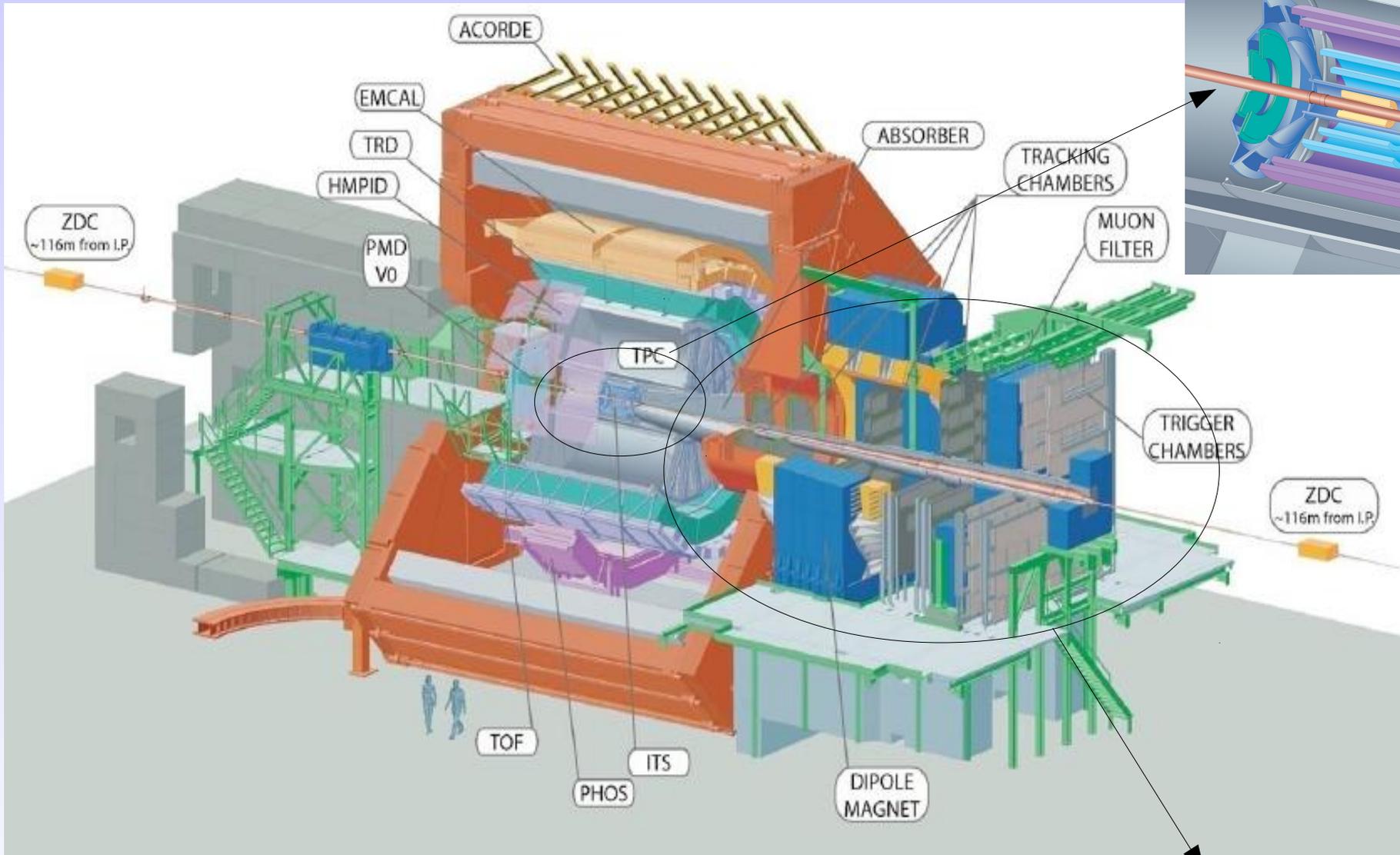




Upgrade du spectromètre d'ALICE: le Muon Forward Tracker

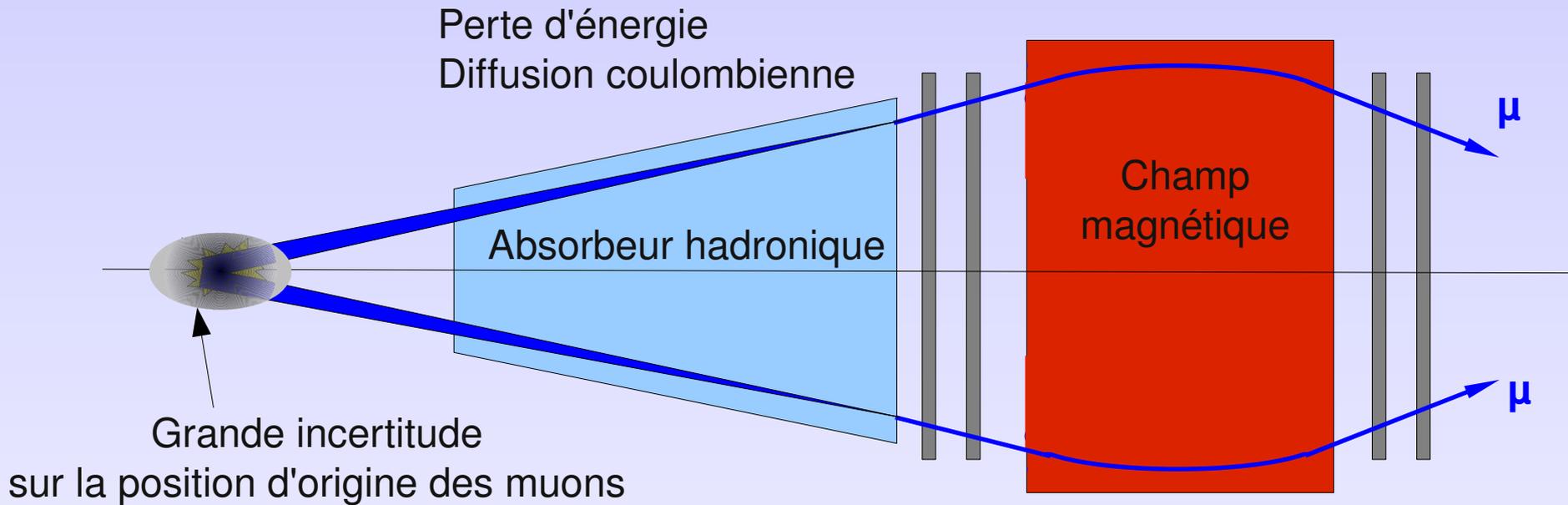
- Le spectromètre d'ALICE
- Motivations pour la physique
- Contraintes sur le MFT
- La collaboration et le dispositif du MFT
- Les thèmes d'étude et le planning
- Les activités envisagées

Le spectromètre d'ALICE



Mesure de (di)muons
entre $\sim 3^\circ$ et 9°

Le spectromètre d'ALICE

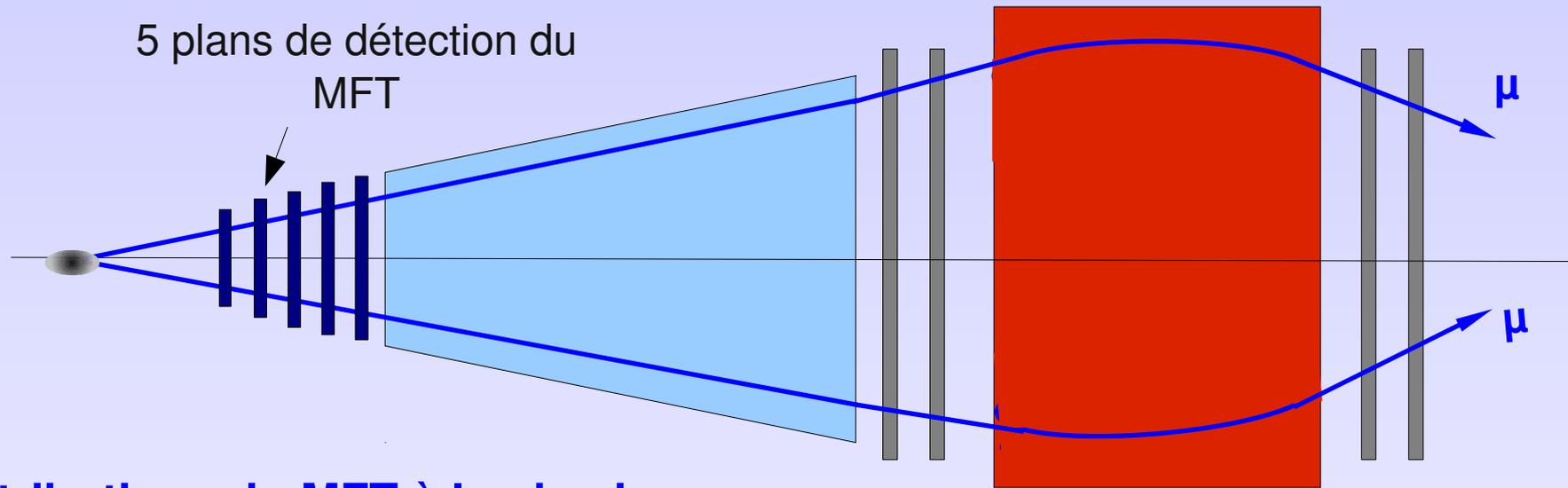


Importante limitation du spectromètre liée à la présence (indispensable) de l'absorbeur hadronique qui dégrade la résolution au point de collision et celle en masse:

→ impossible de dissocier les muons venant directement de la collision de ceux produits lors de désintégrations secondaires de résonances à durée de vie très courte.

