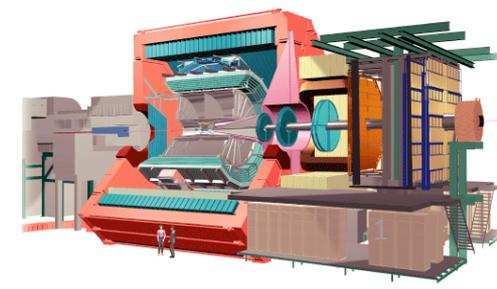


# Etude d'un télescope à vertex pour le spectromètre à muons de l'expérience ALICE au LHC



# Plan

- Description générale du LHC et de ALICE**
- Motivations physiques**
- Faisabilité dans ALICE**
- Etude de multiplicité à l'avant de l'absorbeur**
- Reconstruction de la trajectoire : détermination de l'offset**

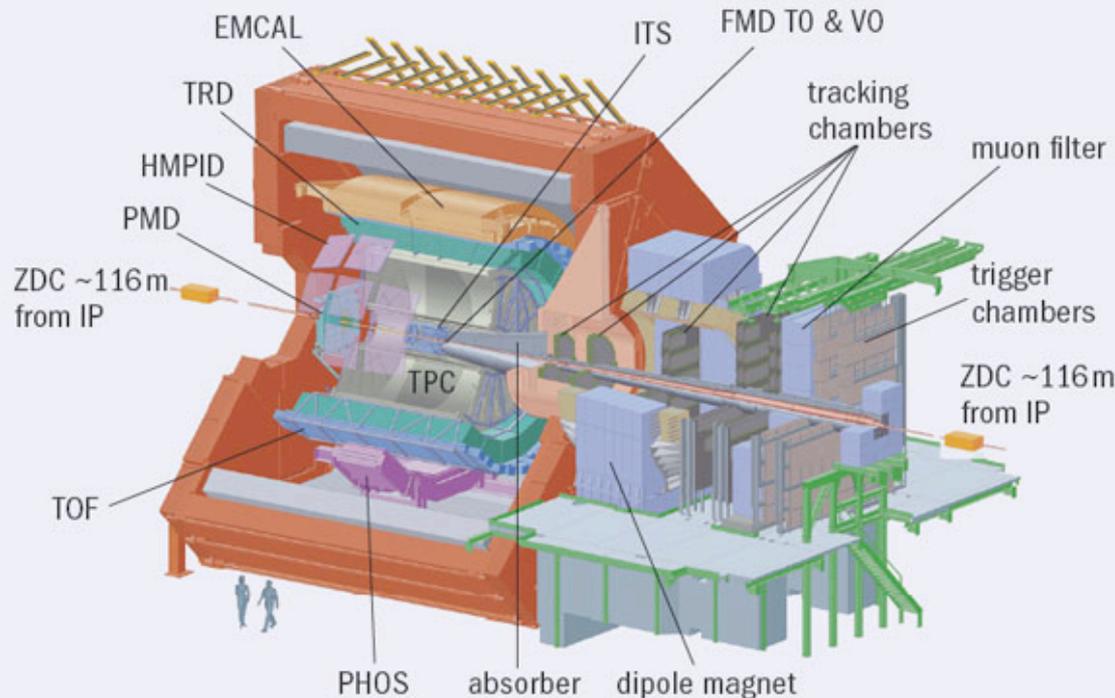
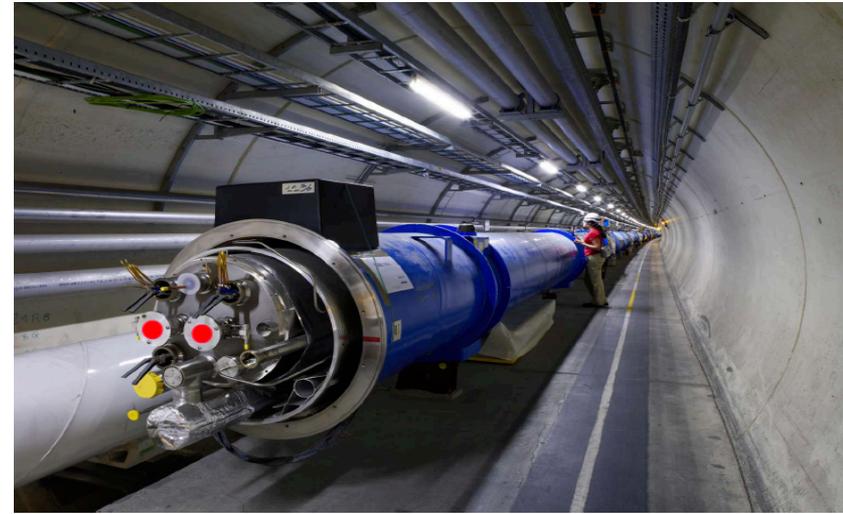
# Description générale du LHC et de ALICE

Le plus grand accélérateur de particules jamais construit

- 27km de circonférence
- 1200 aimants supraconducteurs
- Collisions p-p à 7TeV l'an prochain

Un mois par an collisions Pb-Pb (3,5TeV)

- Quatre expériences : ATLAS, LHC-b, CMS et ALICE dédiée à l'étude du plasma de quark gluons



- Deux parties principales : le tonneau central et le spectromètre à muons
- De nombreux détecteurs : ITS, TPC, TRD, TOF, HMPID, PHOS, ZDC, PMD, FMD, T0, V0
- Identification des hadrons, leptons, photons, et muons. Mesure de masse, charge et énergie

# Focus sur le tonneau central et implantation des plans

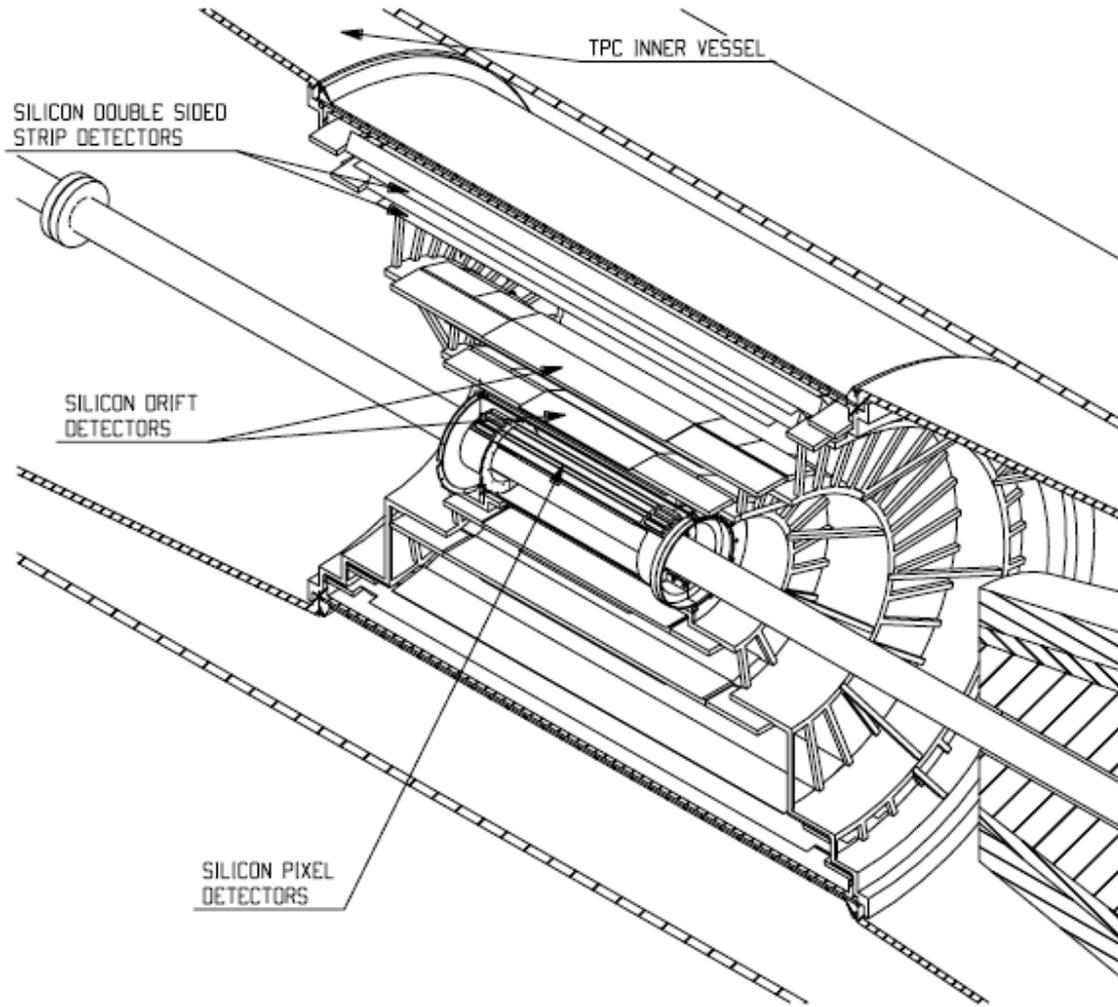


Figure 2.1: General view of the Inner Tracking System.

