 96 - 300kF)

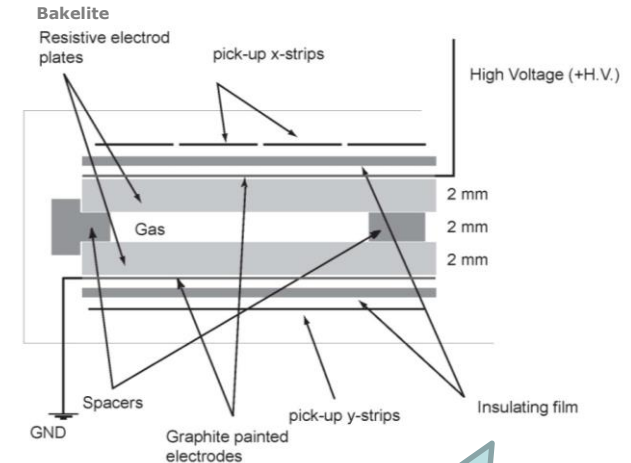
- Simulations : absorbeur, taux de particules sur les chambres, taux de trigger, ...
- Participation à une manip test ⇒ taux de particules sur les chambres vs simulations. (Mai-Juin 96)
- Partie essentielle : Etude des chambres à trigger et de la "logique" du trigger

Vers le Technical Proposal (fin 96)

- Besoin de soutien en mécanique : intégration/conception du détecteur (EVC105) - Manip test
- Besoin de soutien en électronique : Chambres, J.F + ? , logique du trigger



- **Le choix du détecteur (J. Fargeix) se porte sur les Resistive Plate Chambers (RPC)**
 - **Electrodes en bakélite de haute résistivité => la décharge reste localisée autour de la particule traversant la RPC**
 - **Bonne résolution spatiale et temporelle**
 - **grande surface (~150 m² !) à coût réduit**



- **Modes de fonctionnement (vs. Haute Tension)**

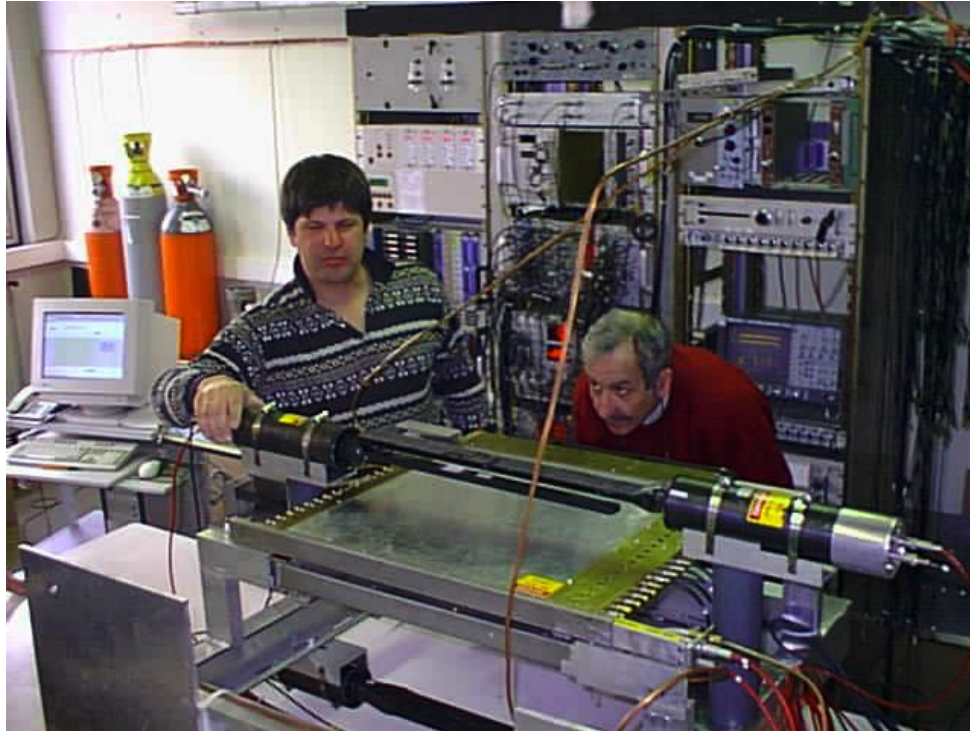
- **Streamer:** >500 pC/hit (<50 hit/s/cm²)
 - ✓ Mode « historique »: L3, Babar, ALICE-R&D
 - ✓ FE **sans** amplification, seuil discrimination 80 mV/50 Ω
- **Maxi-avalanche:** ~100 pC/hit (<200 hit/s/cm²)
 - ✓ FE **sans** amplification avec seuil ~7 mV/50 Ω : ALICE (LHC run1&2)
- **Avalanche :** => ~30 pC/hit (<500 hit/s/cm²)
 - ✓ FE **avec** amplification: ATLAS, CMS, ALICE-upgrade (LHC run3&4)

ALICE max hit/s/cm²
Run1&2 50 hit/s/cm²
Run3&4 >100 hit/s/cm²

- **Collaboration**

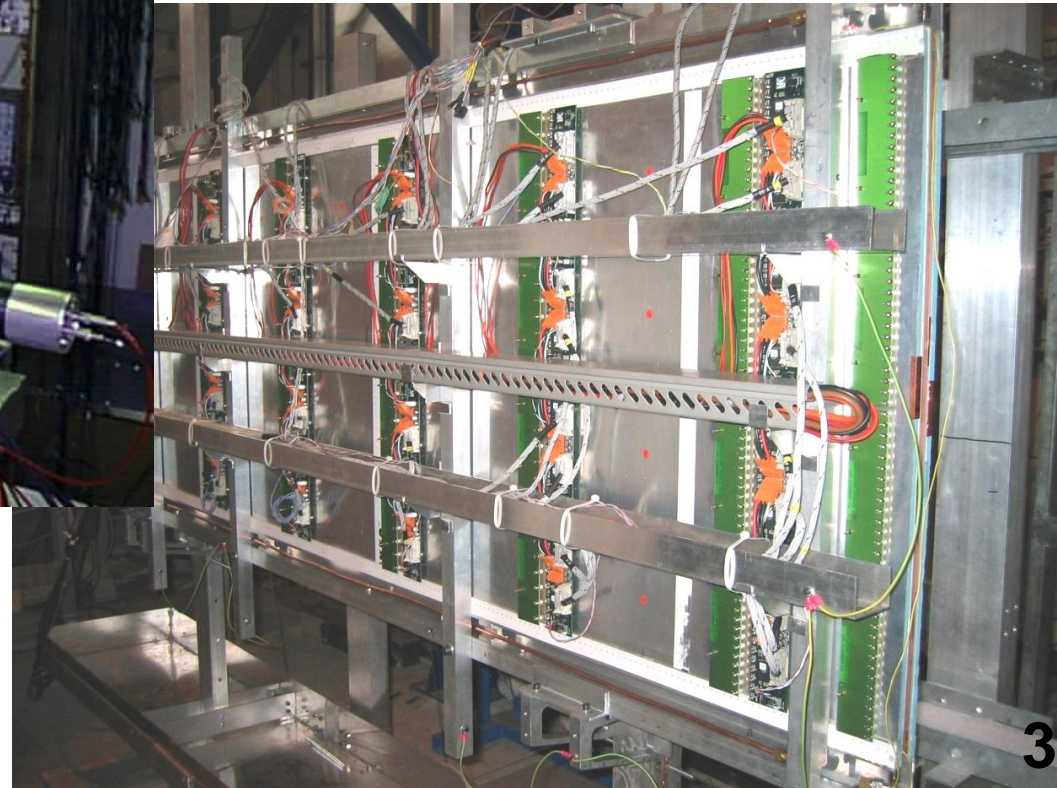
- **LPC Clermont** => électronique front-end (FE) des RPC, électronique de décision de trigger LOCAL et GLOBAL, R&D détecteur RPC
- **Subatech Nantes** => électronique de décision de trigger REGIONAL, DAQ
- **INFN Turin** => détecteurs RPC, structures mécaniques (participation du LPC)

1^{er} test au CERN/SPS (faisceau de pions de 60 et 100 GeV/c) en juillet 1996
Calibration des simulations Geant3 sur la composante transverse des gerbes hadroniques, avec une chambre à fils



Tests d'une RPC (fournie par INFN Rome) en cosmiques au LPC pour le choix du mélange gazeux (1997)

Tests d'une RPC « taille 1 » avec **FE ADULT (2003) au CERN SPS+GIF**



Choix d'un mélange gazeux optimisé pour le mode streamer des RPC

❑ Mélanges gazeux "historiques"

- **L3** => (58:38:4) argon (Ar), isobutane (i-C₄H₁₀), freon (CF₃Br)
- **Babar** => (48:4:48) argon, isobutane, forane (C₂H₂F₄)

❑ Idée (~1996, J. Fargeix) d'ajouter du SF₆ ("quencher" utilisé dans les transformateurs électriques)

- pour diminuer la charge des streamers à ~500 pC/hit
- Et ainsi ralentir le vieillissement des RPC dans l'environnement LHC
- SF₆ repris par ATLAS/CMS pour diminuer les % de streamers en mode avalanche



