



ALICE Upgrade

Conseil Scientifique IN2P3

21 juin 2012



Avant propos

- La stratégie pour l' « upgrade » d'ALICE est en cours de discussion
 - Dans la collaboration ALICE
 - Avec le LHCC
- Loi « Stratégie générale » soumise au LHCC en septembre 2012
- Projets additionnels: décision avant fin de l'année



Menu

La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques
2. Les acquis depuis 2010
3. Objectifs et moyens pour le long terme



La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques:

Étendre l'application du MS de la physique des particules à des systèmes de taille finie, complexes, dynamiques



La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques:

Comprendre comment apparaissent les propriétés macroscopiques de la matière à partir des lois microscopiques de la physique des particules élémentaires



La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques:

Étudier le QGP, l'état de la matière entre la transition de phase électrofaible ($T < 100$ GeV, $t_{\text{BigBang}} = 10^{-12}$ s) et la transition vers la matière hadronique ($T < 170$ MeV, $t_{\text{BigBang}} = 10^{-5}$ s)



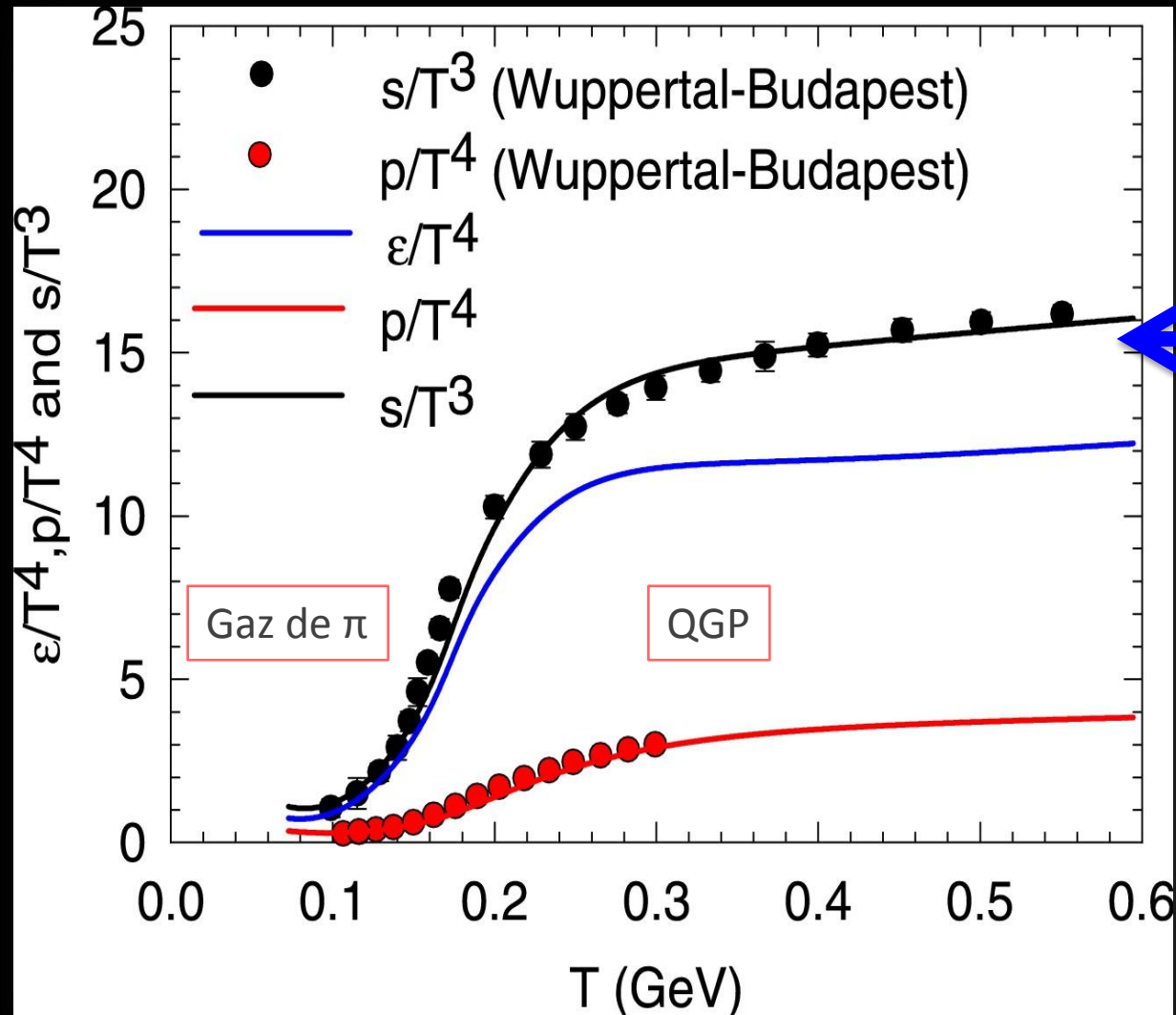
La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques:

- le « Modèle Standard de la Physique des Ions Lourds SM_{HIC} »
 - ✓ La matière nucléaire à haute température
 - Théorie de jauge sur réseau (LQCD)
 - AdS/CFT



SM_{HIC}: La matière nucléaire à haute température

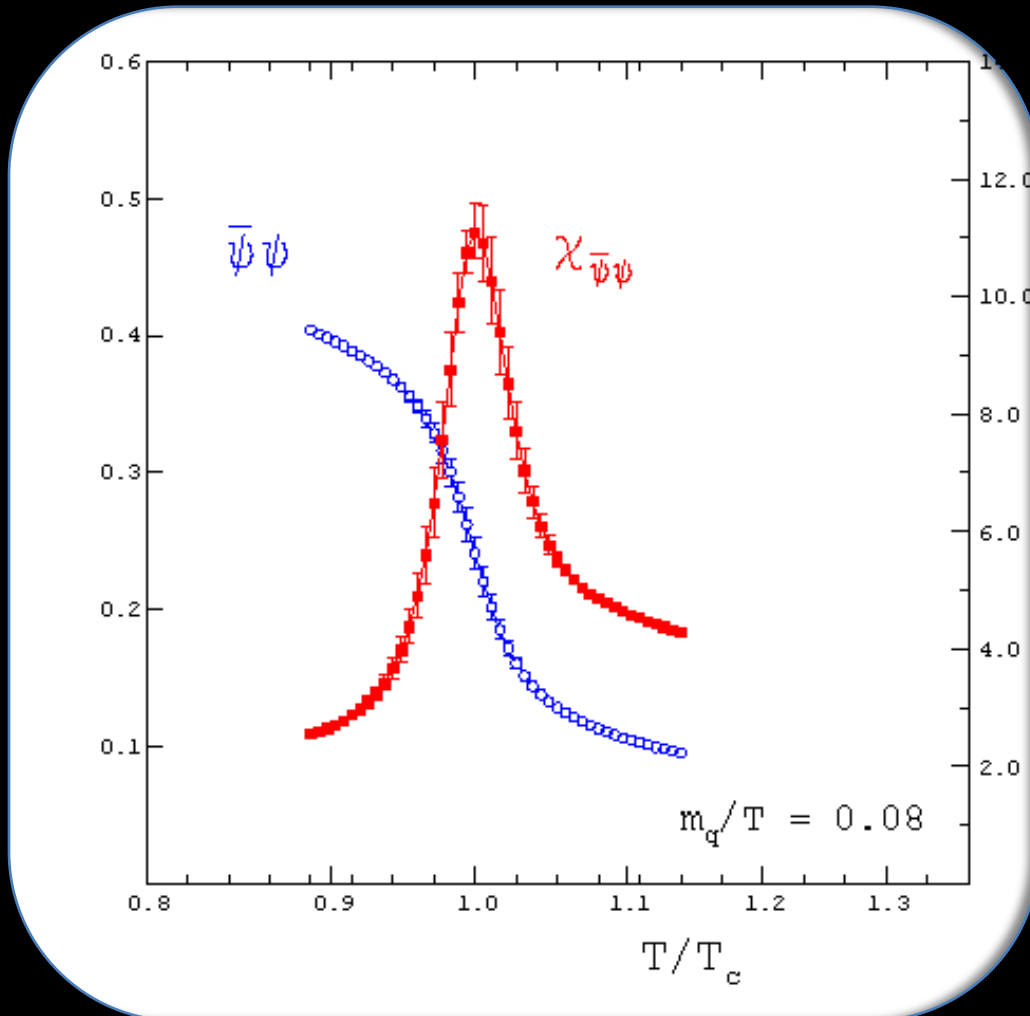


$$e_{QGP} = \frac{\pi^2}{30} g_g + \frac{7}{8} g_q \frac{\rho^2}{30} (k_b T)^4$$

Gaz relativiste de partons libres (g, u, d, s)



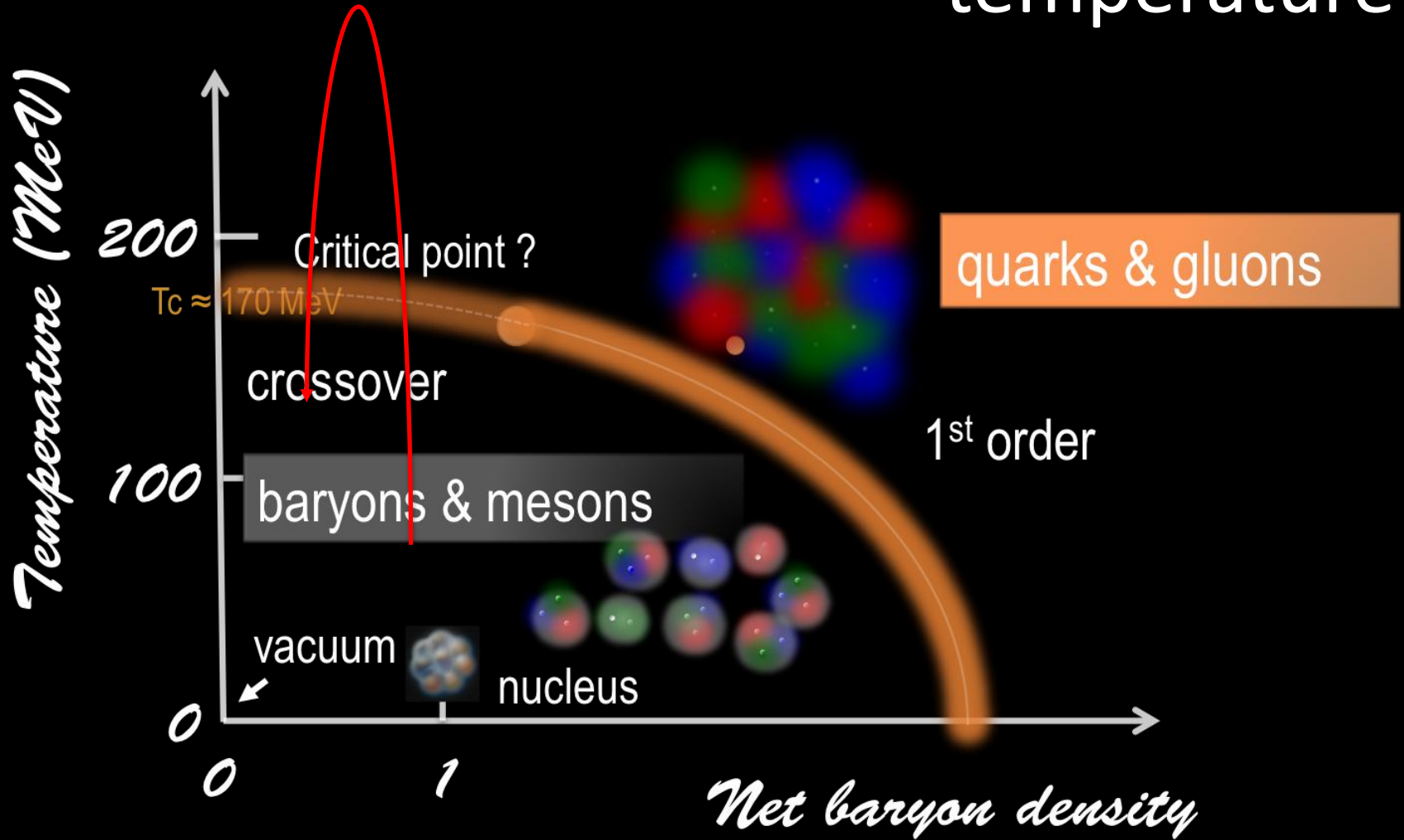
SM_{HIC}: La matière nucléaire à haute température



Symétrie chirale:
condensat de quarks
confère aux quarks une
masse effective



SM_{HIC}: La matière nucléaire à haute température





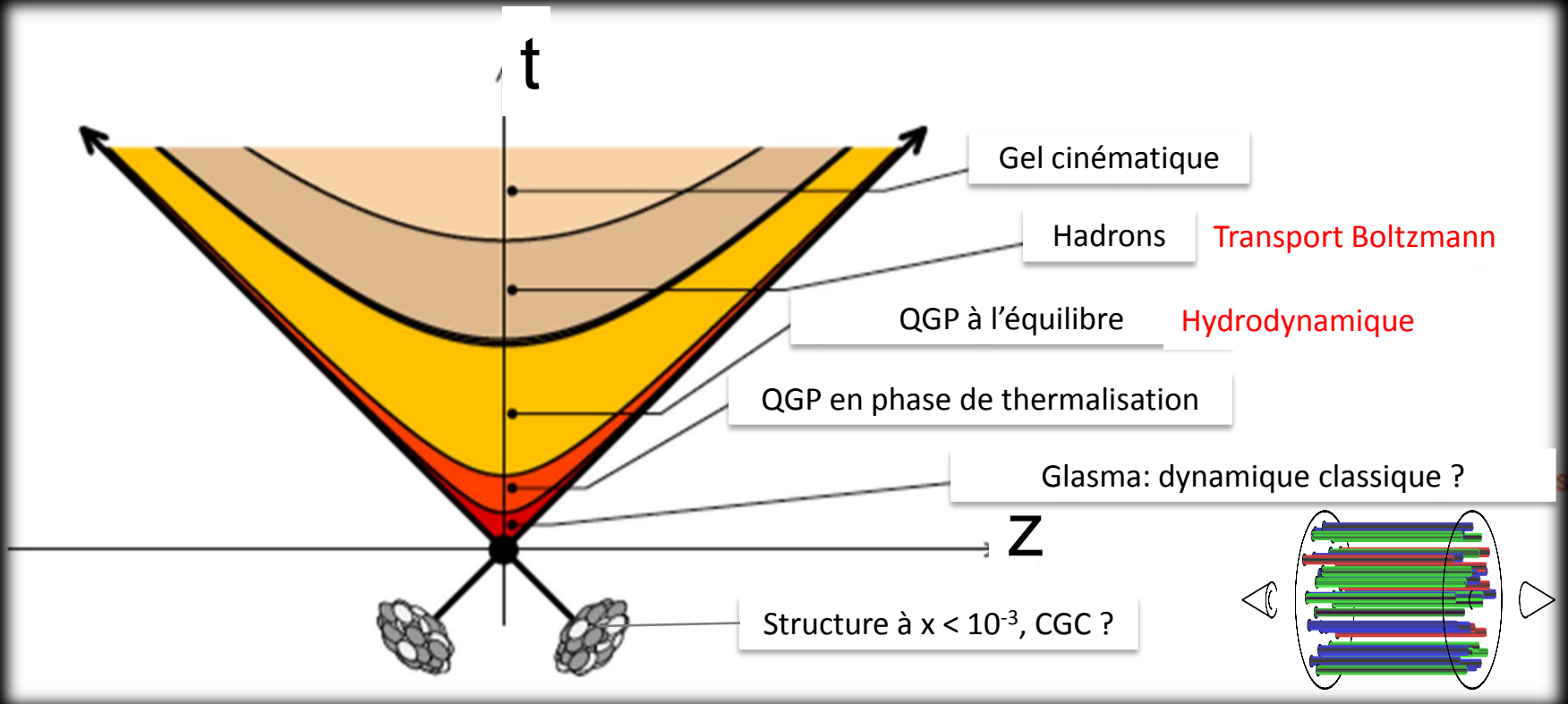
La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques:

- le « Modèle Standard de la Physique des Ions Lourds SM_{HIC} »
 - ✓ La matière nucléaire à haute température
 - ✓ Propriétés de transport et dynamique du QGP
 - Modèles phénoménologiques



SM_{HIC}: Dynamique de la collision





Menu

La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques
2. Les acquis depuis 2010



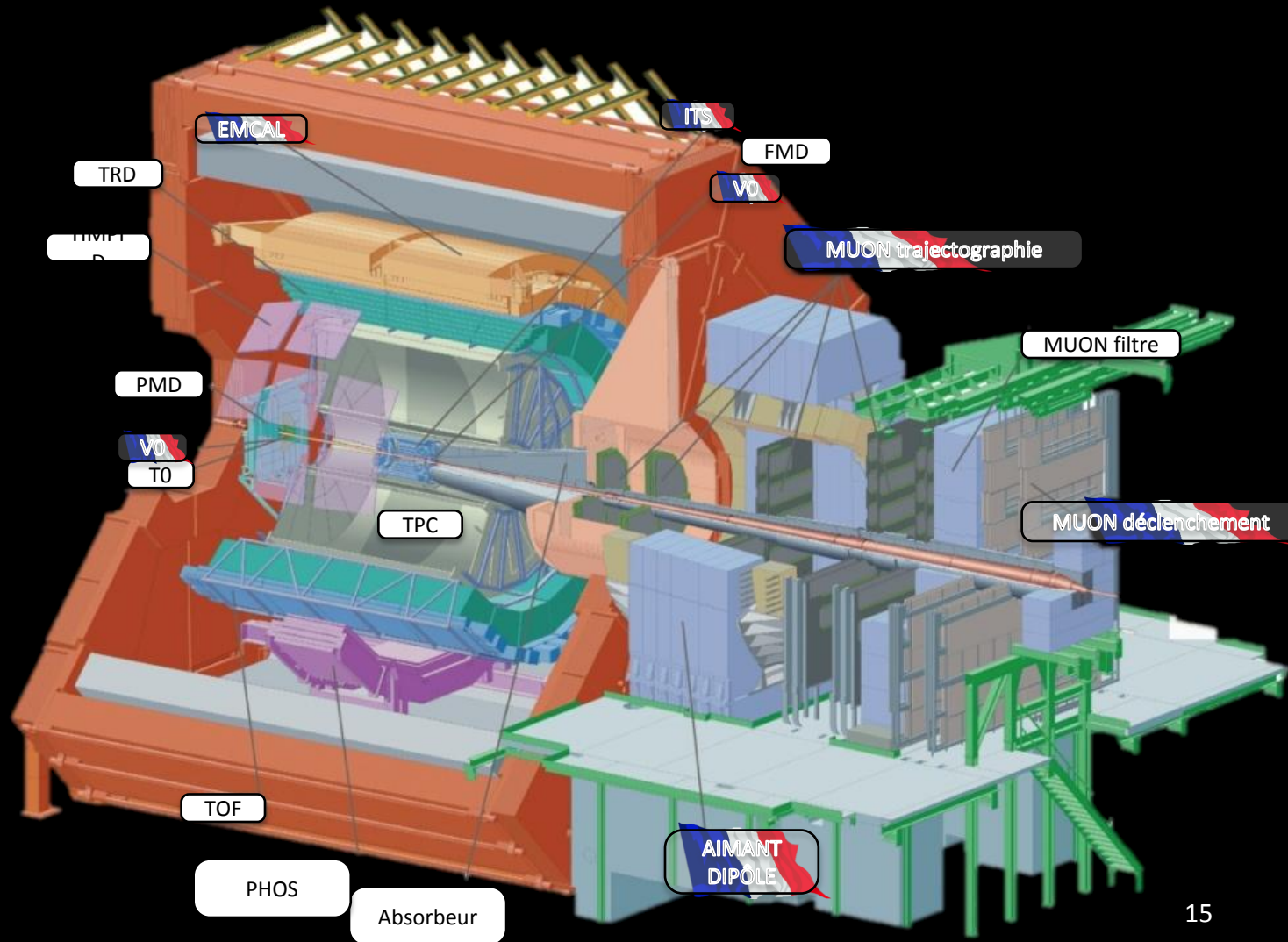
Exploitation LHC

- 2010
 - p-p $\sqrt{s} = 0,9 - 7 \text{ TeV}$
 - Pb-Pb $\sqrt{s_{NN}} = 2,76 \text{ TeV}$ $L_{\text{int}} \sim 10 \mu\text{b}^{-1}$ (MB)
- 2011
 - p-p $\sqrt{s} = 2,76 - 7 \text{ TeV}$
 - Pb-Pb $\sqrt{s_{NN}} = 2,76 \text{ TeV}$ $L_{\text{int}} \sim 150 \mu\text{b}^{-1}$
(MB+centralité+rare)
- 2012
 - p-p $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$
 - Pb-p/p-Pb $\sqrt{s_{NN}} = 5 \text{ TeV}$ $L \sim 10 \text{ nb}^{-1}$



Expérience ALICE

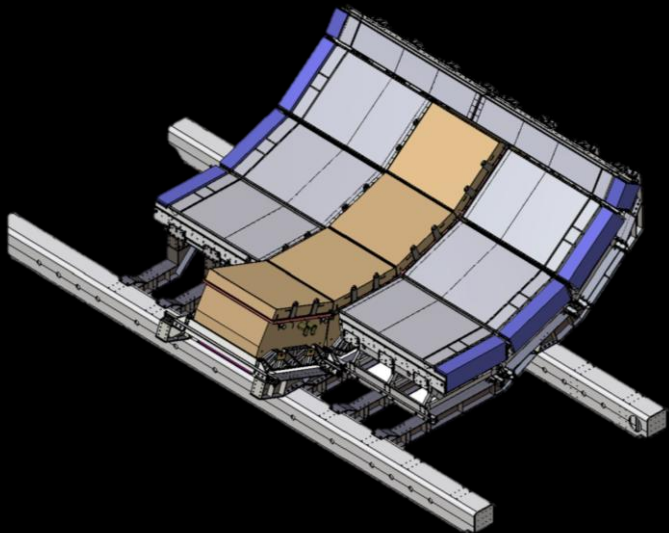
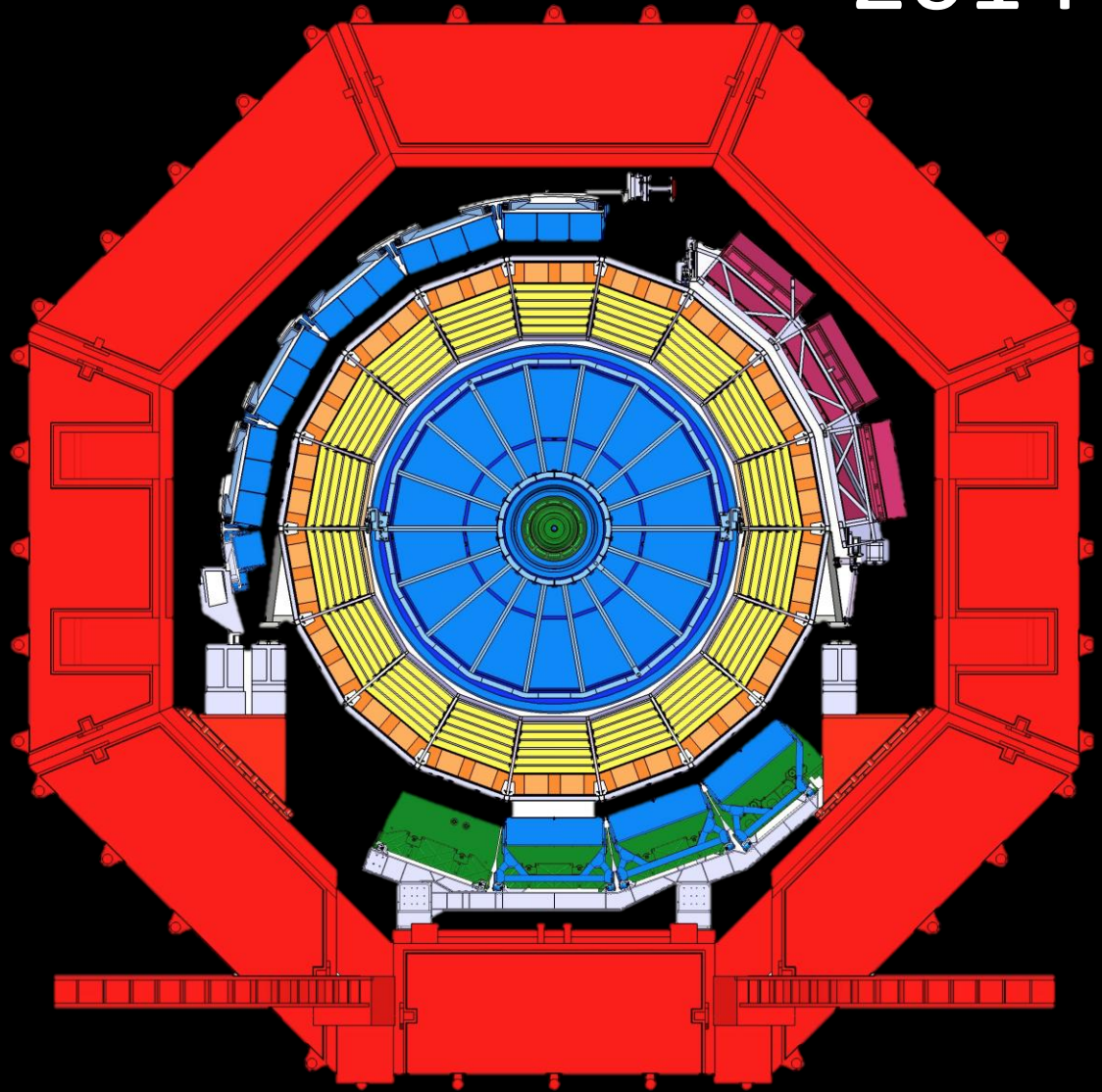
Contributions IN2P3





2014

DCAL





Les points forts de ALICE

- Trajectographie de haute précision
 - particules chargées :
 - $100 \text{ MeV}/c < p_T < 100 \text{ GeV}/c$
 - $-1.0 < \eta < 1.0$
 - muons :
 - $p_T > 0,5 \text{ GeV}/c$
 - $-4 < \eta < -2.5$
- Identification des particules jusqu'à $p_T \approx 0$
 - trace par trace (MUON, dE/dx , ToF, HMPID, TRD)
 - topologie de désintégration (étrangeté, saveurs lourdes ouvertes, quarkonia)
- Calorimétrie EM
 - Trajectographie et PID uniques au LHC couplées à calo EM



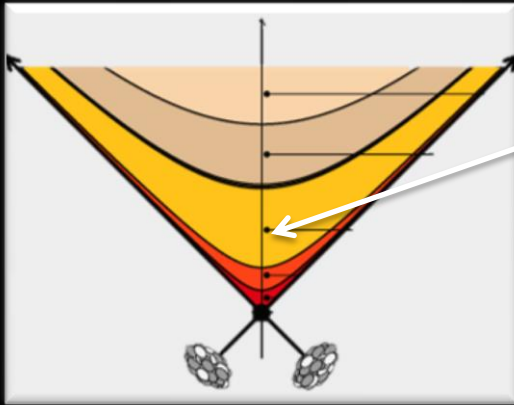
Menu

La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques
2. Les acquis depuis 2010
 - ✓ Dynamique de la collision
 - Hadrons légers
 - Propriétés dynamiques collectives
 - Etrangeté

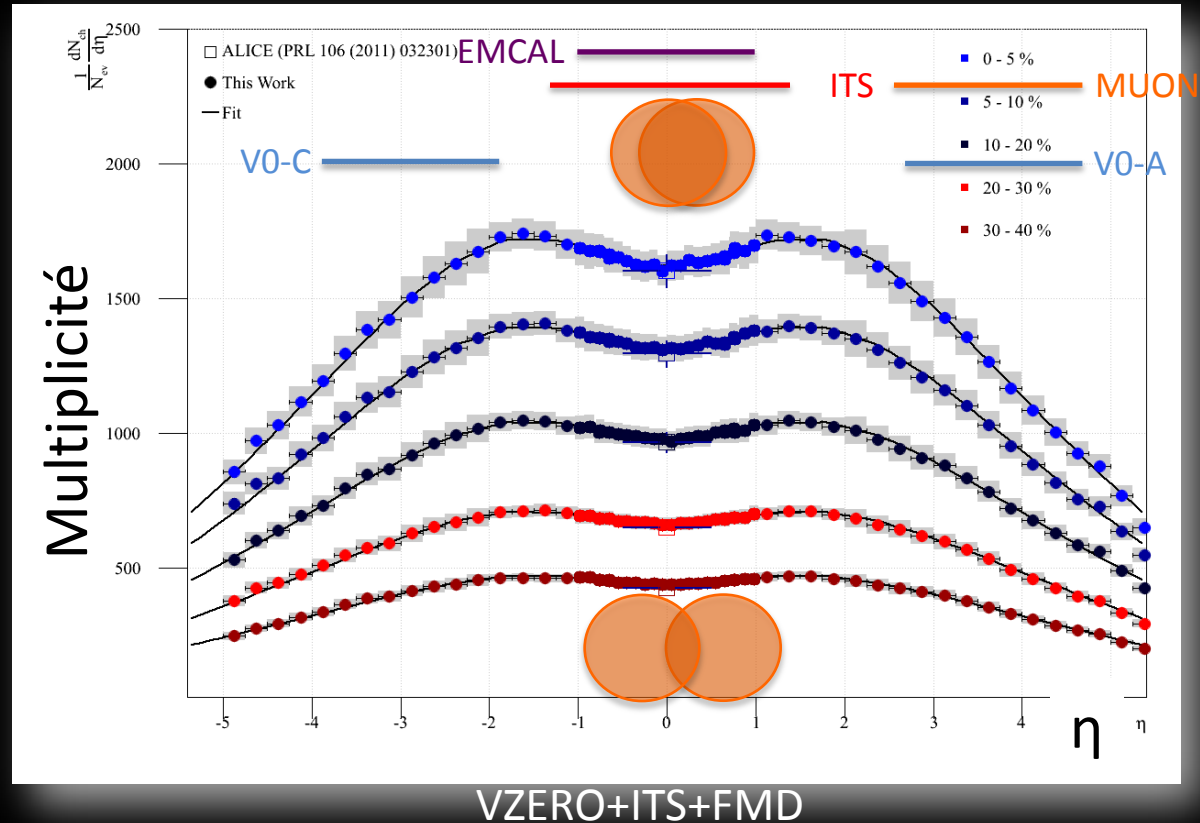


Phase partonique équilibrée



$$dN_{ch}/d\eta|_{\eta=0} = 1600 \pm 76$$

$\epsilon > 15 \text{ GeV}/\text{fm}^3$
 $T > 3 T_c$



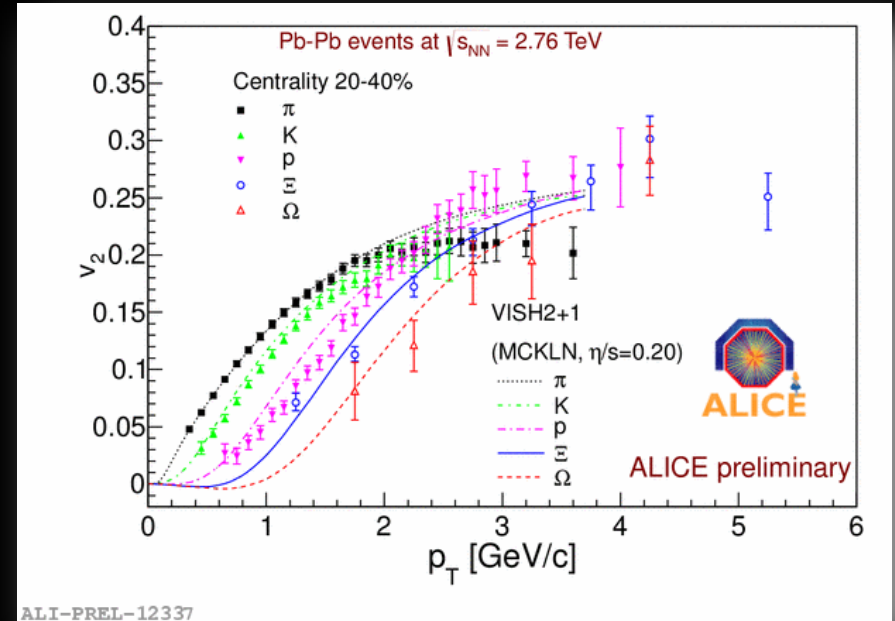
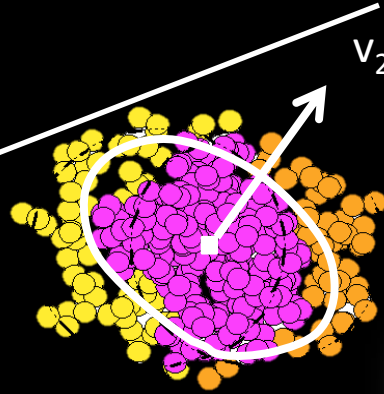
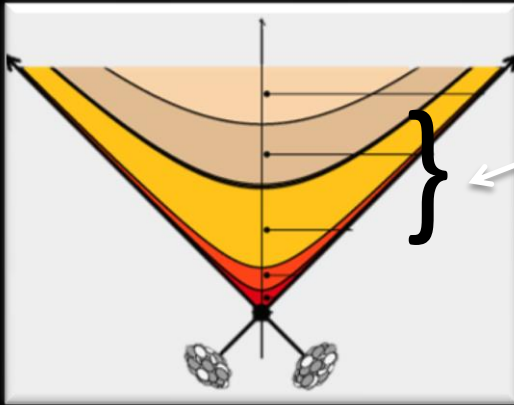
QM2012