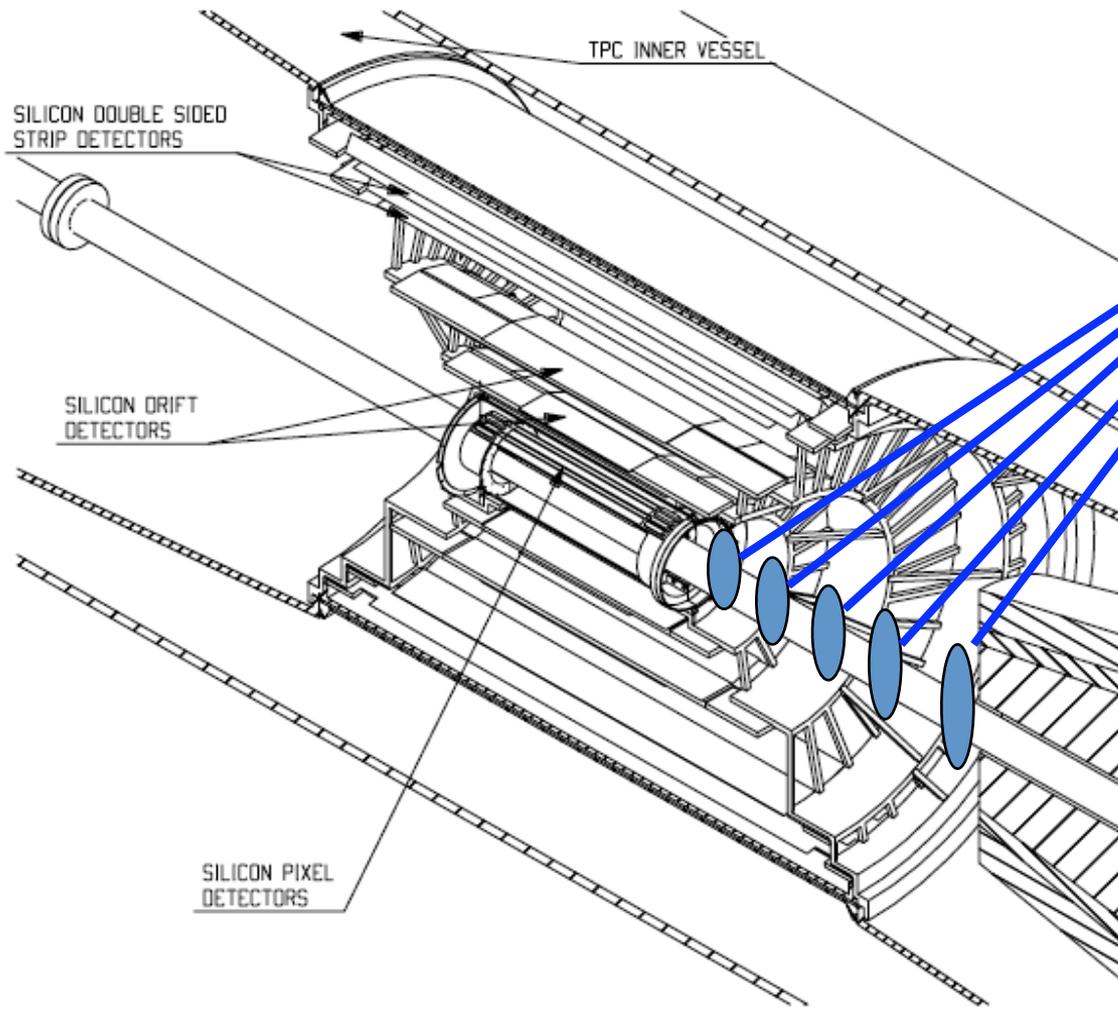
Nécessité d'enlever le T0 et le FMD

T0 : 12 compteurs Cerenkov

Le T0 mesure l'instant de la collision avec une précision de 50ps

FMD : 5 disques faits en piste de Si. Mesure la distribution des particules chargées dans une région complémentaire au tonneau central

# Focus sur le tonneau central et implantation des plans



5 plans de pixels

Nécessité d'enlever le T0 et le FMD

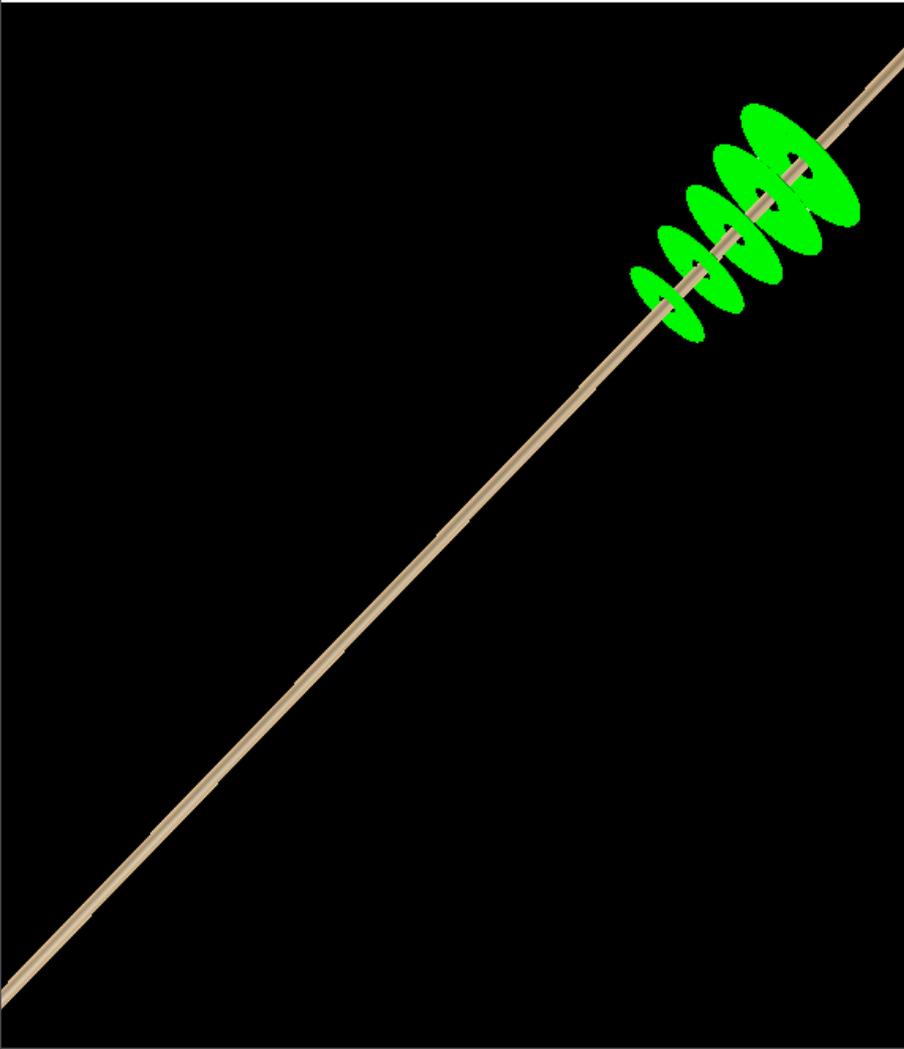
T0 : 12 compteurs Cerenkov

Le T0 mesure l'instant de la collision avec une précision de 50ps

FMD : 5 disques faits en piste de Si. Mesure la distribution des particules chargées dans une région complémentaire au tonneau central

Figure 2.1: General view of the Inner Tracking System.