Principal objectif du MFT: améliorer la résolution au vertex pour permettre la mesure des différentes composantes du signal muon

Le spectromètre d'ALICE avec le MFT



5 plans de détection du MFT

μ

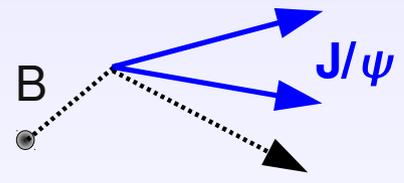
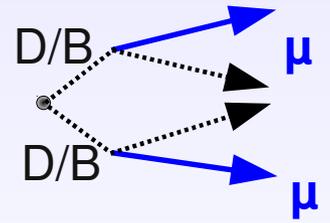
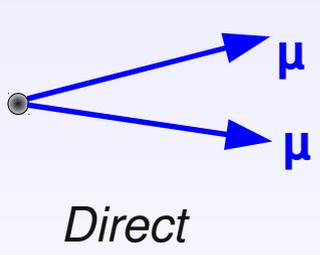
μ

Contributions du MFT à la physique

- Meilleure résolution au vertex:

Séparation des voies de production et rejet supplémentaire du bruit de fond en mesurant le décalage du point d'origine des muons par rapport au point d'impact de la collision:

Objectif résolution au vertex qq $10\mu m$



- Mesure précise de l'angle d'ouverture des deux muons:

Meilleure mesure de la masse du dimuon surtout à faible masse



Instituts dans le MFT

Un total de 5 instituts sont dans la collaboration MFT
regroupement récent: juin 2011

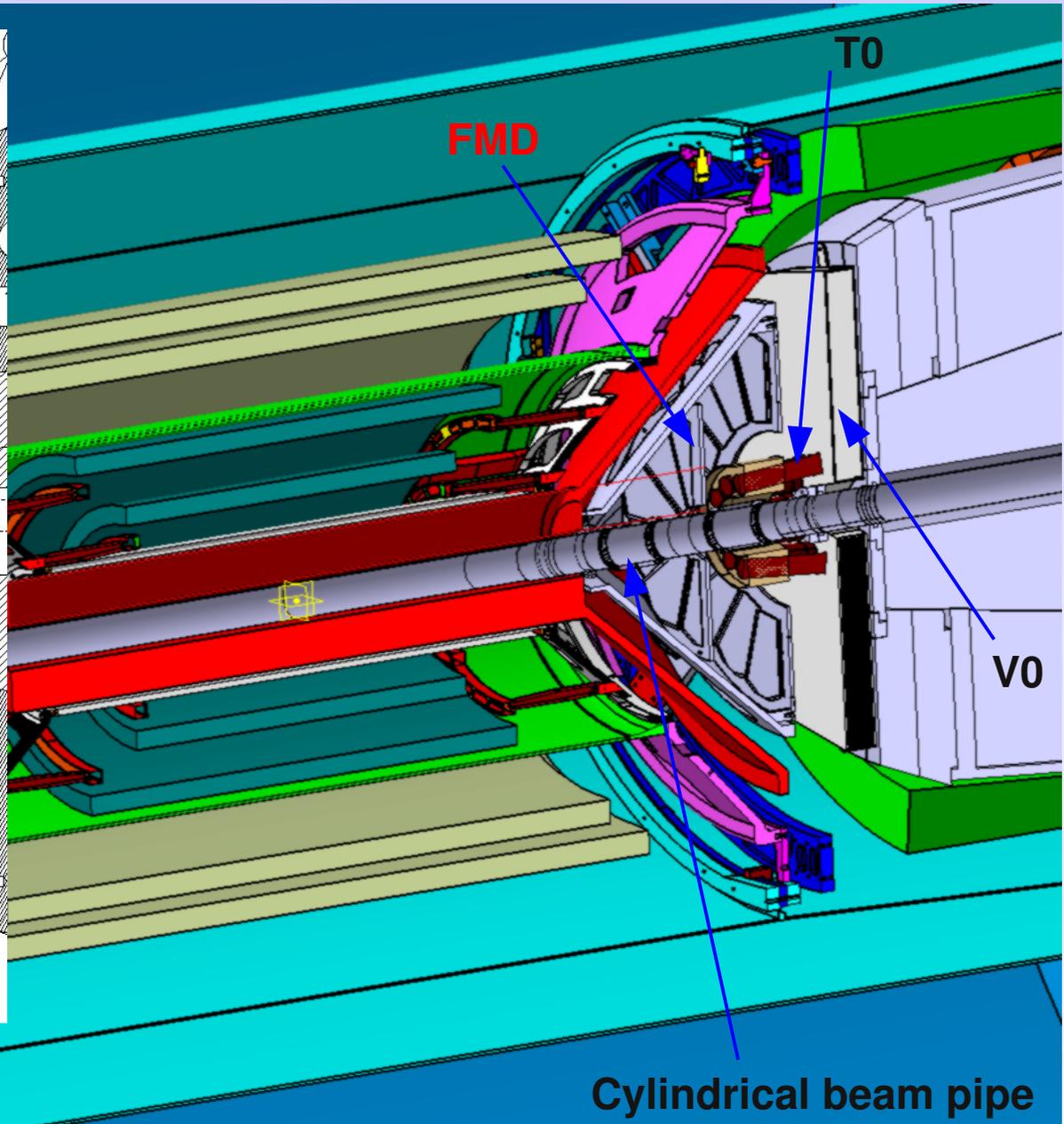
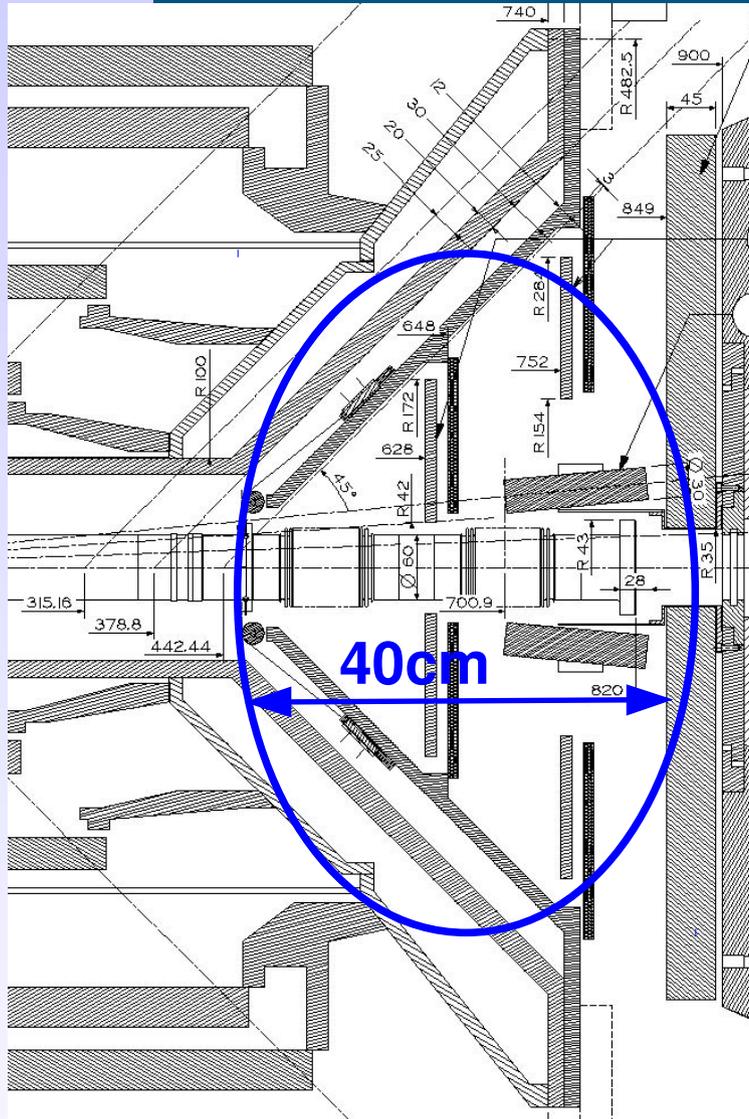
IPN Lyon, **IPN** Orsay, **IRFU** Saclay, **LPC** Clermont, **Subatech** Nantes