Hydrodynamique

Ecoulement collectif v_2

- partons \rightarrow hadrons

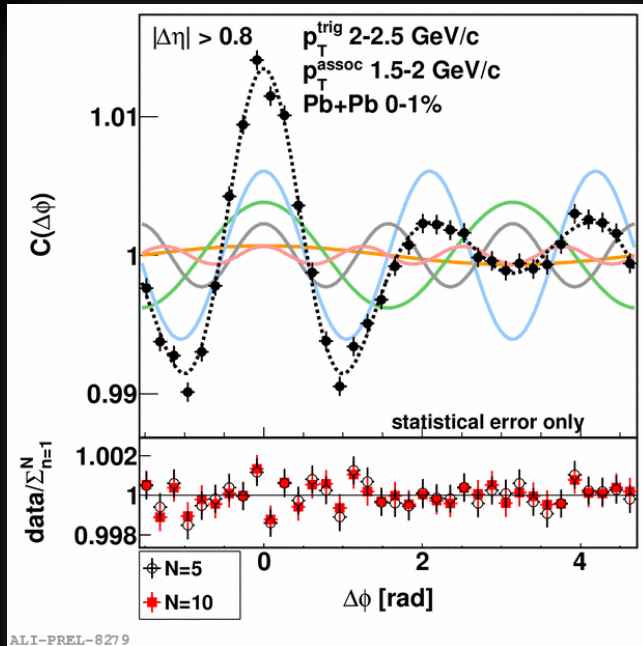
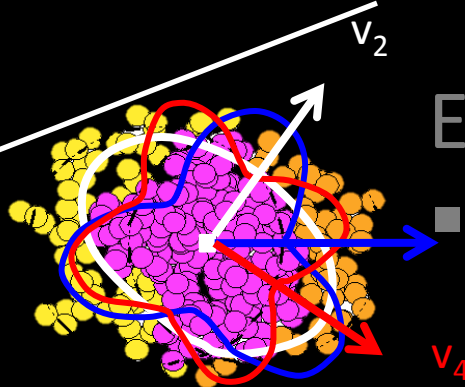
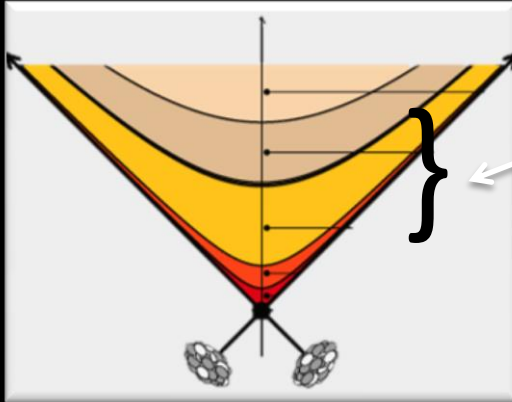




Hydrodynamique

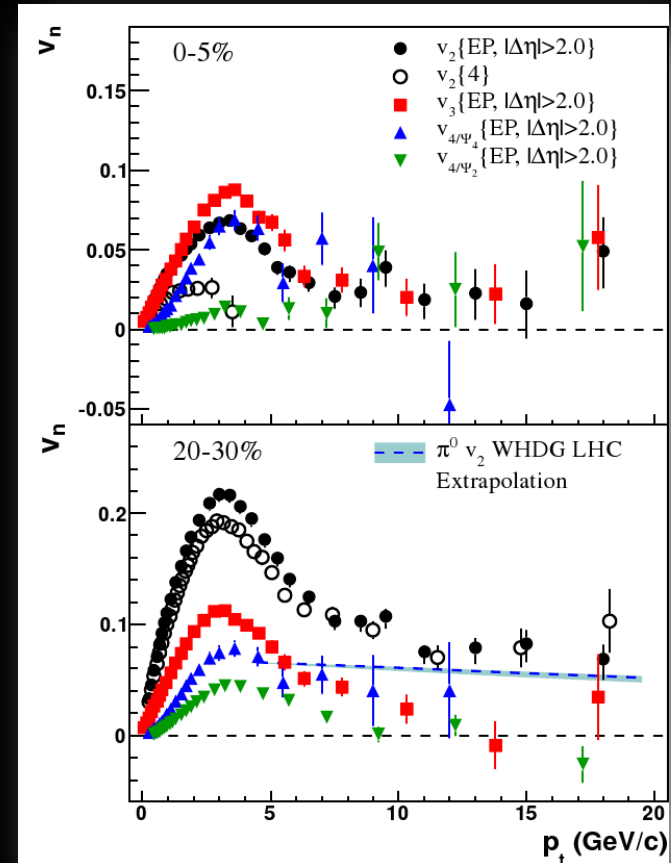
Ecoulement collectif v_2

■ v_3 partons \rightarrow hadrons



v_n

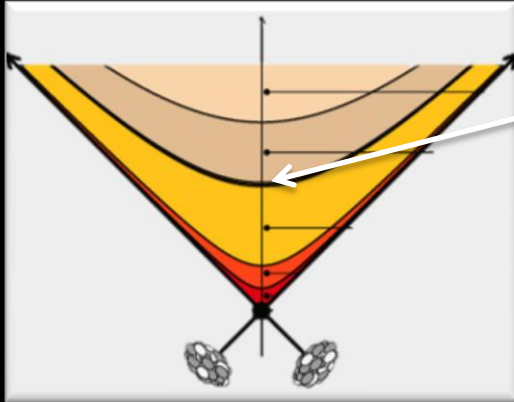
- Fluctuations état initial
- η/S (?)



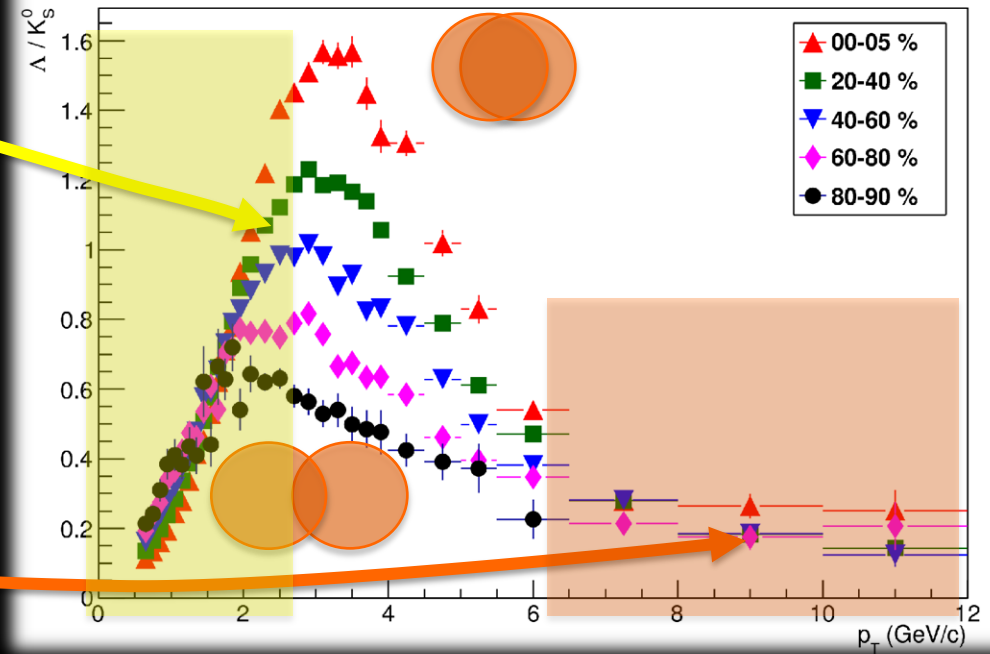


Hadronisation

Anomalie baryon/méson

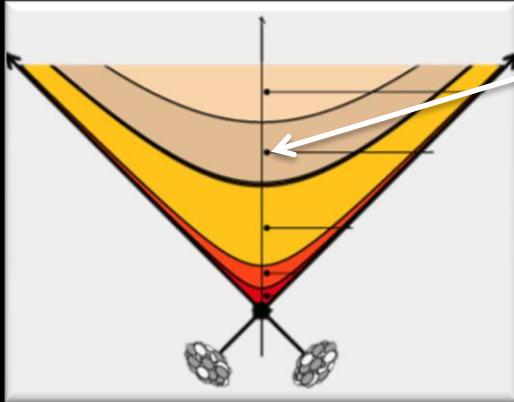


- Ecoulement radial
- Fragmentation parton
- Coalescence (?)



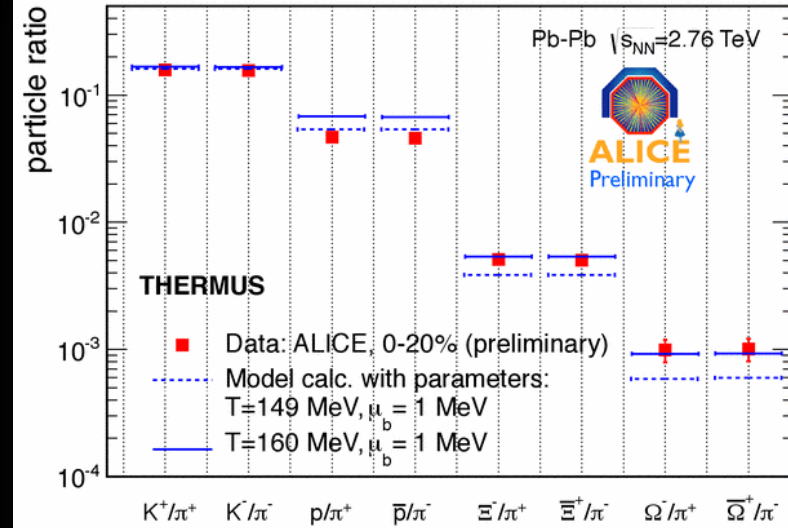


Phase hadronique



Gel chimique:

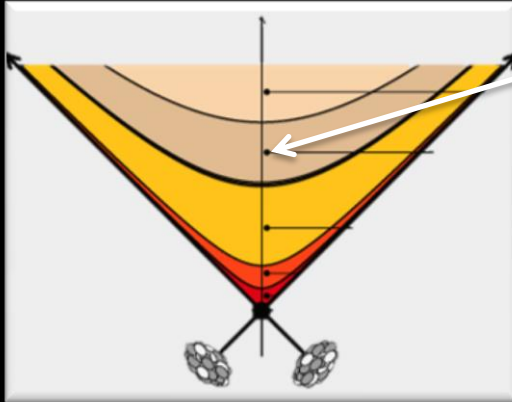
- $T = 160 \text{ MeV} \approx T_c$
- $\mu_b = 1 \text{ MeV}$
- proton ?



ALI-PREL-11133

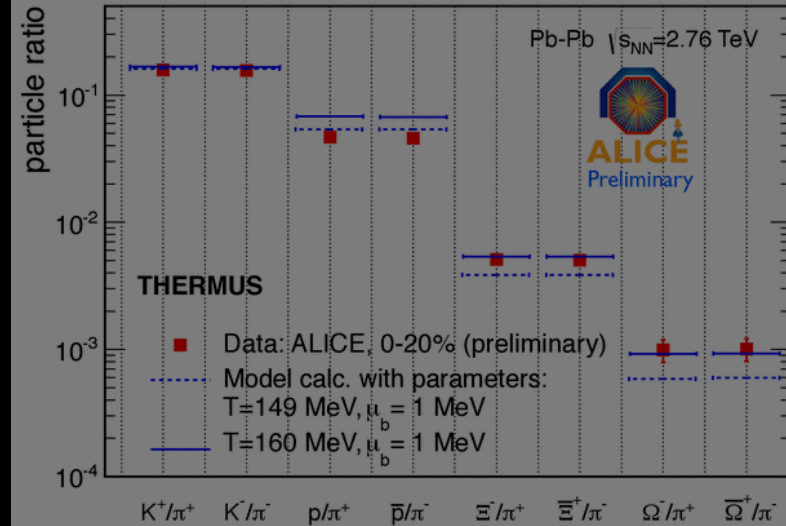


Phase hadronique



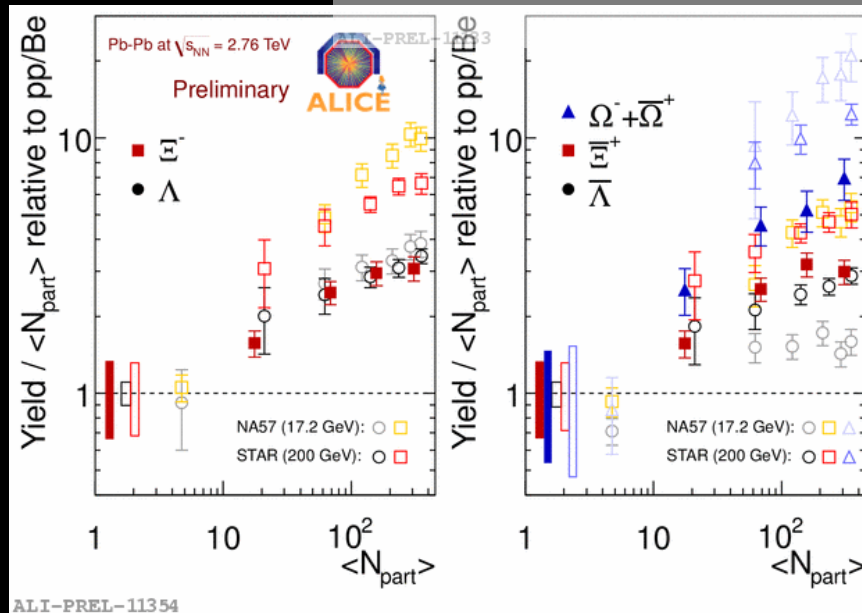
Gel chimique:

- $T = 160 \text{ MeV} \approx T_c$
- $\mu_b = 1 \text{ MeV}$
- proton ?



Excès d'étrangeté PbPb/pp

- ↘ vs (trivial ?)
- ↗ Etrangeté (QGP ?)
- ↗ centralité (QGP ?)





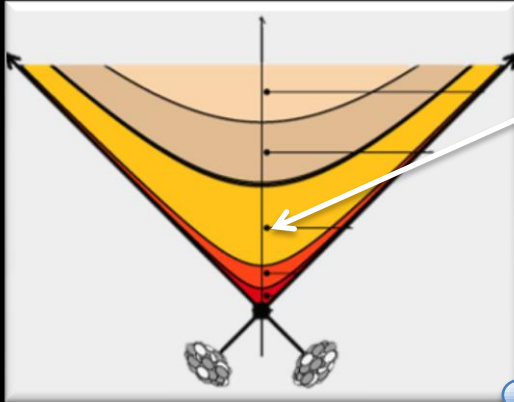
Menu

La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques
2. Les acquis et les objectifs à court terme
 - ✓ Propriétés de transport du QGP (sondes dures)
 - Partons de grand p_T et jets
 - Saveurs lourdes ouvertes
 - Quarkonia
 - Sondes électrofaibles (γ , l^+l^- , Z)

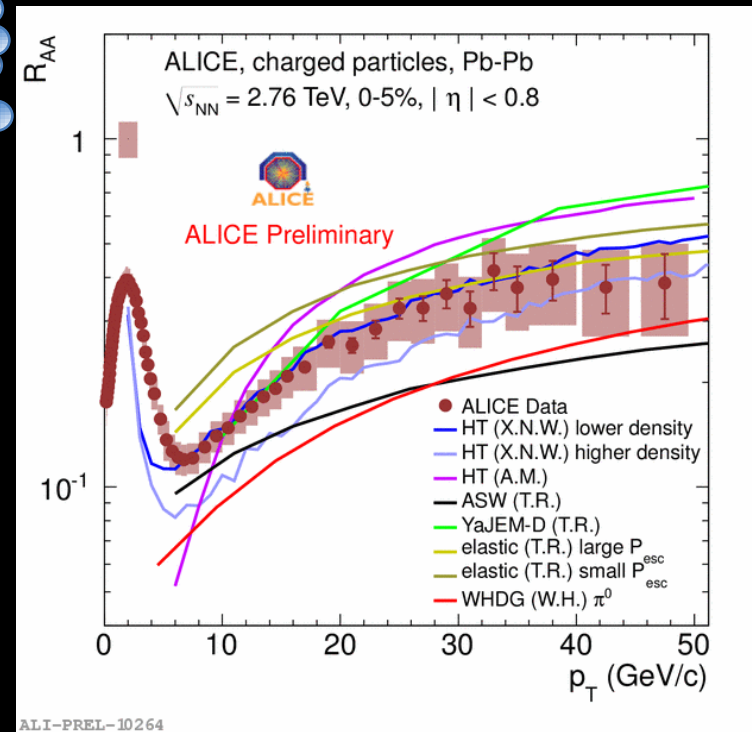
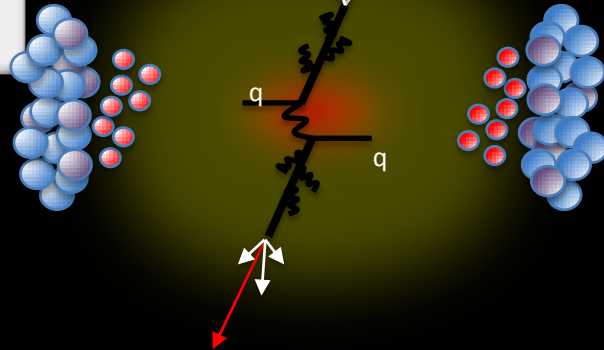


Propagation des partons dans QGP



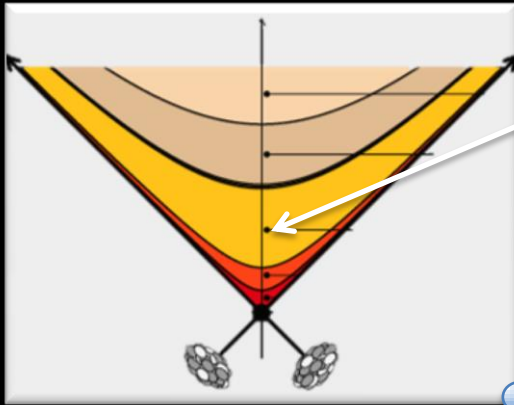
Perte d'énergie partons

- mécanisme (radiatif, collision)?
- thermalisation ?



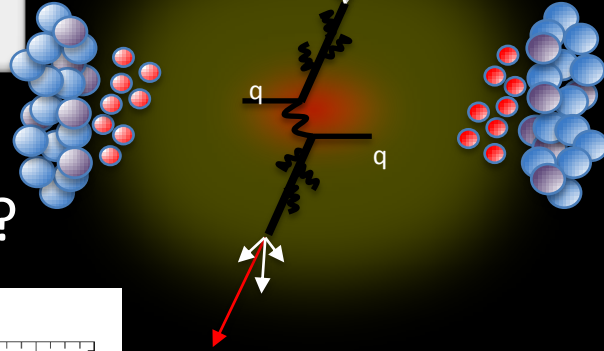


Propagation des partons dans QGP

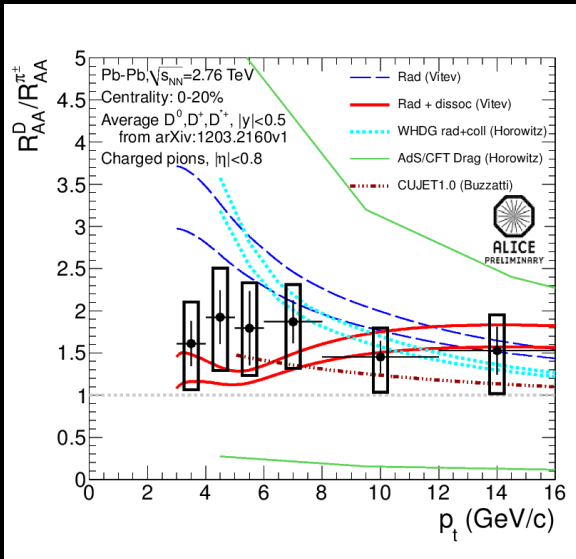


Perte d'énergie partons

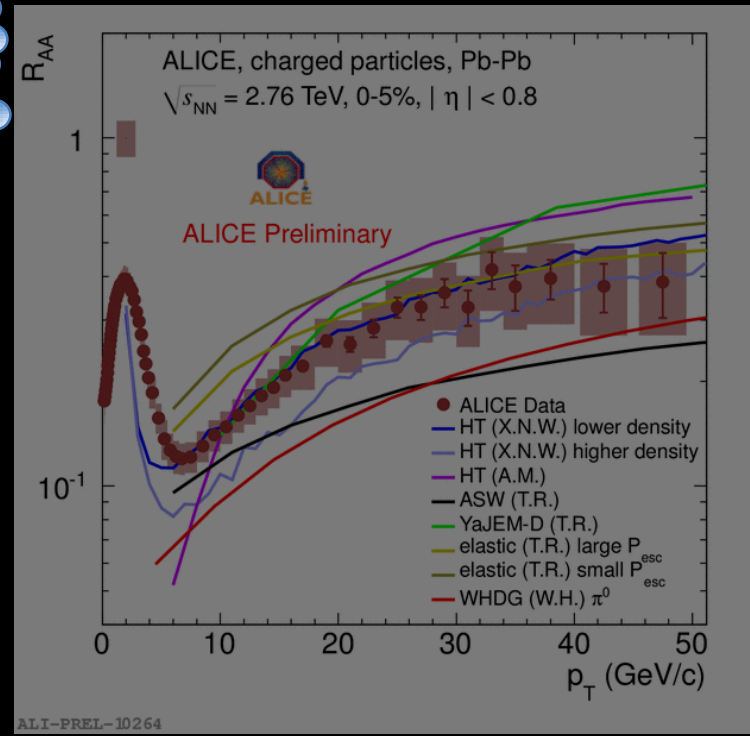
- mécanisme (radiatif, collision)?
- thermalisation ?



$$R_{AA}^g < R_{AA}^q < R_{AA}^Q ?$$

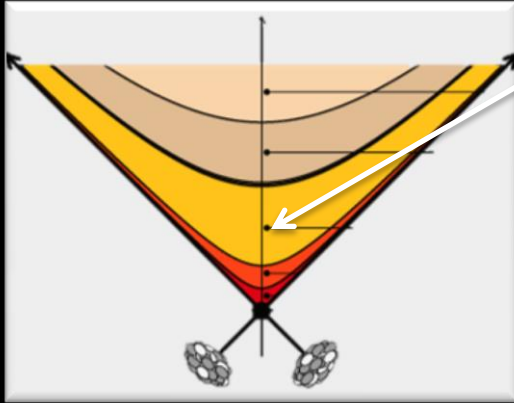


QM2012

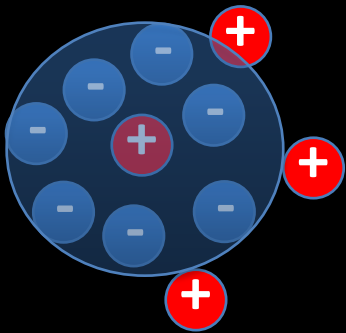
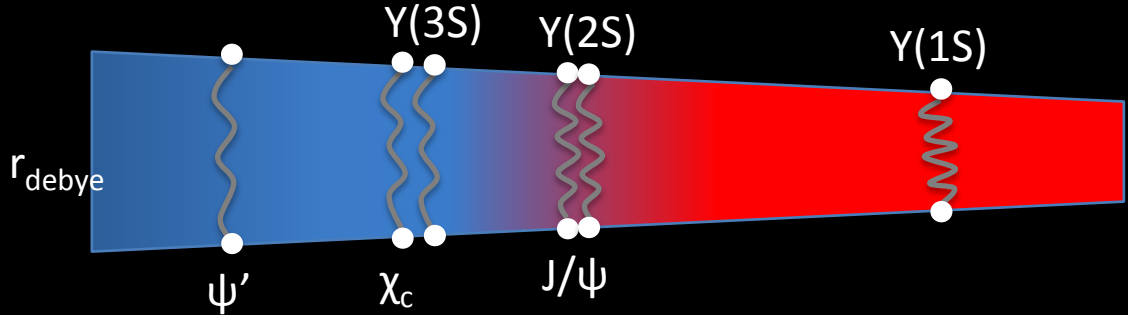




Ecrantage de couleur



$$V(r) = \frac{e^{-r/r_{Debye}}}{r}, \quad r_{Debye} = \frac{1}{gT}$$

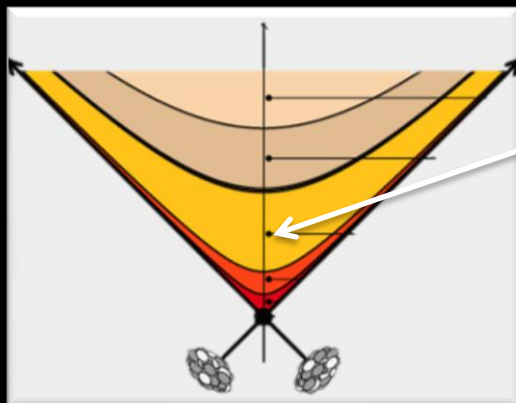


State	J/ψ (1S)	χ _c (1P)	ψ' (2S)
m (GeV/c ²)	3.10	3.53	3.68
r ₀ (fm)	0.50	0.72	0.90

Υ (1S)	χ _b (1P)	Υ' (2S)	χ _b ' (2P)	Υ'' (3S)
9.46	9.99	10.02	10.26	10.36
0.28	0.44	0.56	0.68	0.78

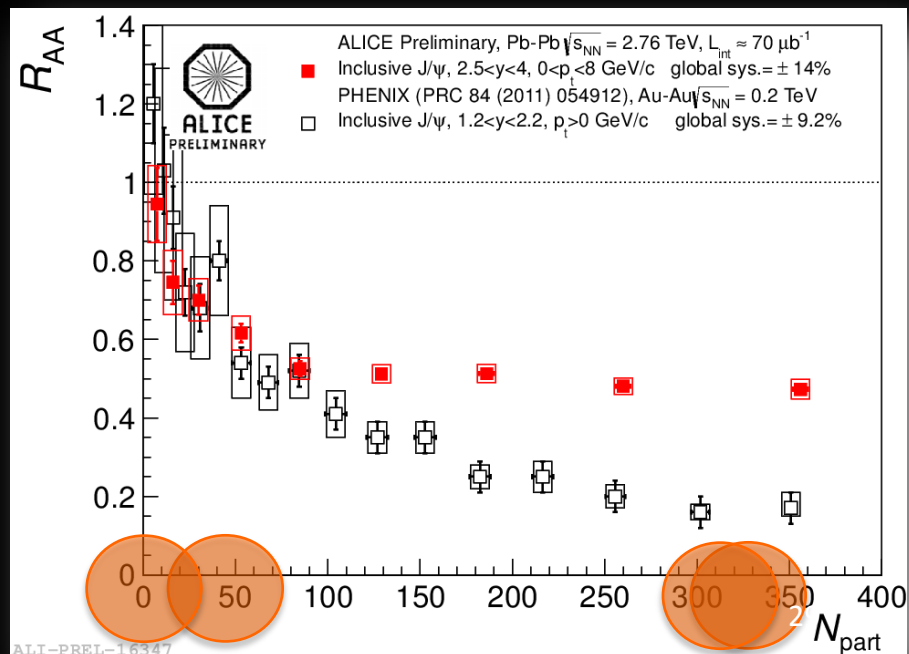


Dynamique du J/ ψ dans QGP



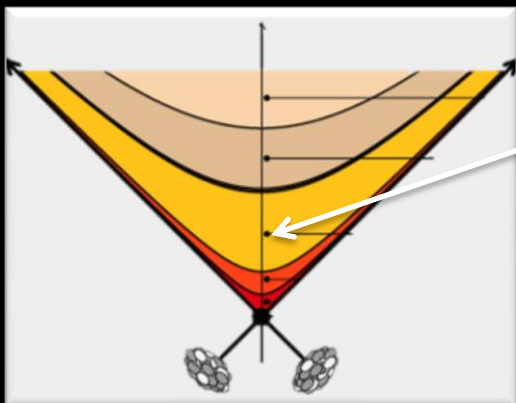
- Dissociation à grand p_T
- Régénération densité $c \gg 1$
 - $y = 0$
 - $b = 0$