- 5 plans de pixels introduits dans ALIROOT (logiciel ROOT pour ALICE) d'épaisseur  $750\mu\text{m}$
- $\theta$  (angle polaire d'émission de la particule) compris entre  $2^\circ$  et  $9^\circ$  (même couverture angulaire que le spectromètre)

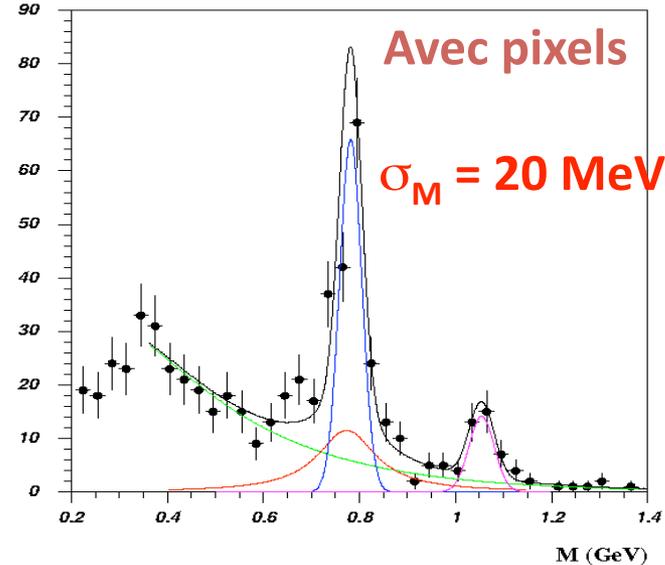
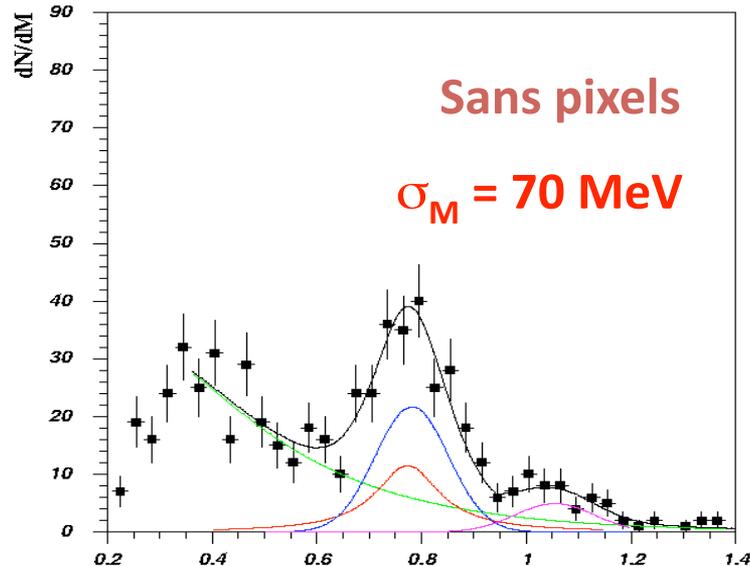


Numéro du plan	Z(cm)	Rmin(cm)	Rmax (cm)
Plan 1	-50	1.8	8
Plan 2	-58	2	9.25
Plan 3	-66	2.3	10.4
Plan 4	-74	2.5	11.7
Plan 5	-82	2.8	12.9

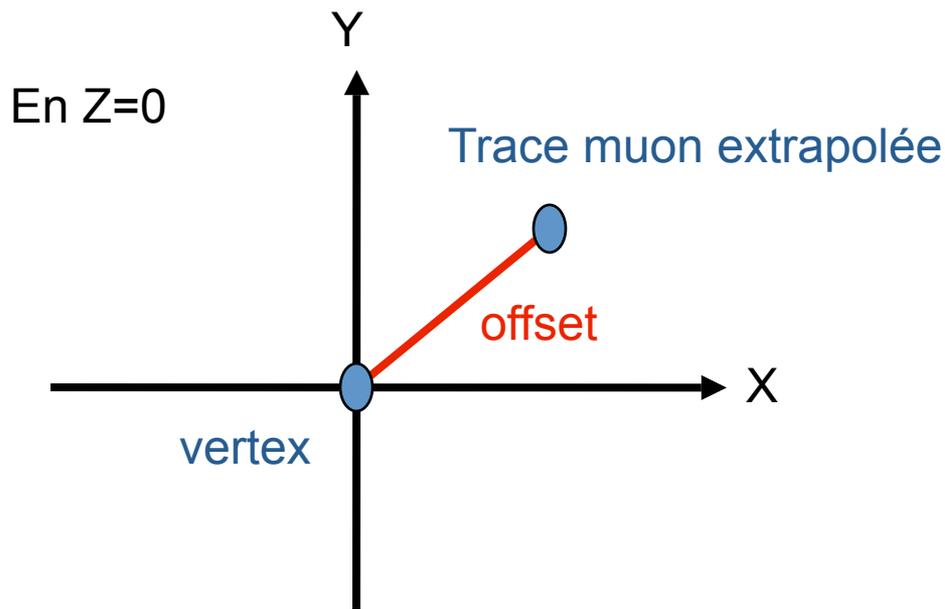
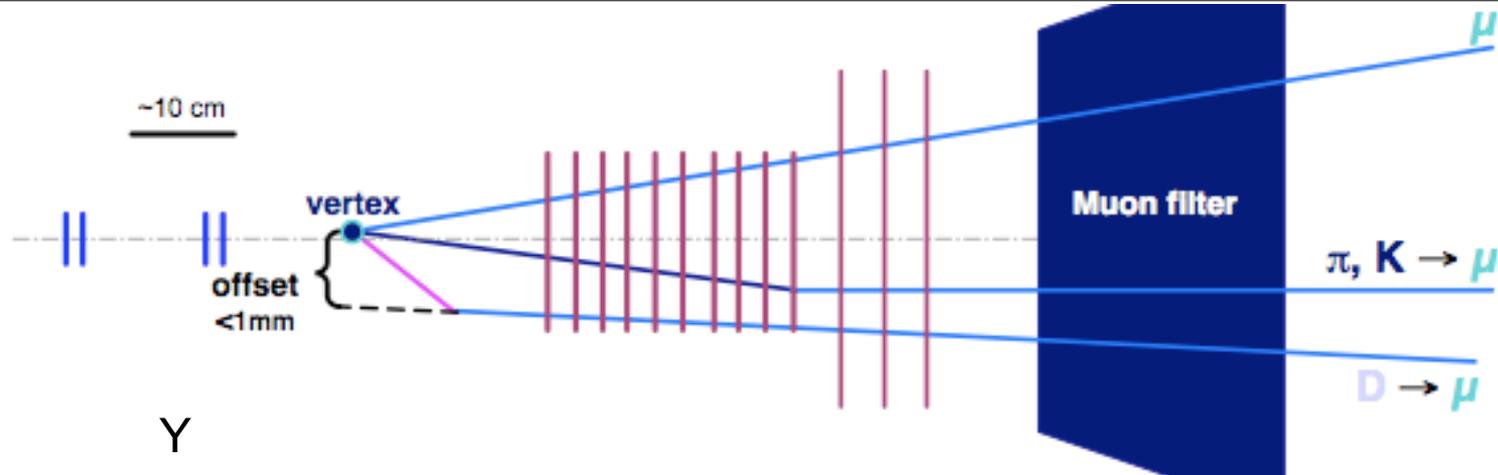
→ réduction du rayon du tube faisceau nécessaire ( $2.98\text{cm} \rightarrow 1.8\text{cm}$ )