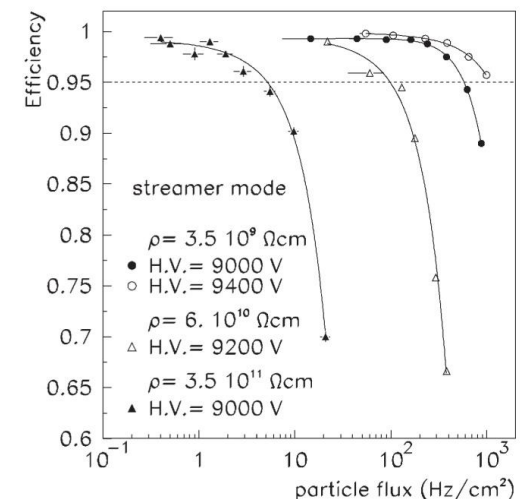
❑ Mélanges gazeux ALICE

- **Streamer**
(47:40:7:4) Ar, C₂H₂F₄, i-C₄H₁₀, SF₆
puis seulement 1% SF₆, cf slide suivant
- **Maxi-avalanche**
(88:10:2) C₂H₂F₄, i-C₄H₁₀, SF₆
puis seulement 0,3% SF₆ (id. ATLAS/CMS)

RPC bakelite de "basse resistivité" (~3.5 10⁹ Ω.cm)

- **Temps de récupération plus rapide**
- **Meilleure tenue sous un flux élevé de particules**

NIM A451:462, 2000



□ **Tests de vieillissement @ SPS+GIF (Gamma Irradiation Facility, source de Cesium) avec des RPC de petite taille (50x50 cm²)**

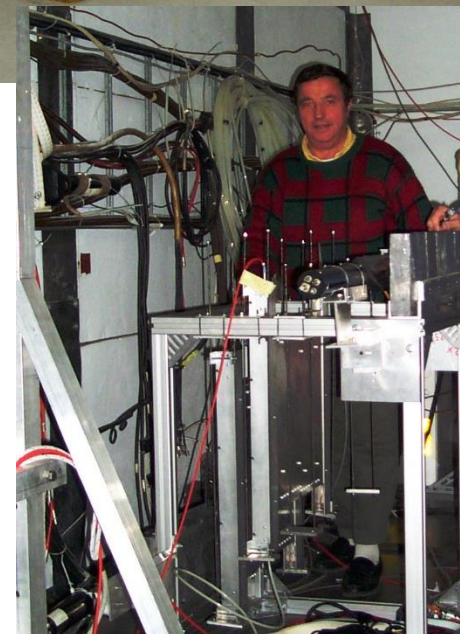
- GIF, >100 hit/s/cm² sur la RPC
- Attaque chimique de la surface des électrodes de bakélite par polluants, ions HF (acides), etc
- Meilleurs résultats avec 2 couches fines d'huile de lin sur la surface interne de la bakélite
- Nouveau mélange gazeux mode streamer avec seulement 1% SF₆
=> baisse HT, moins de polluants

- Mélange gazeux avec 50% RH (humidité) pour stabiliser la résistivité et les propriétés mécaniques de la bakélite

□ **Premier test d'une RPC taille-1 (270x65 cm²) en 2002 à GIF**



NIM A533:
112, 2004



Conclusion sur les tests de vieillissement en streamer Tests de vieillissement en maxi-avalanche (2004-2005)

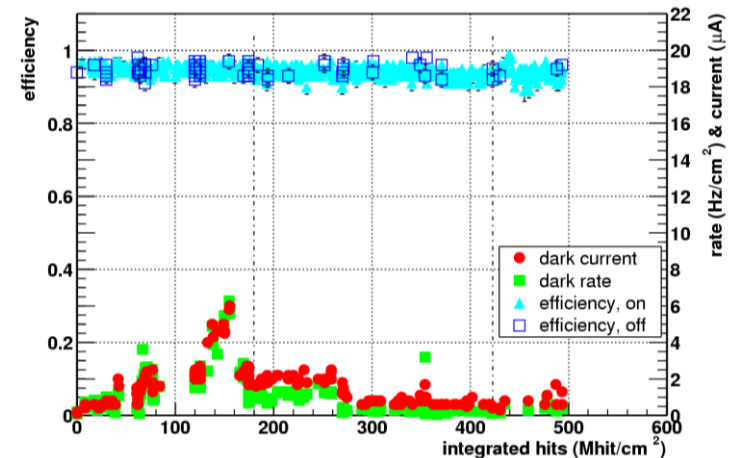
Conclusion sur les tests en mode streamer (pour Pb-Pb)

- ~ 100 Mhits/cm² attendus (avec facteur 2 de sécurité), dans les zones les plus exposées des RPC, pour le **programme ion** ALICE du run1&2
- **Résultats en fin de tests**
 - ✓ **400 Mhit/cm² (~ 200 mC/cm²) accumulés sur une RPC**
 - ✓ 100 Mhit/cm² sur 2 autres RPC
 - ✓ Les 3 RPC toujours fonctionnelles

La
glorieuse
RPC !

Tests de vieillissement en maxi-avalanche pour le programme p-p ALICE (run1&2)

- ~ 100 Mhit/cm² /an attendus, dans les zones les plus exposées des RPC, avec une grande incertitude sur les beam-gaz
- Electronique ADULT sans amplification, seuil de discrimination plus bas qu'en streamer (~ 7 mV vs. 80 mV)
- **Résultat: 500 Mhit/cm² (~ 100 mC/cm²) accumulés**
- Diminution drastique du taux d'ions HF vs. mode streamer



- **Les RPC d'ALICE ont finalement fonctionnées en mode maxi-avalanche au run1&2**
- **ALICE@LPC a organisé la conférence RPC2003 à Clermont-Fd**



Test mini-trigger @SPS+GIF (2002)

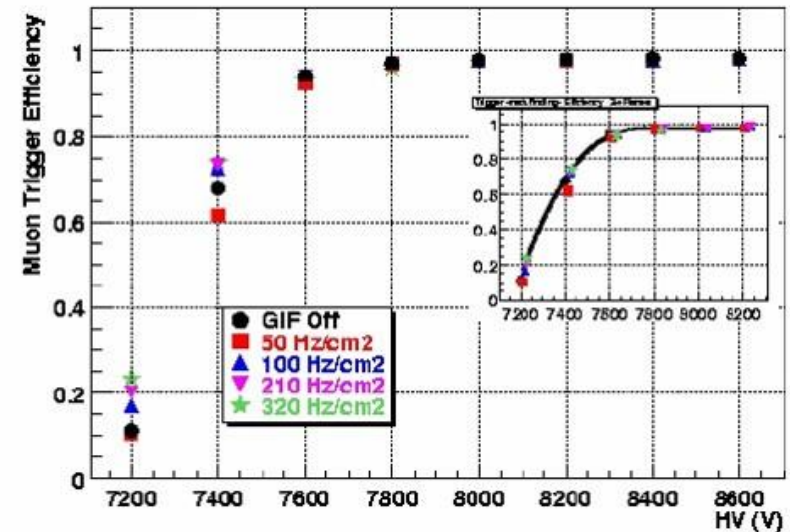
- 4 plans de RPC (id ALICE) 50x50 cm²
- FE ADULT
- 1 carte de trigger LOCAL

Mini-trigger @SPS+GIF (2002)

- Preuve de fonctionnement de la chaîne RPC-FE-Décision de trigger LOCAL
- Vers les revues de production (PRR) des deux électroniques (2002-2003)

2003-2006 Les productions

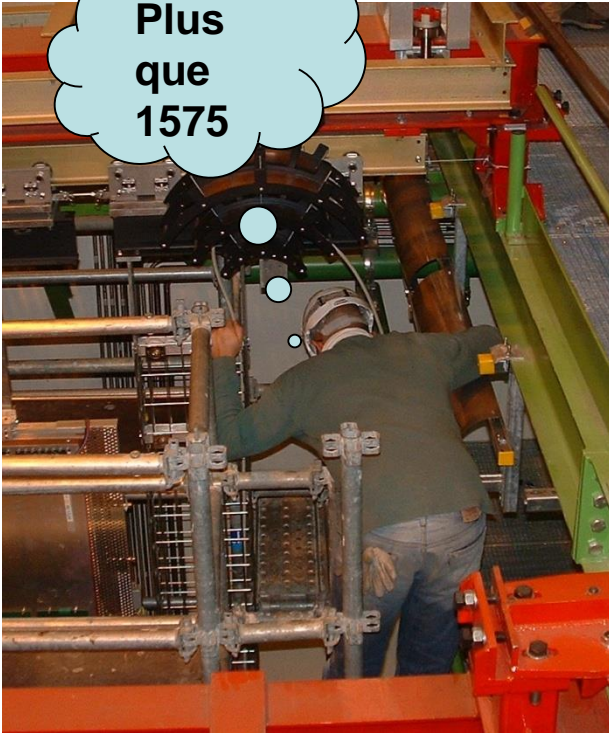
Trigger-track finding- Efficiency 3/4 Planes



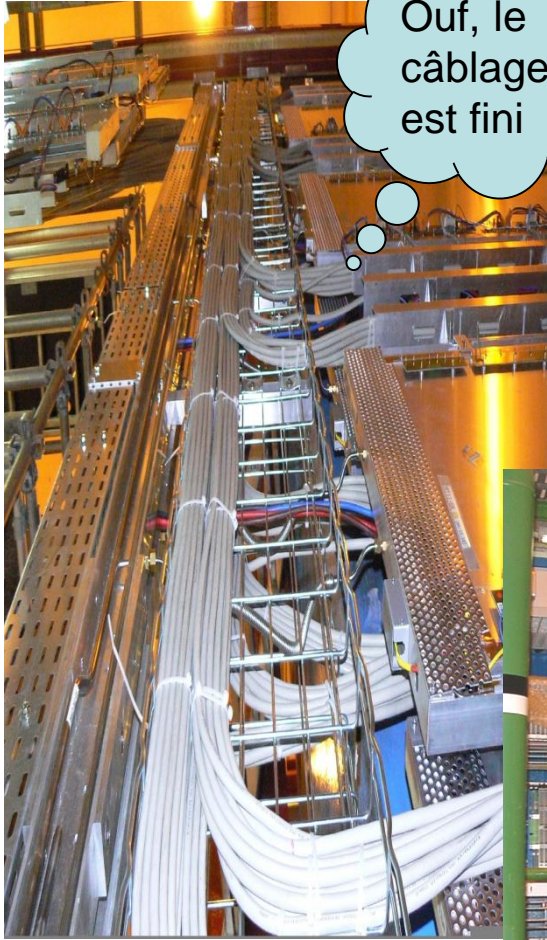
Reconnaissance en caverne ALICE,
en avril 2006