HP2012



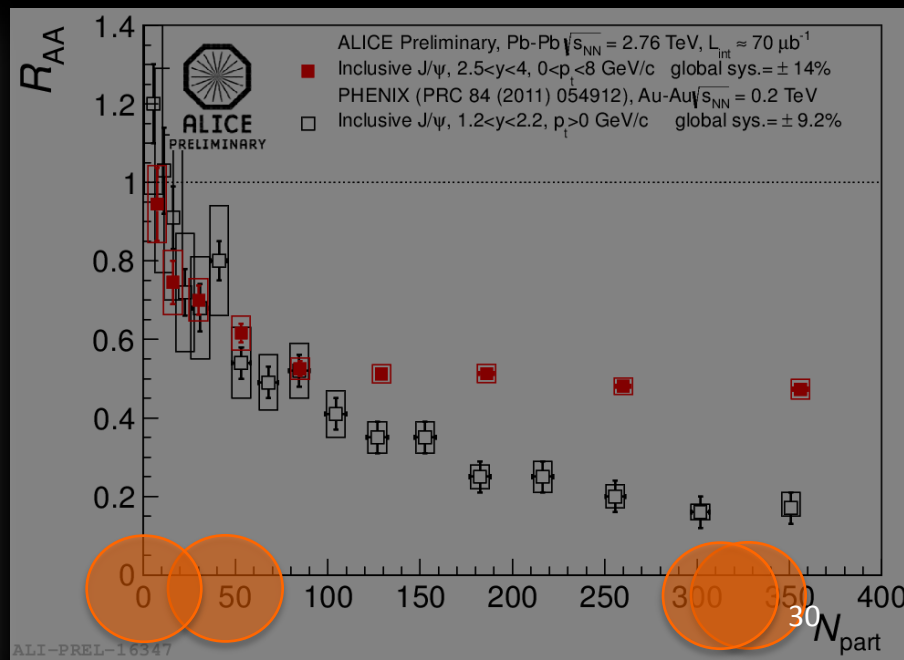
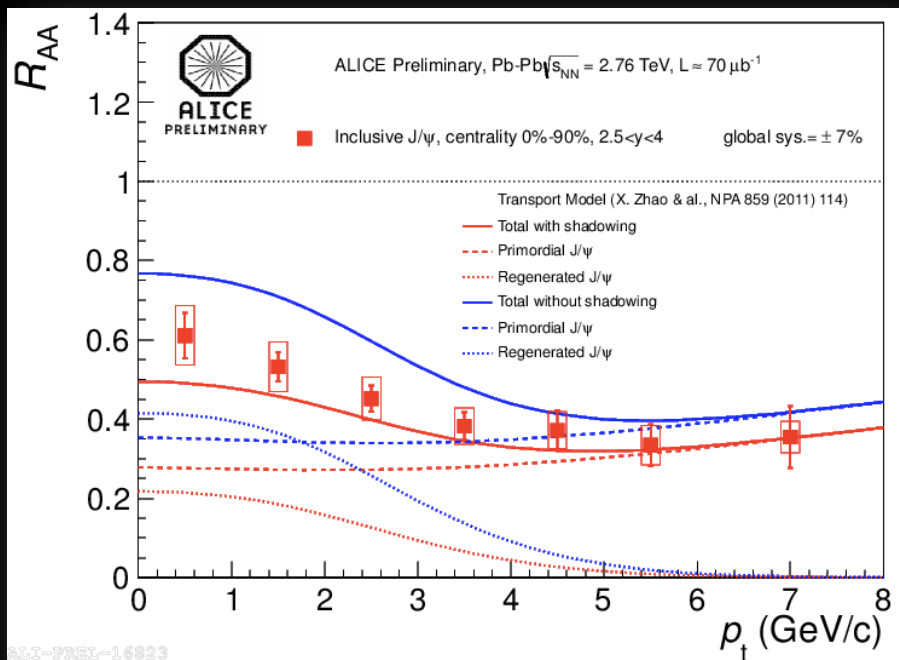


Dynamique du J/ψ dans QGP



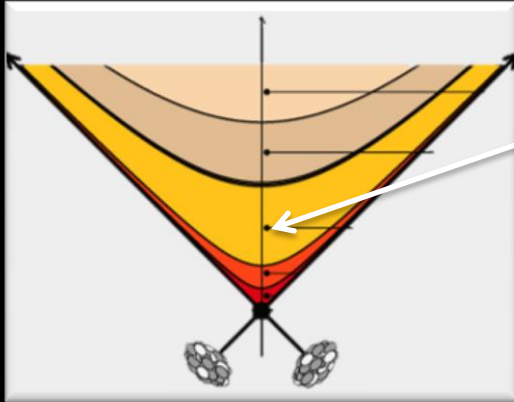
- Dissociation à grand p_T
- Régénération densité $c \gg 1$
 - $y = 0$
 - $b = 0$
 - $p_T < 4 \text{ GeV}/c$

HP2012

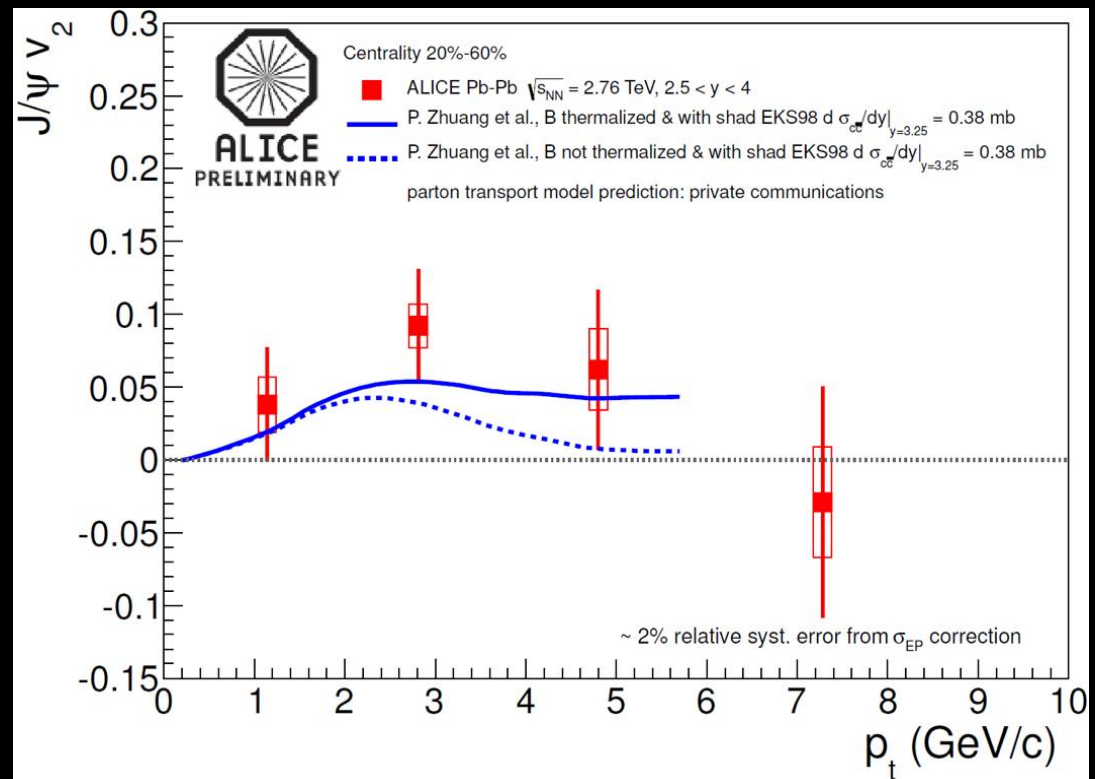




Dynamique du J/ψ dans QGP



- Charme en équilibre avec QGP ?





Menu

La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques
2. Les acquis depuis 2010
 - ✓ Questions ouvertes



Questions ouvertes

- Structure des noyaux en collision (CGC ?)
- Etat précurseur du QGP (GLASMA ?)
- T où le QGP passe de faiblement couplé à fortement couplé
- Les constituants du QGP: quasi particules, phonons,...
- Température et écrantage de couleur
- Nature chirale du QGP
- Transition chirale et déconfinement
- Mécanisme de thermalisation ultra rapide
- Propriétés thermodynamiques du QGP: EOS, η/s , v_{son}
- Transport d'une charge de couleur dans milieu coloré: \hat{q} , \hat{e}
- Réponse du milieu à une perturbation
- Thermalisation et hadronisation des saveurs lourdes
- Mécanisme de formation des hadrons
- ...



Menu

La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques
2. Les acquis depuis 2010
 - ✓ Questions ouvertes
 - ✓ Objectifs à court terme



Calendrier

- 2012
 - p-Pb/Pb-p → structure partonique du noyau (Color Glass Condensate, « shadowing », autres effets « froids »...)
- 2013-2014
 - LS1 → fin installation TRD, DCAL
- 2015-2017
 - Pb-Pb $\sqrt{s_{NN}} = 5.5 \text{ TeV}$ $L_{int} = 1 \text{ nb}^{-1}$ → programme de référence de ALICE:
 - spectres des hadrons légers et saveurs lourdes
 - flow et R_{AA} de hadrons légers,
 - R_{AA} des saveurs lourdes et quarkonia,
 - modification des jets,...
 - p-p → statistique comparable à Pb-Pb



Menu

La physique des ions lourds aux énergies ultra relativistes

1. Rappel des objectifs scientifiques
2. Les acquis depuis 2010
3. Objectifs et moyens pour le long terme



Mesures de précision des propriétés du QGP

- Mesure des paramètres de transport des saveurs lourdes dans QGP (v_2, R_{AA})
 - nature et EOS du QGP
- Mesure de photons directs réels et virtuels (rayonnement thermique QGP et fonction spectrale mésons vecteurs)
 - restauration symétrie chirale et génération de la masse des hadrons



Au delà de 1 nb^{-1}

Mesures de précision des propriétés du QGP

- Statistique (L) élevée
- Nouveaux détecteurs



Au delà de 1 nb^{-1}

Mesures de précision des propriétés du QGP

- **Statistique (L) élevée**
 - Observables multi-différentielles (saveur, b , p_T , plan de réaction)
- **Upgrade**



Mesures de précision des propriétés du QGP

– Statistique (L) élevée

– Upgrade

- Identification de c et b → propriétés de transport, hadronisation, densité
- Mesure des spectres jusqu'à $p_T \approx 0$ → hadronisation, thermalisation
- Mesure du spectre de masse di-lepton (e, μ)
 - Quarkonia → écrantage Debye, température, hadronisation, densité
 - Photons → température du QGP
 - Basse masse → restauration symétrie chirale
- γ -jet et c(b)-jet
 - Réponse du milieu à une perturbation → viscosité, vitesse du son, onde de choc, ...



Calendrier

- 2018
 - LS2 → modification de ALICE (**pas de phase 2 !**)
- 2019-
 - Pb-Pb $\sqrt{s_{NN}} = 5.5 \text{ TeV}$ $L=6 \ll 10^{27} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, 50 kHz → $L_{\text{int}} = 10 \text{ nb}^{-1}$, sondes rares, de bas à très grand p_T
 - p-Pb, p-p → statistique comparable à Pb-Pb pour mesure de référence, taux adaptés
 - Ar-Ar $L=10^{29} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



Stratégie

ALICE at High Rate, CERN–LHCC–2012–04

- Préserver les performances uniques
- Etendre les possibilités



- **Préserver les performances uniques**
 - Trajectographie précise jusqu'à très bas p_T
 - Identification des particules jusqu'à grand p_T
 - Couplé à de la calorimétrie EM
- **Etendre les possibilités**



- Préserver les performances uniques
- Etendre les possibilités
 - Inspecter la totalité des collisions en haute luminosité (50 kHz Pb-Pb)
 - Compression et filtrage par HLT (20 GB/s sur bandes)
 - Une trajectographie plus performante au plus près du vertex (charme et beauté ouverts, résonances de basse masse)
 - Une extension de la trajectographie du spectromètre MUON (saveurs lourdes, quarkonia, résonances de basse masse)
 - Une calorimétrie ultra fine à très grande rapidité (structure paronique à très petites valeurs de x)
 - Une extension de PID à grand p_T (PID dans jet, hadronisation)

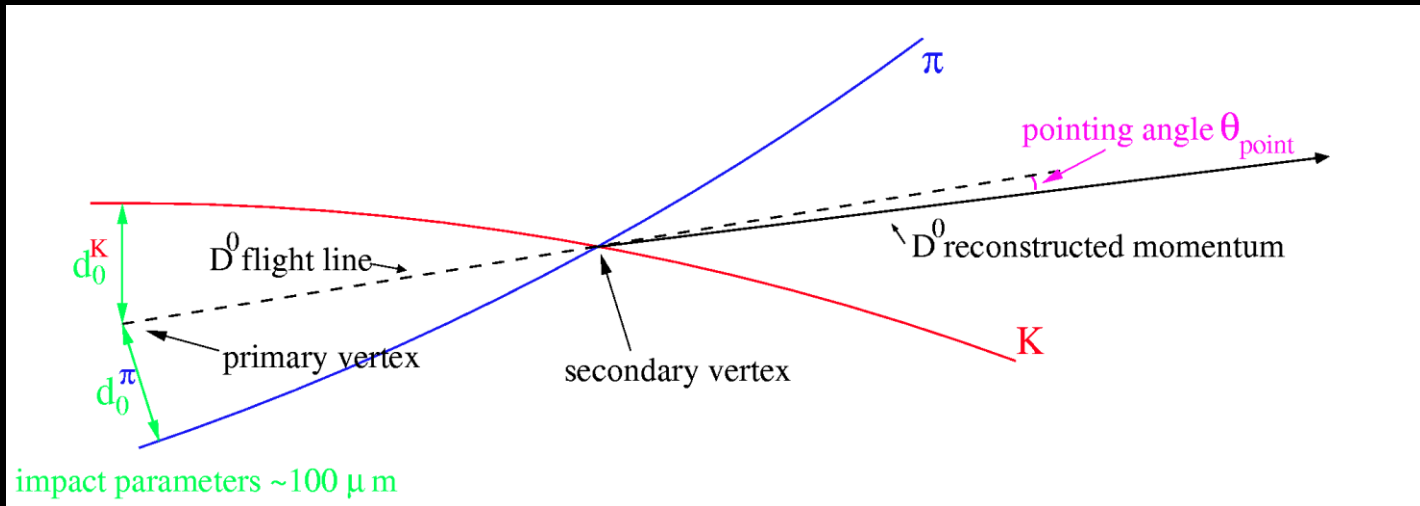


- Préserver les performances uniques
- Etendre les possibilités
 - Inspecter la totalité des collisions en haute luminosité (50 KHz Pb-Pb)
 - Compression et filtrage par HLT (25 kHz sur bandes)
 - Une trajectographie plus performante au plus près du vertex (charme et beauté ouverts, résonances de basse masse) → **ITS**
 - Une extension de la trajectographie du spectromètre MUON (saveurs lourdes, quarkonia, résonances de basse masse) → **MFT**
 - Une calorimétrie ultra fine à très grande rapidité (structure paronique à très petites valeurs de x)
 - Une extension de PID à grand p_T (PID dans jet, hadronisation)



- Objectifs

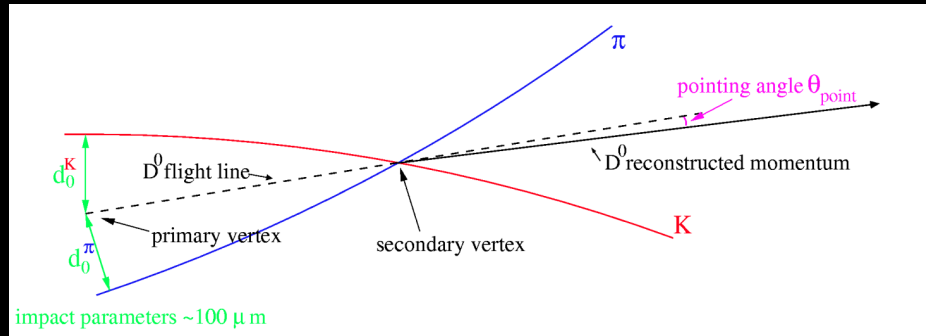
- Reconstruction topologique mésons et baryons charmés et beaux jusqu'à $p_T \approx 0$





• Objectifs

- Reconstruction topologique mésons et baryons charmés et beaux jusqu'à $p_T \approx 0$



$c\tau = 123 \mu\text{m}$



$c\tau = 312 \mu\text{m}$



$c\tau = 60 \mu\text{m}$



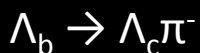
$p_T < 2 \text{ GeV}/c$

$p_T < 5 \text{ GeV}/c$

non mesurable dans IL



$c\tau = 455 \mu\text{m}$



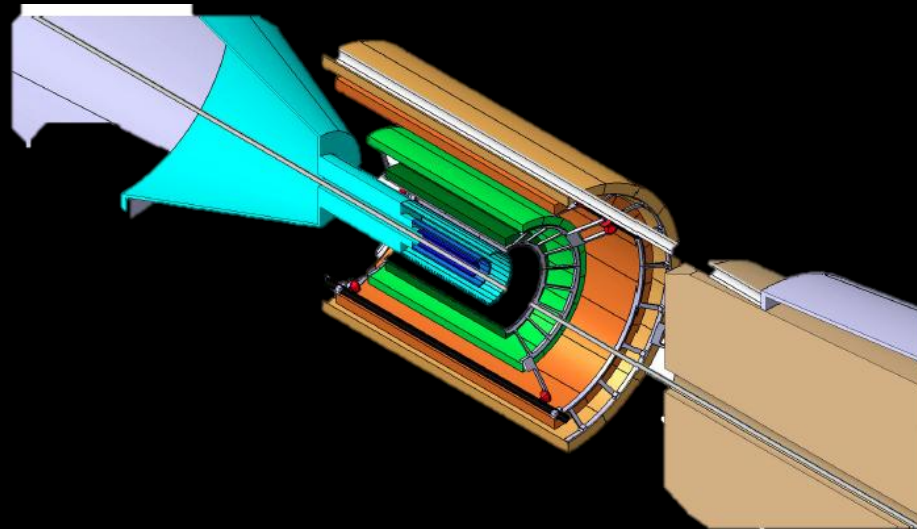
$c\tau = 427 \mu\text{m}$



- Cahier de charge
 - Améliorer d'un facteur 3 la résolution du paramètre d'impact
 - Possibilité de trajectographie et PID ITS seul
 - Résolution $\Delta p_T/p_T \sim 3\%$ à 1-10 GeV/c
 - Sélection en ligne (HLT) de signatures de saveurs lourdes
 - Taux d'acquisition 50 kHz en mode IL
 - Tolérance aux radiations:
 - 700 kRad/an radiations ionisantes
 - $10^{13} n_{eq}/cm^2$ /an radiations non ionisantes



- Solutions envisagées
 - Remplacer ITS existant
 - Se rapprocher du vertex d'interaction → $r_{\text{couche 1}} = 22 \text{ mm}$
 - Réduire la quantité de matière → $x/X_0 = 0,3\%$ par plan de détection
 - Optimiser la géométrie et la granularité →

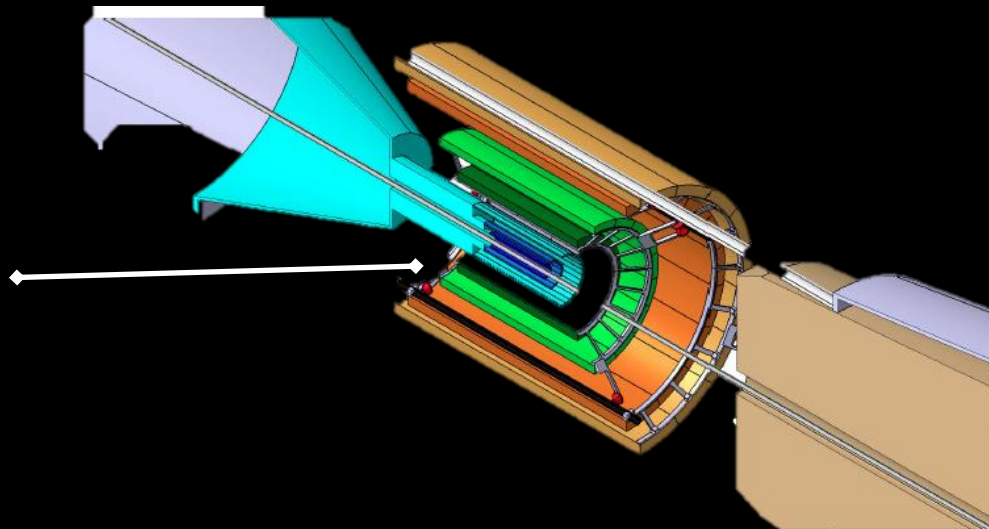
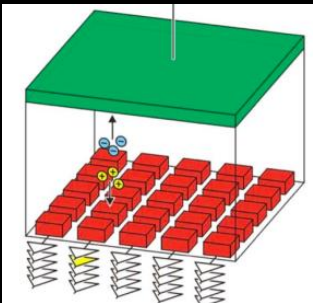




- Solutions envisagées

- Option A: $\sigma_{r\phi} = 4 \mu\text{m}$, $\sigma_z = 4 \mu\text{m}$ $x/x_0 = 0,3\%/\text{plan}$
 - Trajectographie précise et bonne résolution p_T
 - PID limité

Option A:
7 plans de pixels

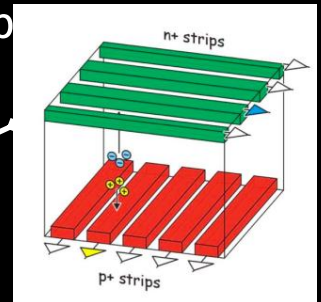




• Solutions envisagées

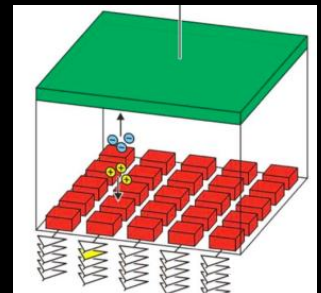
- Option A: $\sigma_{r\phi} = 4 \mu\text{m}$, $\sigma_z = 4 \mu\text{m} \times X_0 = 0,3\%/\text{plan}$
 - Trajectographie précise et bonne résolution p_T
 - PID très limité
- Option B: $\sigma_{r\phi} = 4(20) \mu\text{m}$, $\sigma_z = 4(830) \mu\text{m} \times X_0 = 0,3\%/\text{plan}$
 - Trajectographie moins précise et moins bonne résolution p_T
 - PID satisfaisant

4 plans de pistes

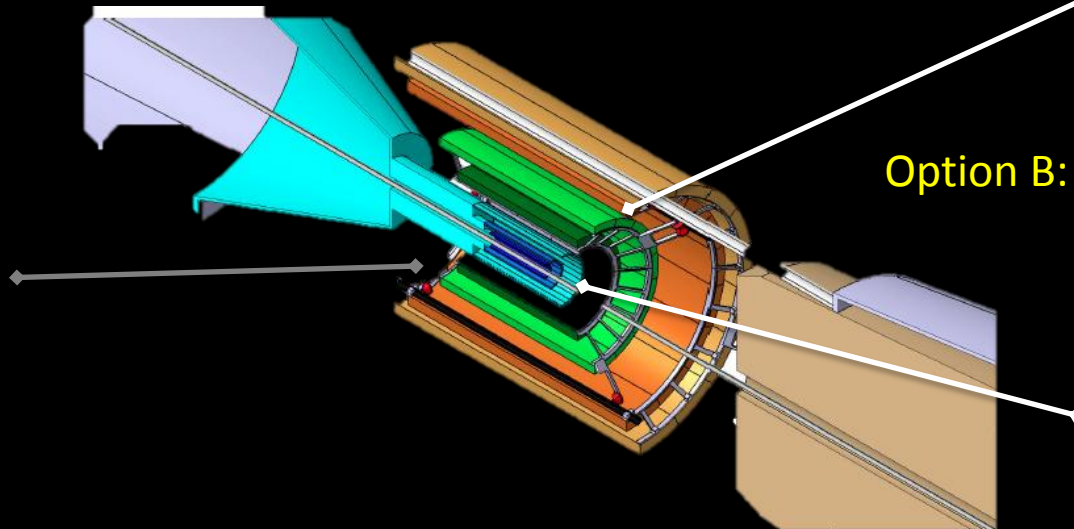
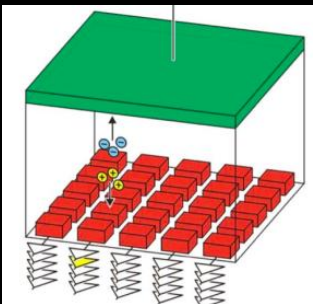


Option B:

3 plans de pixels



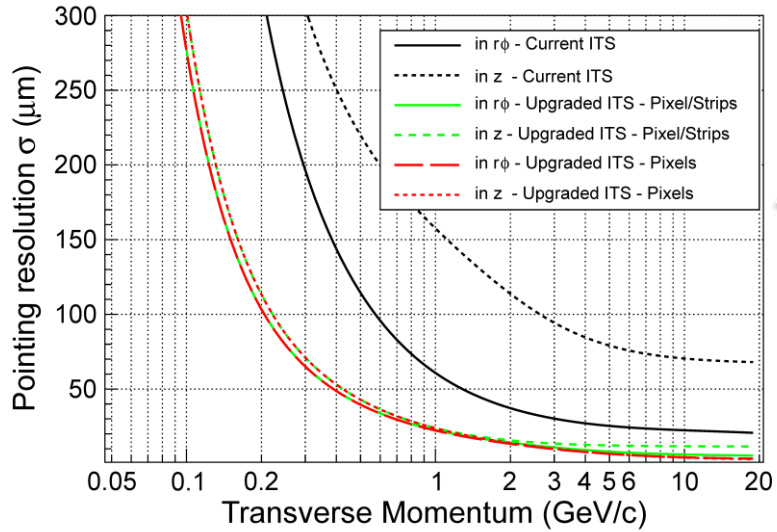
Option A:
7 plans de pixels



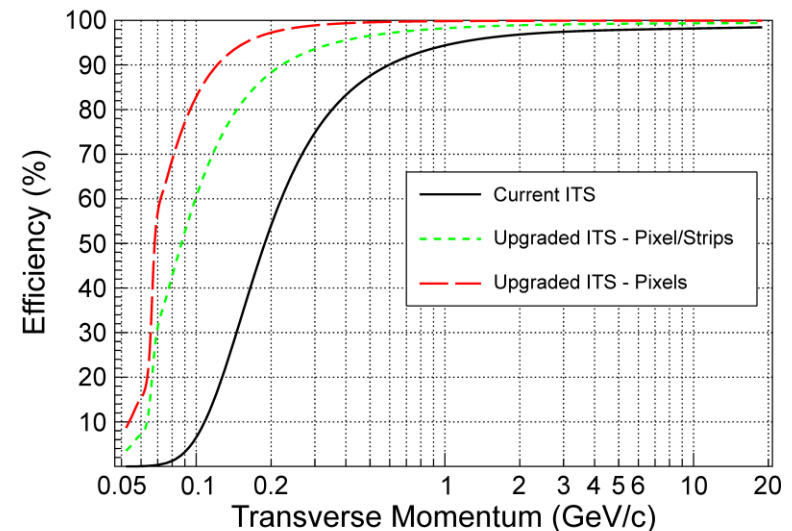
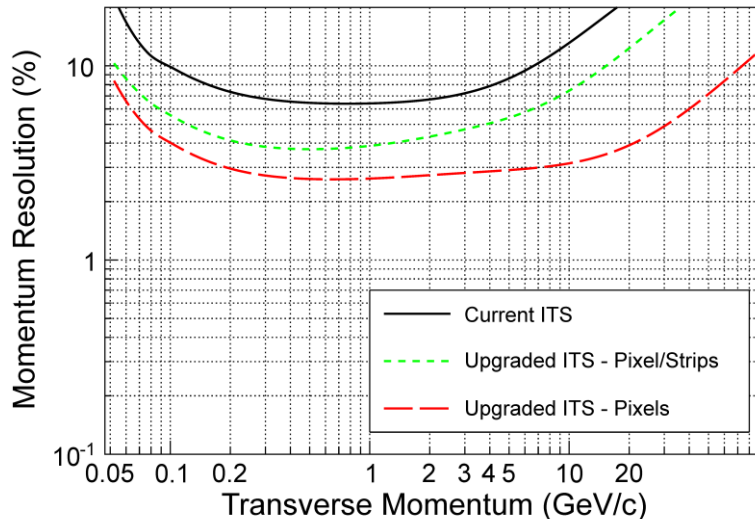


ITS

Conceptual Design Report for the Upgrade of the ALICE ITS, CERN-LHCC-2012-05

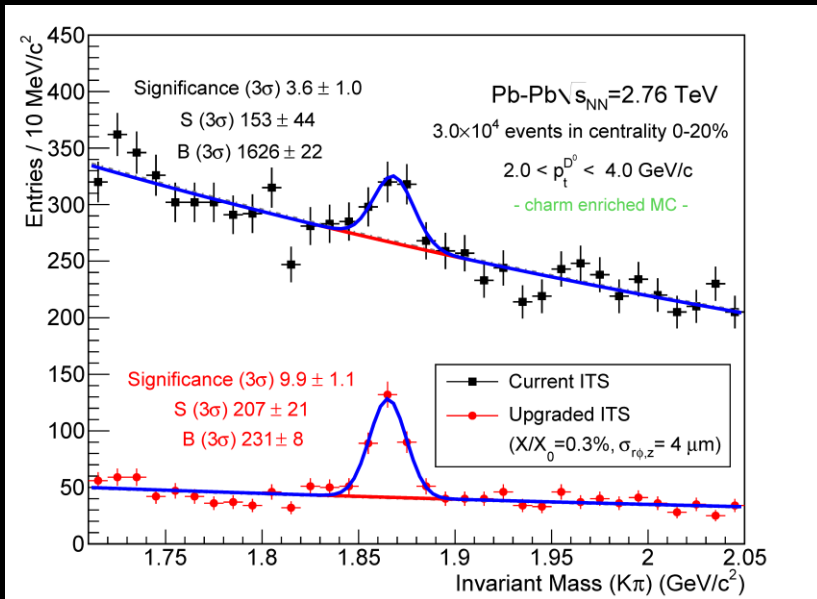


- Résolution paramètre d'impact
- Résolution impulsion transverse
- Efficacité de trajectographie