# Motivations physiques

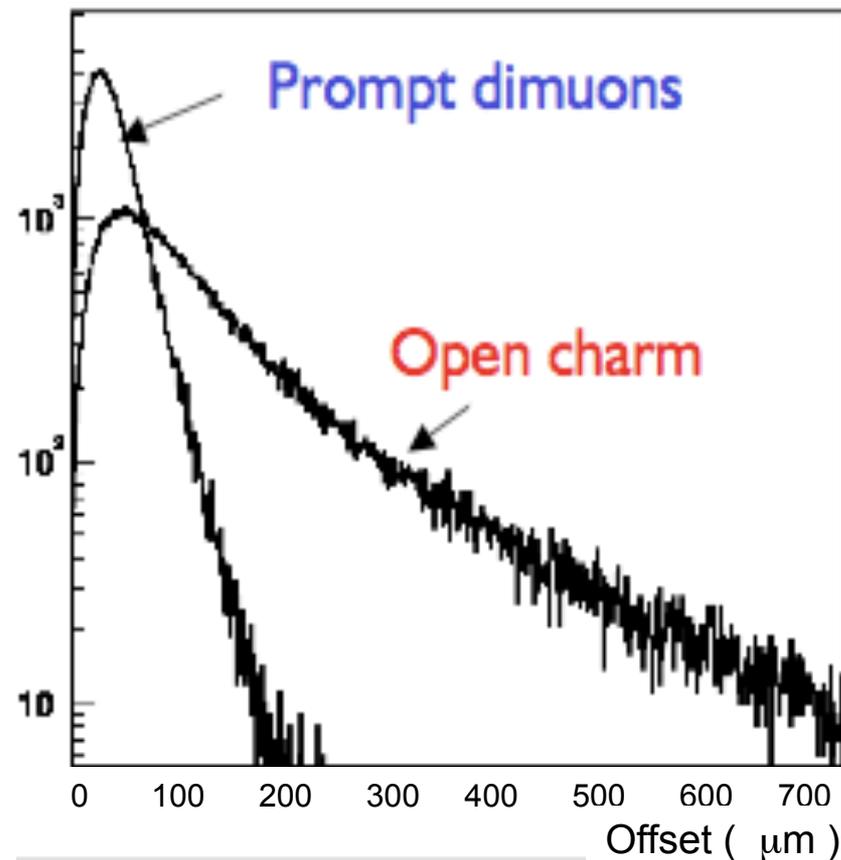
- Amélioration de la résolution en masse des dimuons attendue
- Résultats de l'expérience NA60 (70MeV → 20 MeV)



- Mesure de la multiplicité à l'avant de l'absorbeur
- Amélioration du rapport signal sur bruit (rejet des désintégrations  $\pi$  et K)
- Séparation des contributions de la beauté et du charme ouvert (famille des mésons contenant respectivement un seul quark (ou anti-quark) b ou c) et des dimuons dits prompts ( $J/\psi(c\bar{c})$  et  $Y(b\bar{b})$ ) : détermination de l'offset



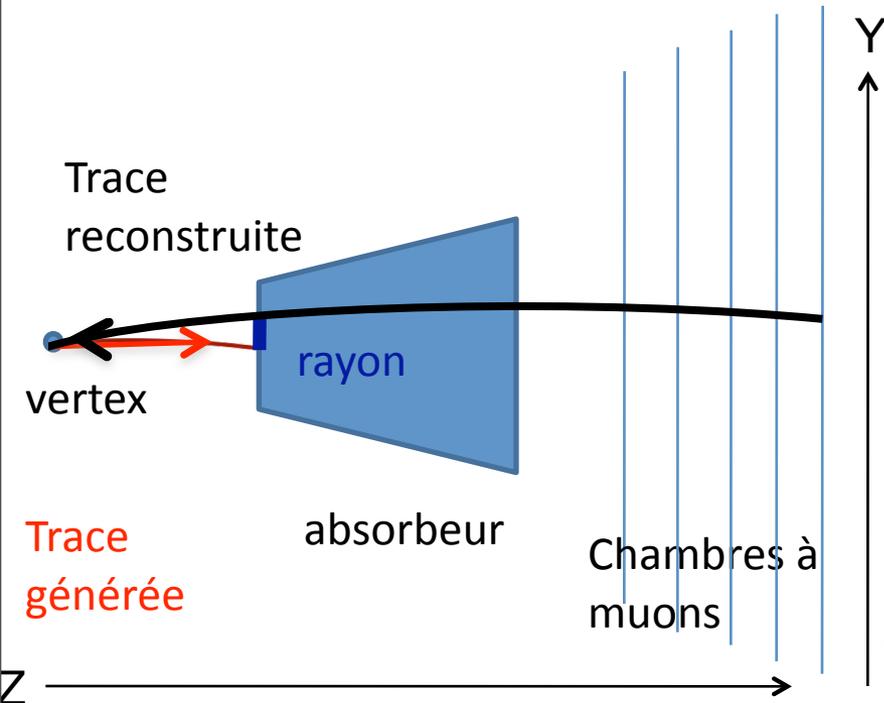
Résultats de NA60 :  
 From Markus Keil, CERN, For the NA60  
 collaboration :  
*Prompt dimuon and charm production in  
 proton-nucleus and heavy ion collisions at  
 the CERN SPS*



# Faisabilité dans ALICE

- Le champ est faible devant l'absorbeur (champ maximum 0.5 Teslas) et dirigé selon l'axe Z → difficile détermination de l'impulsion
- Quelle est la multiplicité à l'avant de l'absorbeur? Est ce qu'une association avec les traces dans le spectromètre est possible?
- Quelle est l'influence du tube faisceau sur la multiplicité?
- Quelle précision sur la détermination des coordonnées X et Y peut on espérer au vertex?
- Y a t'il assez de place dans ALICE pour introduire les plans? (nécessité d'une étude mécanique)

# Etude de multiplicité à l'avant de l'absorbeur



$$\text{rayon} = \sqrt{((X_{gen} - X_{rec})^2 + (Y_{gen} - Y_{rec})^2)}$$

Distance entre la trace générée et la trace reconstruite, extrapolée à l'avant de l'absorbeur