Plus tard en 2006

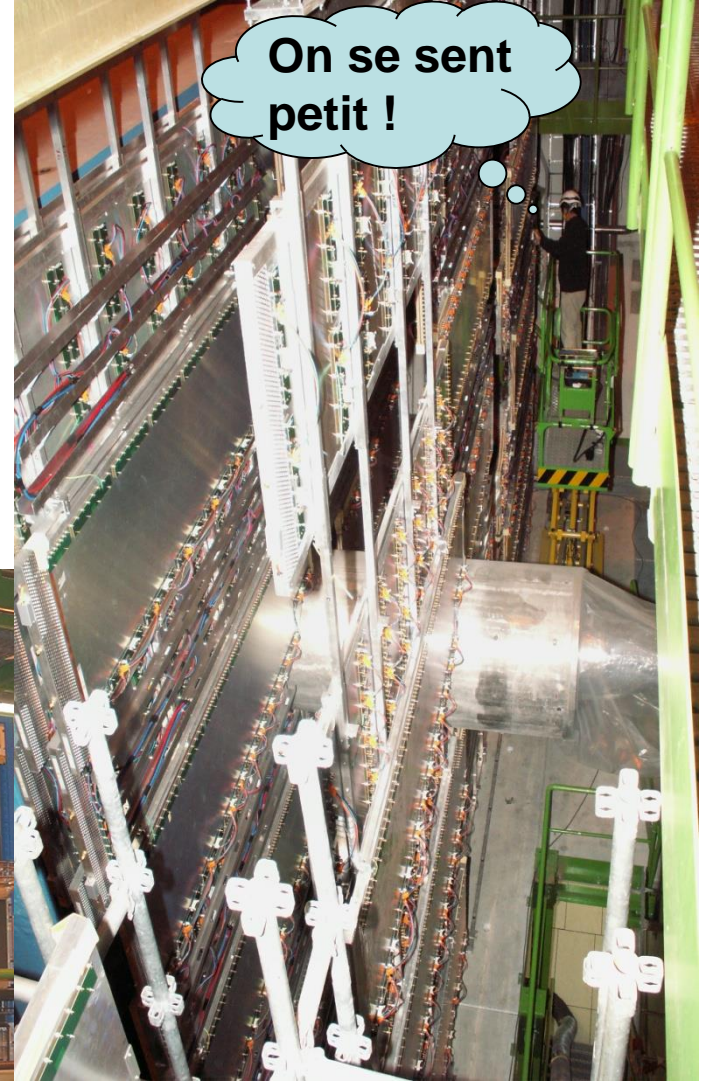


Encore plus tard, en 2007

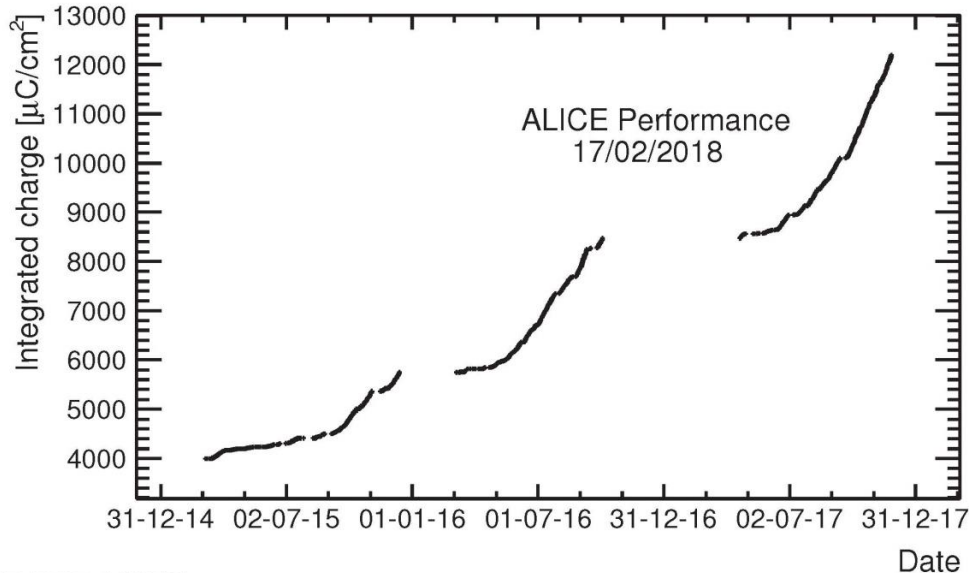


Ouf, le câblage est fini

Facile !



On se sent petit !

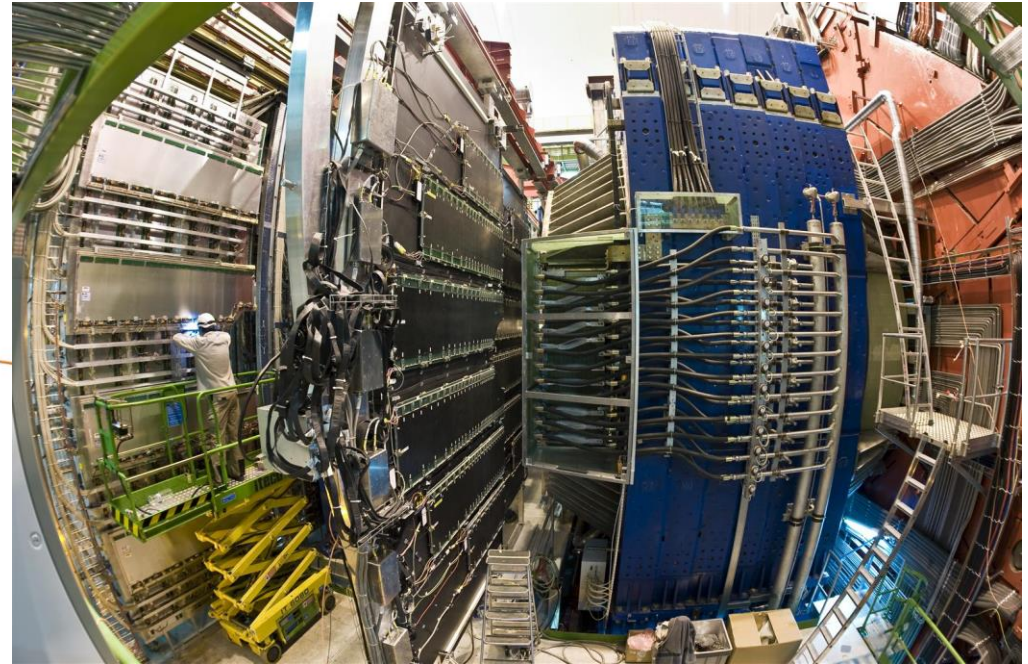
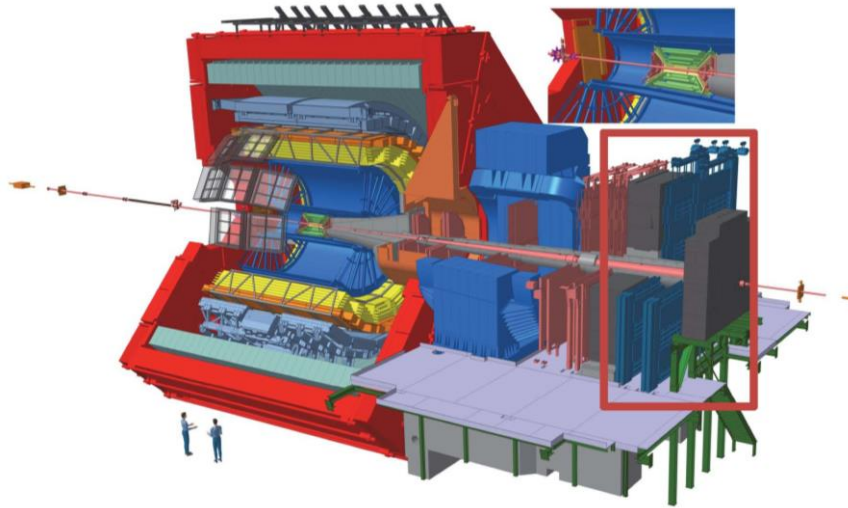


ALI-PERF-143151

- ❑ **Charge/RPC au run1&2**
 - **$\sim 300 \text{ Mhit}/\text{cm}^2$ pour les RPCs les plus exposées**
 - $\Rightarrow 30 \text{ mC}/\text{cm}^2$ (100 pC/hit)**
 - \Rightarrow compatible avec design**
- ❑ **Toutes les RPC opérationnelles à la fin du run1&2**
- ❑ **Projet de remplacer les RPCs les plus exposées pendant le run3&4**
- ❑ **R&D en cours (Collab. ECOGAS) pour un mélange gazeux « eco-friendly »**