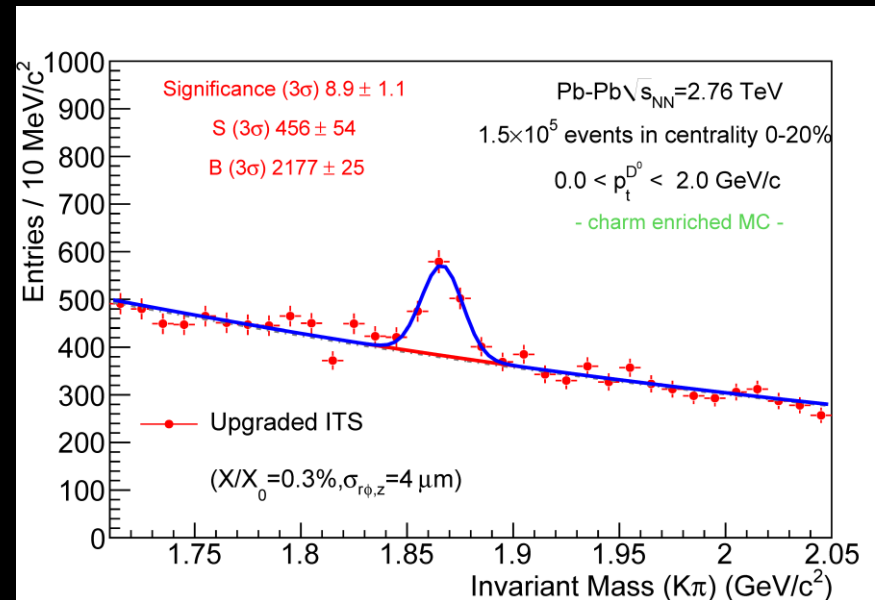


Conceptual Design Report for the Upgrade of the ALICE ITS, CERN-LHCC-2012-05



- $2 < p_T < 4 \text{ GeV/c}$
- S/B $\times 10$
 - Significance $\times 3$

- $0 < p_T < 2 \text{ GeV/c}$
- measurable





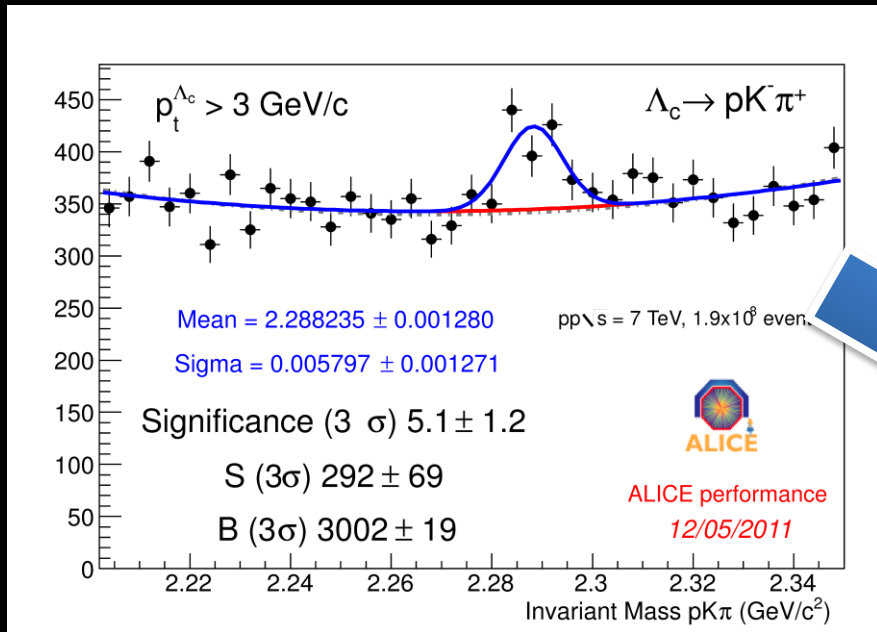
ITS

Conceptual Design Report for the Upgrade of the ALICE ITS, CERN-LHCC-2012-05

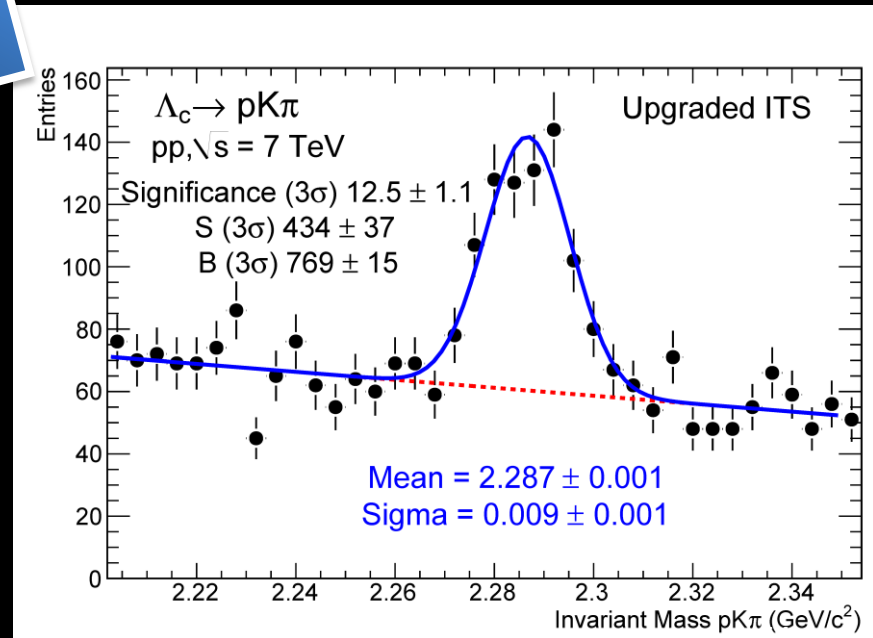
données



p-p



MC nouveau ITS



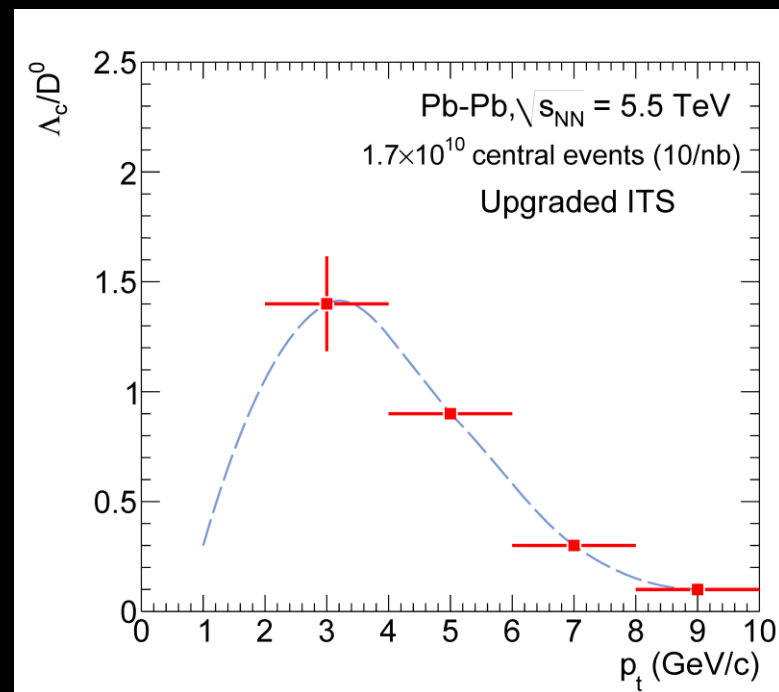
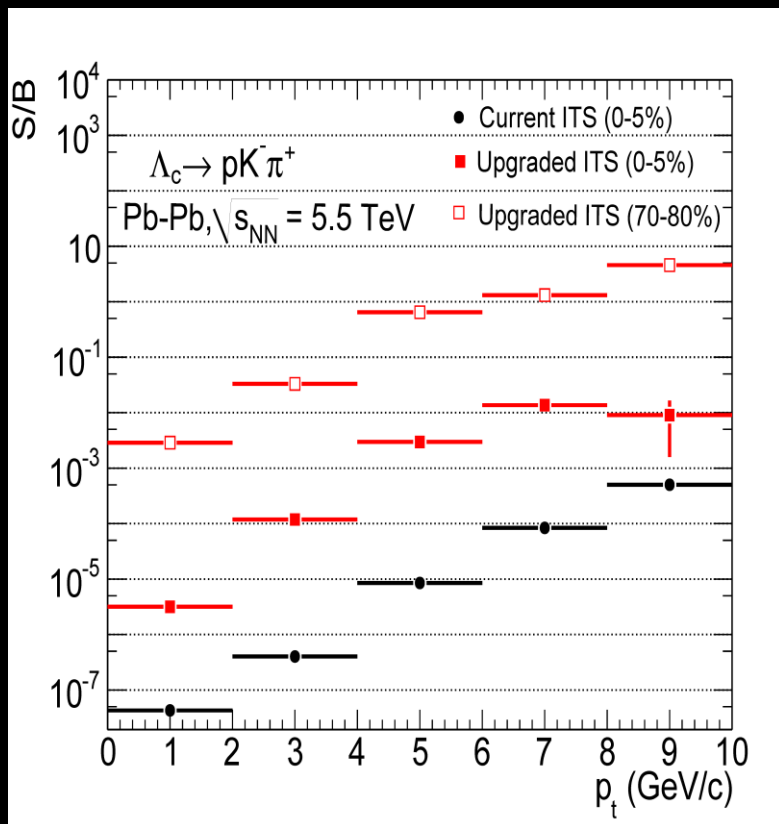


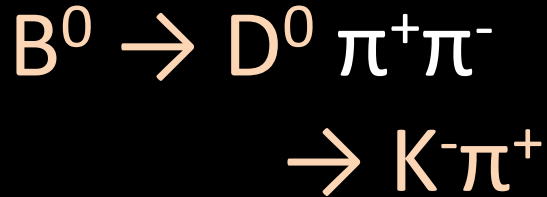
ITS

Conceptual Design Report for the Upgrade of the ALICE ITS, CERN-LHCC-2012-05

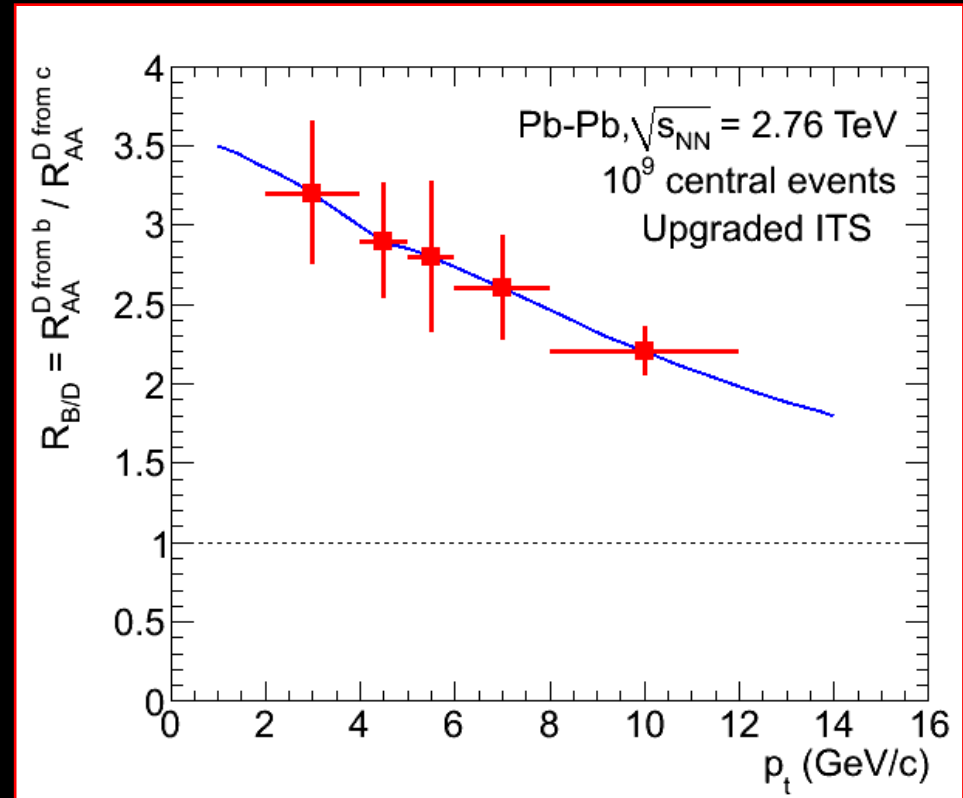
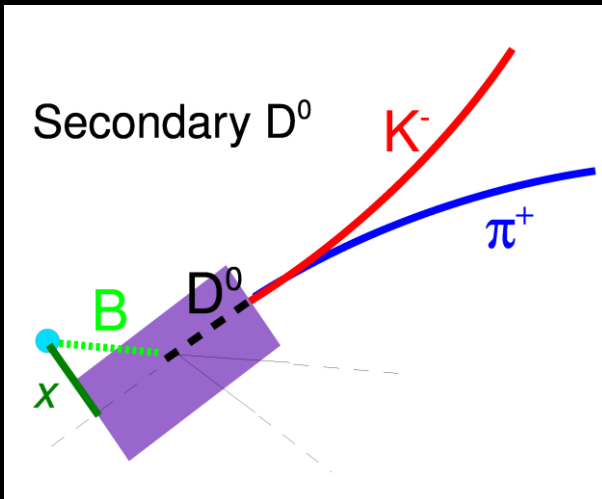
$$\Lambda_c \rightarrow pK^-\pi^+$$

Pb-Pb





Résolution
paramètre d'impact





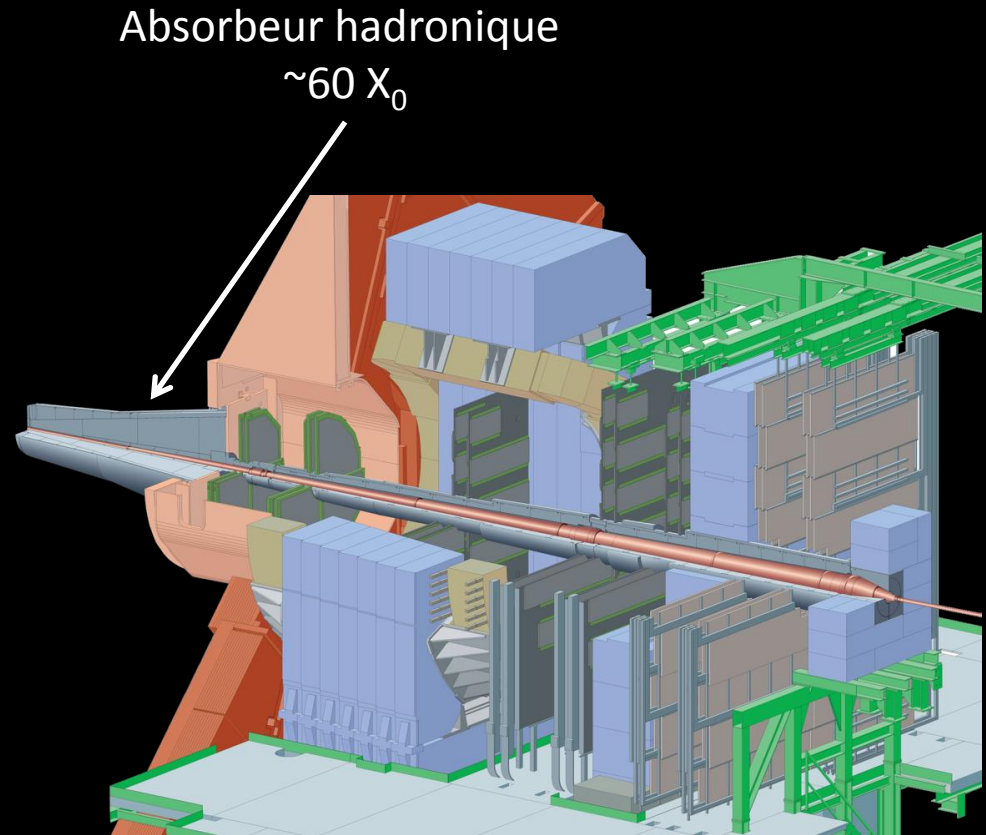
- Préserver les performances uniques
- Etendre les possibilités
 - Inspecter la totalité des collisions en haute luminosité (50 KHz Pb-Pb)
 - Compression et filtrage par HLT (5-25 kHz sur bandes)
 - Une trajectographie plus performante au plus près du vertex (charme et beauté ouverts, résonances de basse masse) → **ITS**
 - Une extension de la trajectographie du spectromètre MUON (saveurs lourdes, quarkonia, résonances de basse masse) → **MFT**
 - Une calorimétrie ultra fine à très grande rapidité (structure paronique à très petites valeurs de x)
 - Une extension de PID à grand p_T (PID dans jet, hadronisation)



Spectromètre MUON

Limitations actuelles :

- Impossibilité de déterminer l'origine des μ (primaires/secondaires)
- Résolution en masse limitée pour les faibles masses invariantes ($< 1 \text{ GeV}/c^2$)
- Seuil p_T haut pour saveurs lourdes (2 GeV/c en pp, 4 GeV/c en Pb-Pb)
- Signal/Bruit ψ'





Muon Forward Tracker

https://aliceinfo.cern.ch/system/files/MFT_LoI.pdf

- Objectifs

- Augmenter la précision de la trajectographie du spectromètre MUON

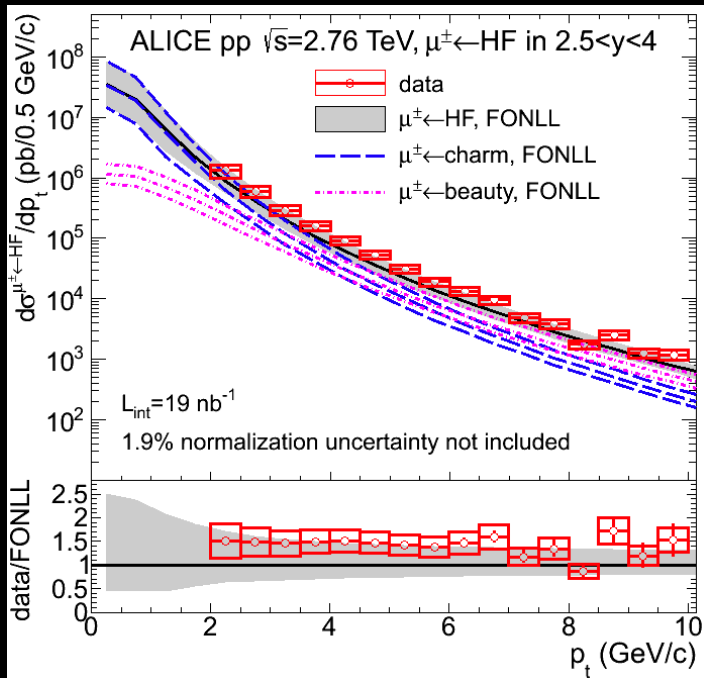
- ✓ Saveurs lourdes en μ simple → transport c,b dans QGP, hadronisation, référence quarkonia
- ✓ Quarkonia en $\mu^+\mu^-$ → test écrantage Debye, température, hadronisation
- ✓ Mésons vecteurs de basse masse → restauration symétrie Chirale



- Cahier des charges

- Augmenter la précision de la trajectographie du spectromètre MUON

- ✓ Saveurs lourdes en μ simple → transport c,b dans QGP, hadronisation, référence quarkonia



- ✓ Réduire le bruit de fond des μ de désintégration π et K

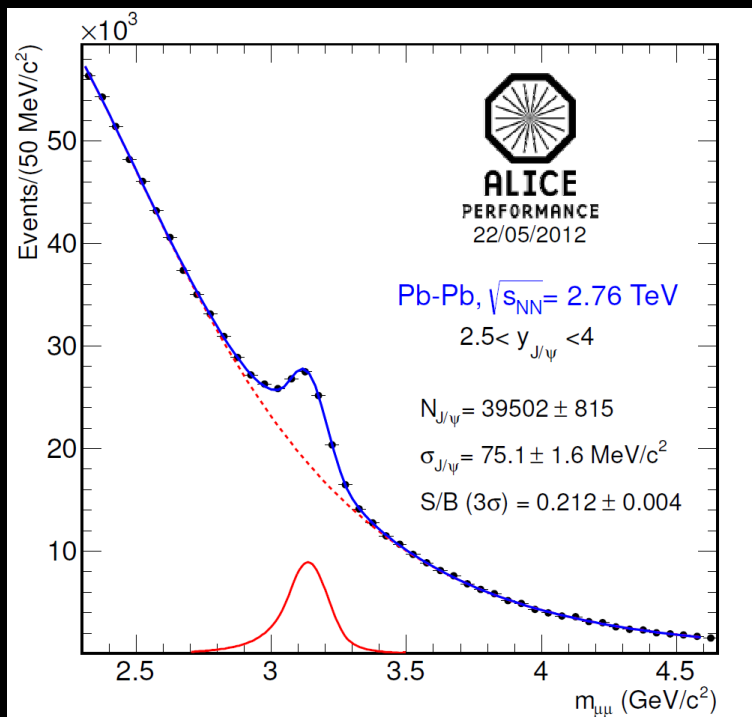
- ✓ Séparer beauté et charme par mesure directe (actuellement par modèle)



- Cahier des charges

- Augmenter la précision de la trajectographie du spectromètre MUON

- ✓ Quarkonia en $\mu^+\mu^-$ → test écrantage Debye, température, mécanisme d'hadronisation



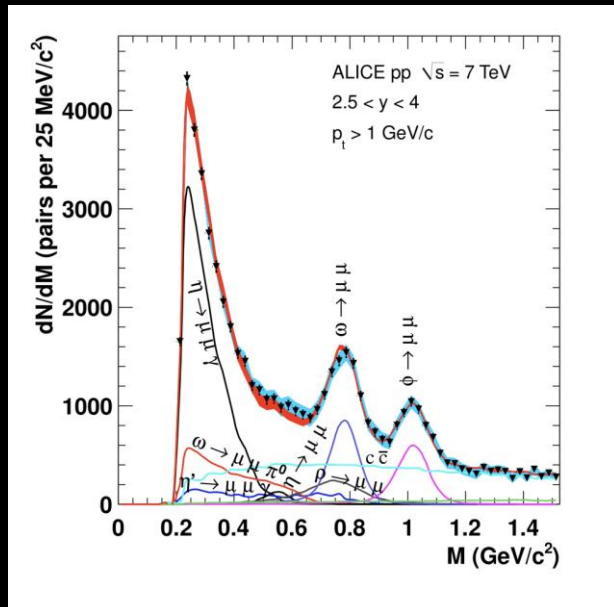
- ✓ Augmenter le rapport S/B (actuel 10% en Pb-Pb central), accès au ψ'
- ✓ Séparer J/ ψ prompt et désexcitation de B



- Cahier des charges

- Augmenter la précision de la trajectographie du spectromètre MUON

- ✓ Mésons vecteurs de basse masse → **restauration de la symétrie Chirale**



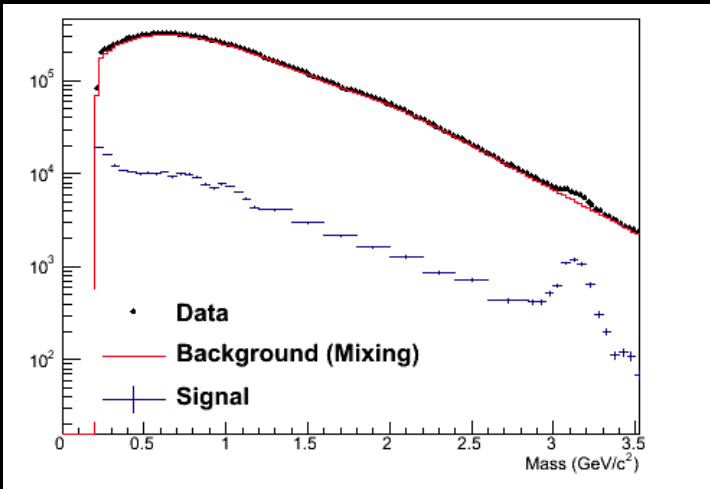
- ✓ Améliorer la résolution en masse



- Cahier des charges

- Augmenter la précision de la trajectographie du spectromètre MUON

- ✓ Mésons vecteurs de basse masse → **restauration de la symétrie Chirale**

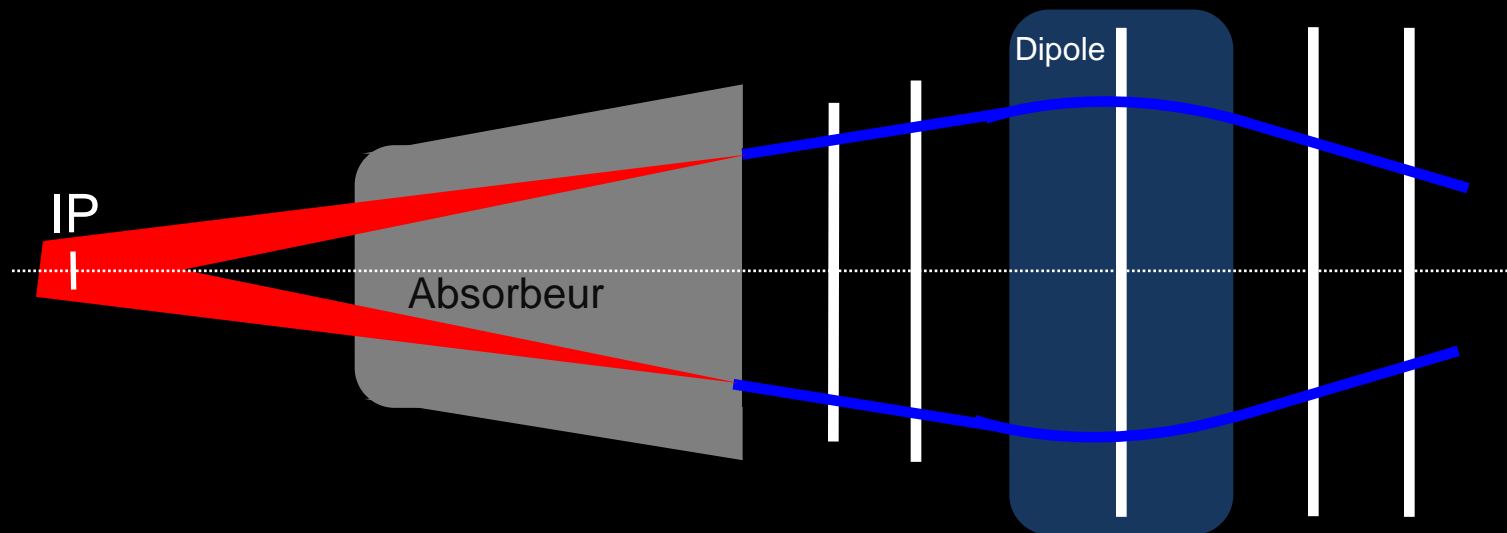


- ✓ Améliorer la résolution en masse

- ✓ Améliorer le rapport S/B (actuel 10^{-2} en Pb-Pb central)



- Situation actuelle :

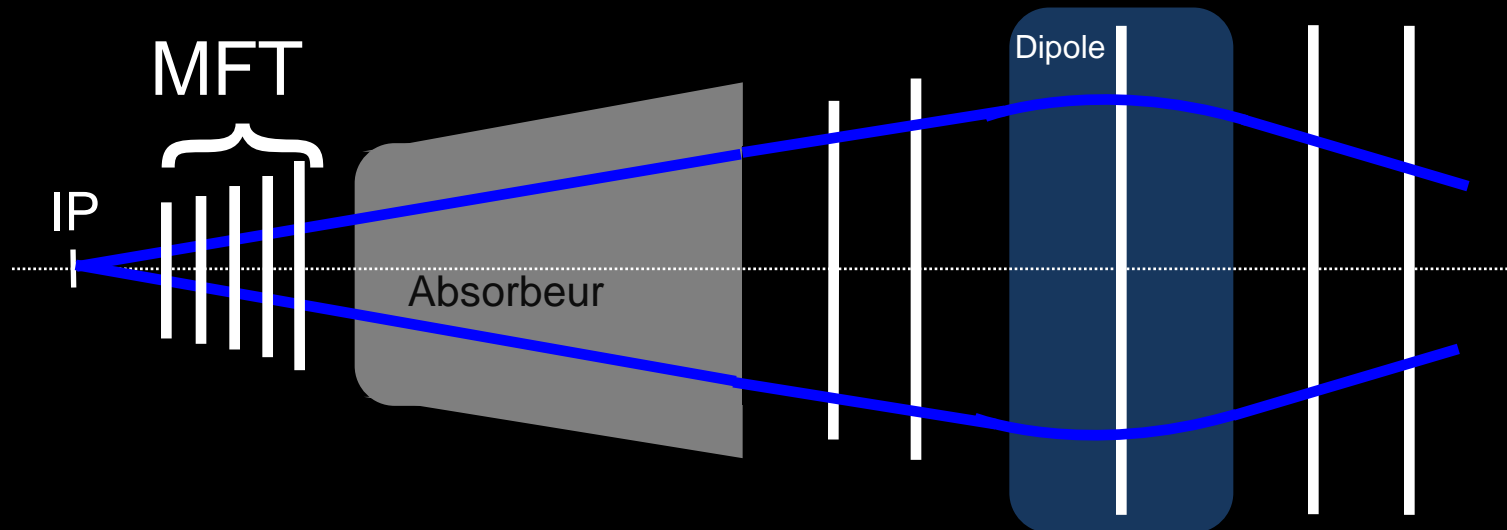




- Solution envisagée

- 5-6 plans de pixels en amont de l'absorbeur du spectromètre MUON

- Concordance des traces μ avec les clusters du MFT
- Amélioration de la résolution de pointage (identification vertex, résolution en masse)

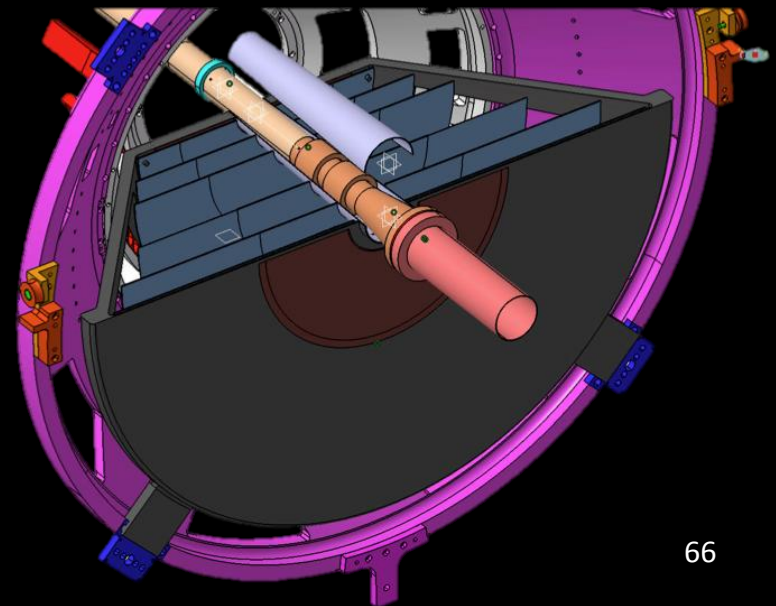
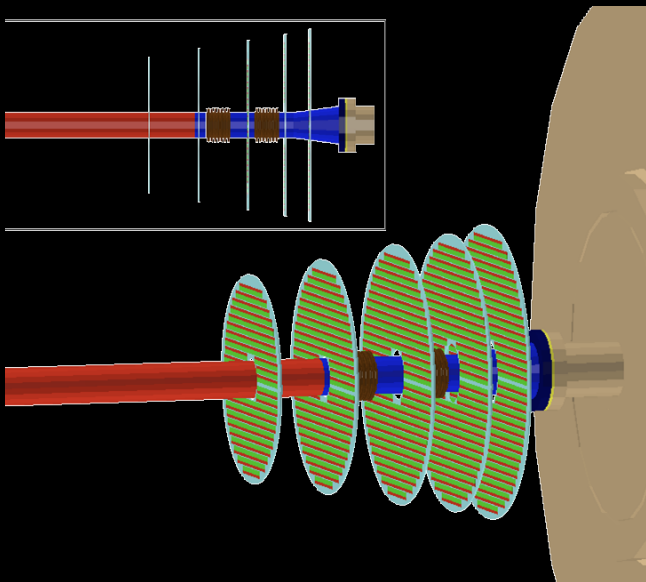