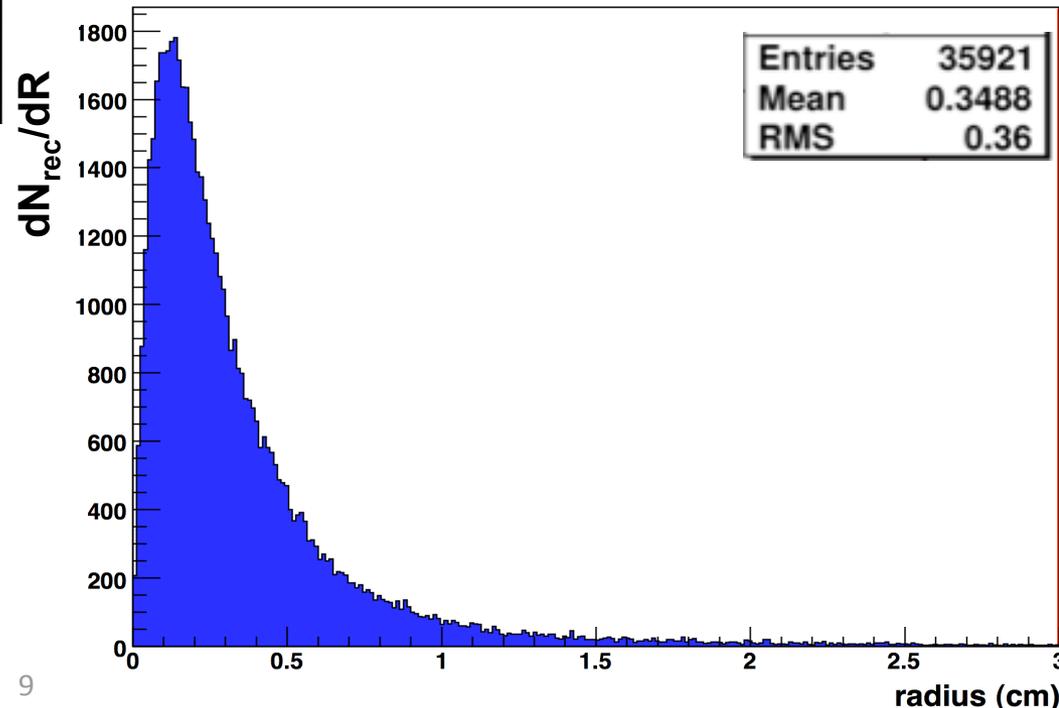
Pour tout Pt (0.25 à 5 GeV/c) →

## Effets de l'absorbeur sur les muons

Simulation de particules muons

Extrapolation du muon venant du spectromètre devant l'absorbeur

Observation de la modification de la trajectoire due à la traversée de matière



# Effets du champ sur les muons

Simulation de particules muons

Champ dans L3 : 0.5T

Distance entre la trace générée et une extrapolation linéaire de la trace

Extrapolation  
linéaire

vertex

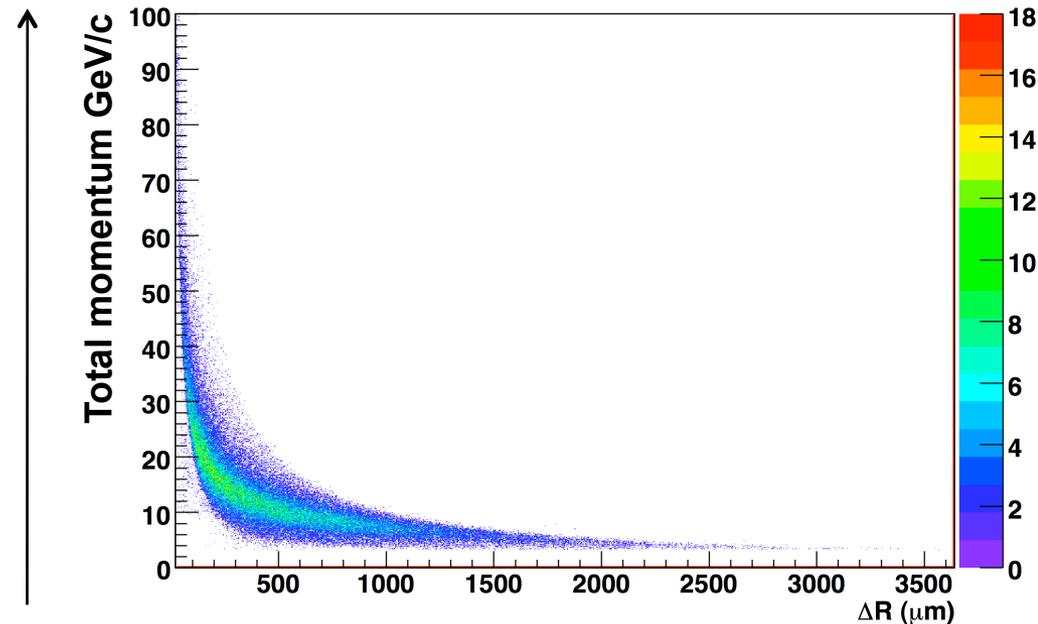
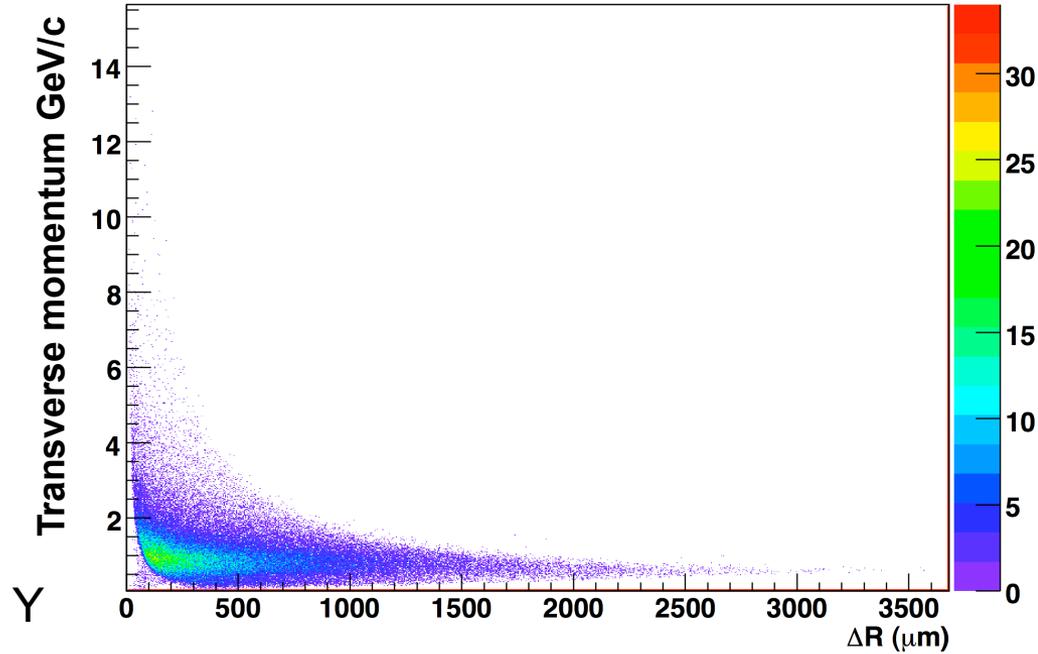
Trace  
générée