- ❑ **7 thèses de doctorat @LPC avec contribution expérimentale importante**
- ❑ **Upgrade pour le run3&4 : MID (RPC en mode avalanche) et MFT**
- ❑ **Coût du projet MTR + upgrade MID : $\sim 2 \text{ M€}$ (CORE seul)**
- ❑ **~ 150 jours/an au CERN sont dus par le LPC pour les prises de données Sarah RC en 2023 (deputy RC en 2022)**
- ❑ **$\sim 2 \text{ ETP}/\text{an}$ sont dus par le LPC pour le « service work »**

Contribution Frédéric

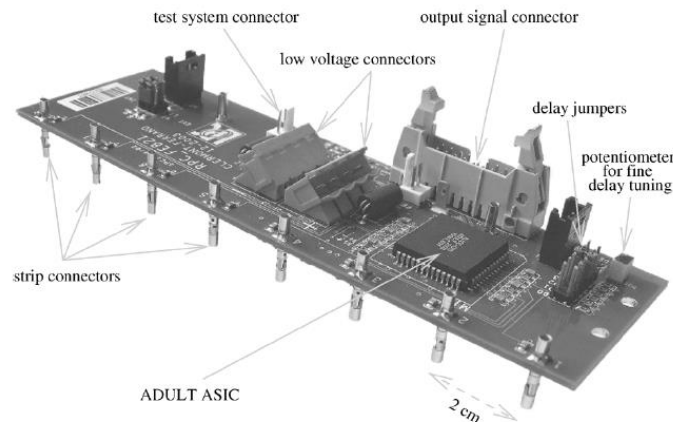
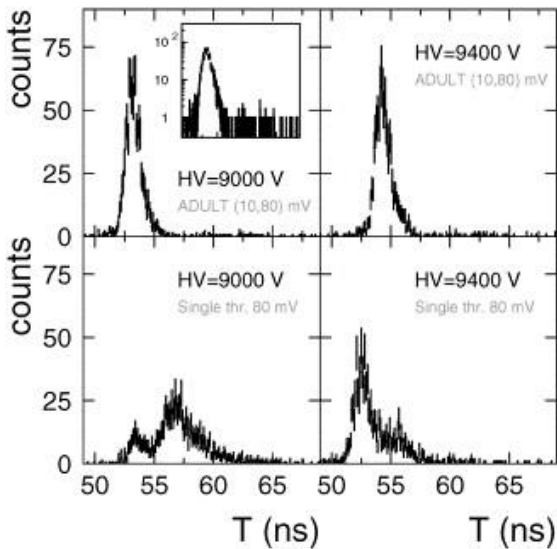
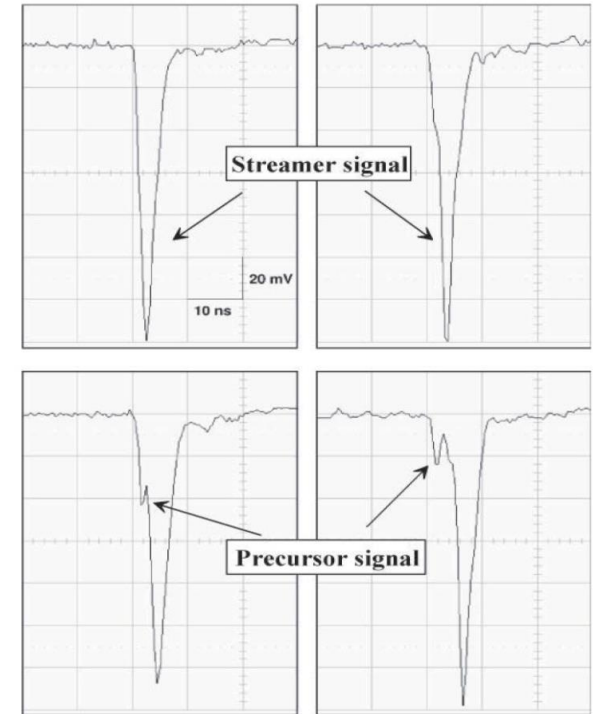


Les services techniques du LPC sont impliqués fortement sur le déclencheur/identificateur du spectromètre à muons d'ALICE, depuis la phase de conception au tout début du projet, sa réalisation et, récemment, son « upgrade »

Principales responsabilités sur le projet initial (Muon Trigger, MTR)

- **Electronique front-end (FE) pour les détecteurs RPCs**
- **Electronique de décision de trigger de niveau LOCAL**

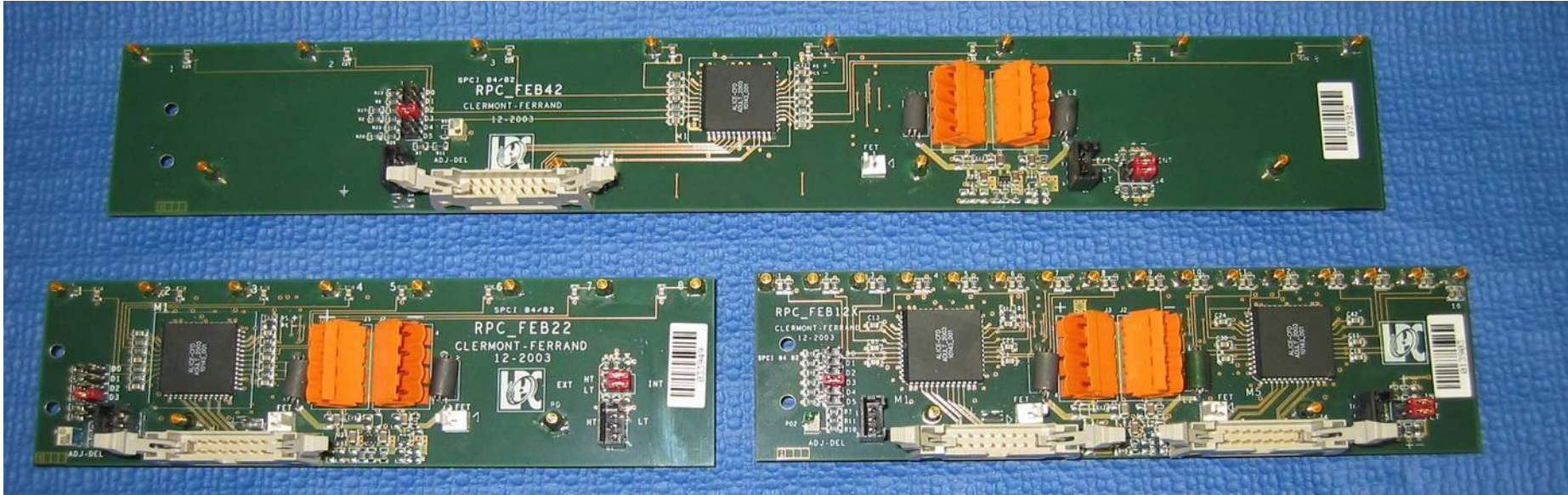
- ❑ **RPC => signaux à deux composantes**
 - Signal avalanche suivi (selon la HV) par streamer
 - Avalanche: synchrone avec la particule traversant la RPC
 - Streamer: asynchrone (« jitter » de plusieurs ns)
- ❑ **Electronique FE ADULT pour le mode streamer**
 - ADULT : A DUaL Threshold discriminator
 - Référence en temps sur le bas seuil (avalanche)
 - Signal validation sur le haut seuil (streamer)
 - NB: haut=bas seuil en mode maxi avalanche
- ❑ **Résolution en mode streamer avec ADULT**
 - **Similaire à celle du mode avalanche (~1 ns)**



Signaux RPC
(NIM A457, 2001)