- Solution envisagée

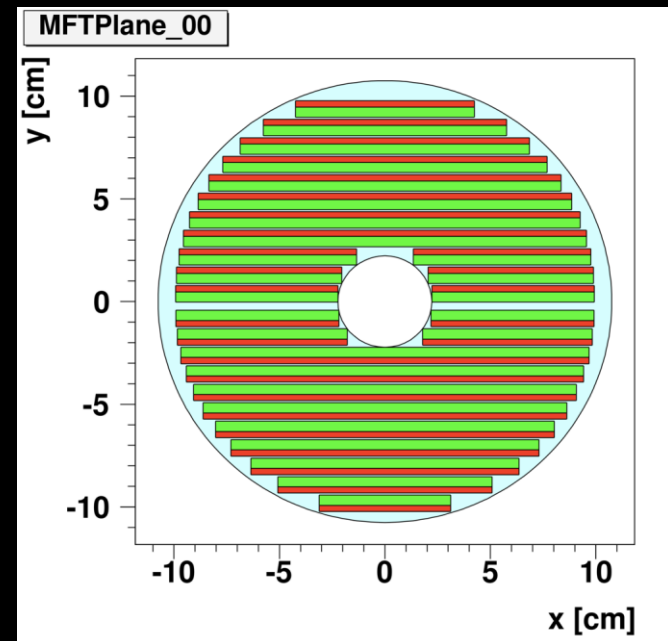
- 5-6 plans de pixels en amont de l'absorbeur du spectromètre MUON

- $-80 < Z < -50$ cm ;
- $R_{\min} \sim 2.5$ cm ; $11 < R_{\max} < 16$ cm \Rightarrow Surface ~ 2700 cm²
- $3^\circ < \theta < 9^\circ$ pour $|Z_{\text{vtx}}| < 10$ cm





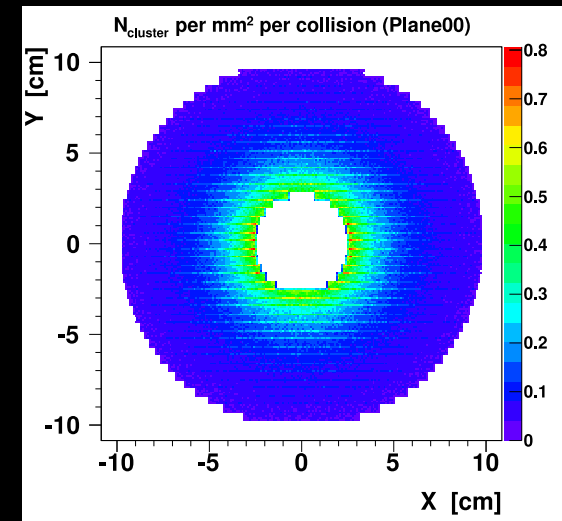
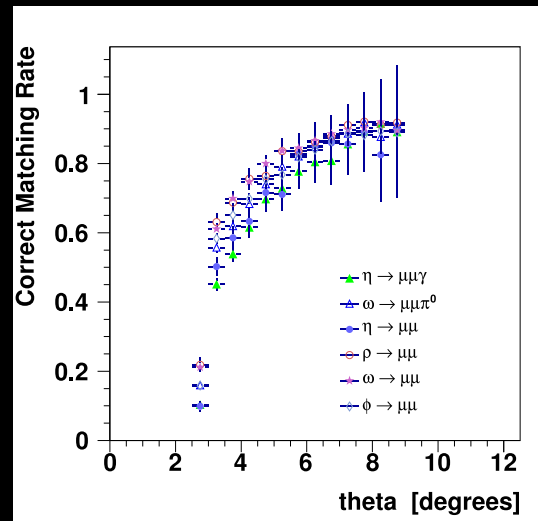
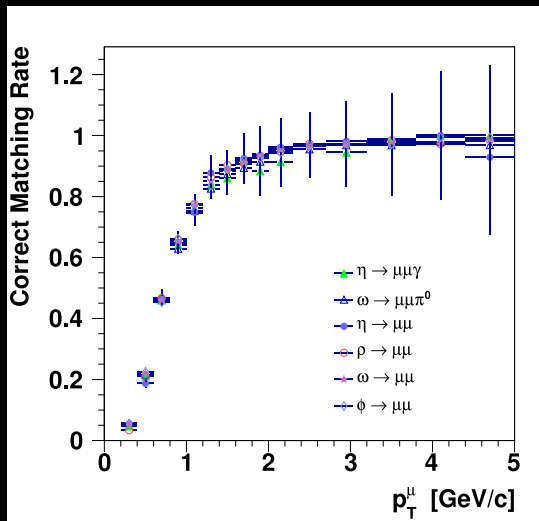
- Solution envisagée
 - Assemblage d'échelles avec une **zone sensible** et une **zone lecture**, $x/X_0 = 0,3\%/plan$
 - Plans instrumentés sur les 2 faces (pas de zone morte)
 - Pixel pitch $25\ \mu\text{m}$





Exemple de performance

- Concordance des traces MFT-MUON
 - ✓ Simulation événements Pb-Pb central

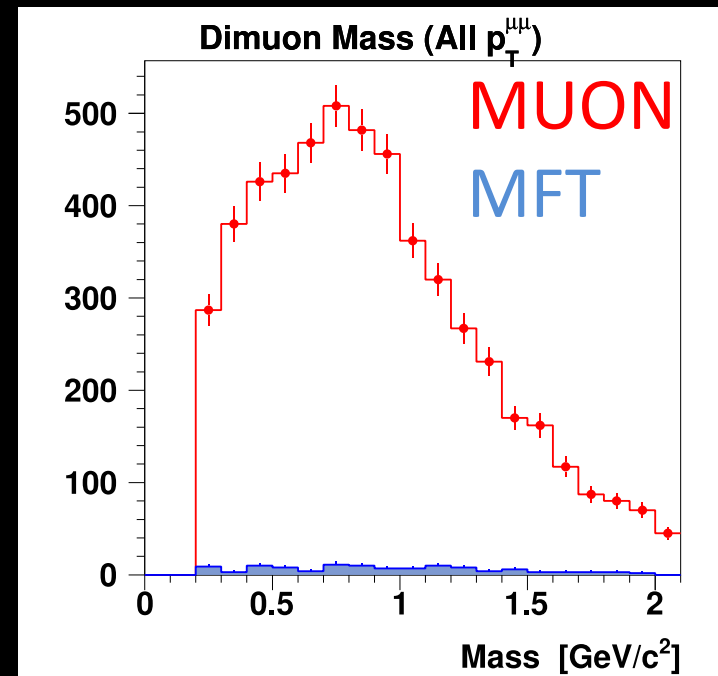
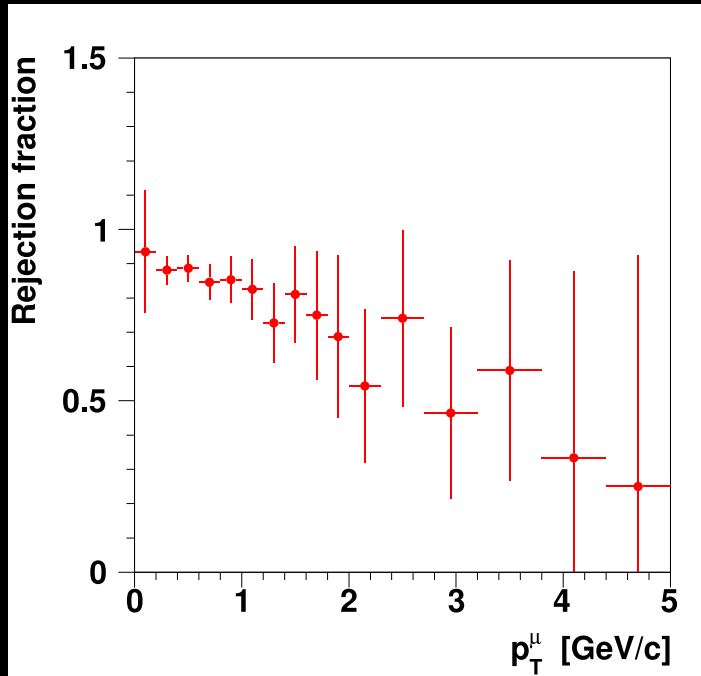


- ✓ Multiples candidats MFT pour chaque trace MUON (1-0,5 part/mm² en Pb-Pb central)
- ✓ Sélection de la concordance basée sur le χ^2 de la trace



Exemple de performance

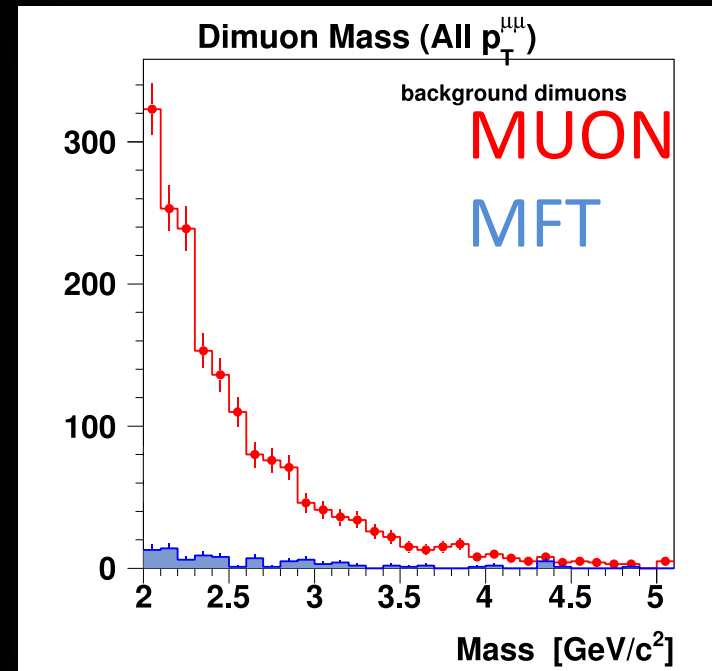
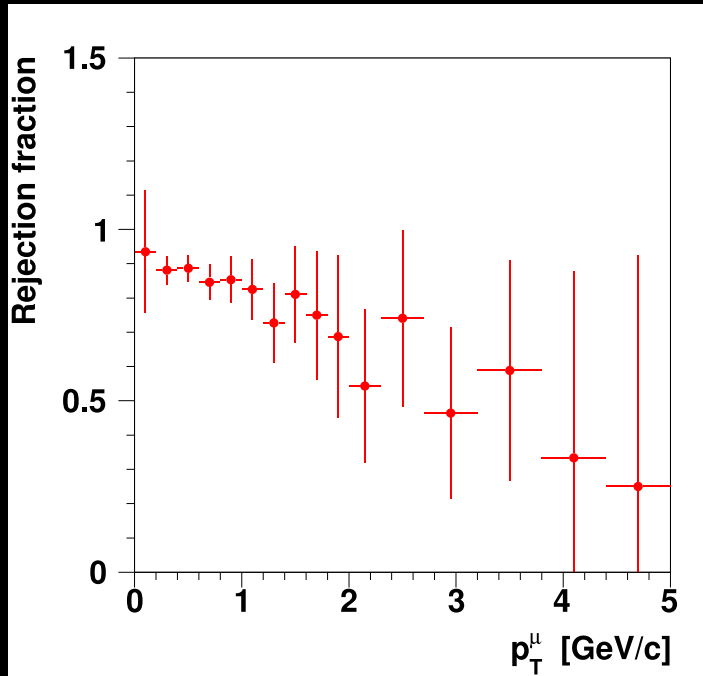
- Réjection du bruit de fond $\mu \leftarrow \pi/K$
 - ✓ Simulation complète Pb-Pb
 - ✓ Réjection de 99% du bruit à basse masse





Exemple de performance

- Réjection du bruit de fond $\mu \leftarrow \pi/K$
 - ✓ Simulation complète Pb-Pb
 - ✓ Réjection d'un facteur 2-3 à la masse du J/ψ





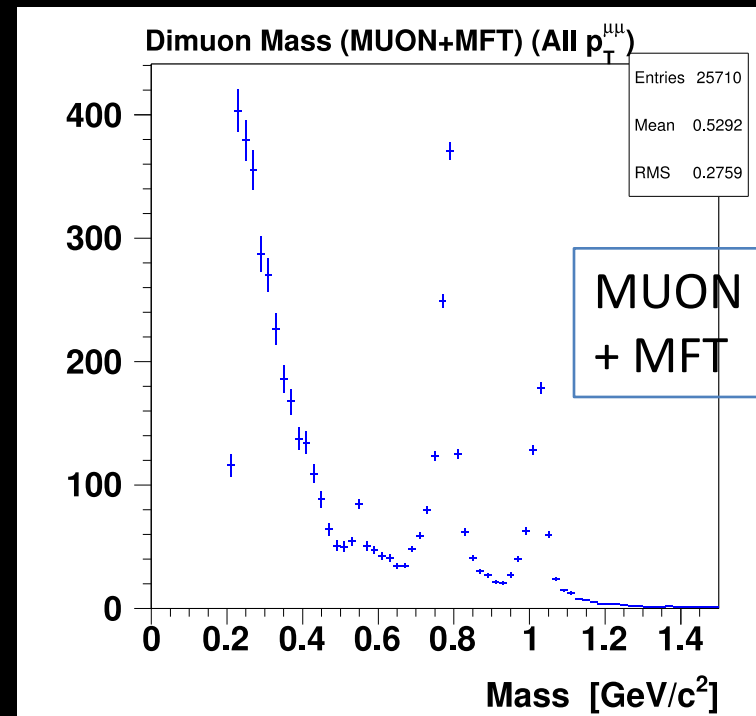
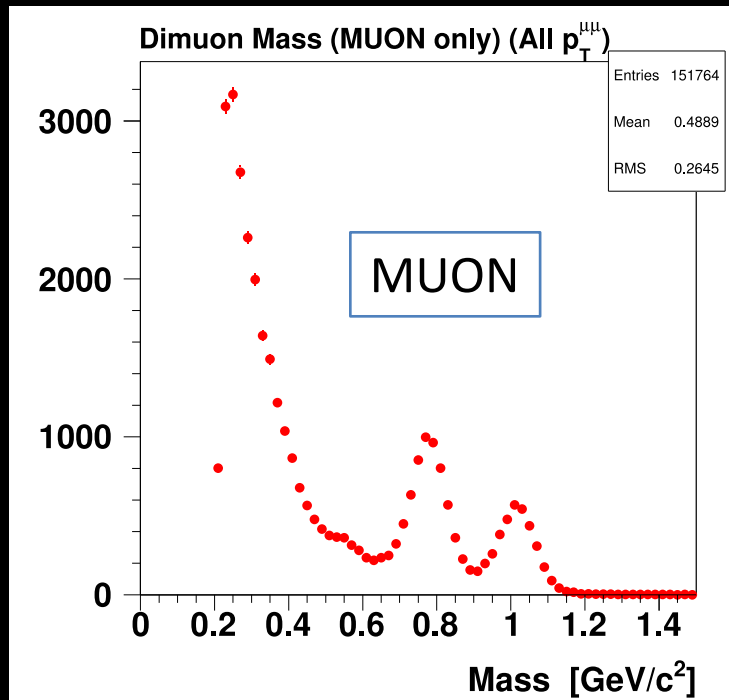
Exemple de performance

- Amélioration de la résolution en masse

$$M \gg \sqrt{p_1 p_2} Q_{12}$$

MFT
MUON

- Amélioration d'un facteur 5-6 pour les basses masses
- ~10-20% pour J/ψ

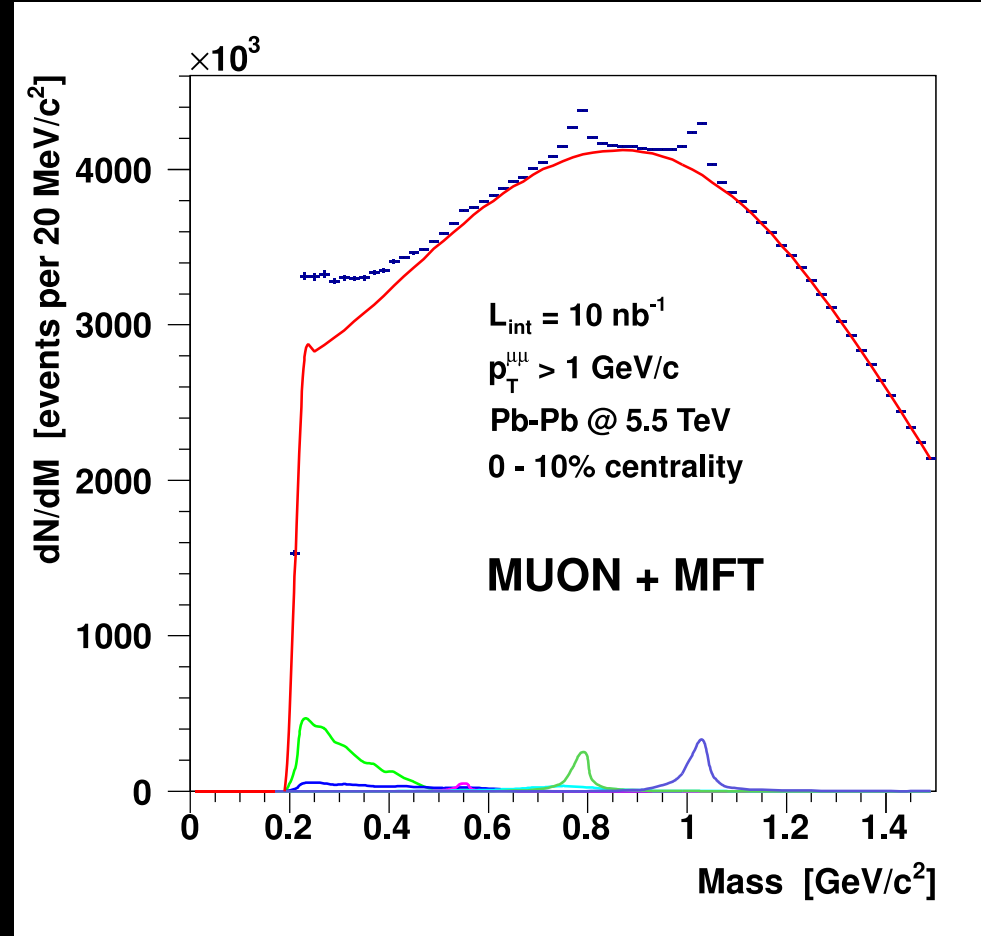
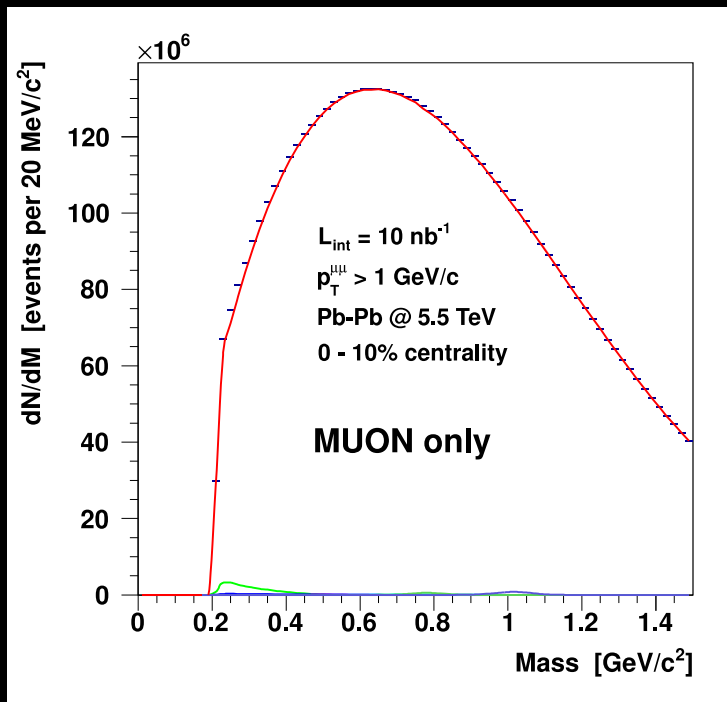




Amélioration Spectre en Masse

✓ $L = 10\text{nb}^{-1}$

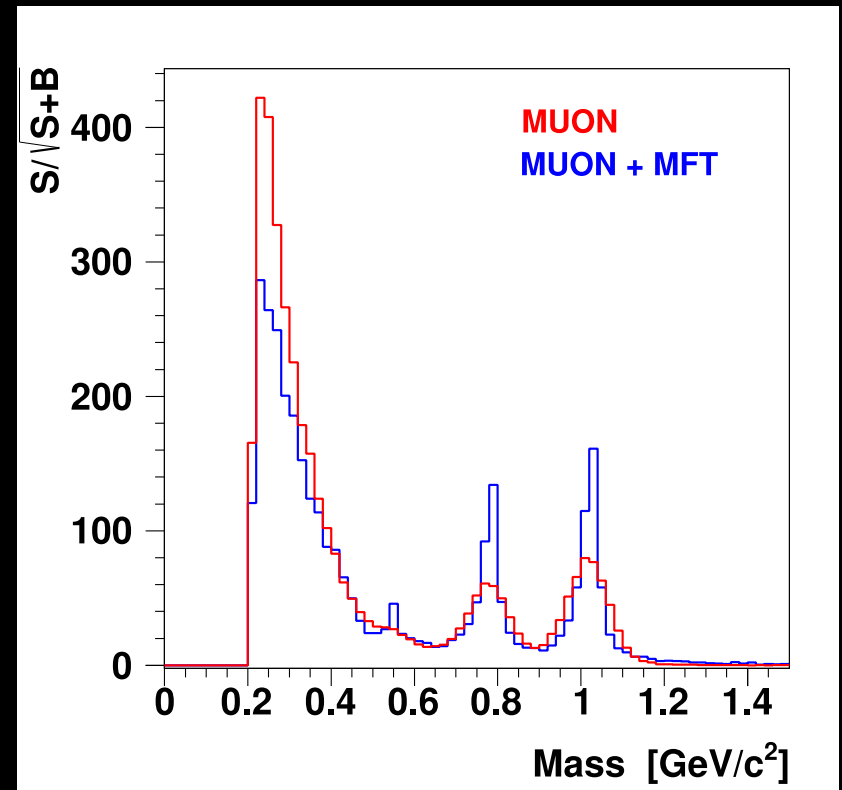
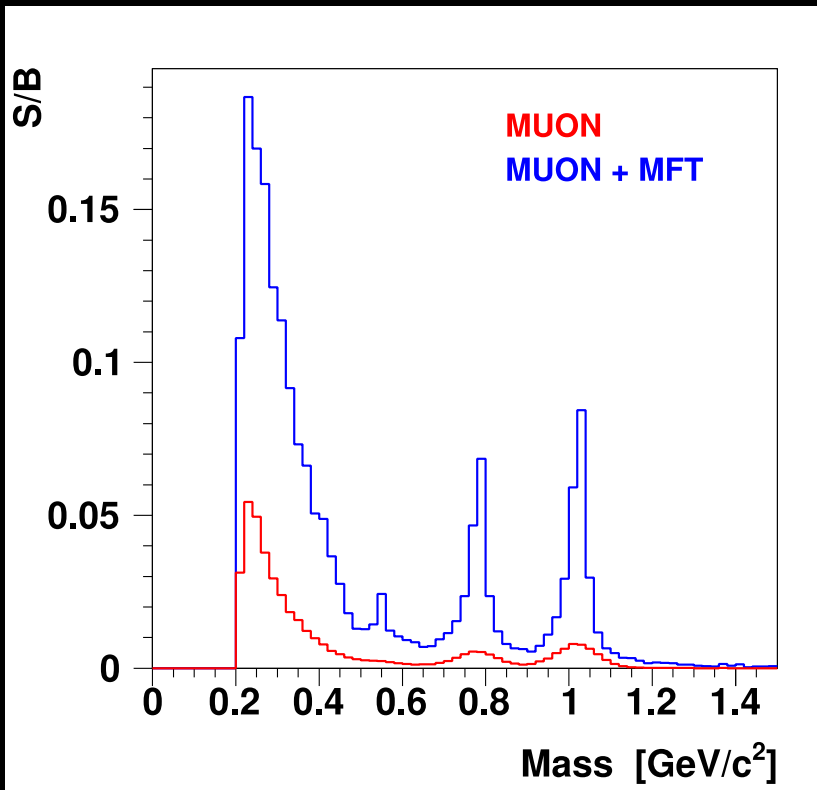
✓ 0-10% Pb-Pb Central





Exemple de performance

- S/B amélioré d'un facteur 9
- Significance x2





Jouvence MUON

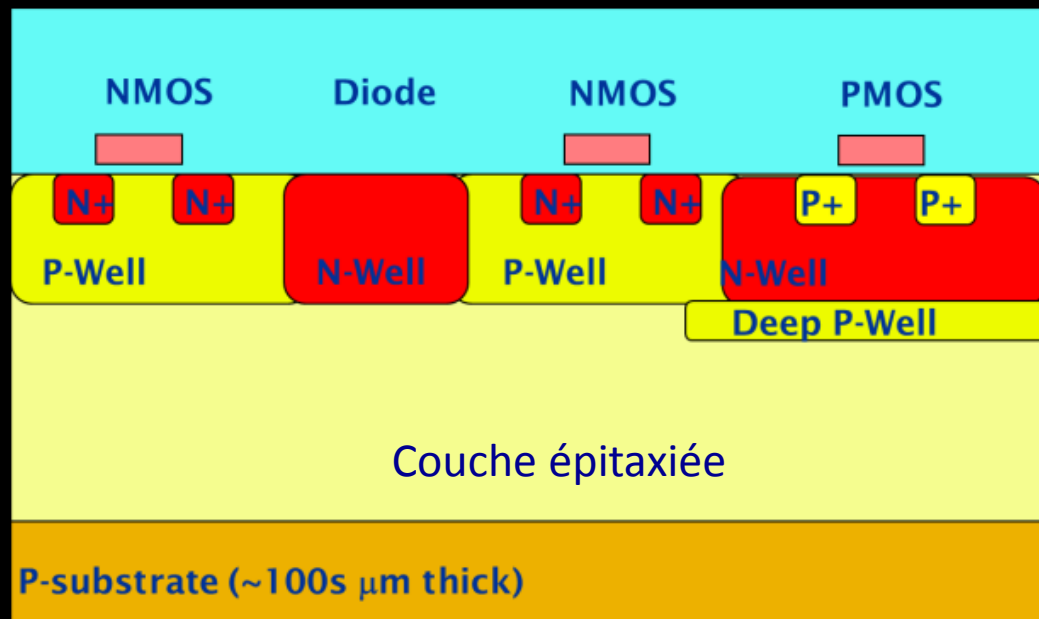
- Nécessaire pour adapter temps lecture MUON et MFT
 - Modification CROCUS (carte de lecture Tracking) → Lecture 100 μ s, TM 30%
 - Modification CROCUS + MANU (FEE Tracking) → Lecture 20 μ s, TM 10%
 - Modification cartes de lecture Trigger → Lecture 20 μ s, TM 10%

- Nécessaire pour supporter taux de particules (50Hz/cm²) MUON RPC
 - Modifications cartes FEE Trigger → FEE amplifié pour avalanche
 - Remplacement quelques RPCs



Technologie Si

- La technologie CMOS MAPS (Monolithic Active Pixel Sensors) est envisagée
- R&D en cours en France pour développer un capteur Tower/Jazz 0,18 μm et électronique associée (tenue aux radiations démontrée)



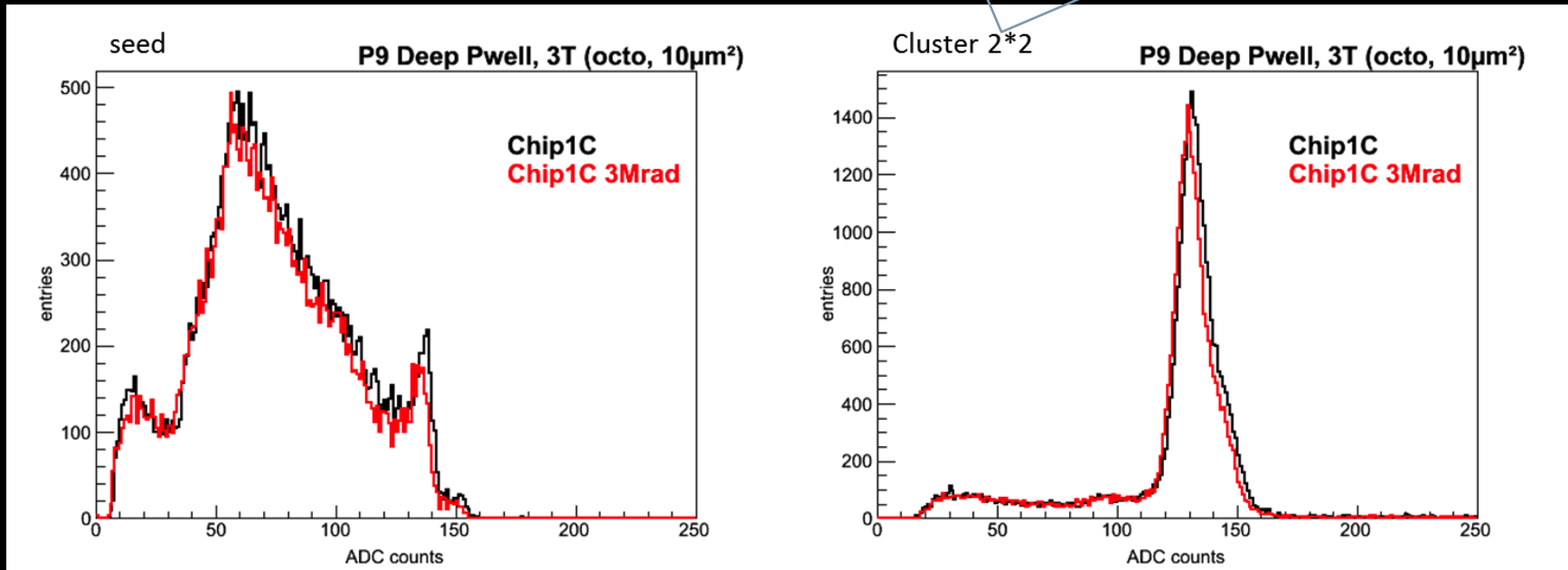


Monolithic Pixels – MIMOSA 32

TID test: irradiation to 3 Mrad (X-ray, CERN)

Fe⁵⁵

Confirmé sous faisceau



deep p-well

Bruit Pixel $\sim 15\text{-}20\text{ e}^-$ (SNR ~ 33) à RT (20°C) – pas de changement après 3 Mrad