absorbeur

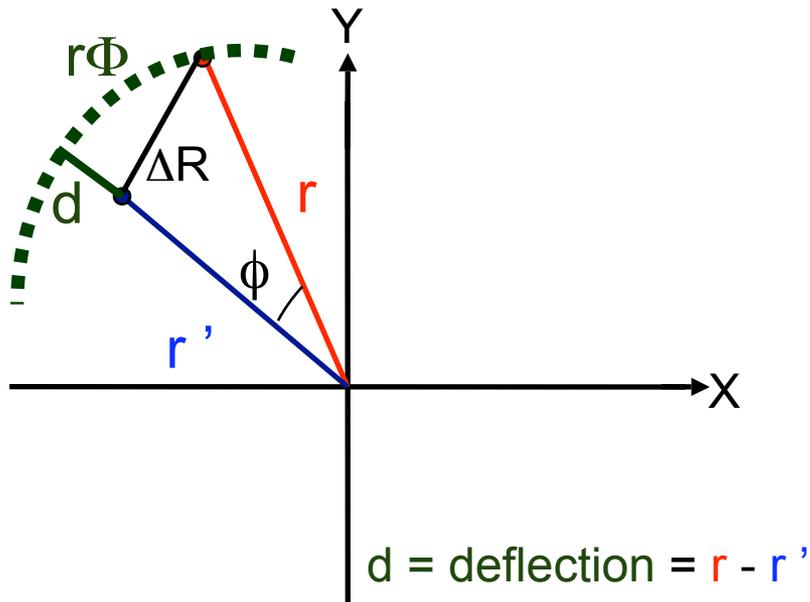
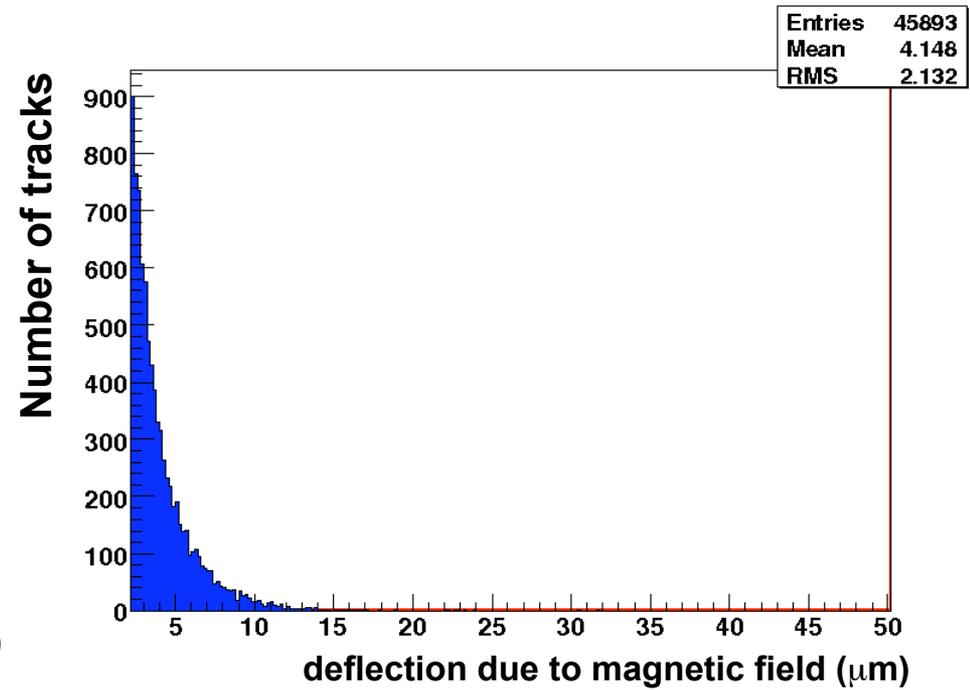
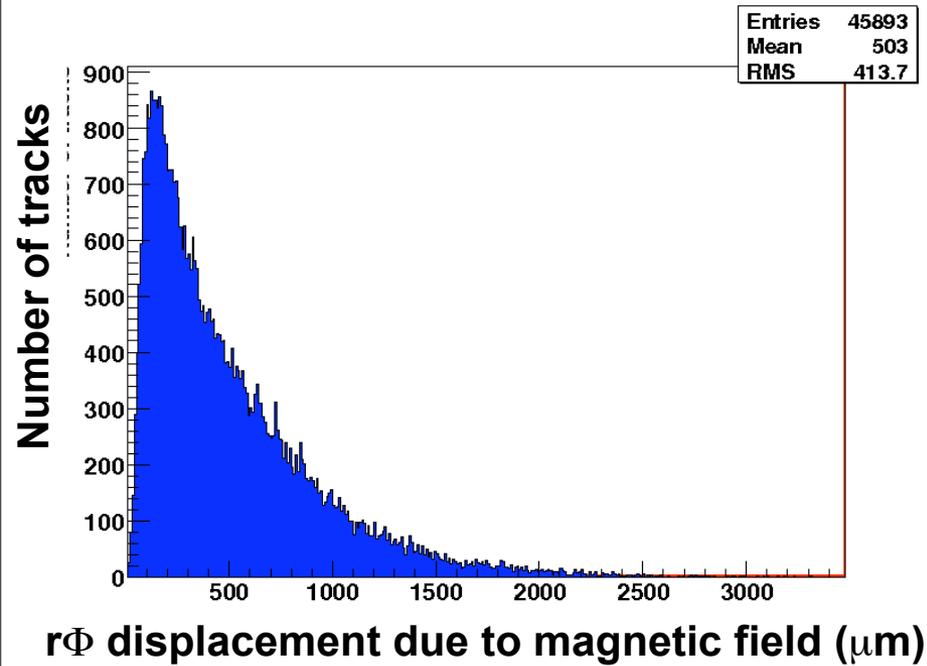
Chambres  
à muons

$Z_0$

$\Delta R$



# Décomposition de l'effet du champ



Une bonne résolution en  $r\Phi$  sera nécessaire pour observer le déplacement induit par le champ magnétique

# Interactions avec la matière du tube faisceau

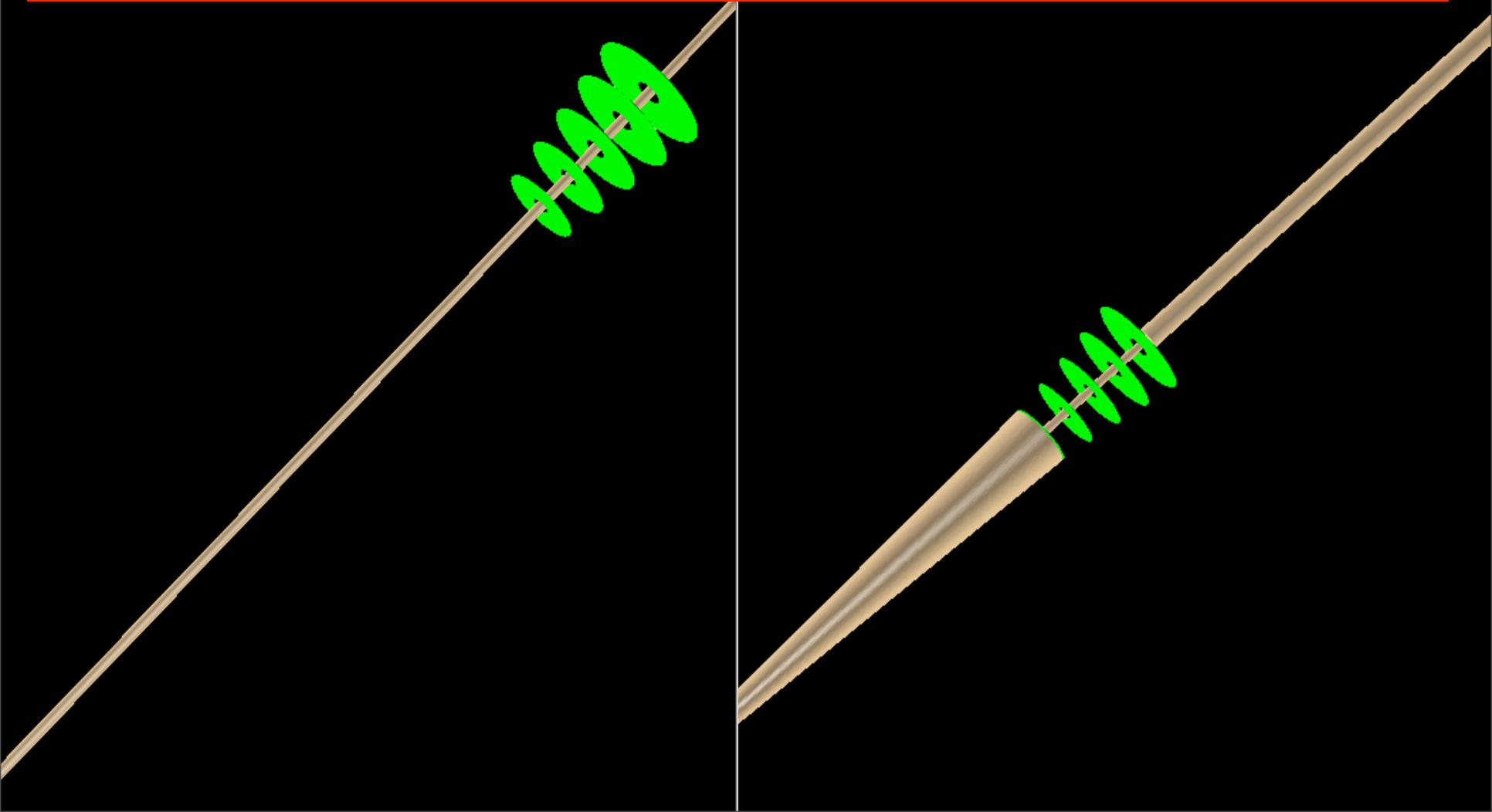
- o *Même événement Pb-Pb, collision presque frontale* → *grande multiplicité de particules dans le détecteur*
- o *Nombre total d'impacts dans les 5 plans*

	<b>Plane 1</b>	<b>Plane 2</b>	<b>Plane 3</b>	<b>Plane 4</b>	<b>Plane 5</b>
Sans tuyau	5372 ± 73	5605 ± 74	5638 ± 75	5866 ± 77	6017 ± 77
Avec tuyau (réduit en diamètre)	9520 ± 97	11943 ± 109	14167 ± 119	17300 ± 132	19331 ± 139