Resp. de projet:
L. Royer & P. Rosnet

Production-test (2002-2006) Cartes FE ADULT



***20992 voies de lecture => 2384
cartes FE, 6 pas différents
3 ans pour valider la production***

La VTT box de Bernard pour le test des cartes FE ADULT in situ

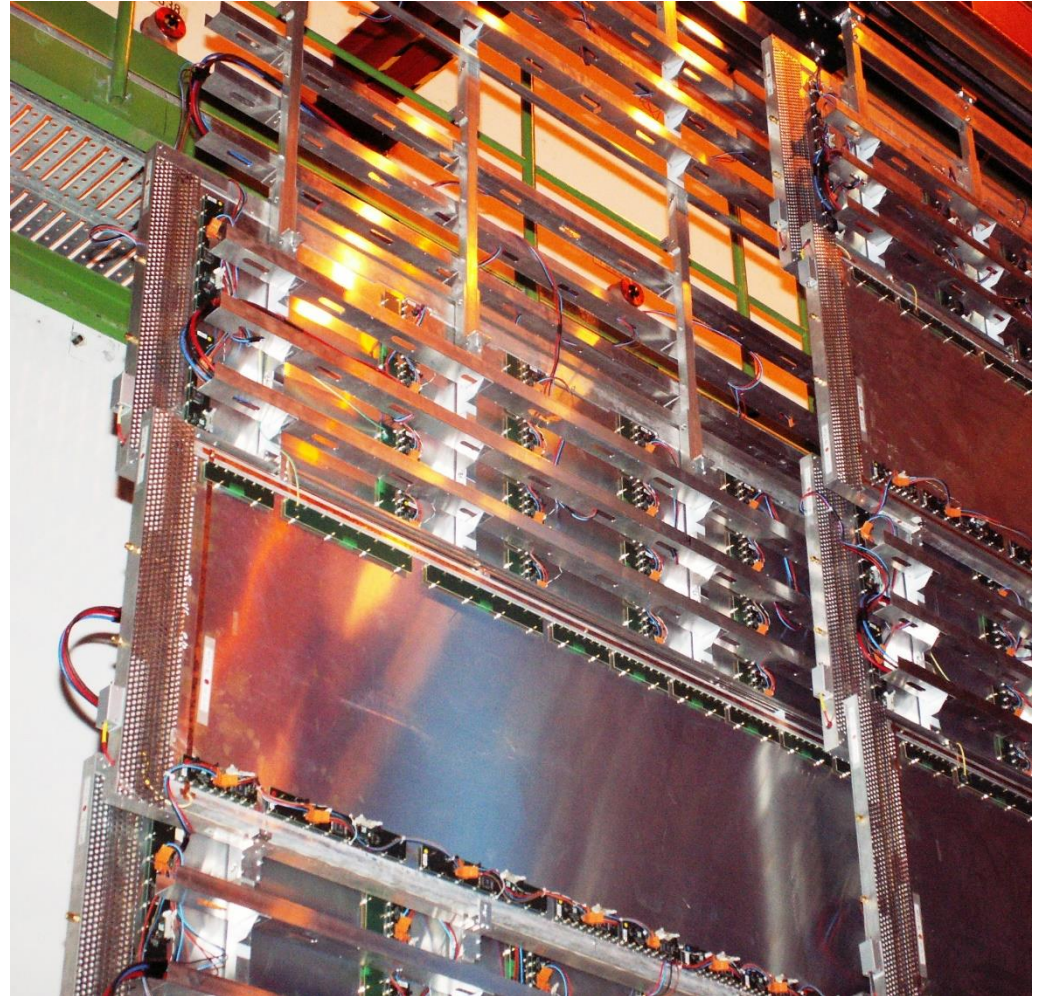


- **FETest system**
- **Basses tensions et DCS**
- **Distribution des seuils de discrimination du FE et DCS**
- **cables de liaison cartes FE-LOCAL**

Resp. des projets:
C.Insa & F.Jouve



Phase d'installation (2006) Cartes FE ADULT



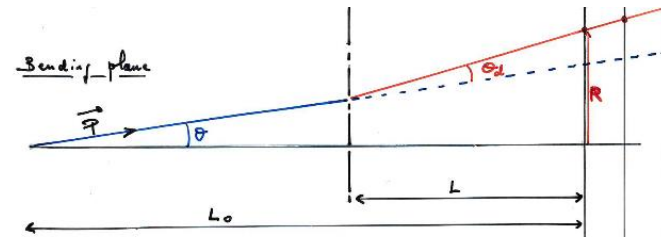
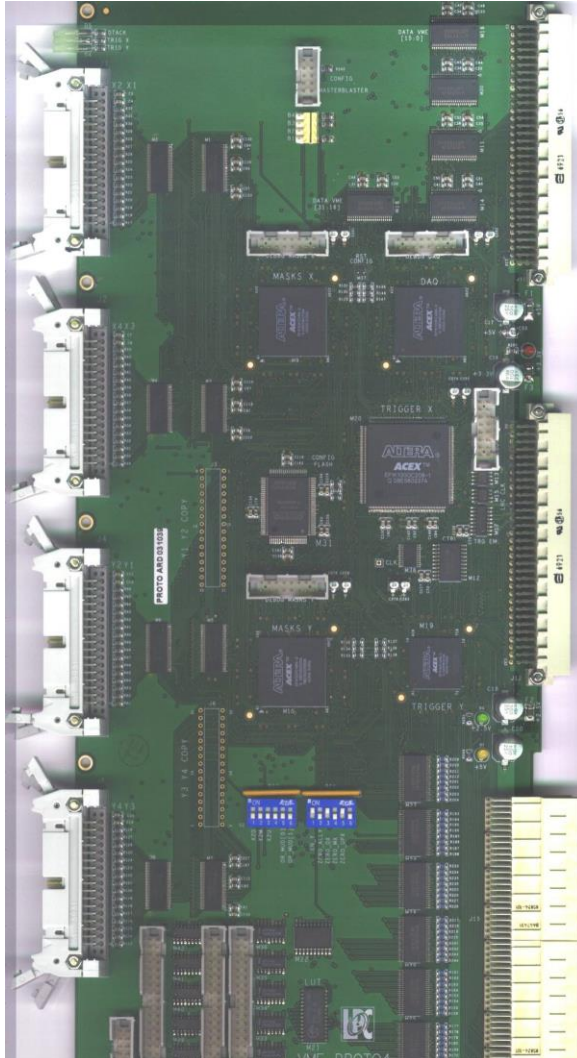
Phase d'installation (2007) Câblage (1432 câbles)



**Entre
électroniques
FE et LOCAL**

- **1432 câbles**
- **34 brins**
- **14-20 m**





First order approxim. : ϑ_d deviation angle in the bending plane

$$\pm L \vartheta_d = R - L_0 \vartheta, \quad P_k = p \vartheta, \quad \vartheta_d = \pm \frac{P_0}{P} \left(\frac{c \omega}{s.3} \right)$$

$$\rightarrow \vartheta_d = \frac{\pm R}{L + L_0 \frac{P_k}{P_0}} \quad \vartheta_d \approx \frac{50}{P_{cut}}, \quad R \approx 3 \text{ T.m.}$$

Position dependant cut : $\vartheta_d < \frac{R}{R_c}$ (or segmentation)

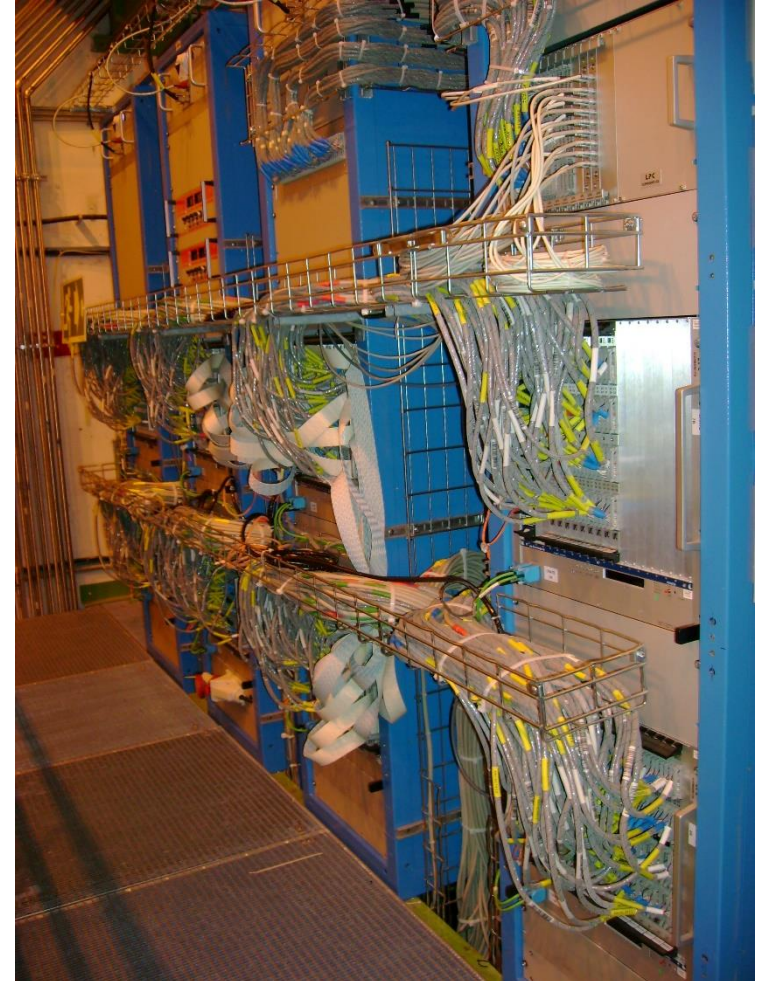
$$\rightarrow P_k > \left(\frac{R_c - L}{L_0} \right) P_0 > \text{coste} \quad \text{ie } P_k \text{ cut}$$

- ❑ **Décision de trigger basée sur la mesure de la déviation des muons entre les deux stations du Muon Trigger**
- ❑ **234 cartes complexes**
- ❑ **Décision de trigger en 300 ns (12 cycles d'horloge à 40 MHz)**

Resp. de projet:
G.Blanchard & P.Dupieux

Phase d'installation (2006) Electronique de trigger LOCAL

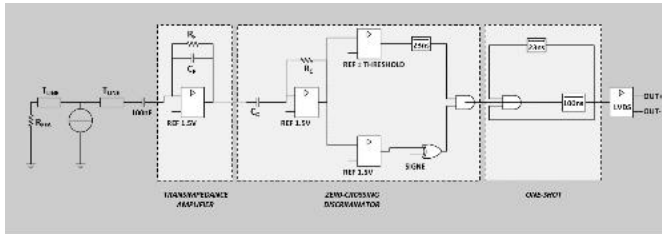
- **16 chassis VME**
- **234 cartes de décision de trigger LOCAL**



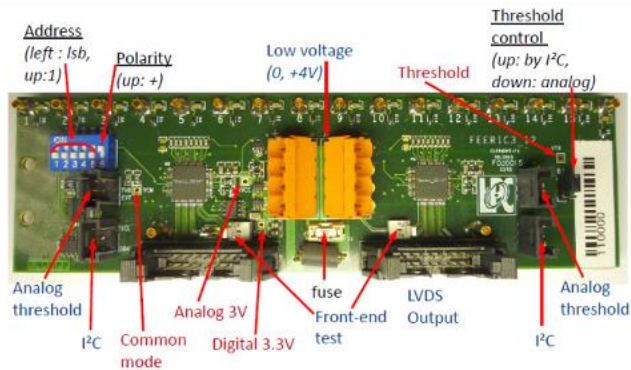


- ❑ **Remplacement de l'électronique FE ADULT => vers une électronique FE amplifiée, FEERIC, pour le mode avalanche dans ALICE afin de limiter le vieillissement des RPCs aux runs 3 et 4**