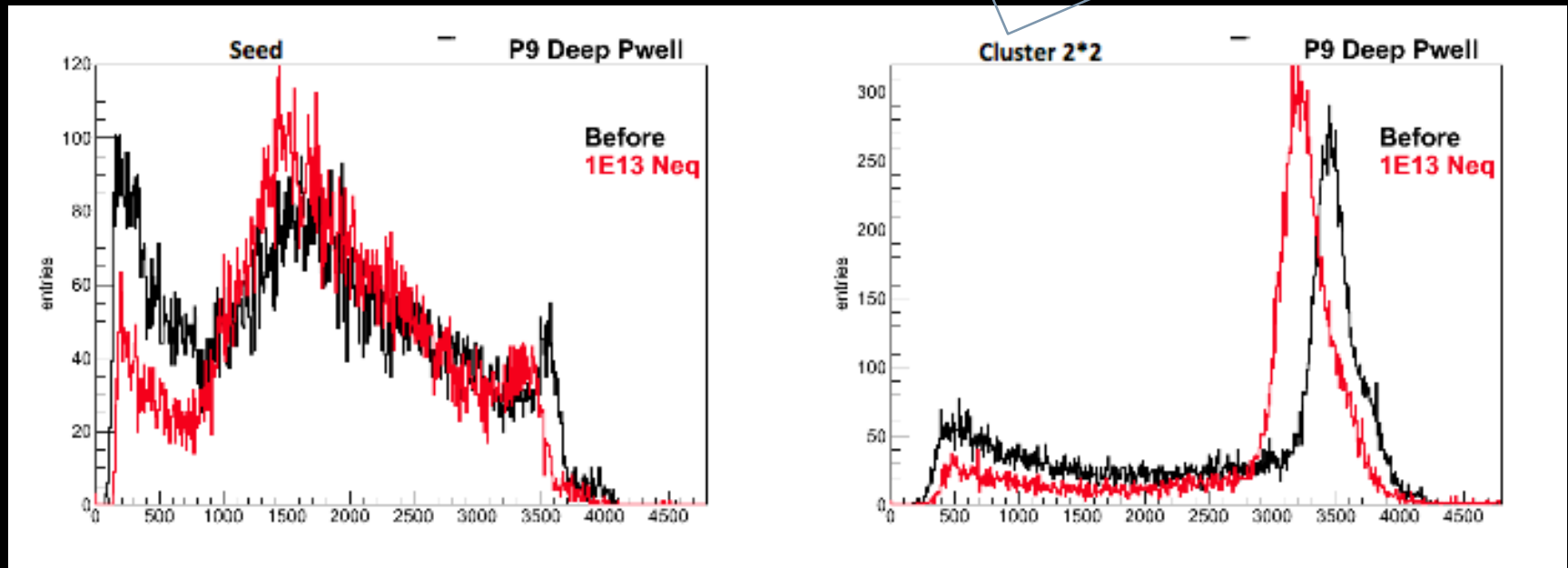


Monolithic Pixels – MIMOSA 32

NIEL test: irradiation to 10^{13} n_{eq} (neutrons, Ljublyana)

Fe ⁵⁵

Confirmé sous faisceau



deep p-well
SNR ~26 après irradiation



Calendrier de réalisation

- 2012-2014 :

- test de la technologie 0.18 μm (MIMOSA-32),
- prototypes de l'architecture de lecture (soumission juillet et octobre 2012)
- test de tolérance aux radiations
- test de microcircuits de sparsification (soumission octobre 2012)
- test d'un pré-prototype (soumission Q4 2013) architecture complète du capteur à l'échelle d'un cm^2
- choix de la configuration finale de ITS et MFT fin 2014
- choix des composants auxiliaires ITS et MFT fin 2014
- réalisation et test du prototype ITS et MFT final

R&D commune
ITS & MFT



Calendrier de réalisation

- 2015-2016 :
 - Fabrication des composants
 - Construction des modules équipés de capteurs CMOS
- 2016-2017 :
 - Intégration des détecteurs
 - Mise en service en laboratoire
- 2017-2018 :
 - Installation dans l'expérience ALICE
 - Mise en service
 - Début d'exploitation



Moyens en France

- Personnels Techniques :
 - R&D MAPS (MFT + ITS) :
 - PICSEL@IPHC : 3 physiciens (2 ETP) + 9 ingénieurs (6 ETP)
 - MICRHAU : 2 ingénieurs (1 ETP)
 - IRFU : 3 ingénieurs (3 ETP)
 - R&D MUON-MFT :
 - LPC, IPNL, Subatech, IPNO : 19 ingénieurs (10 ETP)



Moyens en France

- Physiciens :
 - MUON - MFT : 27 perm. + 11 non-perm. (29 ETP)
IPNL, IPNO, LPC, SUBATECH, IRFU
 - ITS : 2 perm. + 2 non-perm. (3 ETP)
IPHC

Collaborations internationales :

- ITS : Allemagne, CERN, Chine, **IN2P3**, Grande Bretagne, Italie, Pakistan, Pologne, République Tchèque, Russie, Slovaquie
- MFT : **IN2P3**, **IRFU**, Inde, Afrique du Sud, Russie, Corée, Arménie



MFT : contributions Françaises

Partage préliminaire des tâches entre les labos français

	LPC-Clerm.	IPN-Lyon	Subatech	IPN-Orsay	IRFU-Saclay
R&D CMOS MAPS	Pôle MICRHAU				
Design détecteur					
Integration Méca.					
Acquisition Sys.					
Physics Simu.					

Laboratoire responsable de la coordination de la tâche Laboratoire participant à la tâche

Coordinateur Scientifique : R. Tieulent

Coordinatrice Technique : F. Orsini



Coût

- MFT
 - 0,9 M€ : R&D
 - 5,0 M€ : construction et intégration
- Jouvence MUON
 - 0,2 M€ : Option A MUON Tracking, remplacement CROCUS
 - 1,3 M€ : Option B MUON Tracking, remplacement CROCUS + MANU
 - 0,45 M€ : MUON Trigger
- ITS
 - 4 MCHF (3,3 M€) : R&D
 - 10 MCHF (8,33 M€) : option A (pixels)
 - 16 MCHF (13,32 M€) : option B (pixels + strips)
- Fond Commun
 - à définir : ~ 10% total upgrade, répartition selon mode M&O-A



Coût pour l'IN2P3

- Proposition
 - Le coût total de l'upgrade ALICE (ITS, TPC, DAQ, HLT, RO, MFT, FoCAL, VHMPID) est estimé à 70-80 MCHF
 - Une participation de l'IN2P3 à hauteur de 8-9%, soit **5-6 M€**

- **Profil des dépenses préliminaire**
 - R&D 2012-2014 : 1.5 M€
 - **Construction/intégration 2015-2017 :** 4.5 M€

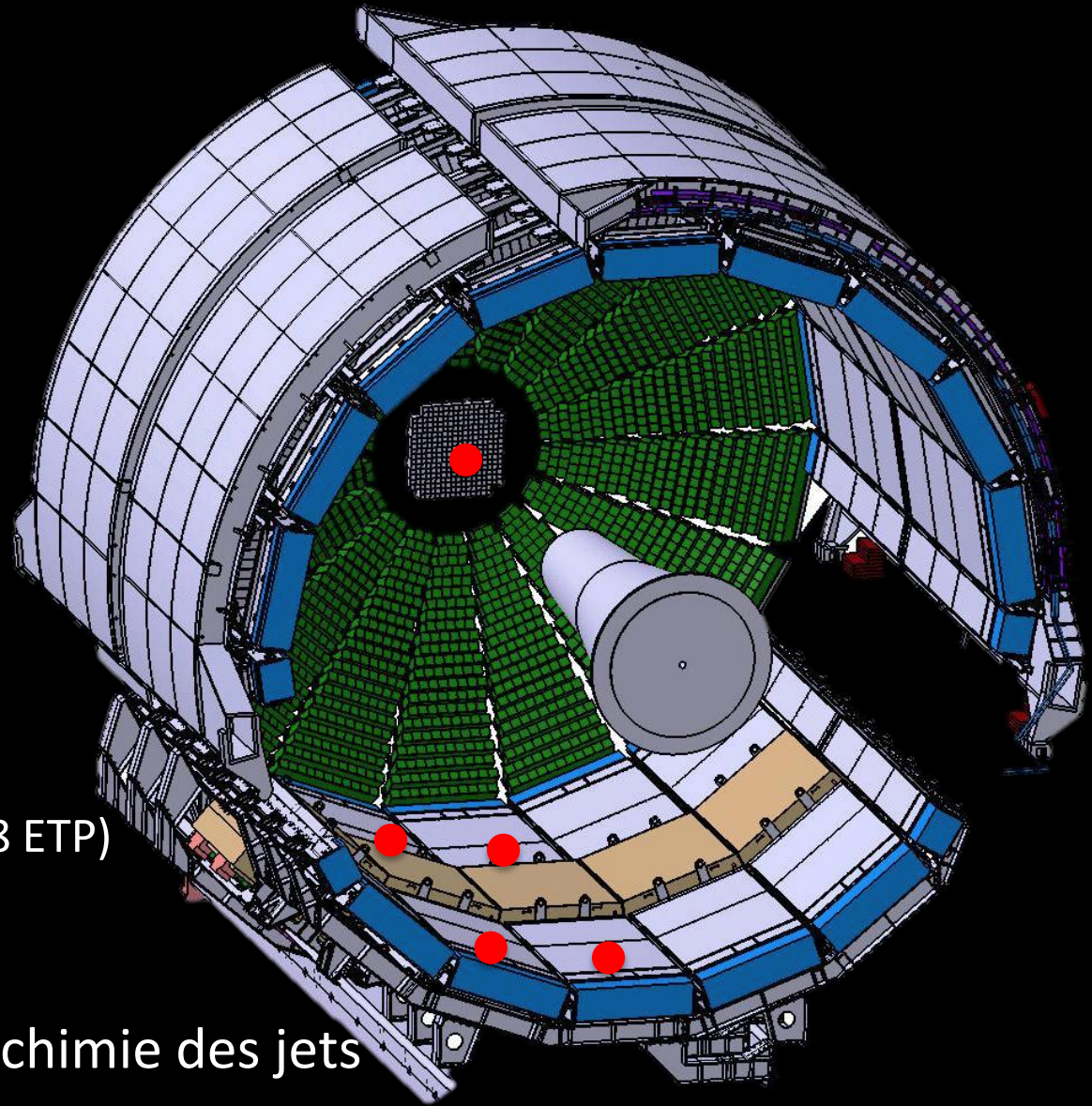


Coût pour l'IN2P3

- Proposition
 - Le coût total de l'upgrade ALICE (ITS, TPC, DAQ, HLT, RO, MFT, FoCAL, VHMPID) est estimé à 70-80 MCHF
 - Une participation de l'IN2P3 à hauteur de 8-9%, soit **5-6 M€**

- Permettrait :
 - Une contribution majeure à MFT
 - Une contribution à la jouvence de MUON
 - Une contribution substantielle à ITS

 - Une participation éventuelle à un projet de calorimétrie



Calorimétrie : 11 (7,8 ETP)
LPSC, SUBATECH

- **VHMPID/DCAL**: hadrochimie des jets
- **FOCAL**: physique à très petits x



Coût pour l'IN2P3

- Proposition
 - Le coût total de l'upgrade ALICE (ITS, TPC, DAQ, HLT, RO, MFT, FoCAL, VHMPID) est estimé à 70-80 MCHF
 - Une participation de l'IN2P3 à hauteur de 8-9%, soit 5-6 M€

- Permettrait :
 - Une contribution majeure à MFT
 - Une contribution à la jouvence de MUON
 - Une contribution substantielle à ITS

 - Une participation éventuelle à un projet de calorimétrie



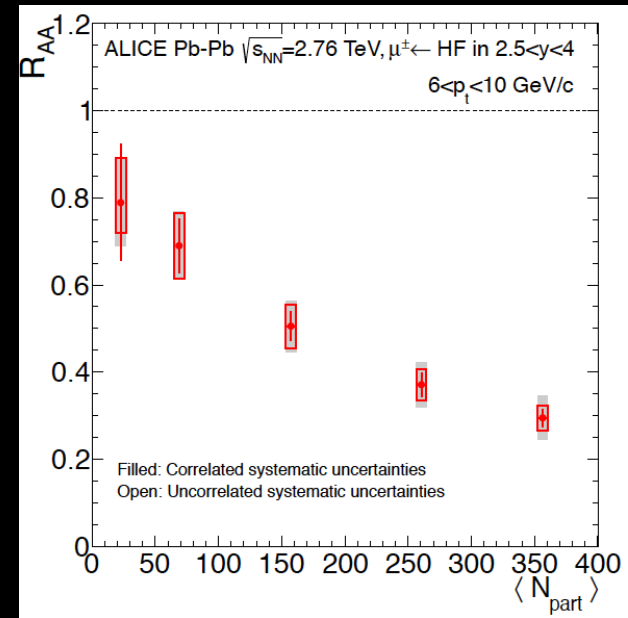
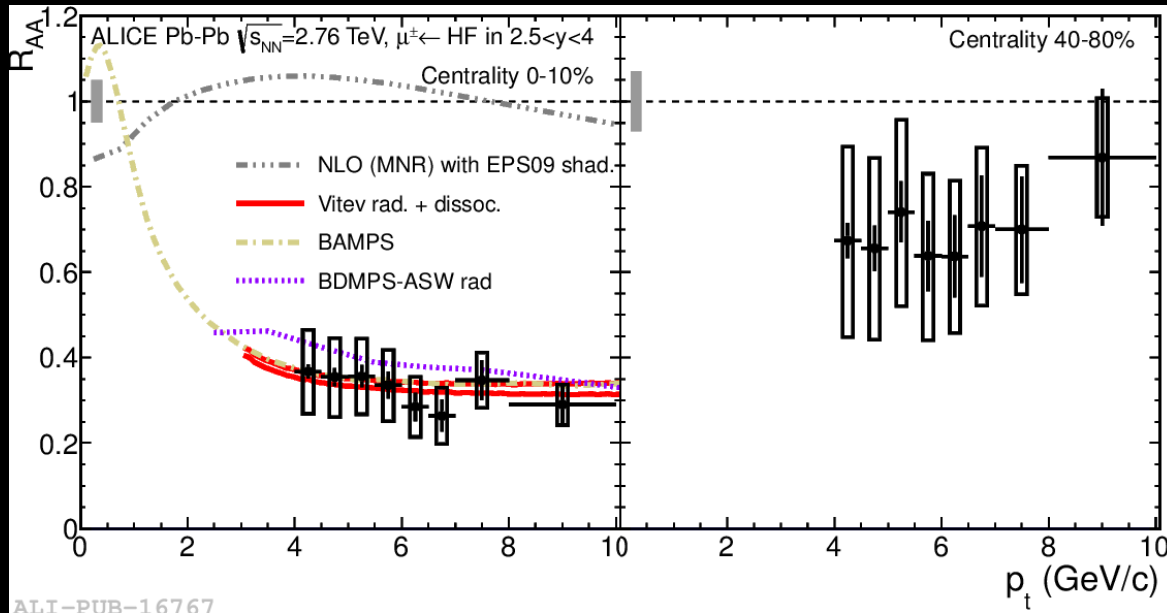
Extra



Plus de MUON



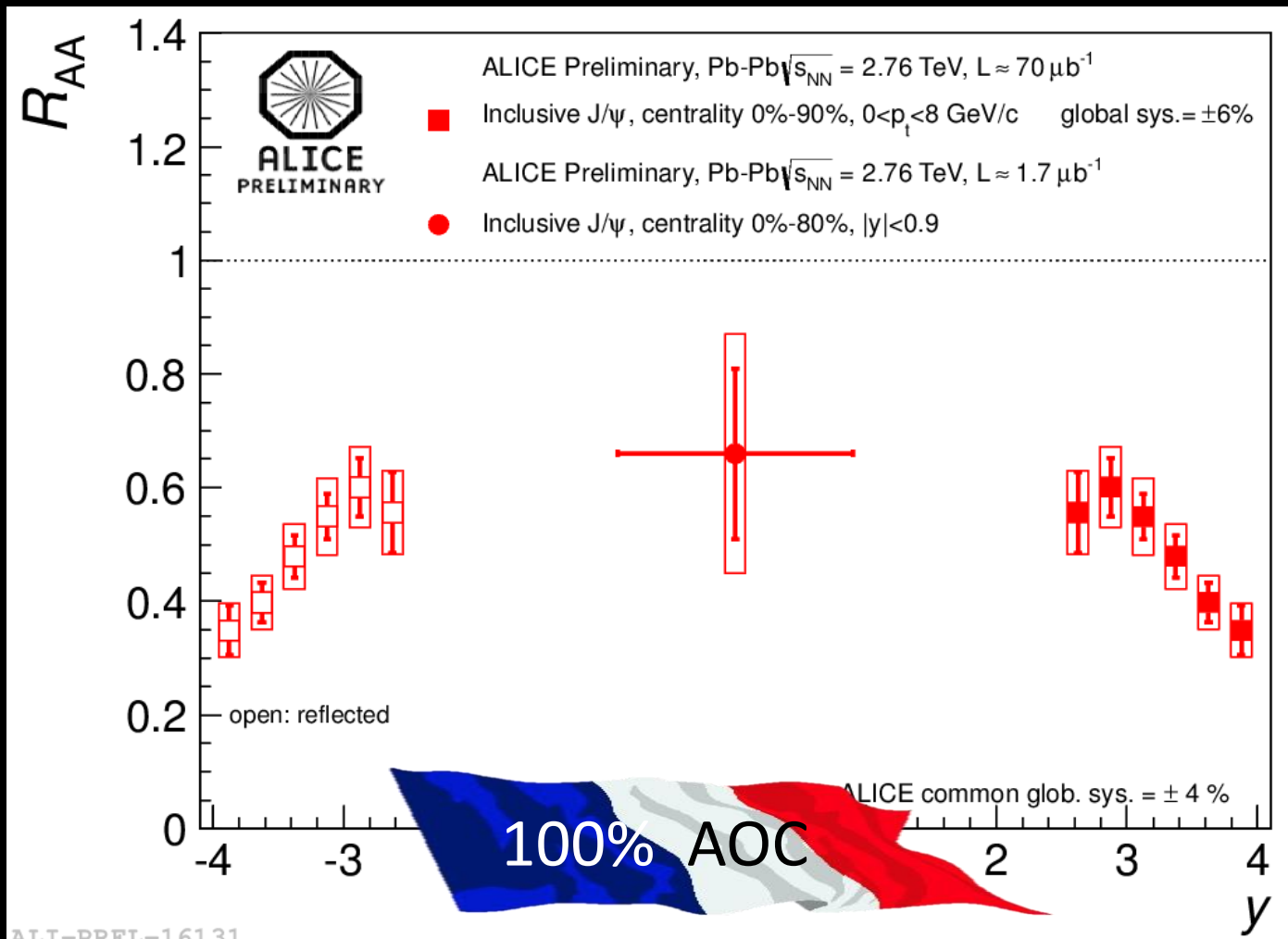
$\mu \leftarrow$ Saveurs Lourdes



100% AOC



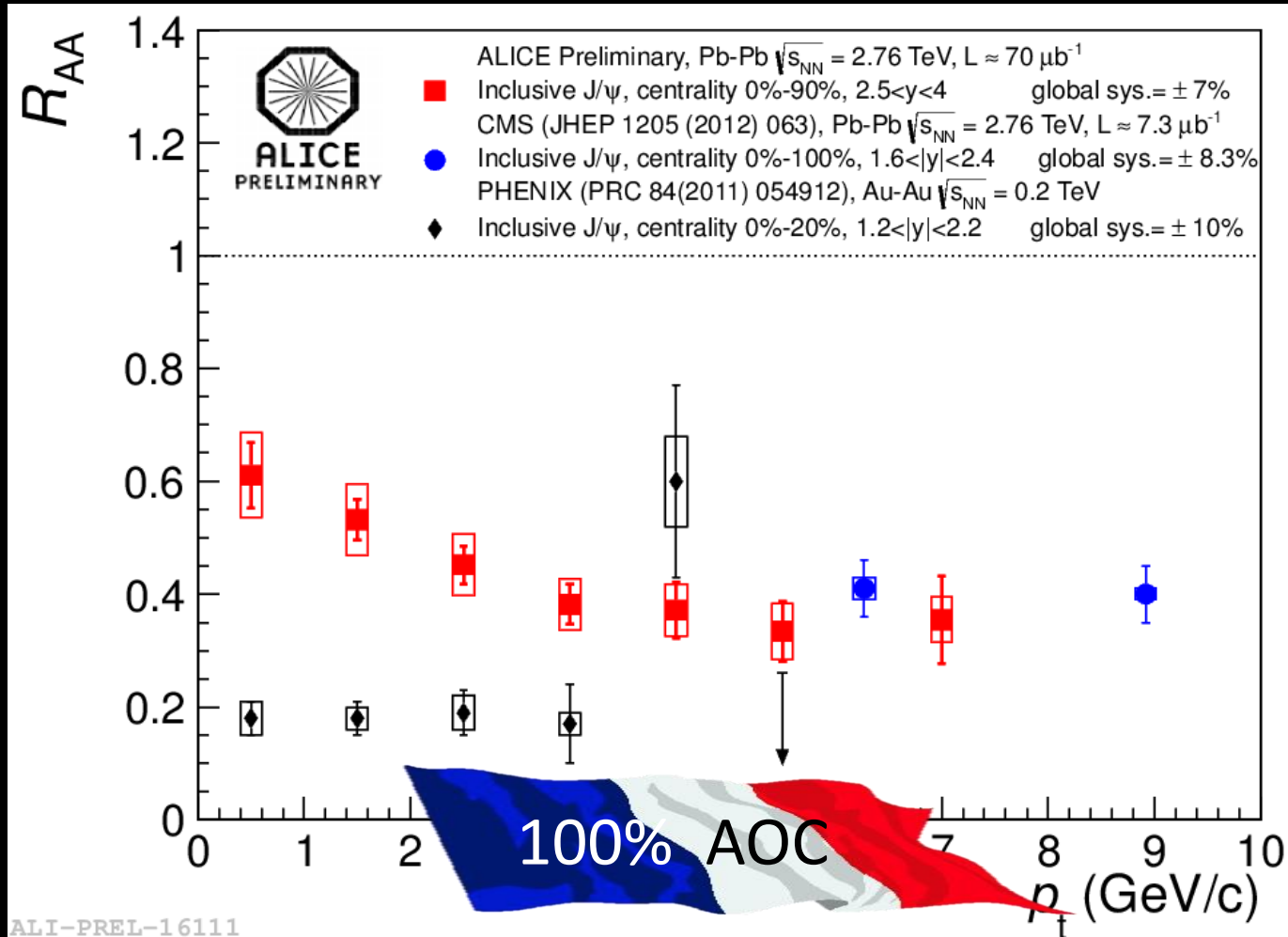
Suppression plus importante à grande rapidité



ALICE-PREL-16131



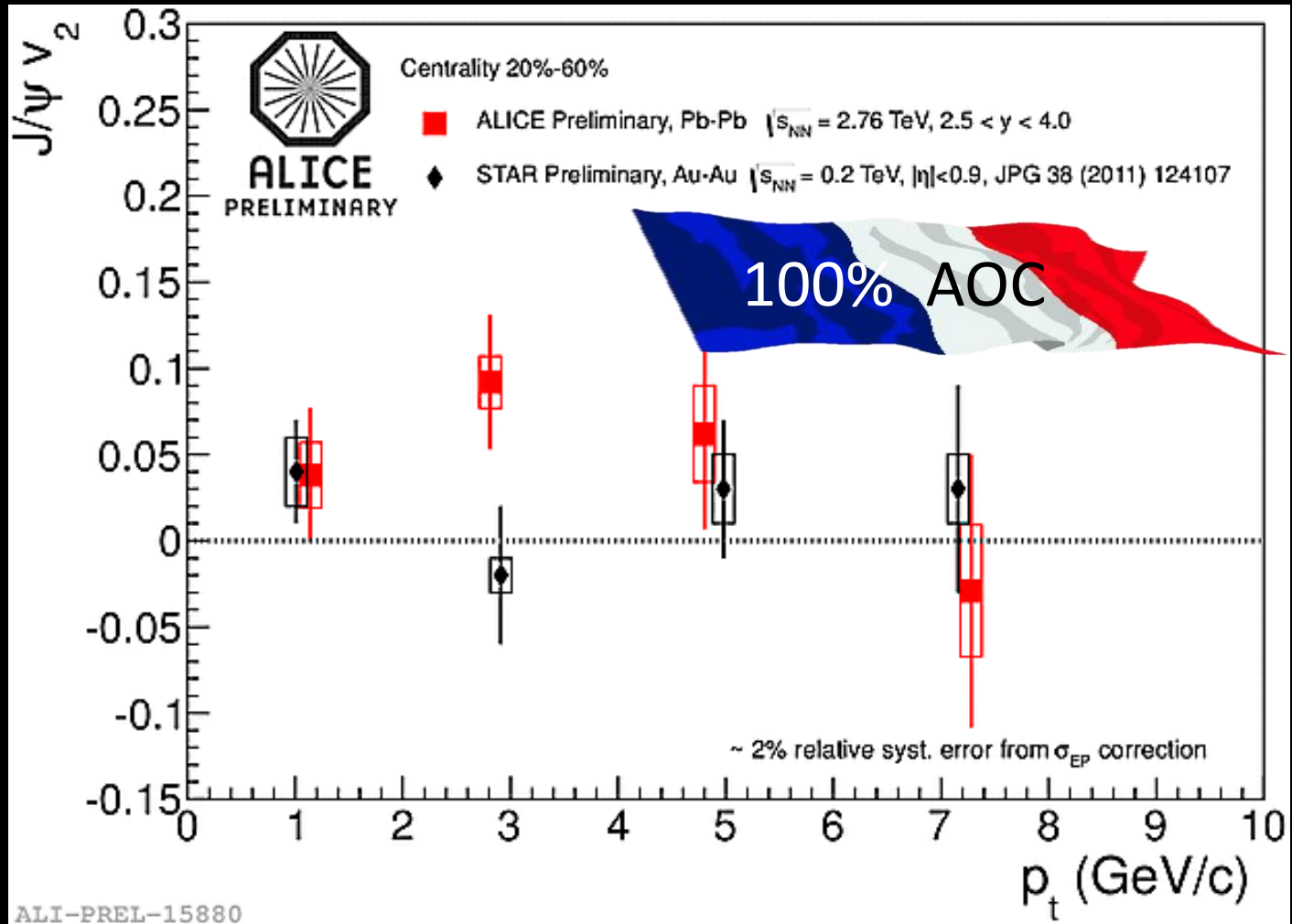
Dépendance p_T de la suppression



ALI-PREL-16111



Hadrons thermalisés dans QGP ?



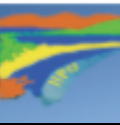
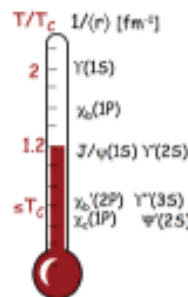
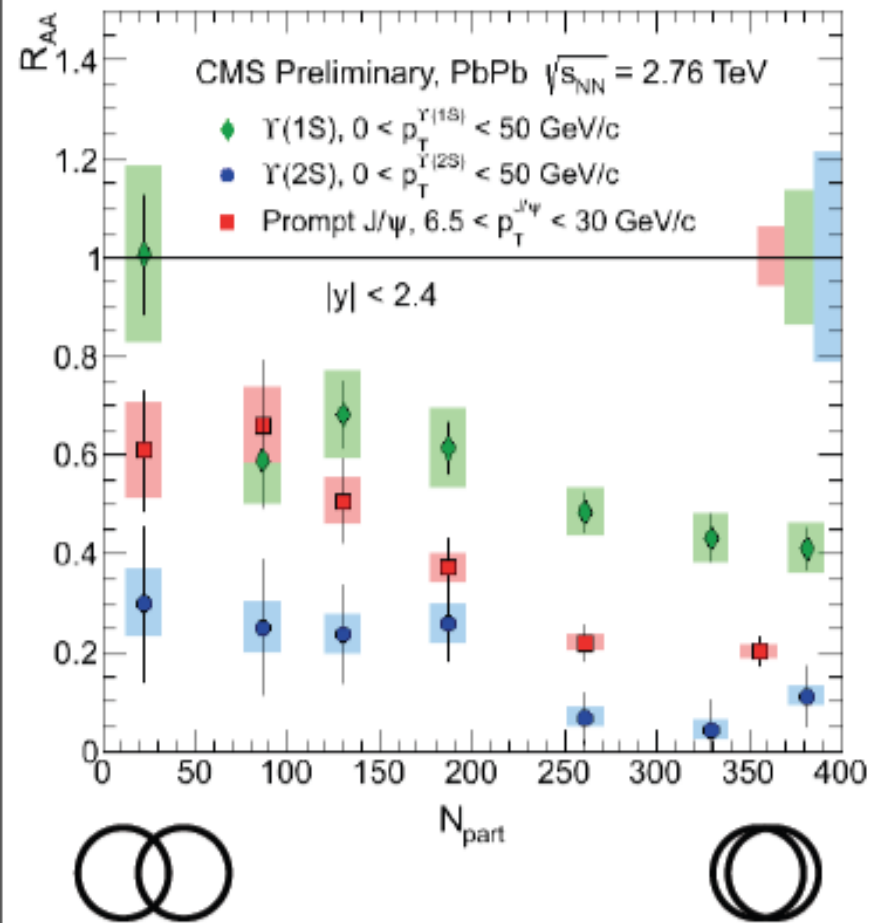


Quarkonia dans PbPb

Vu par CMS

Summary

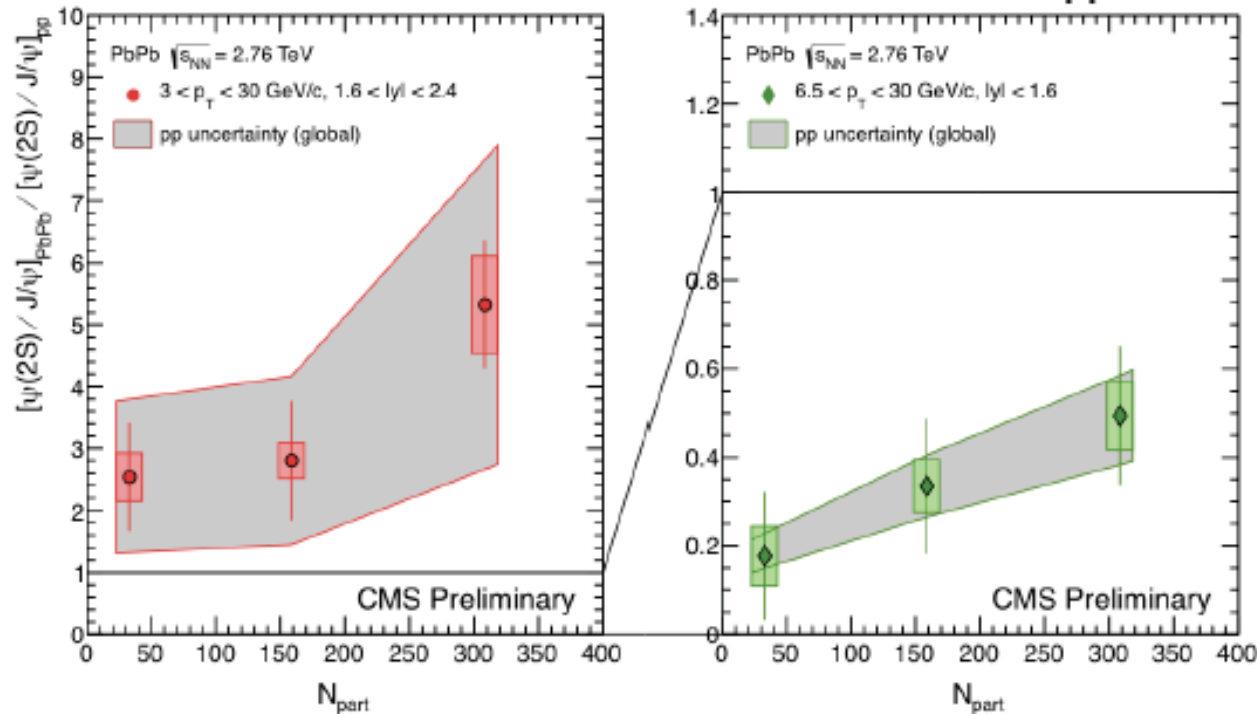
- **First measurement of $\Upsilon(2S)$ suppression**
 - upper limit on $\Upsilon(3S)$ double ratio
- $\Upsilon(1S)$ R_{AA} consistent with suppression of feed down from excited states ($\sim 50\%$)
- **High- p_T $\psi(2S)$ are more suppressed than high- p_T J/ψ**
 - Need more pp statistics to pin down lower- p_T double ratio
- **Filling the thermometer**
 - one peak at a time...