Expertise: IPHC Strasbourg

Autres instituts intéressés:

JINR Dubna, PNPI Gatchina, Wonju National University, Gangneug,
INFN Turin, INFN Cagliari, SINP Calcutta

La partie frontale du spectromètre



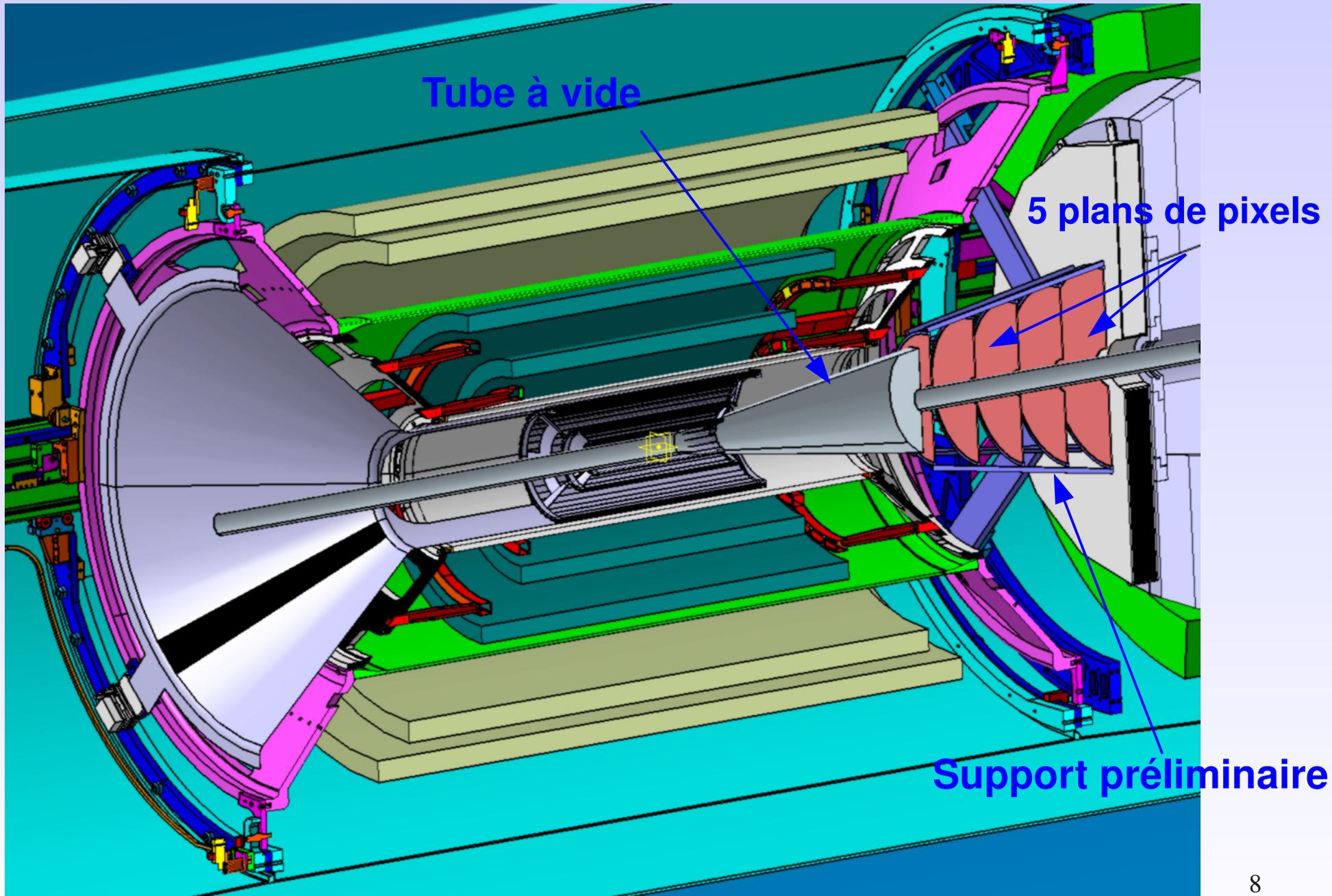
Le MFT doit être très compact



Contraintes pour le MFT

- Il faut un détecteur compact de haute résolution (qq microns) et avec un minimum de matière (qq 0.1% de X_0)
 - *Segmentation en pixels silicium de type MAPS*
- Limiter la production du bruit ne venant pas du point de collision et réduire la diffusion des muons avant d'atteindre les chambres du MFT
 - *Modifier le tube à vide du faisceau*
- Autres:
 - Couvrir l'acceptance angulaire du spectromètre ($\sim 3^\circ - 9^\circ$)
 - Permettre l'installation et la maintenance dans une zone difficile d'accès
 - Faire sortir les services, câbles autour de l'absorbeur hadronique
 - Soutenir le tube à vide avec la structure portant le FMT
 -
 - *Travail important d'intégration mécanique*

Le dispositif du Muon Forward Tracker



Principales caractéristiques

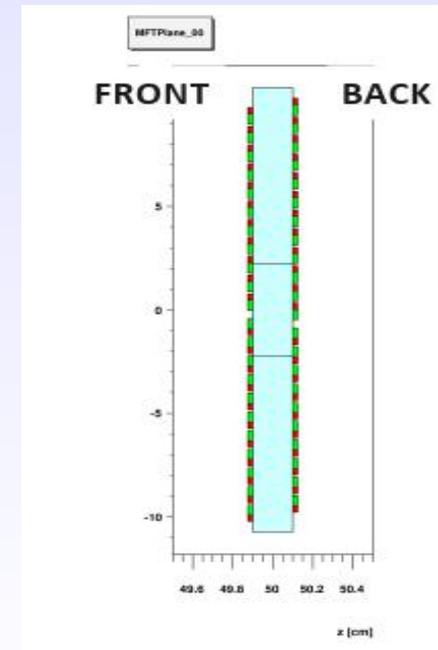
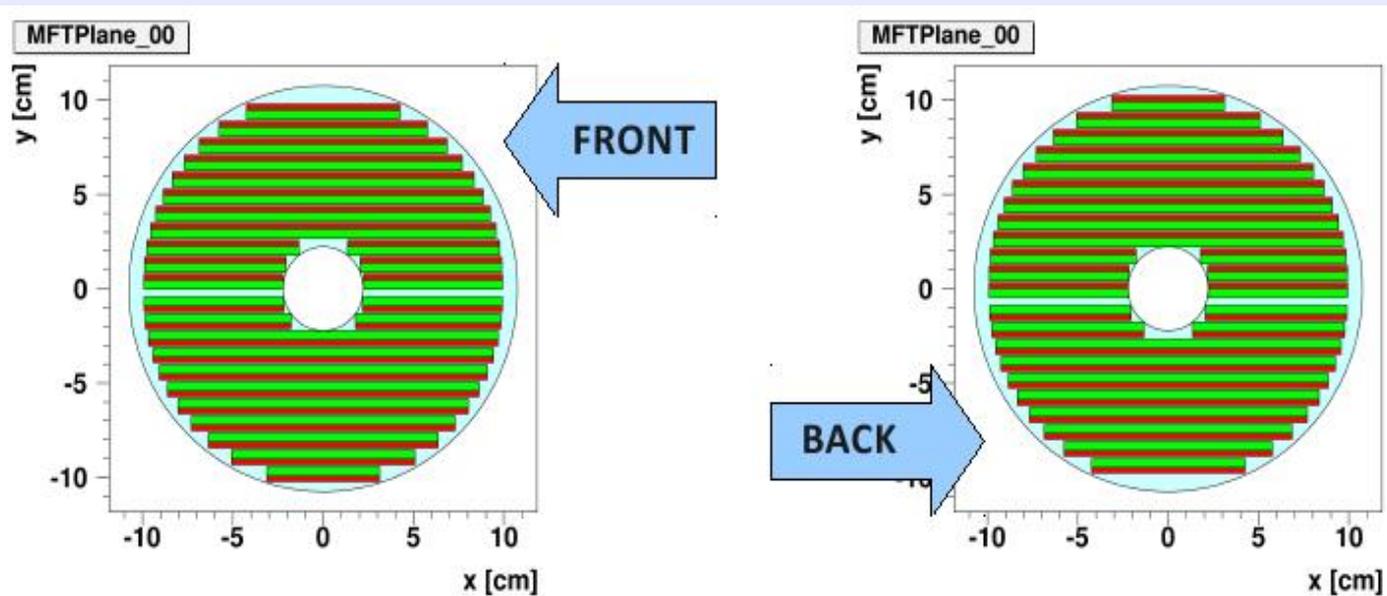
Dimensions des chambres du MFT:

5 plans de pixels dans un cube de $\sim 40 \times 40 \text{ cm}^2$, surface totale $\sim < 0.3 \text{ m}^2$

	Position z (cm)	Rayon int. (cm)	Rayon ext. (cm)
Plan 1	-50.0	2.2	10.7
Plan 2	-58.0	2.2	12.1
Plan 3	-66.0	2.2	13.5
Plan 4	-74.0	2.7	14.8
Plan 5	-82.0	3.1	16.6

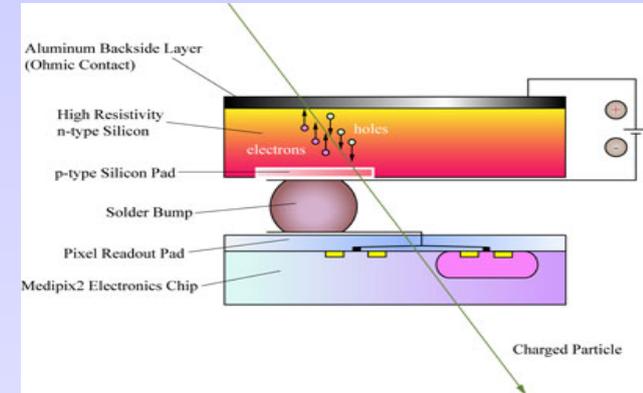
Exemple du premier plan

Segmentation des chambres du MFT:

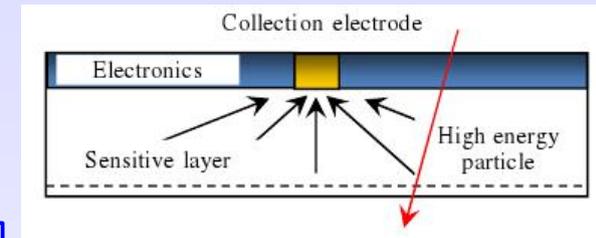


Les pixels de type Hybrid ne sont pas adaptés au MFT:

- Trop de matière >1% de X_0 , mais R&D pour amincissement (100 μ en cours, 50 μ m?)
- Résolution trop faible (grand pitch, 50 μ m à qq 100 μ m)
- Bonne tolérance aux radiations: ~10MRad
- Très cher

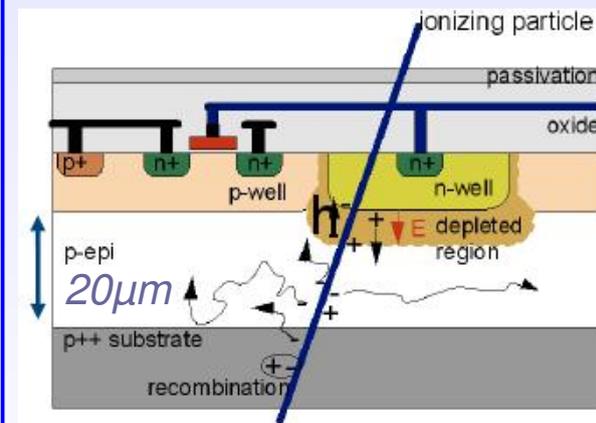


La technologie MAPS (Monolithic Active Pixel Sensors) intègre dans une seule couche de silicium le détecteur et une partie de l'électronique de traitement du signal.



IPHIC et les pixels de la série MIMOSA:

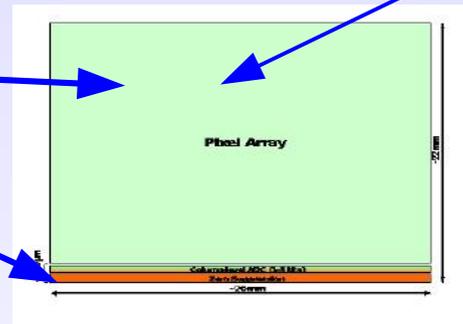
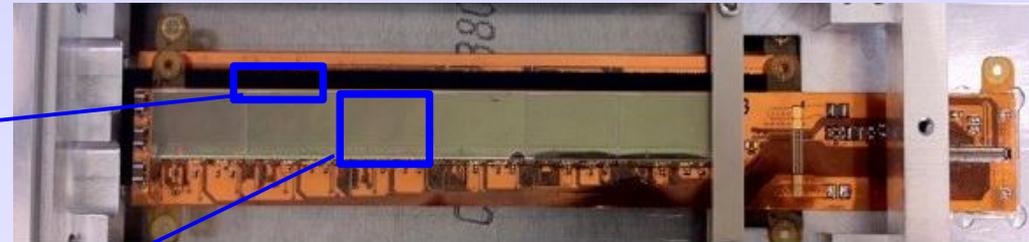
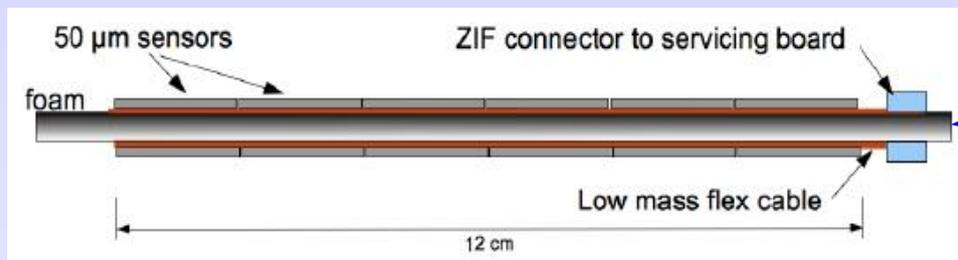
- Granularité: pixels jusqu'à 10x10 μ m² → résolution de qq microns
- Matière minimale: ~ qq 0.1% de X_0 , 10-15 μ m de volume sensible
→ 50 μ m d'épaisseur totale
- Efficacité de détection >99%
- Moins cher que les Hybrid
- Température de fonctionnement < 35° C
- Points faibles: tolérance aux radiations ~1MRad; $2 \cdot 10^{13} n_{eq}/cm^2$
signaux faibles (mV)



Passage gravage AMS-0.35 μm à un gravage Tower/Jazz-0.18 μm

• **Projet PLUME** (Pixelised Ladder using Ultra-Light Material Embedding) prototype pour ILC et CBM-FAIR: MIMOSA sensors montés sur des cables « flex » maintenus sur un support mousse SiC

Exemple: 6 modules double face totale 8M pixels, 0.5% X_0



Pixels

Electronique readout

• **Projet MISTRAL** (MIMOSA Sensor for the inner TRacker of ALICE) dérivé de STAR-PXL (sensor ULTIMATE): passage en gravage 0.18 μm , fonderie et tests en cours

Pour le MFT (type PLUME en 0.18 μm ?): pixels de 20x20 μm^2 , résolution < 5 μm , un temps de lecture ~ 50 μs et une puissance dissipée ~250mW/cm²