- ❑ **Remplacement des cartes de décision de trigger => vers des cartes permettant la lecture du détecteur en mode continu, sans trigger**
 - **Le Muon Trigger (MTR) devient le **Muon Identificateur (MID)****
 - **Les choix des événements d'intérêt sont fait dans « l'informatique »**
 - **Pris en charge techniquement par Subatech**



Equipement d'une RPC « prototype en caveau ALICE (2016)



FEERIC pour les RPC en mode avalanche (avec amplification) dans ALICE

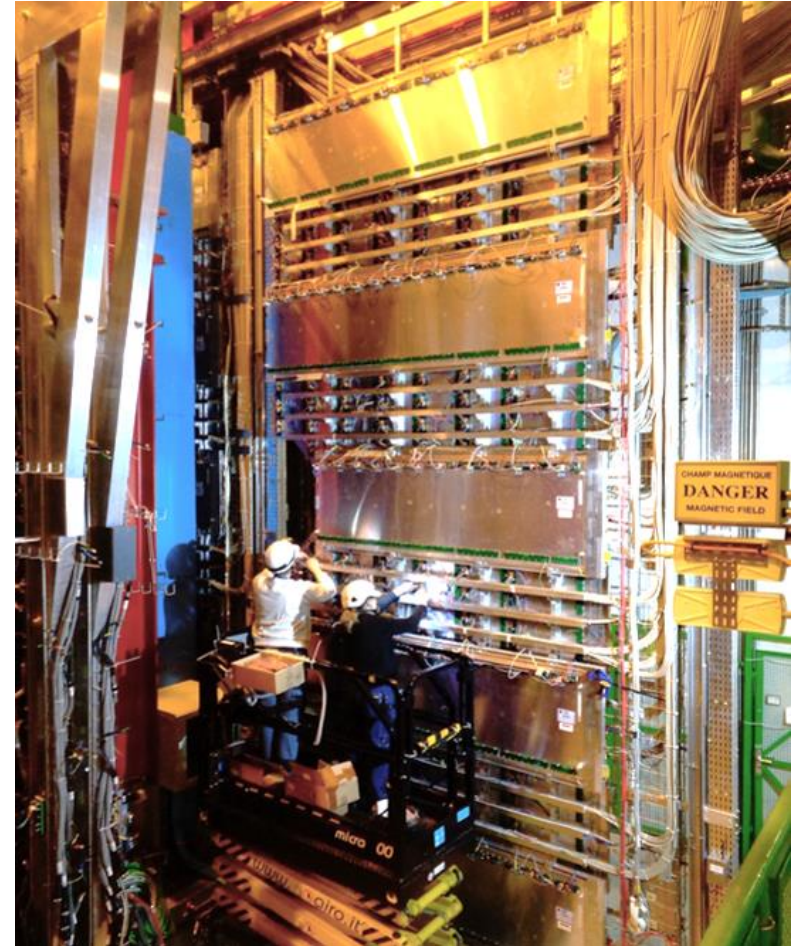
- **Seuil « zero-crossing »**

Resp. de projet:
S.Manen (ASIC), B.Joly (carte électronique) P.Dupieux



Upgrades (2012-2022) Installation du FE FEERIC (2019)

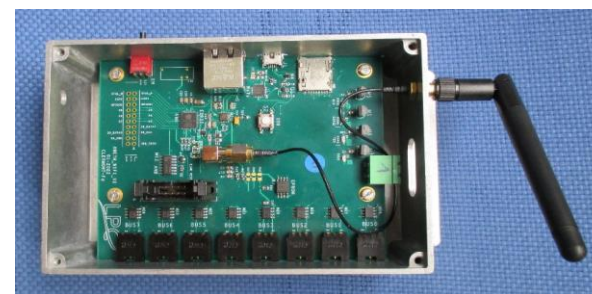
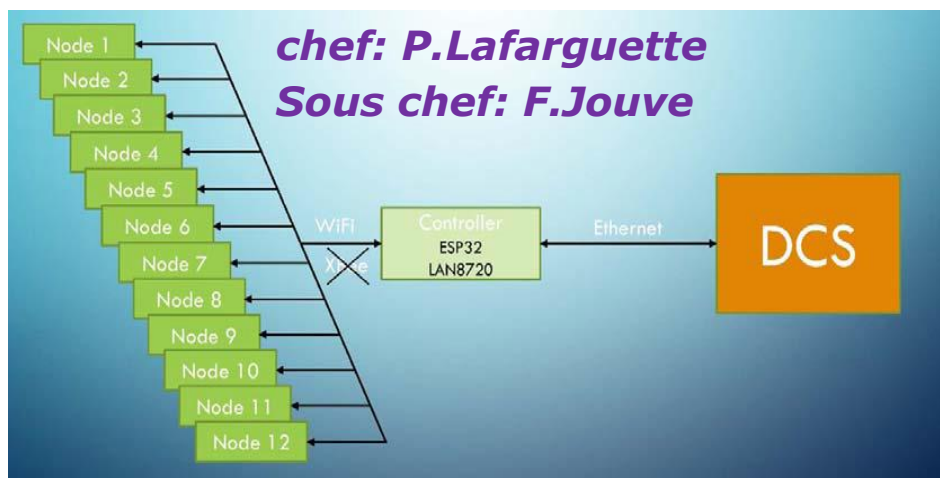
***Banc de test pour les cartes
électronique FEERIC (Resp: F.Jouve)***



Upgrades (2012-2022)

distribution XBEE/WiFi des seuils FEERIC

- ❑ **Distribution permettant de changer (DCS) individuellement le seuil de chaque carte FEERIC**
- ❑ **Première version utilisant le protocole haut niveau ZIGBEE (XBEE)**
 - **Opérationnelle depuis le début du run 3**
- ❑ **Upgrade vers une distribution WiFi plus performante en terme de bande passante**
 - **Installation prévue en Janvier 2023**



Carte AW2ETH (WiFi)

Upgrades (2012-2022)

DCS pour distribution des seuils FEERIC

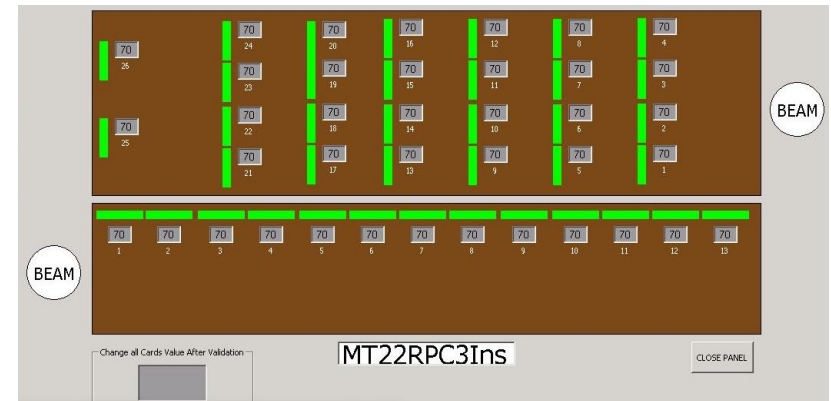
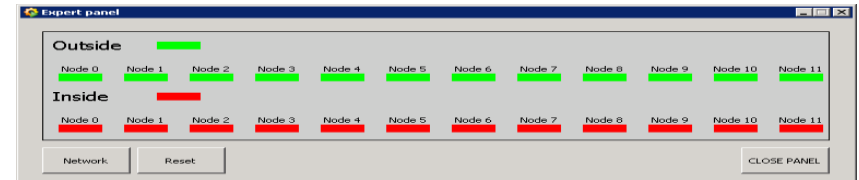
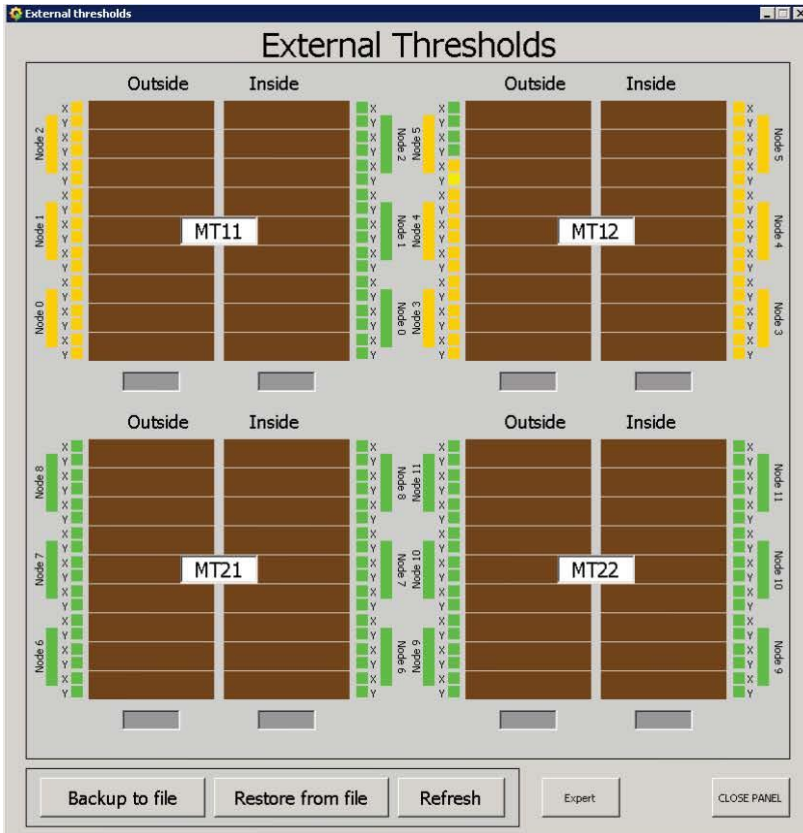