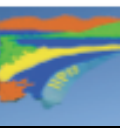
$\psi(2S) / J/\psi$ Double Ratio

CMS-HIN-12-007

- Double ratio of $[\psi(2S) / J/\psi]_{\text{PbPb}} / [\psi(2S) / J/\psi]_{\text{pp}}$



- For $p_T > 3 \text{ GeV}/c$ and $1.6 < |y| < 2.4$:
 - large uncertainties on pp
 - Indication of $\psi(2S)$ being less suppressed than J/ψ , but need more statistics (in particular pp)!
- For $p_T > 6.5 \text{ GeV}/c$ and $|y| < 1.6$:
 - $\psi(2S)$ are more suppressed than J/ψ

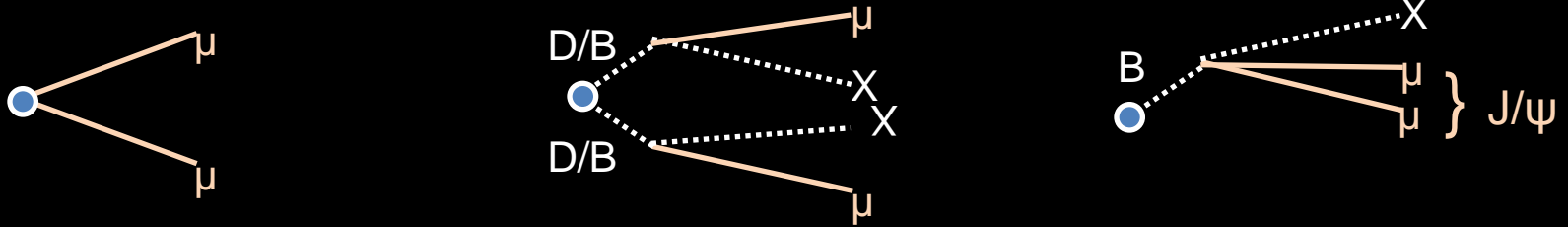




Principe d'identification MFT



Mesure de vertex déplacés



- Identification des muons provenant des mésons D ($c\tau \sim 150 \mu\text{m}$) et B ($c\tau \sim 500 \mu\text{m}$)
- Mesure de vertex déplacé permet
 - Séparation di-muon prompt et di-muon déplacé
 - Identification J/ψ prompt, et $J/\psi \leftarrow B$
 - Mesure séparée de la beauté et du charme ouvert sans l'utilisation de modèle



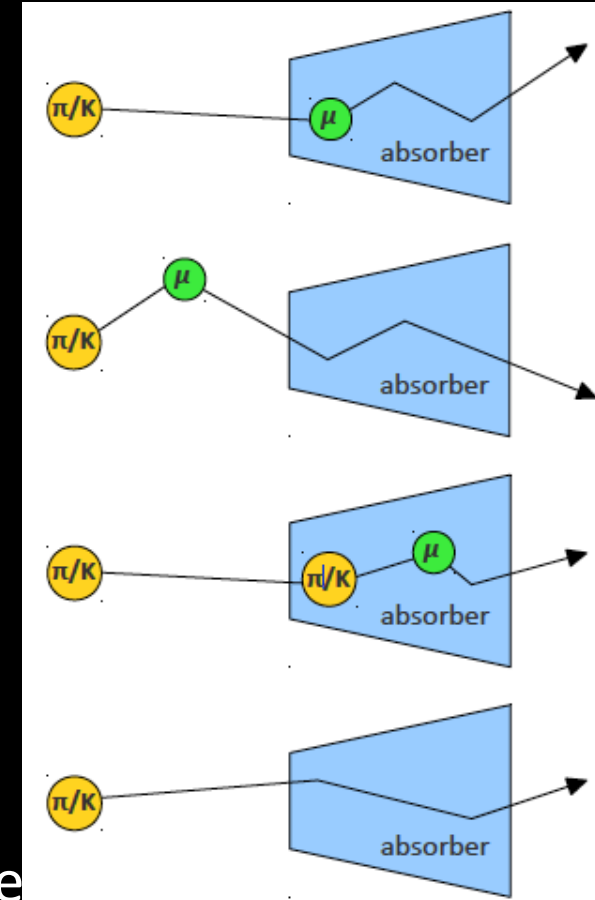
Réjection du bruit de fond

- Principales sources

- μ de décroissance de π/K dans l'absorbeur
- μ de décroissance de π/K avant l'absorbeur
- μ de décroissance de π/K secondaire dans l'absorbeur
- «Punch-through» hadron

- Réjection grâce au MFT

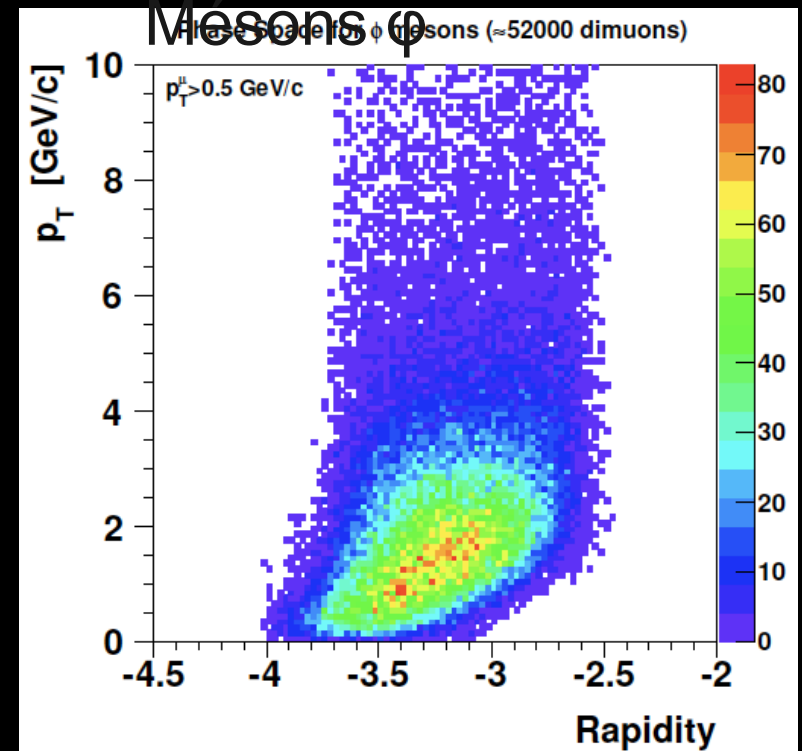
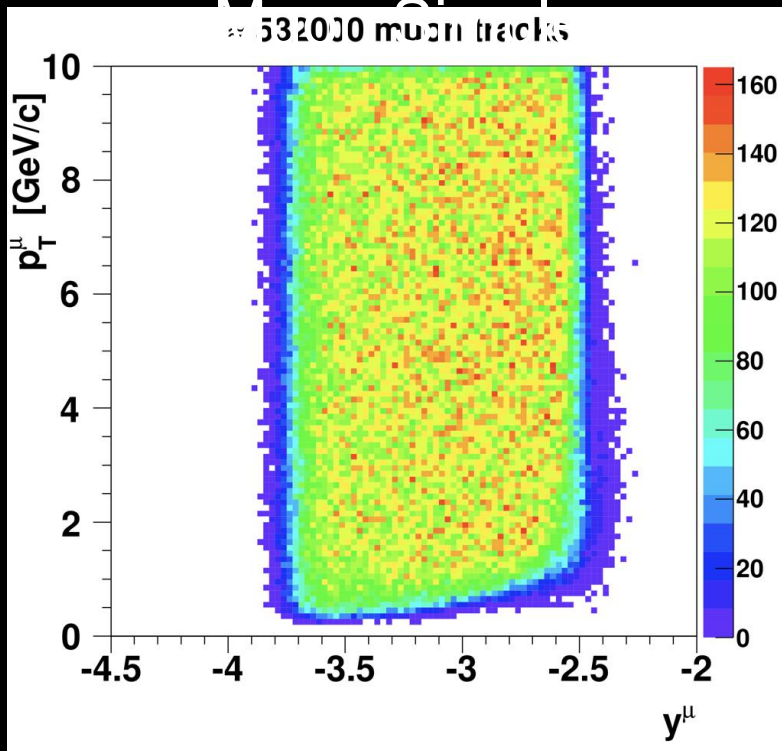
- Coupure sur la qualité de la concordance (χ^2) entre la trace muon et la trace MFT





Espace des phases du MFT

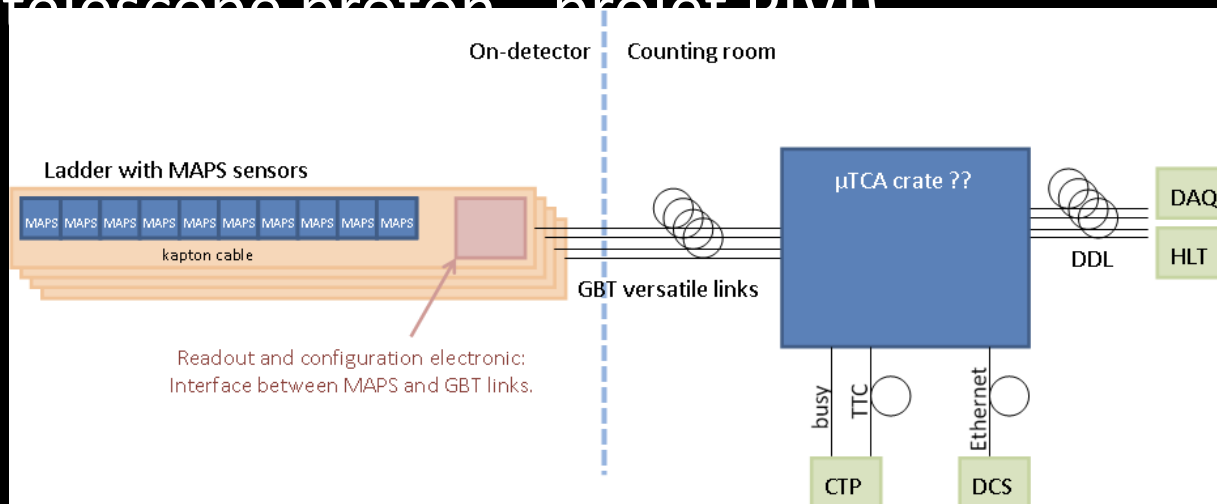
- L'espace des phases couvert permet d'atteindre les basses masses jusqu'à très bas p_T





Systeme d'acquisition

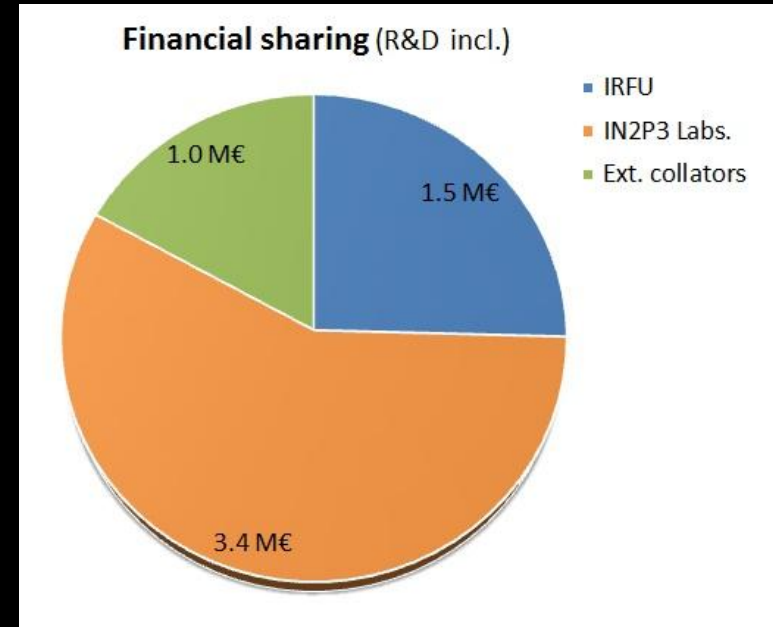
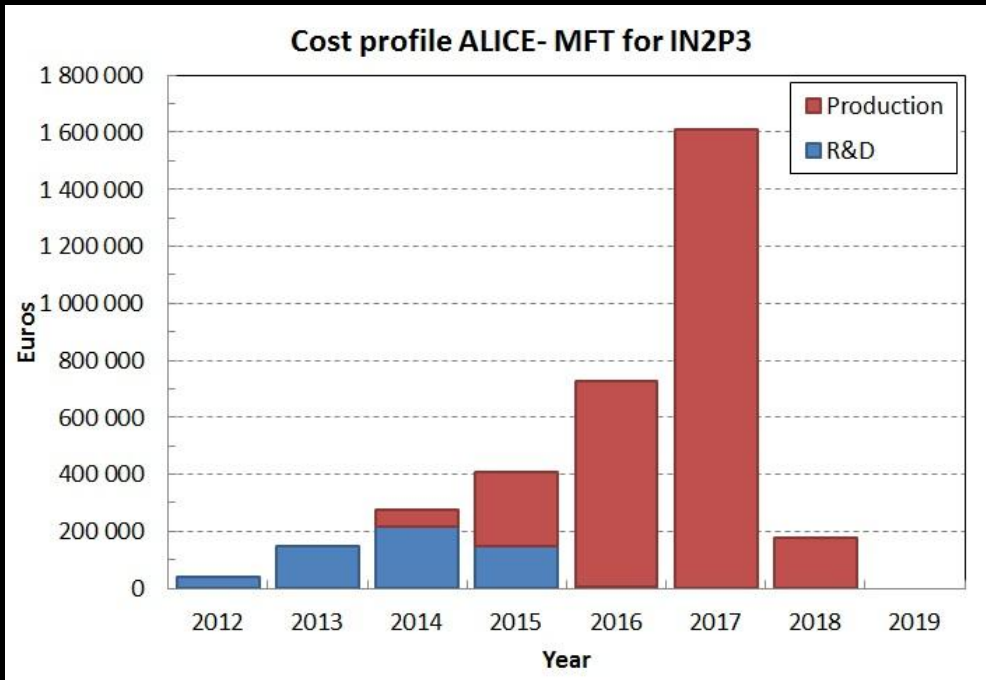
- Front-End Electronics (on detector, en bout d'échelle)
 - Contrôle des senseurs CMOS
 - Transmission des données Raw
- «Back-End» Electronics (dans la salle de comptage)
 - Interface entre MFT and les systèmes centraux de ALICE
- Travail actuellement en collaboration avec l'équipe «imagerie médical» de l'IPN-Lyon (développement d'un télescope proton, projet PIVL)





Coût MFT

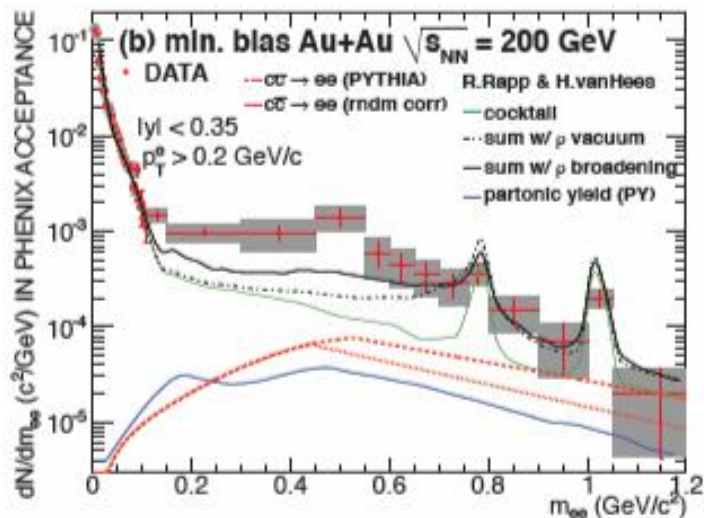
- Coût total : 5.9 M€
—= 5 (prod.) + 0.9 (R&D)



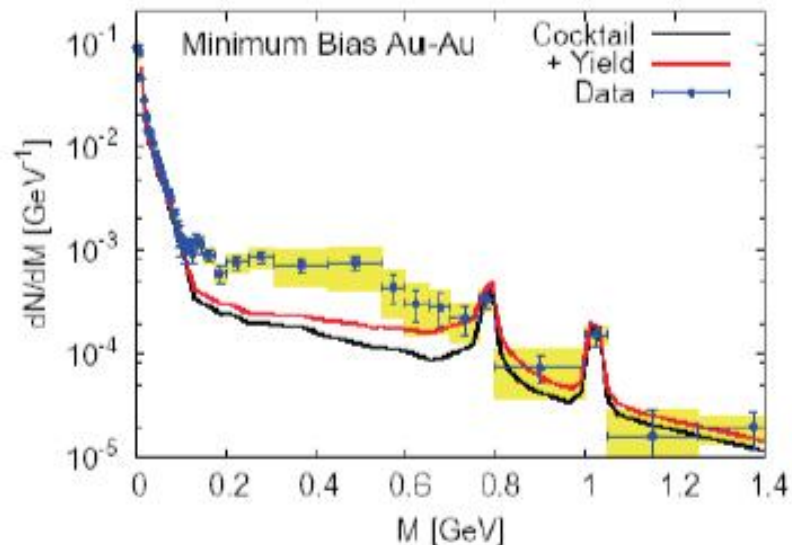


Basses masses au RHIC

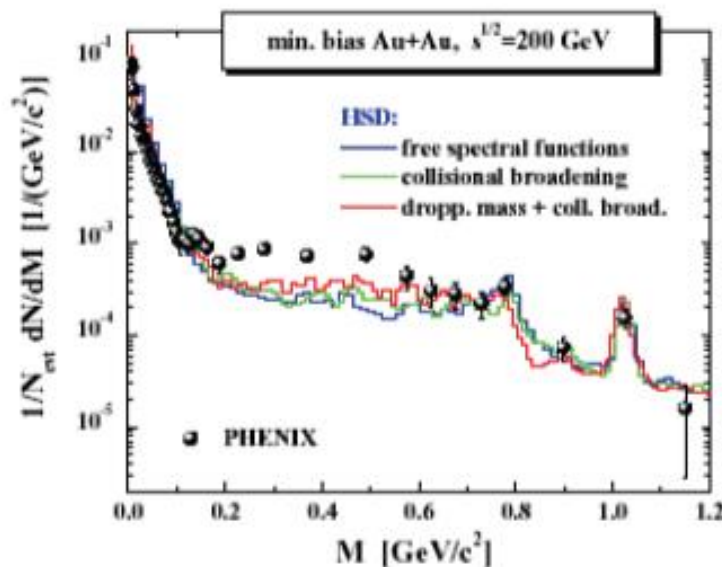
DILEPTONS, THE STORY AS OF A FEW MONTHS AGO



van Hees, Rapp (2010)



Dusling, Zahed (2009)



Bratkovskaya, Cassing, Linnyk (2012)



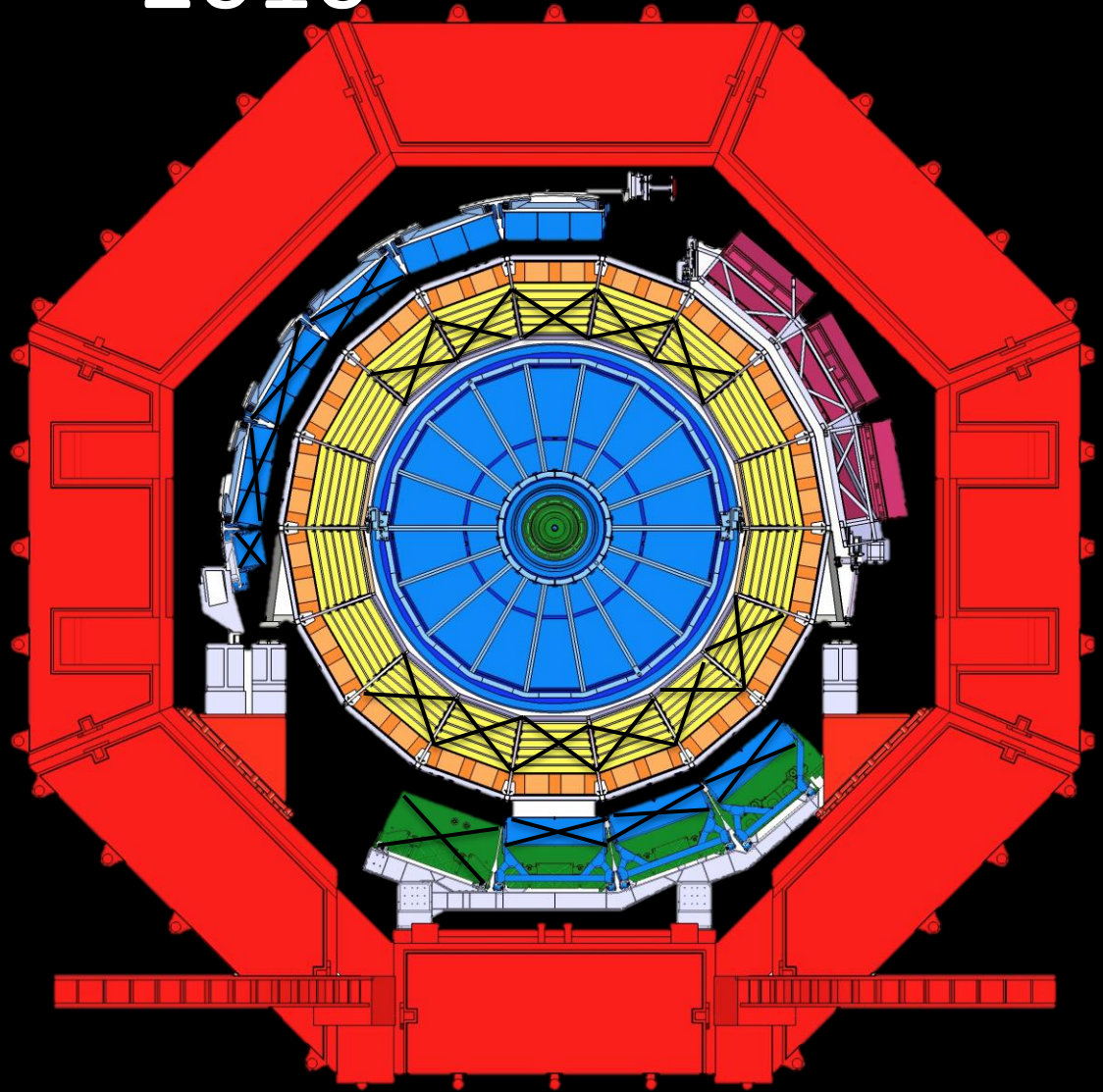
Evolution ALICE

2010-2012



2010

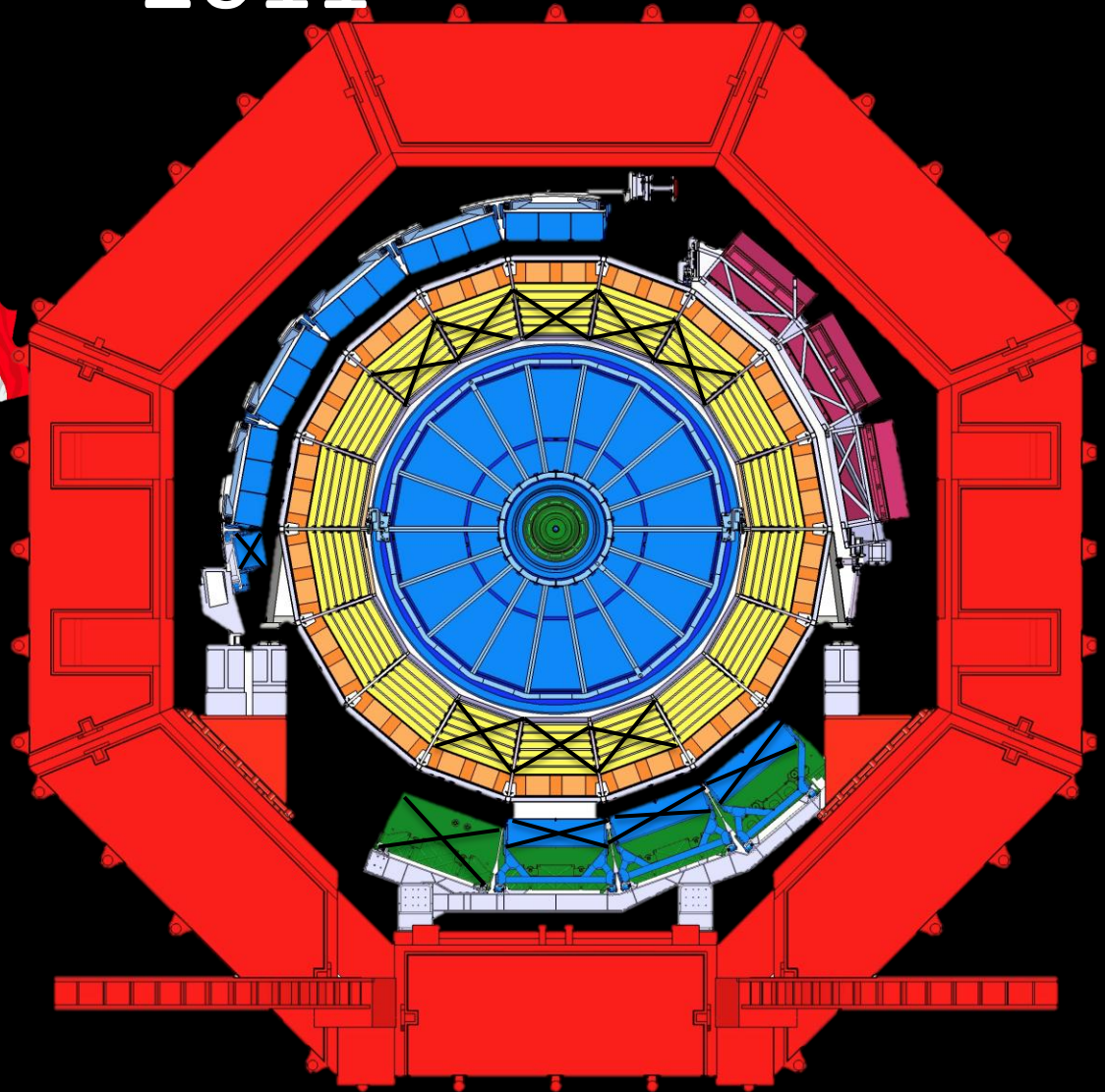
ALICE: une
expérience en
continue
évolution





2011

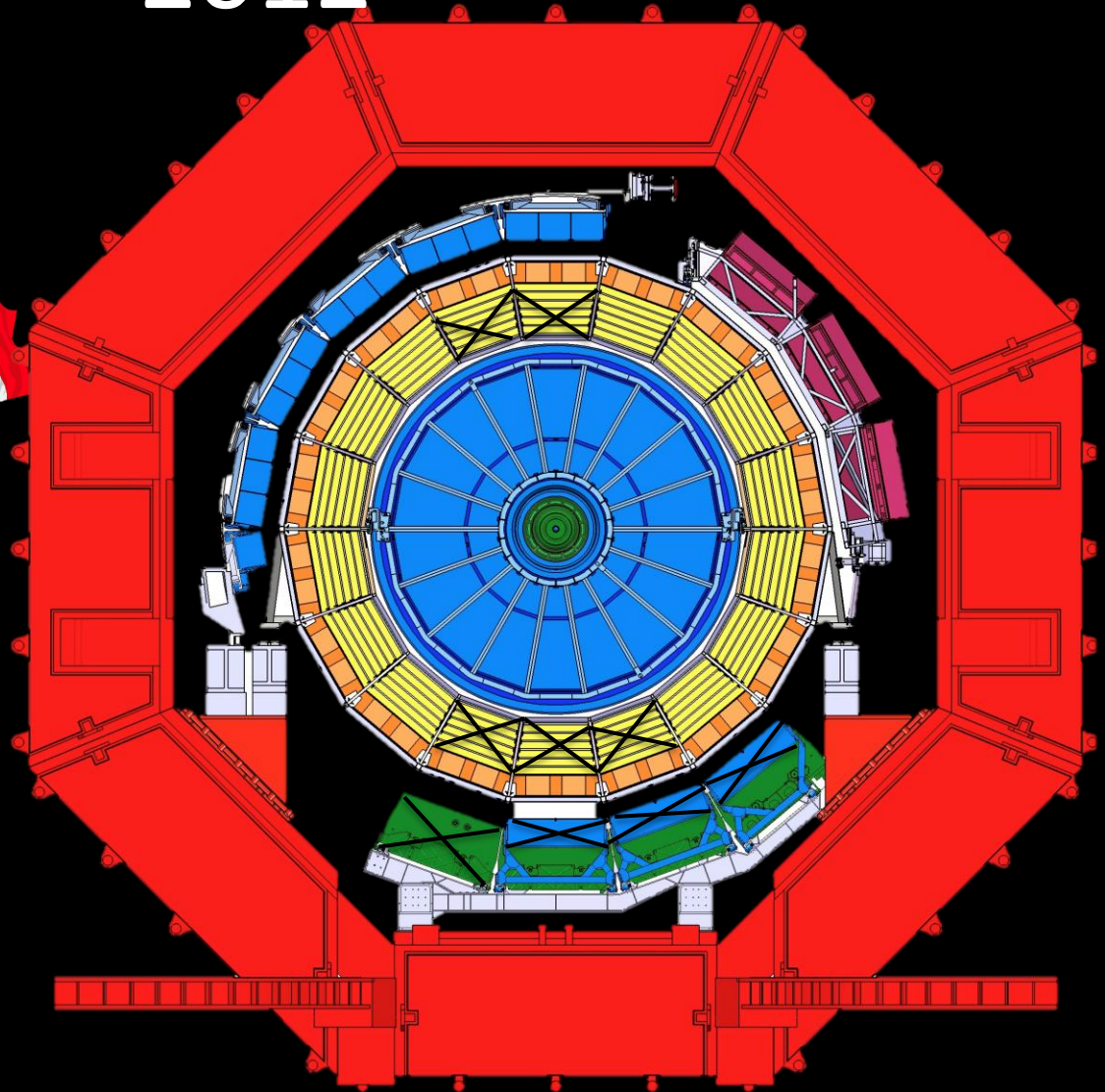
+6 SM EMCAL
+3 SM TRD





2012

+2 ½ SM EMCAL
+3 SM TRD





Tous sur les MAPS

MAPS



Caractéristiques MAPS

- Granularité: $20 \times 20 \mu\text{m}^2$
- Matériau: $50 \mu\text{m}$ (0,05% X_0)
- Tolérance radiations: 700 krad , $2 \times 10^{13} \text{ neq/cm}^2$
- Temps de lecture: $< 7 \mu\text{s}$
- Budget: faible coût de revient