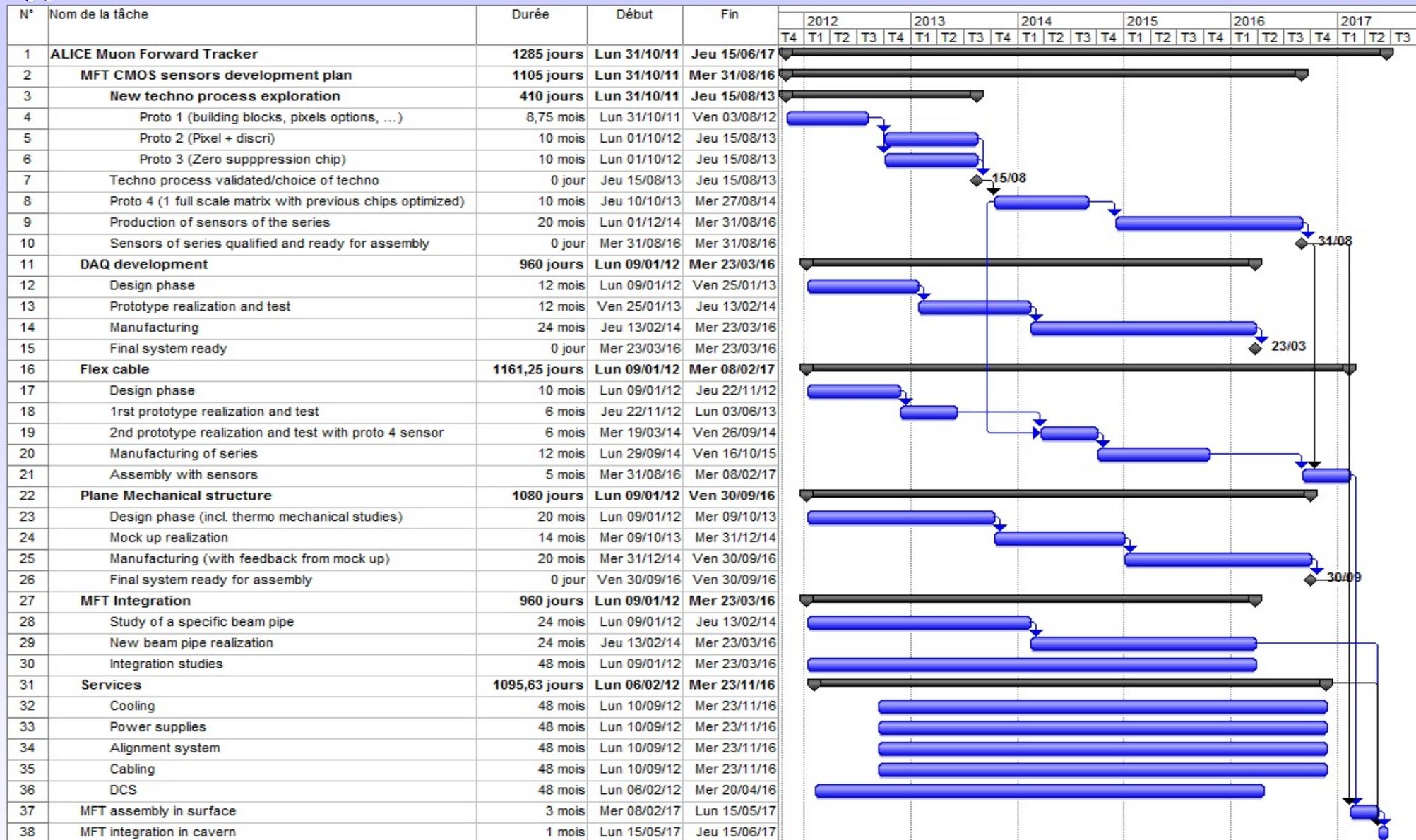
Possibilités de contributions des instituts

(suite réunion MFT du 12 septembre à LYON avec C.Insa, L.Royer, F.Daudon, M.Magne...)

- **IPN Lyon**: simulations de physique, électronique de front-end MICHRAU, système d'acquisition et système de contrôle DCS
- **IPN Orsay**: simulations de physique, études thermiques
- **IRFU Saclay**: simulations de physique, CMOS pixel sensor design, micro-électronique, études thermo-mécaniques
- **LPC Clermont**: simulations de physique, intégration mécanique, micro-électronique MICRHAU, électronique?
- **Subatech Nantes**: simulations de physique, étude de matériaux et de mécanique, assemblage de sensors
- Contributions de l'**IPHC** pour l'expertise des MAPS



Planning MFT



- Installation pendant le shutdown 2 de 2017-2018
- Première approbation pour mars 2012 par ALICE avec une Letter Of Intend en cours de rédaction



Activités envisagées

Actuellement Clermont déjà engagé pour le MFT:

- Pierre Saturnini et 2 stagiaires au démarrage du projet
- **Christophe Insa** pour l'intégration du MFT (tube à vide avec le CERN)
- **Raphaëlle Ichou** (ATER) sur les simulations (résolution au vertex)
- **F. Manso**
- Rédaction en cours de la Letter Of Intend (chapître « intégration mécanique » avec Nantes)
- Twiki du MFT: <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/viewauth/ALICE/MuonForwardTracker>

Demandes:

• **Poursuite de l'intégration mécanique du MFT:**

2012: construction d'une maquette échelle 1 du MFT pour étudier l'intégration services/cables

50% d'un I.R. + 30% d'un AI/Technicien

• **Engager** avec le pôle **MICHRAU** une activité sur la **partie numérique des pixels:**

2012: demande de participation à une fonderie de CMOS 0.18 μ m

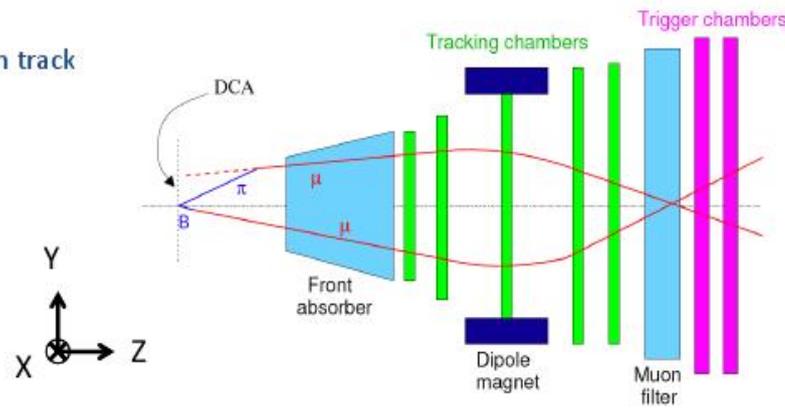
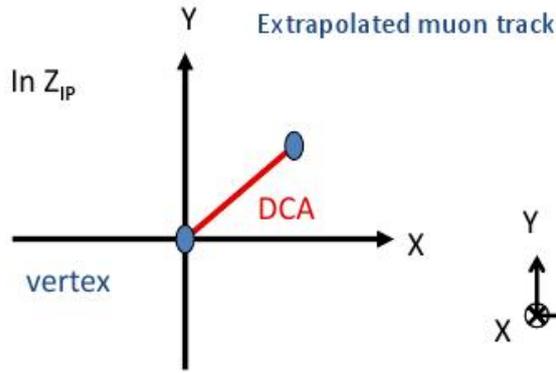
20% FTE pour le LPC

(~1.5FTE pour IPN Lyon pour la partie analogique)



Transparents supplémentaires

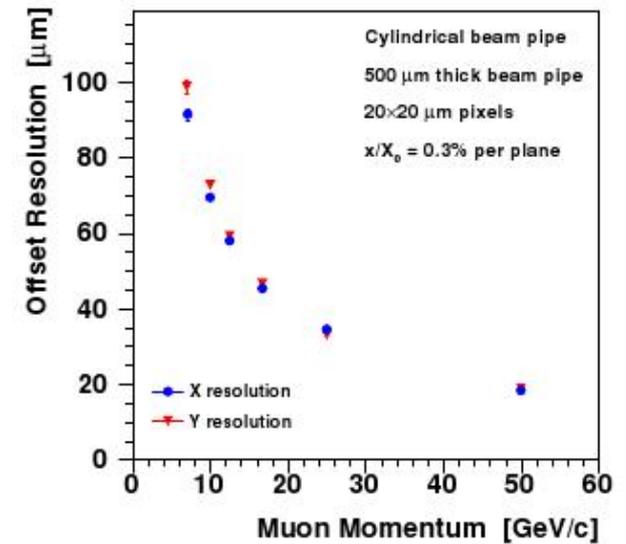
Some definitions



offset or DCA (distance of closest approach) : distance between extrapolated muon track until IP and the IP, measured in (X,Y) transverse plane.