WinCC/PVSS interface utilisateur

- DCS panels
- 2384 threshold values
- State machine implemented

Commandes

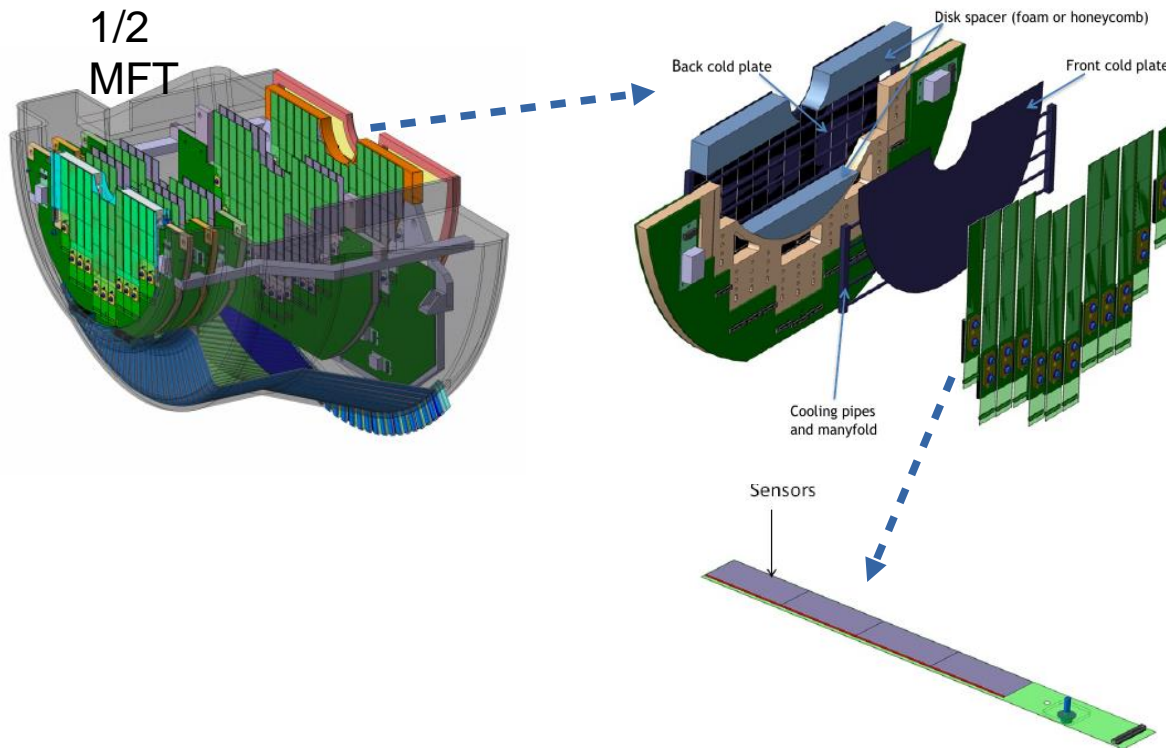
- Set threshold (single FEERIC board)
- Set chamber (common) threshold
- Set half-plane (common) threshold
- Refresh





❑ **Le début du Muon Forward Tracker : 2010-2011**

- Ajout d'un spectromètre silicium au plus près de la cible avant l'absorbeur hadronique du spectromètre à muons) → L'IPN Lyon lance l'idée d'ajouter un spectromètre à pixels silicium au spectromètre muons d'ALICE.

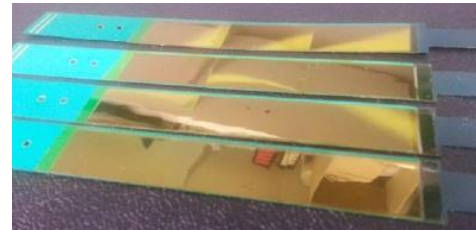


▣ **Les principales contributions : R&D et construction**

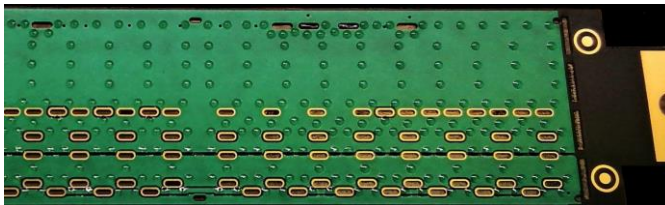
- **Collage des échelles de capteurs** : choix de la colle (techniques de dépôt par masquage, tenue au pelage, possibilité de remplacement d'échelles) Cédric



- **Encapsulation des échelles** (rigidification des échelles) Cédric



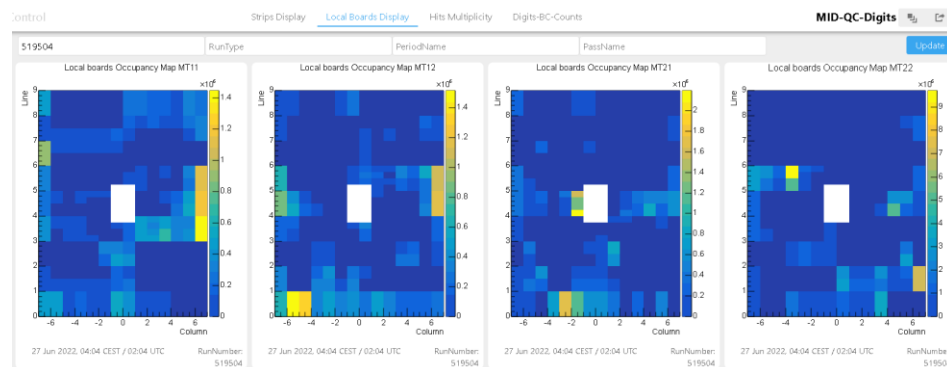
- **Collage des capteurs au CERN**, dépôt des points de colle par masquage (Cédric, Pierre)





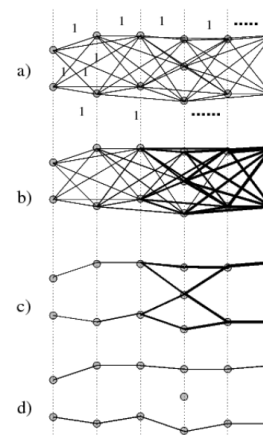
❑ **MTR/MID** (Bogdan, Valérie)

- **Online => offline (« shuttle ») run/run des paramètres de configuration MTR**
- **Sélection en impulsion transverse (via simulation des « Look-up-Tables ») des muons dans les cartes de trigger LOCAL (MTR)**
- **Algorithme de trigger MTR dans AliRoot**
- **Alignement MTR**
- **Event display du spectromètre à muons d'ALICE**
- **Control Qualité MTR/MID en ligne**



❑ **MFT** (Bogdan, Frank)

- **Coordination et codage de la géométrie du MFT**
- **Algorithmes de reconstruction des trajectoires dans le MFT**
 - Linear Track Finder
 - Cellular Automaton



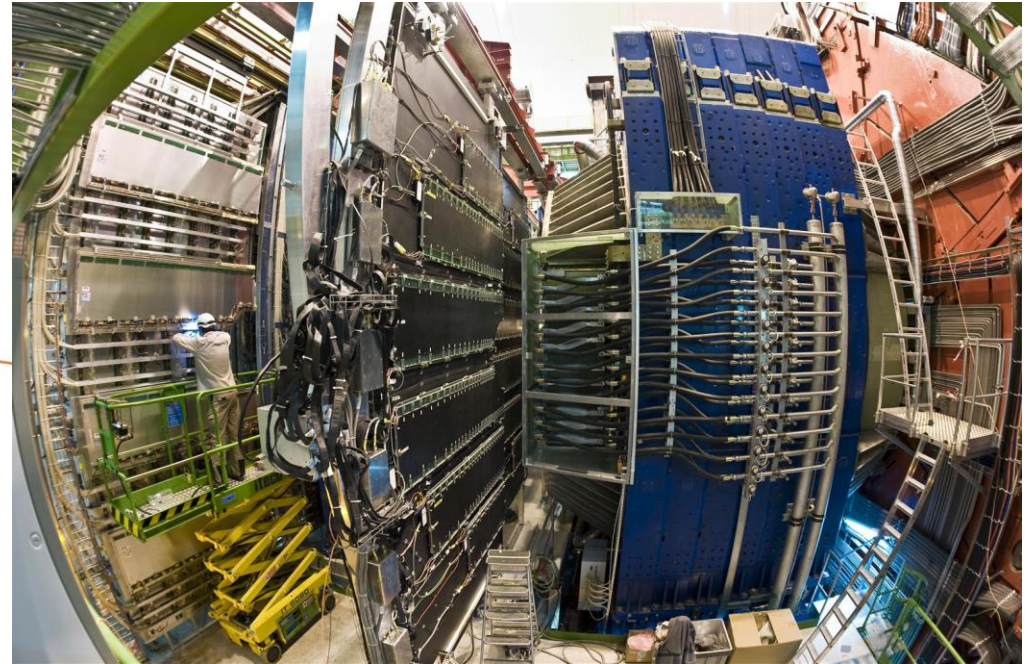
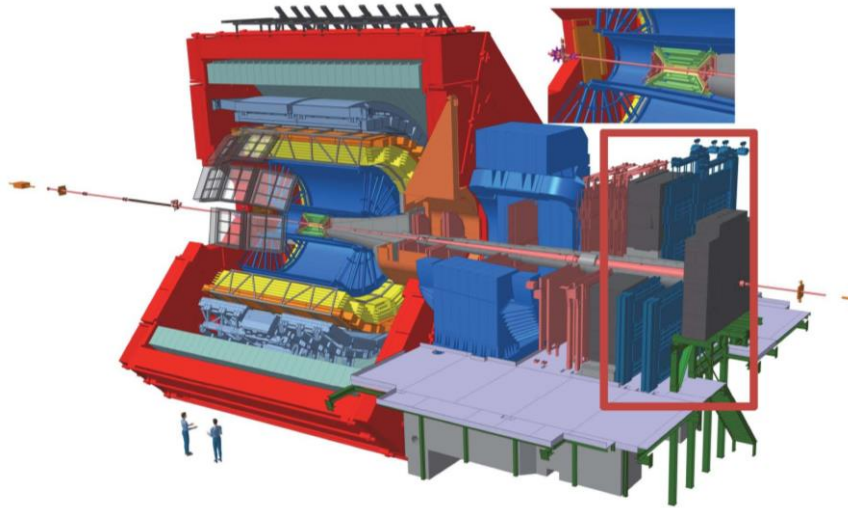
❑ **Support@LPC, calcul et WLCG (calcul distribué)**