Augmentation du nombre d'impacts dans les plans de pixels à cause du tuyau → problème pour associer les traces dans le spectromètre avec les traces des plans de pixels

# Tuyau cylindrique versus tuyau conique

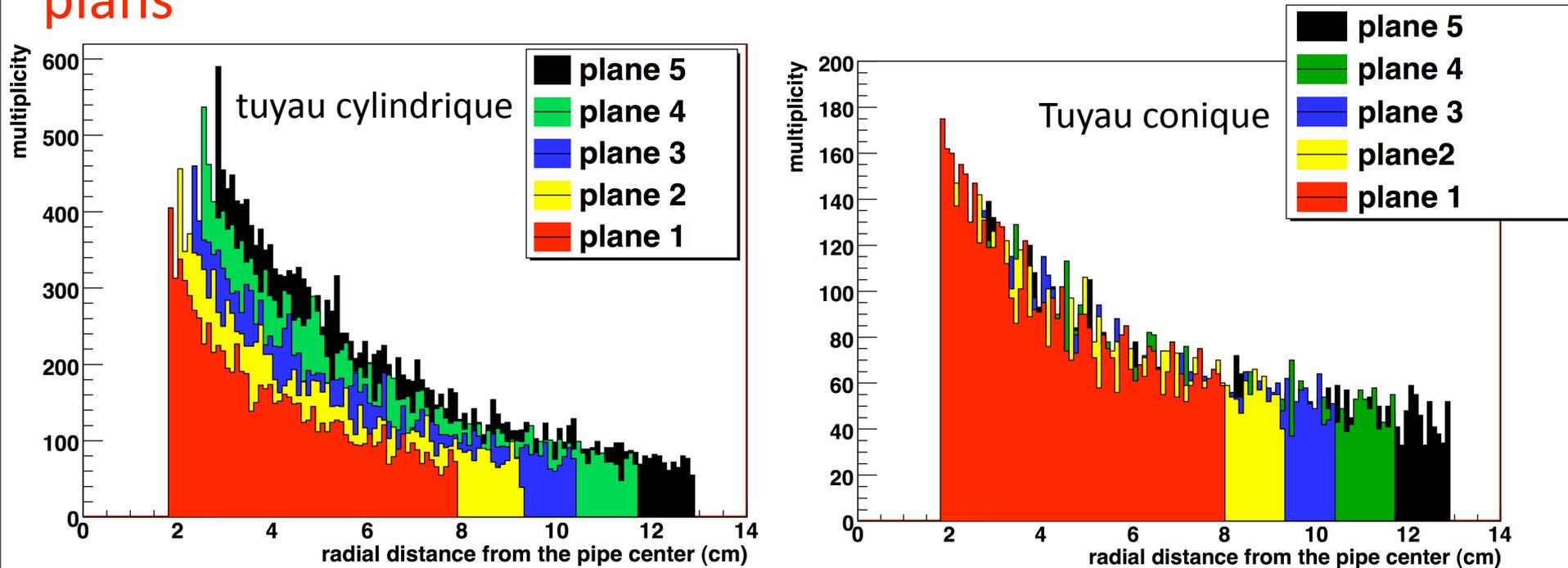
Nécessité de l'adaptation de la géométrie du tube pour réduire les interactions avec la matière du tuyau. Proposition d'une géométrie conique (longueur de matière traversée : 0.8 mm pour toutes les particules).



# Multiplicité dans les plans et évolution avec la géométrie

➤ 2 événements similaires : 2 collisions frontales. On utilise un générateur de particules pour collisions Pb-Pb. On regarde la multiplicité de particules en fonction de la distance par rapport au centre du tuyau.

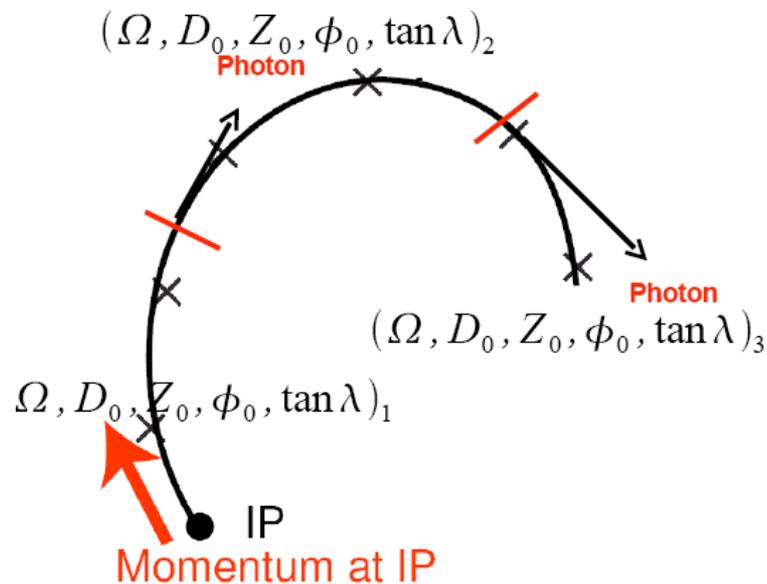
## Evolution de la distribution radiale des impacts dans les 5 plans



# Reconstruction de la trajectoire : détermination de l'offset

➤ Reconstruction basée sur les outils développés pour le spectromètre à muons. Utilisation de la fonction d'extrapolation d'une trace dans un champ magnétique (prise en compte des phénomènes physiques à la traversée de matière)