Particle	$c\tau$
J/psi, upsilon (prompts muons)	2150 fm, 3704 fm
Charm (D^0, D^\pm)	123 μm , 312 μm
Beauty (B^0, B^\pm)	457 μm , 491 μm
π and K	4~7m

Préliminaire Letter Of Intend



weighted offset to correct momentum dependency

$$\Delta\mu = \sqrt{\frac{1}{2}(\Delta x^2 V_{xx}^{-1} + \Delta y^2 V_{yy}^{-1} + 2\Delta x \Delta y V_{xy}^{-1})}$$

dimuon offset

$$\Delta_{\mu\mu} = \sqrt{\frac{1}{2}(\Delta_{\mu 1}^2 + \Delta_{\mu 2}^2)}$$

Préliminaire Letter Of Intend

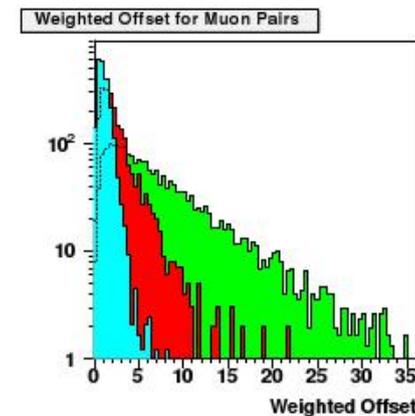


Figure 2.6: Comparison between the weighted dimuon distributions for prompt (cyan profile), open charm (red profile) and open beauty (green profile) dimuons. Standard MFT setup with cylindrical (2 cm radius and 500 μm thickness) beam pipe.

Anciens résultats

→ Improvement of mass resolution for all resonances

Resolution MeV/c ²	ρ	ω	ϕ	J/ ψ	Υ
spectrometer	98	49	41	57	85
spectrometer	85	11	7	32	69

13

Préliminaire Letter Of Intent

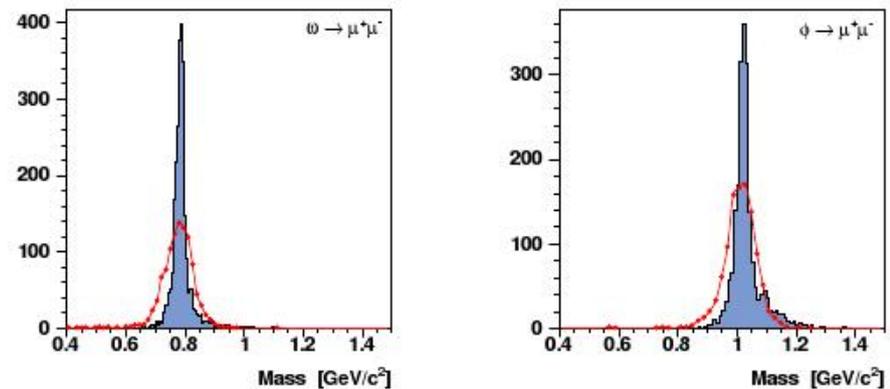


Figure 2.3: Comparison between the mass resolution available with the current Muon Arm setup (red points and line) and the one achievable by means of the MFT (blue profile) for the ω (left panel) and ϕ (right panel) resonances. Standard MFT setup with cylindrical beam pipe (2 cm radius and 500 μm thickness).

Beam pipe integration

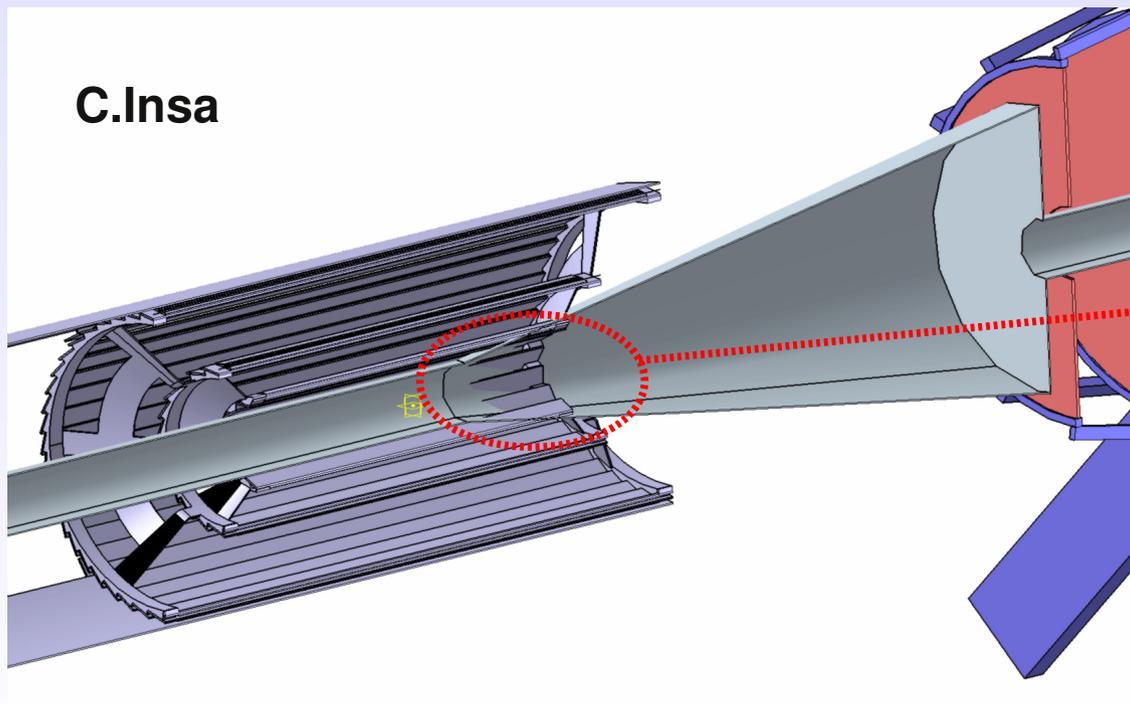
decrease of beam pipe radius: $\sim 2\text{cm}$
Interaction point dispersion $\sigma_z = \pm 8\text{cm}$

Acceptance **ITS** : $|\eta| < 1$ ($\pm 45^\circ$)
 Length SPD0=210mm



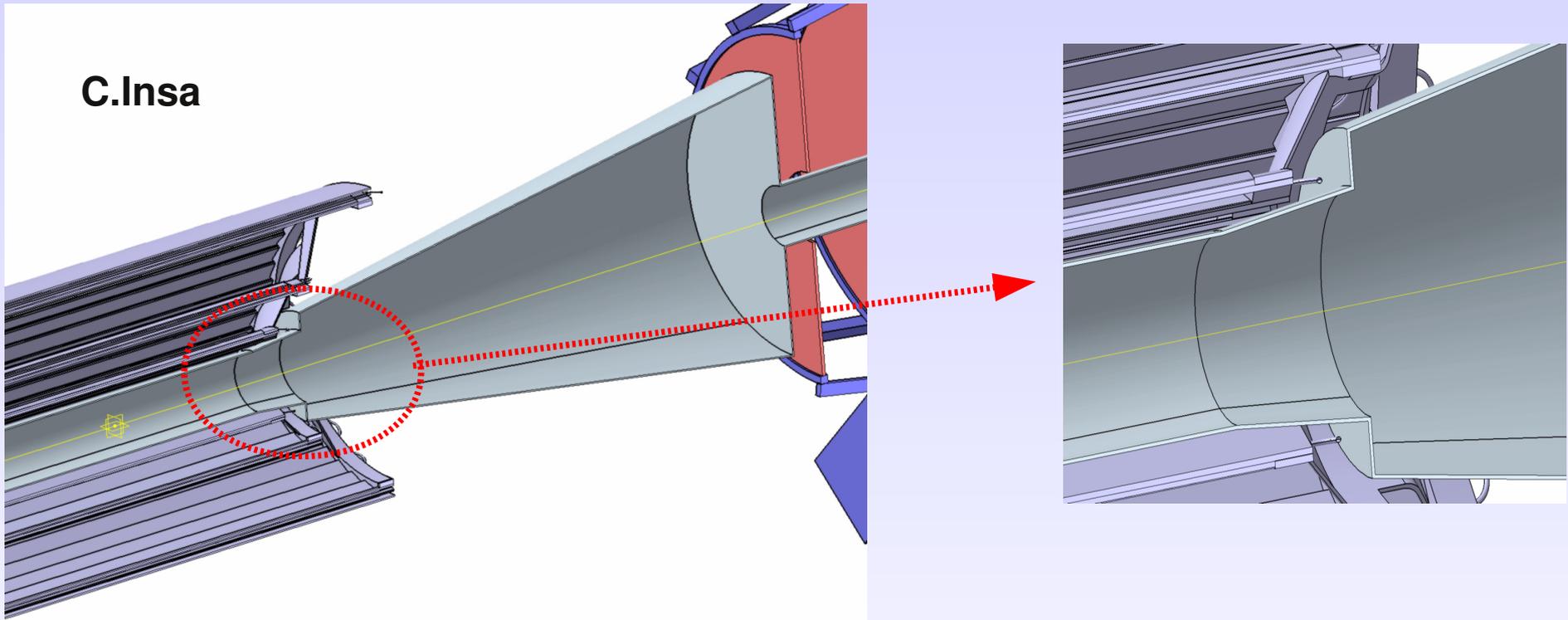
Acceptance **MFT** : $\eta > 2.5$ (9°)
 Cone 9° pointing at $z = +8\text{ cm}$