- ❑ **Remerciements**
 - **Services techniques**
 - **Informatique (MFT et MID)**
 - **Administratif**
 - **Meca, Micro et Elec.**
 - **Physiciens impliqués dans ces projets techniques**
- ❑ **Le commissioning a demandé l'implication d'un ingénieur(B Joly) durant 2 années au CERN.**
- ❑ **Ce travail a impliqué**
 - **L'équivalence de**
 - **50 ans temps plein ingénieurs**
 - **30 ans temps plein techniciens**
 - **Quelques aller/retour au CERN...**

SPARES

RPCs of ALICE Muon Trigger: a saga of more than 20 years



□ *The ALICE Muon Trigger at LHC*

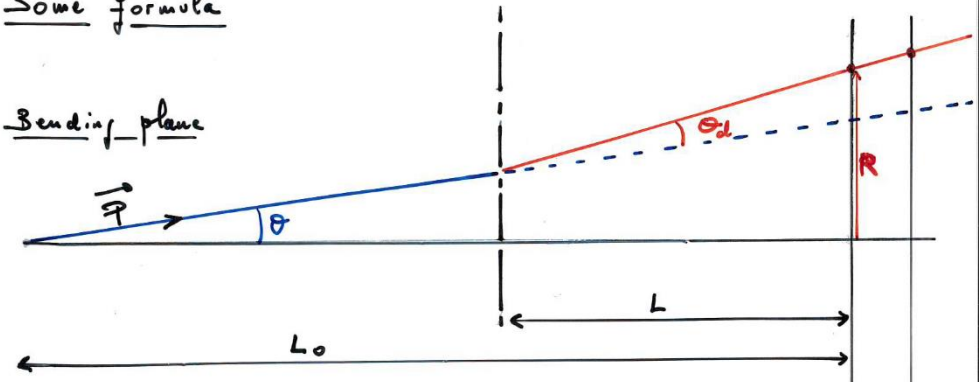
- 4 detection planes of 36 m² each
- 72 Resistive Plate Chamber (**RPC**) detector, single-gap
- 21k readout channels
- Muon Identification
- Trigger of the muon spectrometer based on muons with transverse momentum selection

□ *Physics*

- Quark Gluon plasma study in heavy ion (Pb-Pb) collisions at LHC
- Via **dimuon** production from quarkonia (J/ψ , Υ) decay
- Via single muon production from heavy flavor (D and B mesons) decay

Some formula

Bending plane



First order approx. : θ_d deviation angle in the bending plane

$$\pm L \theta_d = R - L_0 \theta, \quad p_t = p \theta, \quad \theta_d = \pm \frac{p_0}{p} \left(\frac{c \nu}{p_0} = \frac{B \rho}{s.s} \right)$$

$$\rightarrow \theta_d = \frac{\pm R}{L + L_0 \frac{p_t}{p_0}} \quad \theta_d \approx \frac{50}{p_{GeV}}, \quad B\rho = 3 \text{ T.m.}$$

Position dependant cut : $\theta_d < \frac{R}{R_c}$ (or segmentation)

$$\rightarrow p_t > \left(\frac{R_c - L}{L_0} \right) p_0 > \text{cste} \quad \text{ie } p_t \text{ cut}$$

List of main test beams



- ❑ ***CERN/SPS/H6 (May 1998):*** low resistivity RPC performance in streamer and avalanche mode with few RPCs 50x50 cm²
- ❑ **GIF (spring+fall 2001, spring 2002):** aging in streamer mode with few RPCs 50x50 cm² + first test with size-1 RPC
- ❑ **GIF+SPS muon beam (June 2002):** Mini-TRIGGER experiment
- ❑ **GIF+SPS muon beam (Aug. 2002):** second test with size-1 RPC in streamer mode
- ❑ **GIF+SPS muon beam (Sept 2003):** performance in streamer and maxi-avalanche mode with ADULT FEE with a size-1 RPC
- ❑ **GIF (Feb.-Oct. 2005):** aging in avalanche mode with 2 RPCs 50x50 cm²



From wikipedia

Phenolic sheet

Another market for Bakelite resin was the creation of phenolic sheet materials. **Phenolic sheet is a hard, dense material** made by applying heat and pressure to layers of paper or glass cloth impregnated with synthetic resin. Paper, cotton fabrics, synthetic fabrics, glass fabrics and unwoven fabrics are all possible materials used in lamination. When heat and pressure are applied, [polymerization](#) transforms the layers into [thermosetting](#) industrial laminated plastic.



From NIM A451:462-473,2000

* **In the most** RPC irradiated area. Obtained from detailed simulations (cross-checked by means of test experiments) considering the expected LHC run-1 and run-2 luminosity in ion-ion collisions

The hit rates expected in ALICE are of the order of 50 Hz/cm^2 **at most*** and this rather low value made us investigate the possibility of working in streamer mode. Therefore, we have revisited this mode of operation to enhance its rate capability.

- The first step was the study of the gas mixture
- The second step was the use of electrodes made of low-resistivity bakelite

Comment n1 in favor of the streamer mode in ALICE: the streamer mode (large signals) is less sensitive to external noise which was basically unknown at the time of the R&Ds. And the shielding of the readout system of ALICE RPCs, based on **segmented strips**, cannot be as efficient as in ATLAS/CMS.

Comment n2: the beam gas rate in p-p was unknown at the time of the R&Ds. For this reason, it was not excluded to operate the RPCs in maxi-avalanche mode in p-p (depending on noise level of course) and in streamer mode (**lower cluster size**) in ion-ion.

Comment n3: the choice of the streamer mode for ALICE was risky since we were a small group for carrying out the R&Ds. However this choice has resulted in a quite original scientific production.



30 ans du LHC@LPC: ALICE@LPC

Publications initiales (1999-2004)



La
glorieuse
RPC !

- **ALICE technical design report of the dimuon forward spectrometer.**
By ALICE Collaboration. CERN-LHCC-99-22, Aug 1999. 333pp.
- **A low-resistivity RPC for the ALICE dimuon arm.**
Nucl.Instrum.Meth.A451:462-473,2000.
- **Influence of temperature and humidity on bakelite resistivity.**
5th Workshop on Resistive Plate Chambers and Related Detectors (RPC 99), Bari, Italy, 28-29 Oct 1999. Nucl.Instrum.Meth.A456:140-142,2000.
- **The ALICE dimuon trigger: Overview and electronics prototypes.**
5th Workshop on Resistive Plate Chambers and Related Detectors (RPC 99), Bari, Italy, 28-29 Oct 1999. Nucl.Instrum.Meth.A456:126-131,2000.
- **Study of the resistive plate chambers for the ALICE dimuon arm.**
5th Workshop on Resistive Plate Chambers and Related Detectors (RPC 99), Bari, Italy, 28-29 Oct 1999. Nucl.Instrum.Meth.A456:73-76,2000.
- **A dual threshold technique to improve the time resolution of resistive plate chambers in streamer mode.**
Nucl.Instrum.Meth.A457:117-125,2001.
- **Spatial resolution of RPC in streamer mode.**
Nucl.Instrum.Meth.A490:51-57,2002.
- **A new front-end for better performances of RPC in streamer mode.**
6th Workshop on Resistive Plate Chambers and Related Detectors (RPC 2001), Coimbra, Portugal, 26-27 Nov 2001. Nucl.Instrum.Meth.A508:185-188,2003.
- **Ageing tests on the low-resistivity RPC for the ALICE dimuon arm.**
6th Workshop on Resistive Plate Chambers and Related Detectors (RPC 2001), Coimbra, Portugal, 26-27 Nov 2001. Nucl.Instrum.Meth.A508:106-109,2003.
- **Aging tests and chemical analysis of Resistive Plate Chambers for the trigger of the ALICE dimuon arm.**
7th Workshop on Resistive Plate Chambers and Related Detectors (RPC2003), Clermont-Ferrand, France, 20-22 Oct 2003. Nucl.Instrum.Meth.A533:112-115,2004.