MIMOSA-32: Running Conditions & Pixels Studied

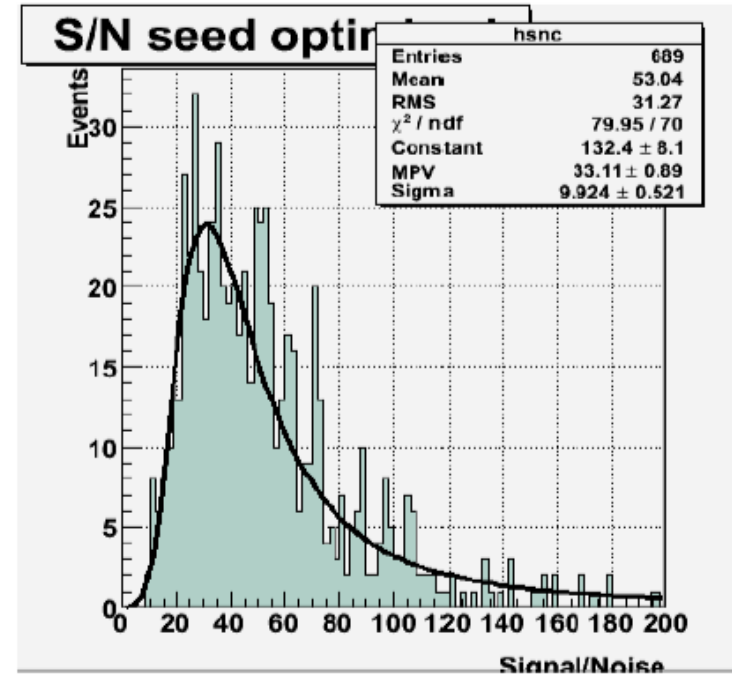
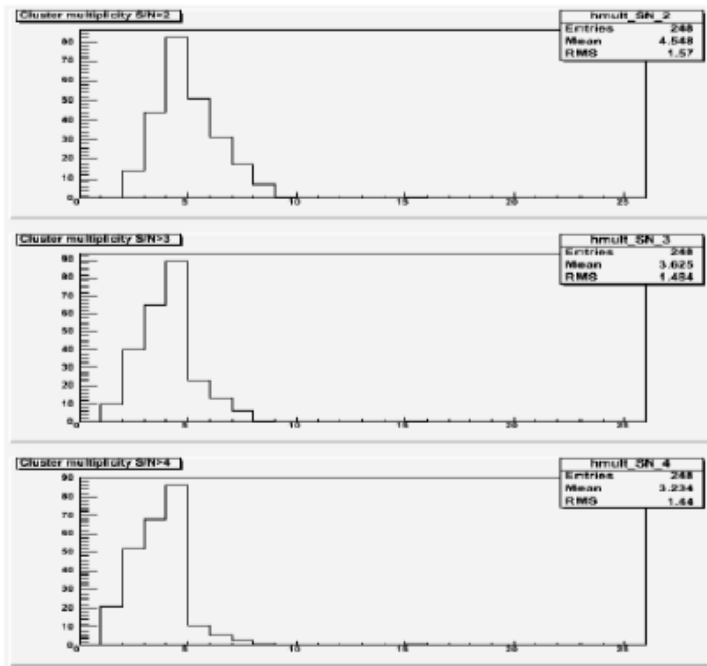
- **Parasitic running on T4-H6 with ~ 60 GeV " π^- " beam:**
 - * Data taking started on Thursday June 7th \rightarrow data shown collected until this morning ...
 - * Data taking still in a converging mode (detection efficiency, single point resolution, etc.)
 - \Rightarrow **Results are very preliminary !** (but \sim consistent with lab test results)

- **M.i.p. response concentrating on few cases (stat):**
 - * 1 pixel geometry: $20 \times 20 \mu m^2$
 - * only pixels without integrated pre-amplifier
 - * 2 pixel designs : P1 (2T, ELT) and P9 (Deep P-well, 3T)
 - * matrices of 8×64 pixels $\Rightarrow 0.2 \text{ mm}^2$ active area ...
 - * 2 coolant temperatures: 15 and 30°C

- \Rightarrow **Objective: understand basic sensing properties of the technology**
 - \Rightarrow **$18 \mu m$ thick high-resistivity epitaxial layer ?**

MIMOSA-32 : Signal-to-Noise Measurements

- Cluster multiplicity and SNR measured with P1 (2T pixels) at $T = 15^\circ\text{C}$

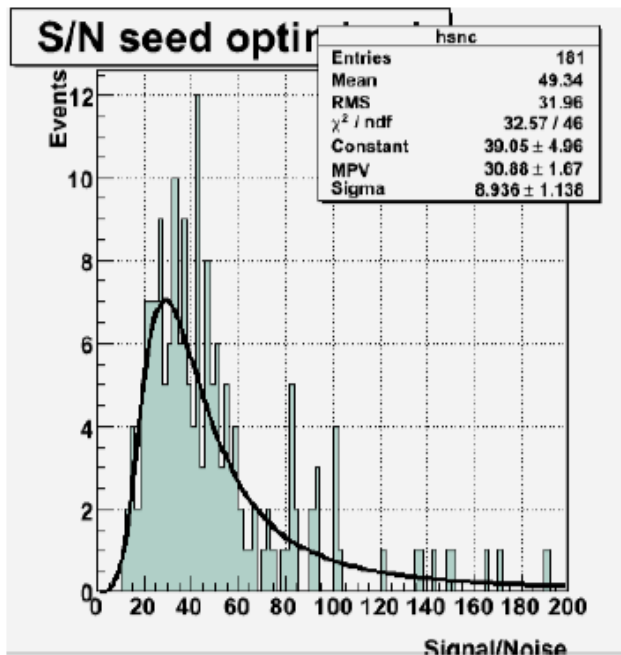


\Rightarrow Ccl: $\overline{Mult} \sim 3.5-4$ and $\text{SNR} \sim 33.1 \pm 0.9$ before irradiation

MIMOSA-32 : Signal-to-Noise Measurements after 3 MRad

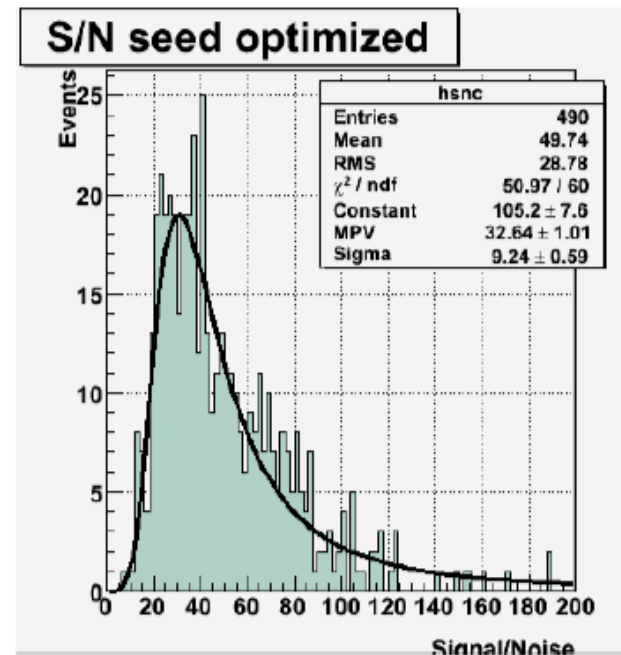
- Sensor irradiated with 3 MRad (10 keV X-Rays) tested at $T = 15^{\circ}\text{C}$:

P1 (2T)



$\Rightarrow \text{SNR} \sim 30.9 \pm 1.7$

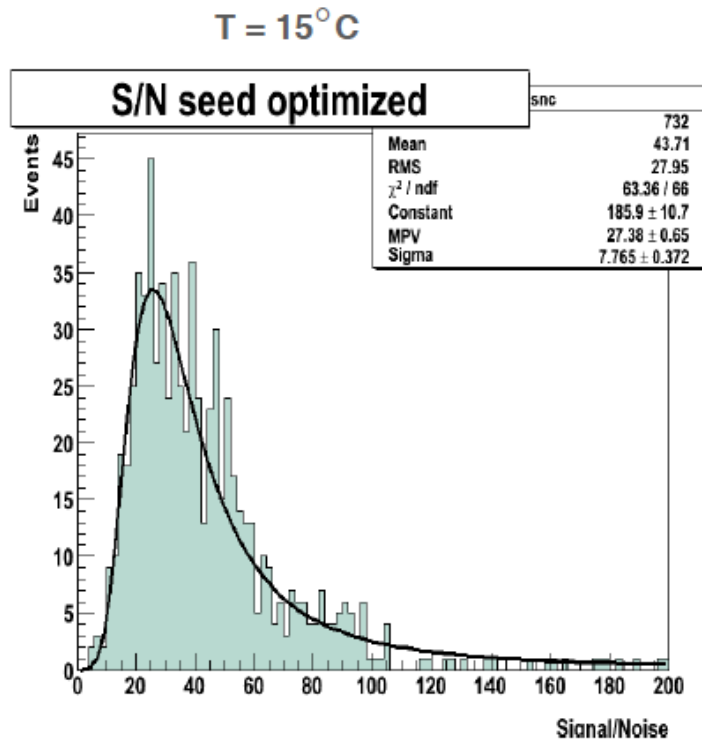
P9 (deep P-well)



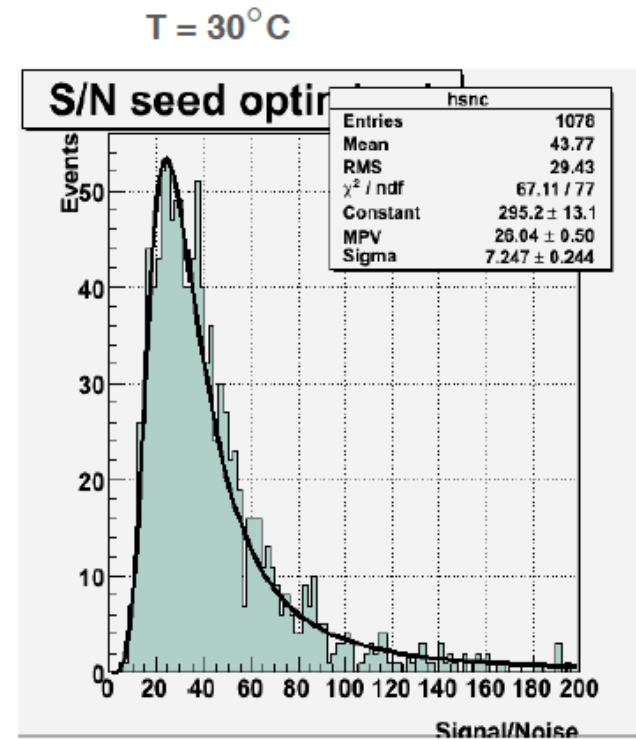
$\text{SNR} \sim 32.6 \pm 1.0$

MIMOSA-32 : SNR Measurements after $10^{13} n_{eq}/cm^2$

- Sensor irradiated with $10^{13} n_{eq}/cm^2$ tested at $T = 15$ & $30^\circ C$:



$\Rightarrow SNR \sim 27.4 \pm 0.7$



$\Rightarrow SNR \sim 26.0 \pm 0.5$

Next Steps

- **Preliminary results encouraging :**

- ✧ SNR \sim 33 before irradiation
- ✧ Bulk damage : SNR \sim 26 after $10^{13} n_{eq}/cm^2$ (T=30°C)
- ✧ Ionising radiation : SNR \gtrsim 30 after 3 MRad (T=15°C)

- **Next beam tests (July '12):**

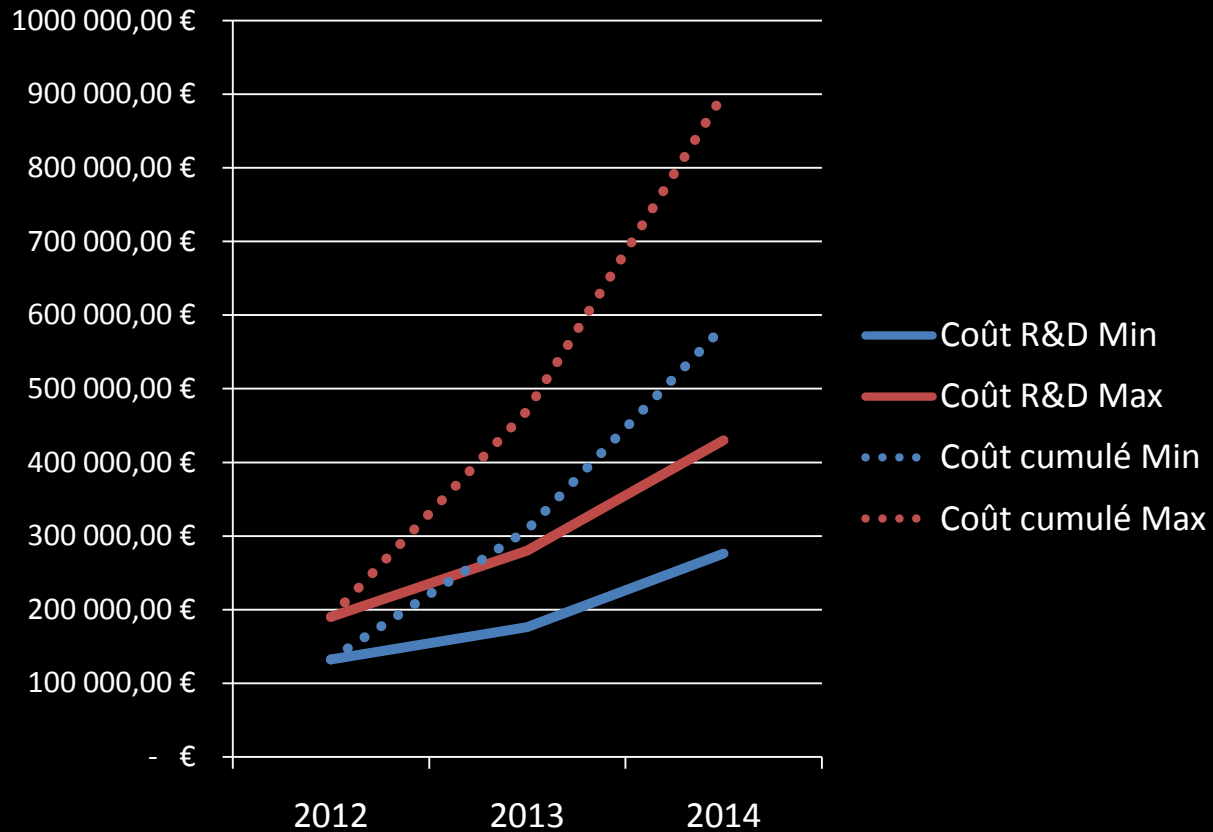
- ✧ M32 main user (optimised data taking & beam conditions) \Rightarrow improve statistics
- ✧ Combine NI and I irradiations
- ✧ Explore other pixels

- **Other steps :**

- ✧ Submission of MIMOSA-32ter in July (improved in-pixel ampli., 4T pixels ?, ...)
- ✧ Tests of discriminators
- ✧ Design of MIMOSA-22THR, AROM-1, SUZE-02

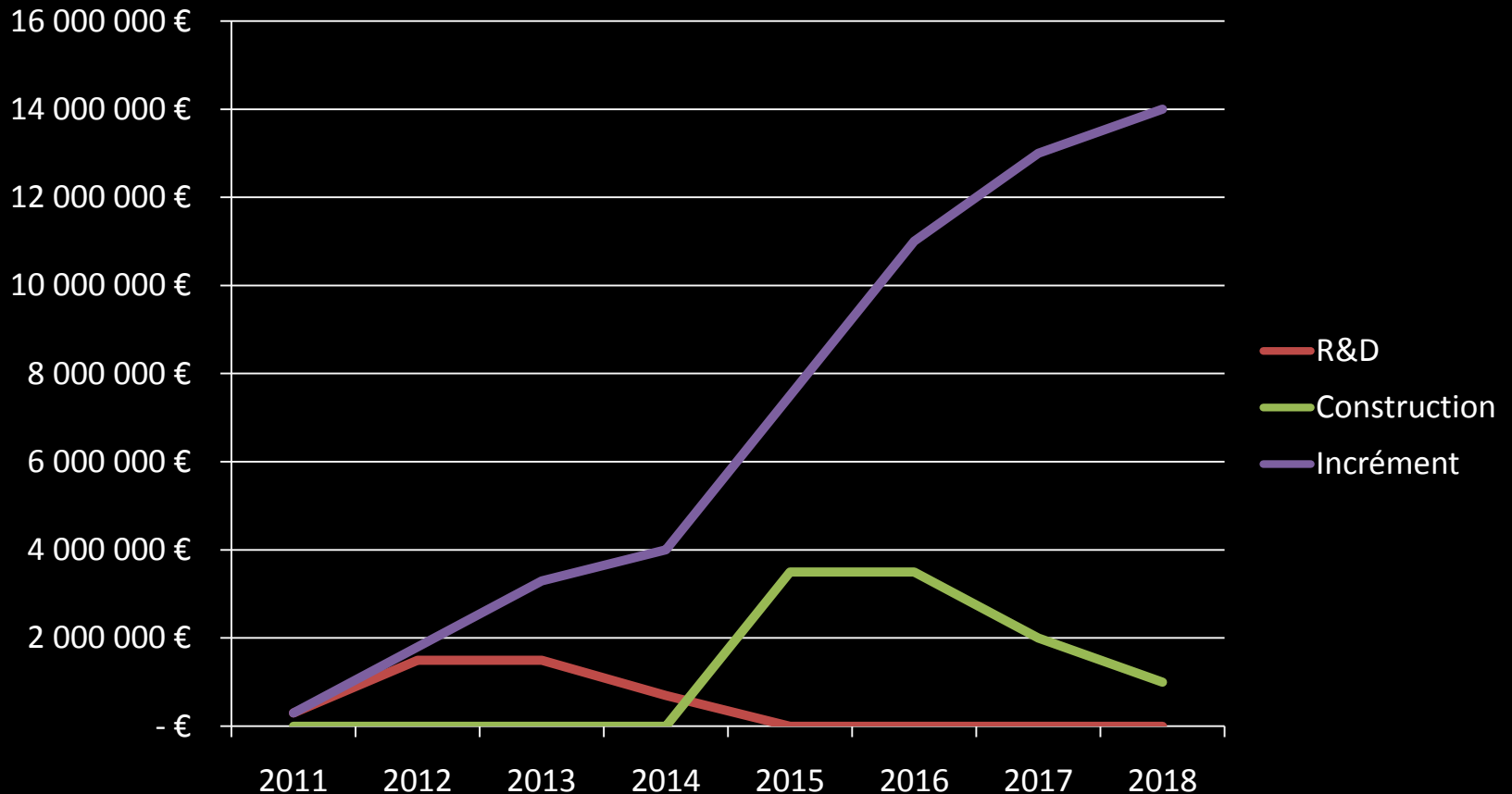


Coût R&D MAPS



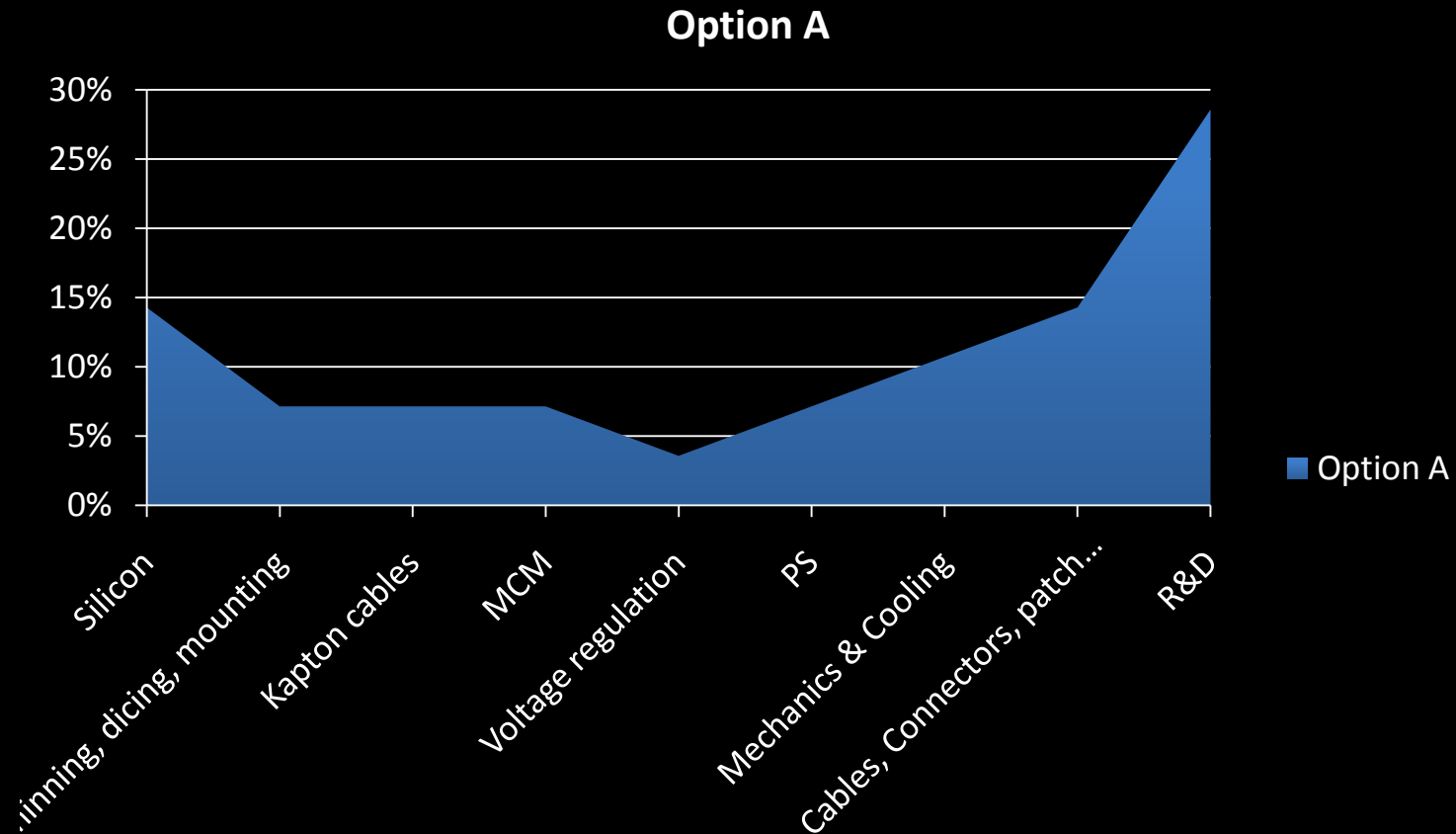


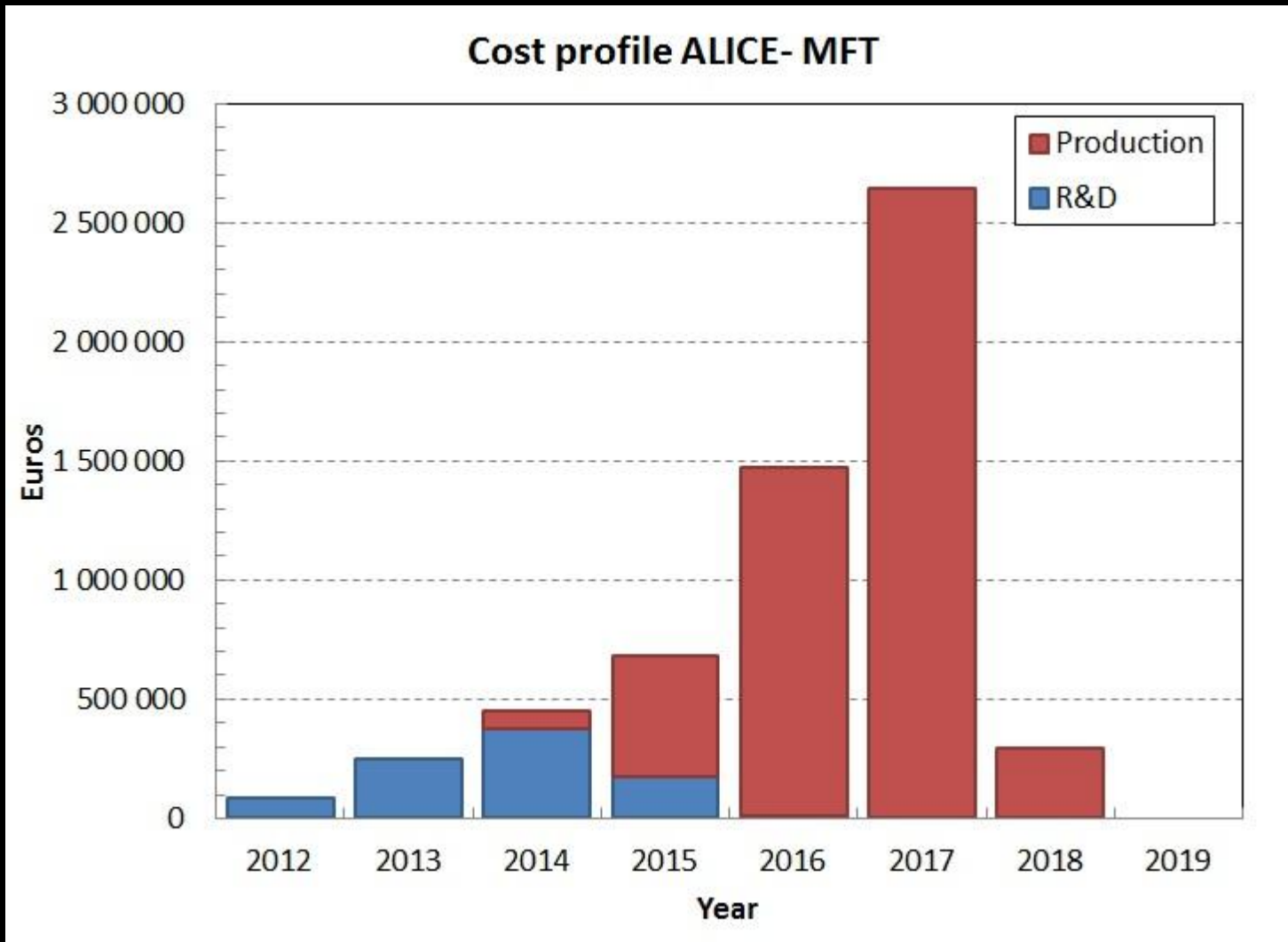
Profil de dépenses ITS





Répartition des coûts ITS







Référence pp



Statistique référence pp

- Erreurs statistiques en mode pp \ll PbPb (e.g. $\sqrt{2}$ fois plus petites)

Observables avec $S \ll B$ (charm à bas p_T) \rightarrow Signif = S/\sqrt{B}

- $S_{pp} / \sqrt{B_{pp}} = \sqrt{2} * S_{PbPb} / \sqrt{B_{PbPb}}$
- $N_{pp} = 2 N_{PbPb} [(Signif/ev)_{PbPb} / (Signif/ev)_{pp}]^2$
- D^0 , $(Signif/ev)_{PbPb} / (Signif/ev)_{pp} \sim 5 \rightarrow N_{PbPb} \sim 50 N_{pp}$
 - $L_{int}^{PbPb} = 10/nb \rightarrow L_{int}^{pp} \sim 6/pb$ (4×10^{11} events)
 - Idem pour mesure de D-de-B
- L_c , $(Signif/ev)_{PbPb} / (Signif/ev)_{pp} \sim 1$ (guess) $\rightarrow L_{int}^{pp} \sim 0.6/pb$

Faisable en ~ 1 month
(à ~ 100 kHz, avec upgrade high-rate)



Matrice upgrade



Measurement Requirement	B/D R_{AA} flow	Charm baryons	Charmonia	Low-mass ee	Jets	Heavy nuclear states
Needs high-rate (10/nb)	yes	yes	yes	ongoing	ongoing	yes
Needs Upgraded ITS	yes	yes	yes, for high rate	ongoing	ongoing	yes, for high-rate
Syst. Unc. assessed	yes (R_{AA})	ongoing	ongoing	ongoing	ongoing	ongoing
Fundamental Physics Motivation	yes	yes	yes	yes	ongoing	interesting (not QGP)
ALICE Unique	yes, low p_T	yes, low p_T	yes, $y=0$, low p_T	yes	yes, +PID	Yes
pp reference assessed	yes	yes	yes	ongoing	ongoing	not needed



What about CMS & ATLAS



ATLAS & CMS

- **CMS:**
 - Taux de collisions inspecté limité à quelques kHz (L1), 100 Hz sur bande (HLT)
 - Mesure des jets jusqu'à 25 GeV, corrélations jets et plan de réaction, b jets > 50 GeV, γ , Z, W – jet (jusqu'à 120 GeV), corrélations multi-jet
 - Seuil en impulsion muons 3-4 GeV/c, à l'avant 2 GeV/c, pourrait être amélioré en baissant le champ magnétique
 - Identification π , K, p PID jusqu'à 1 GeV/c, hadrons étranges jusqu'à 10 GeV/c, mésons D ?
- **Atlas:**
 - Taux de collision à l'entrée de HLT limité à 3 kHz, O(500 Hz) sur bande
 - Jet, ciblé sur grand E_t , γ , Z – jet, trajectographie jusqu'à 0.5 GeV/c
 - Di-leptons basse masse difficile, pas d'identification d'électron à bas p_t
 - Identification limité à la région des bas p_t , même limite que CMS pour muons



ALICE/ATLAS/CMS

	current ALICE	ALICE upgrade	ATLAS upgrade	CMS upgrade
innermost point (mm)	39.0	22.0	25.7	30.0
x/X_0 (innermost layer)	1.14%	0.3%	1.54%	1.25%
d_0 res. $r\phi$ (μm) at 1 GeV/c	60	20	65	60
hadron ID p range (GeV/c)	0.1–3	0.1–3	–	–

- x/X_0 : meilleure efficacité de reconstruction et meilleure résolution vertex à bas p_T
- PID (ITS+TPC+TOF): unique pour ALICE