Interference between SPD0 of ITS and conical beam pipe of MFT

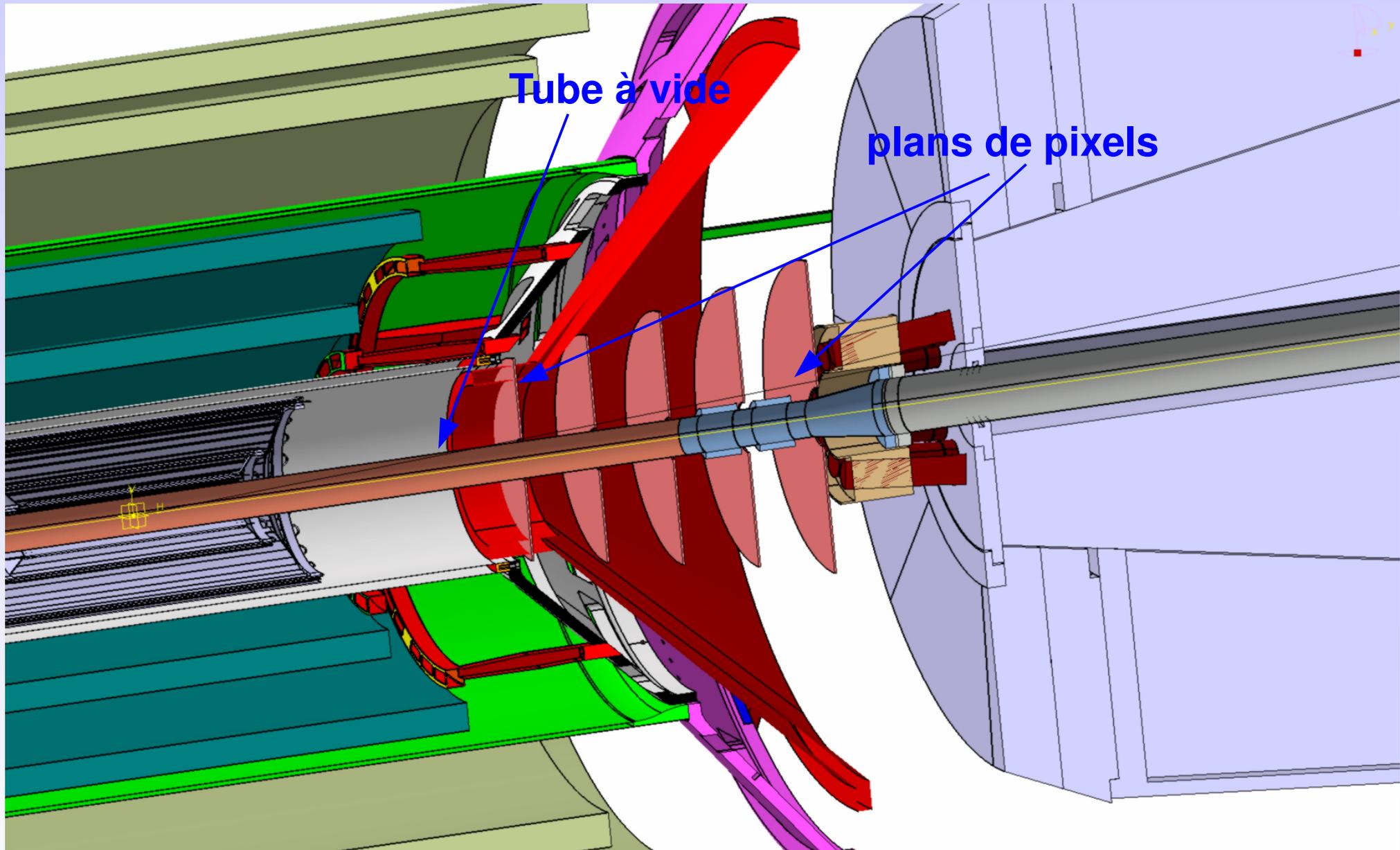


Beam pipe integration

- A two angles conical beam pipe ($6^\circ + 9^\circ$) pointing at $z=+8\text{cm}$ keeping the SPD0 length of 210mm?



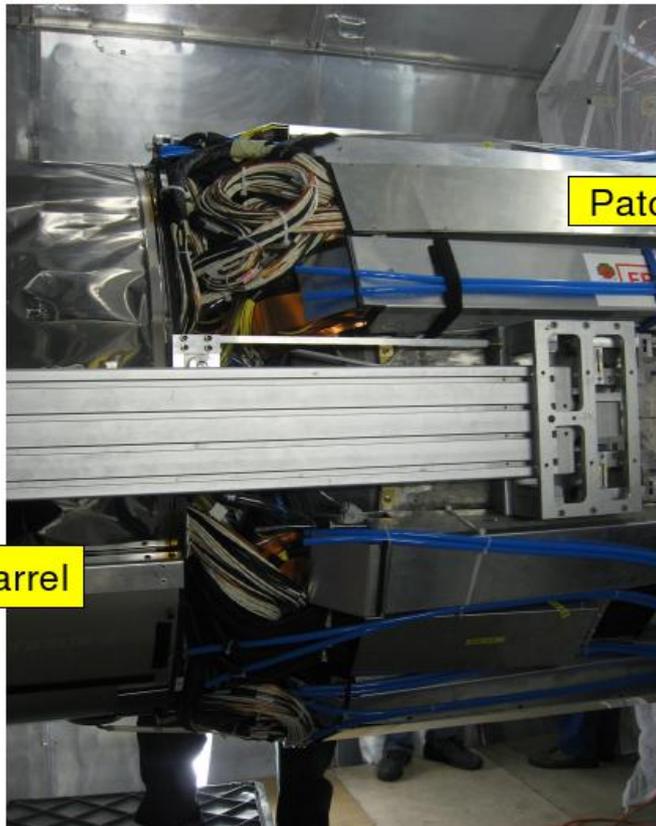
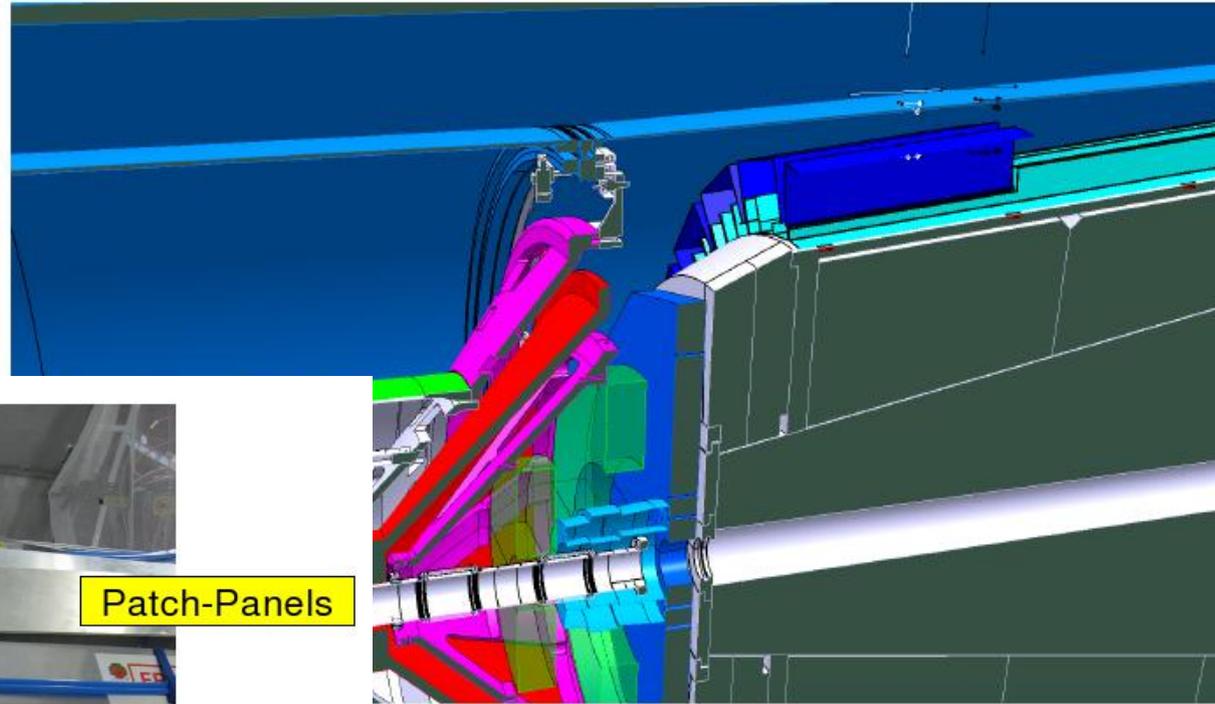
The choice of the beam pipe needs simulation results



ITS Services Side-C

Patch-Panels and the services ducts on the Muon-Absorber

The image is from the project issues



Patch-Panels

ITS-Barrel

: 09-Feb-2011

Pier-Luigi BARBERIS

MISTRAL : Moving to 0.18 μm CMOS Technology

- **Evolve towards feature size $\ll 0.35 \mu m$:**
 - * **μ circuits** : smaller transistors, more Metal Layers, ...
 - * **sensing** : triple well, depleted sensitive volume, ...
- **Benefits :**
 - * faster read-out \Rightarrow improved time resolution
 - * higher μ circuit density \Rightarrow higher data reduction capability
 - * thinner gates, depletion \Rightarrow improved radiation tolerance
- **Image Sensor process of Tower/Jazz Semi-Conductor :**
 - * visited on May 16th in Israël
 - * attractive features of technology (and founder):
 - ◇ optimised sensing systems available and tunable (?) \Rightarrow enhanced SNR
 - ◇ high-resistivity epitaxy ($1 - 5 k\Omega \cdot cm$) \Rightarrow enhanced SNR
 - ◇ stitching \Rightarrow multireticule surface sensor
 - ◇ 6 ML, deep P-well, etc.
 - ◇ ≥ 8 Multi-Project-Wafer runs per year \rightarrow Shuttle Nr 62 on 24.10.11
- **Synergies :**
 - * CBM - MVD sensor
 - * SuperB vertex detector: in-pixel μs time-stamping architecture fits in $50 \times 50 \mu m^2$ pixel

MISTRAL : Chip Submission Plans

- **Chip submission flow :**

- * Q4/2011 : MIMOSA-32 ▷ prototype for technology exploration
- * Q2/2012 :
 - ◇ MIMOSA-22THR ▷ prototype with 128 columns (of 128-256 pixels) ended with discriminators
 - ◇ SUZE-02 ▷ prototype with latch-up free zero-suppression μ circuit and output buffers
- * Q2/2013 : MISTRAL-1 ▷ full size prototype combining MIMOSA-22THR with SUZE-02 designs
- * Q2/2014 : MISTRAL-2 ▷ final sensor \equiv optimised MISTRAL-1 design

- **Still pending :**

- * building blocks vs radiation tolerance : do we need ELT, latch-up free design, etc. ?????
- * optimisation of data transfer μ circuitry ???
- * integration of trigger ????



le projet PXL STAR

● Qui

- x Groupe Heavy-ion LBNL <http://rnc.lbl.gov/hft/>

● Quand

- x Installation prototype fin 2012
- x Installation finale 2013

● Echelles minces simple-face

- x 1 échelle = 10 capteurs ULTIMATE → 11.3 Mpixels en 200 μ s
- x Géométrie 200 x 20 mm² adaptée à un cylindre de 400 capteurs
- x Capteurs amincis à 50 μ m
- x Cable flexible en aluminium (CERN)
- x Budget matière par couche ~ 0.3 % X_0

● Système

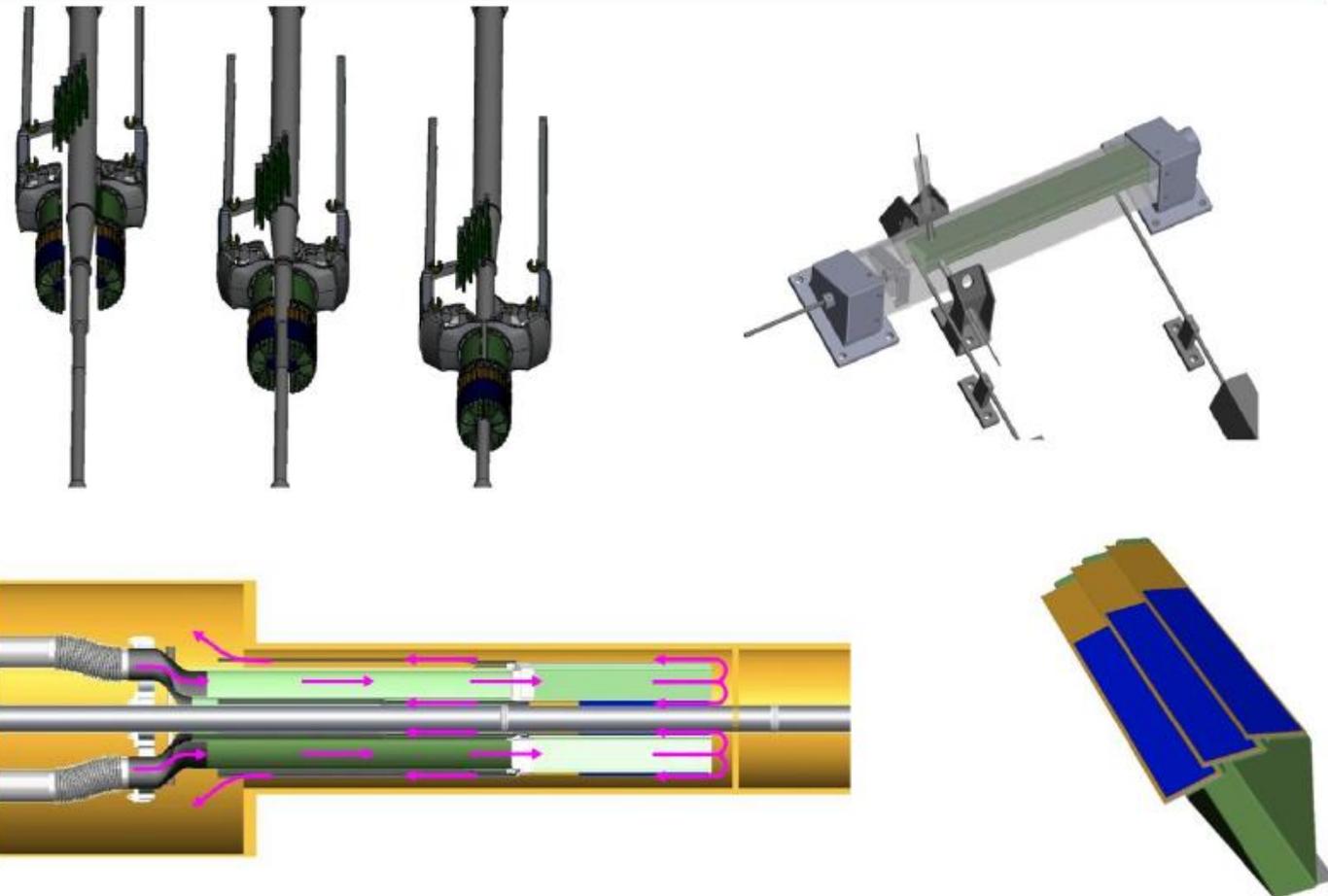
- x Insertion mécanique en 1 journée !
- x Refroidissement par flux d'air à 10 m/s
 - Fonctionnement ~ 35 C
- x DAQ : trigger ~1 kHz, 200 MB/s

● Etudes

- x Simulations et mesures thermiques
- x Simulations et mesures mécaniques



Le projet PXL-STAT



Ultra-light pixellated systems, 2011, Sept. 8

Application of CMOS Sensors to the CBM Experiment

- Cold Baryonic Matter (CBM) experiment at FAIR:

- * Micro-Vertex Detector (MVD) made of 2 or 3 stations located behind fixed target
- * double-sided stations equipped with CMOS pixel sensors)
- * **operation a negative temperature in vacuum**
- * each station accounts for $\lesssim 0.5\% X_0$
- * sensor architecture close to ILC version

- Most demanding requirements :

- * ultimately (~ 2020): 3D sensors
 $\lesssim 10 \mu s, > 10^{14} n_{eq}/cm^2, \gtrsim 30 \text{ MRad}$
- * intermediate steps: 2D sensors
 $\lesssim 30\text{-}40 \mu s, > 10^{13} n_{eq}/cm^2, \gtrsim 3 \text{ MRad}$
- * 1st sensor for SIS-100 (data taking $\gtrsim 2016$)