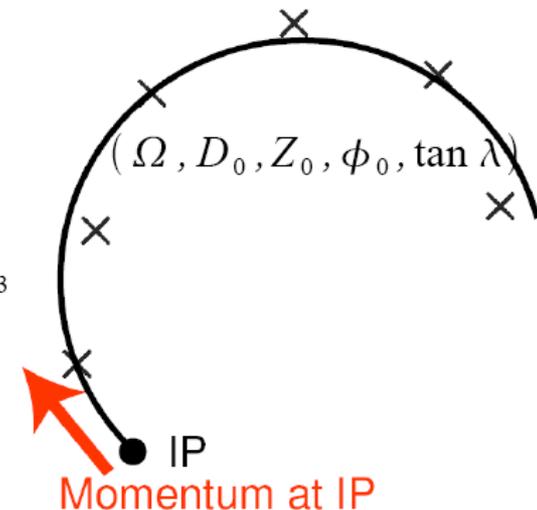
Fonction utilisée



Plusieurs segments d'hélice

Chaque segment à ses propres paramètres

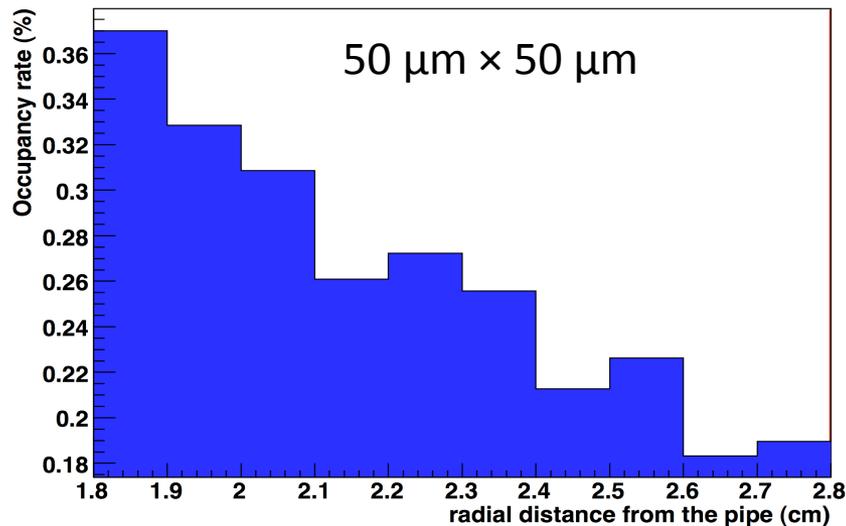
Paramétrisation en hélice



Une hélice

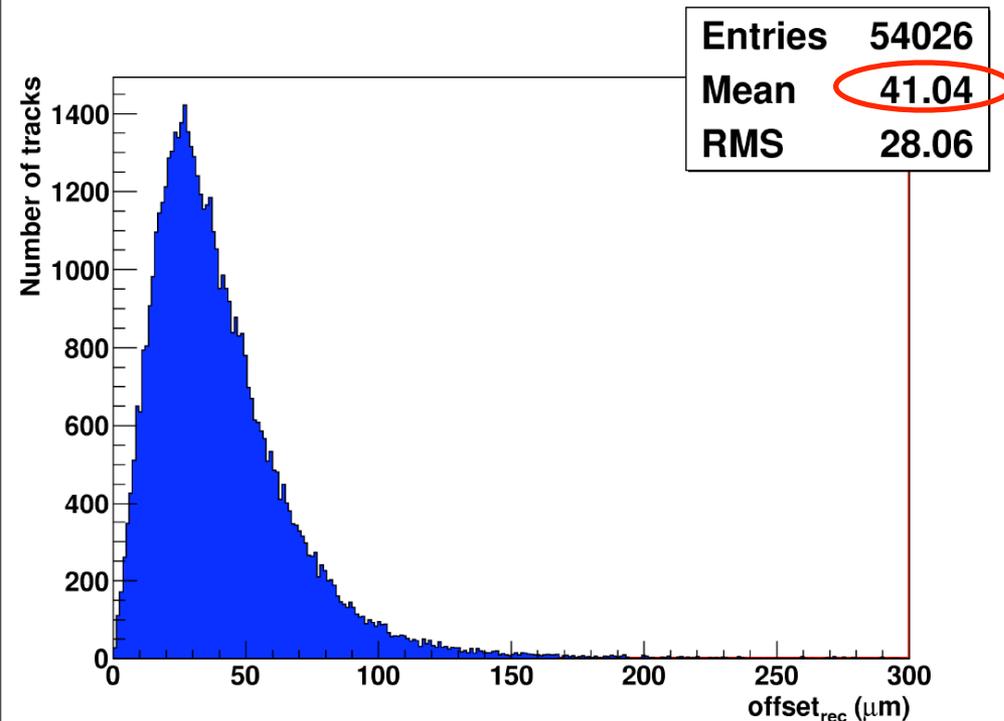
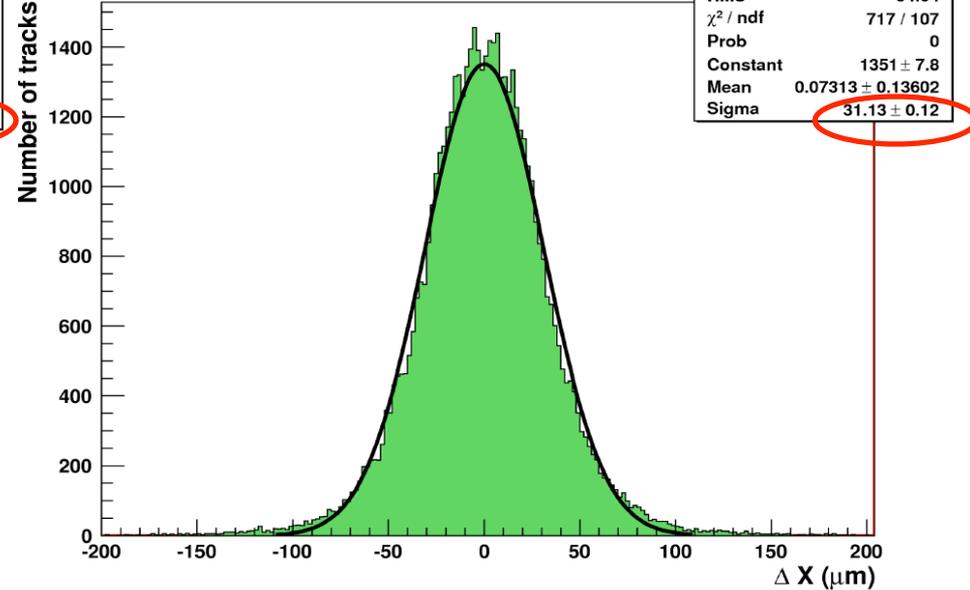
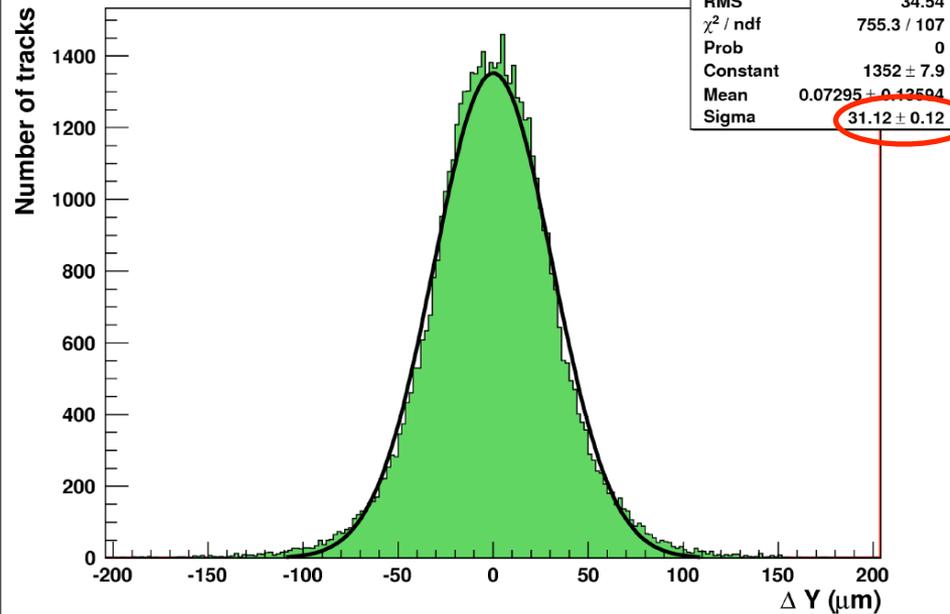
Un seul jeu de paramètres

- Hypothèse d'une reconstruction 100% efficace (la trace dans le spectromètre est associée à la bonne trace dans les plans de pixels)
- Hypothèse d'un faible nombre de pixels touchés par une particule par rapport au nombre total de pixels dans les plans



Taux d'occupation de l'ordre de 1% pour des pixels de  $100\mu\text{m}$  par  $100\mu\text{m}$

- Pixels de  $10\mu\text{m}$  par  $10\mu\text{m}$  (épaisseur  $50\mu\text{m}$ ) : technologie développée à Strasbourg
- Simulation d'Upsilon à la position (0,0,0) sans erreur sur la position afin de connaître la dégradation sur la mesure de la position uniquement due aux plans de pixels



## Détermination de l'offset

- Informations du spectromètre + pixels
- Résolution de  $30\mu\text{m}$  pour la détermination des coordonnées X et Y au vertex!
- Pour des pixels de  $100\mu\text{m}$  par  $100\mu\text{m}$  la résolution devient de  $80\mu\text{m}$

# Conclusion

- Un détecteur avec une bonne résolution en  $r\Phi$  est nécessaire (petits pixels) et aussi long que possible pour détecter les déviations de trajectoire induites par le champ dans L3
- Une adaptation de la géométrie du tube faisceau diminuera le nombre de particules secondaires détectées dans les plans
- Avec des pixels de  $10\mu\text{m}$  par  $10\mu\text{m}$  et de  $50\mu\text{m}$  d'épaisseur, la résolution sur la détermination de la coordonnée X et Y est de  $30\mu\text{m}$
- Concernant le travail de reconstruction de trajectoire, il faut encore regarder les distributions en offset du charme et de la beauté ainsi que les spectres en masse invariante des dimuons
- Il reste tout le travail d'association de la trace venant du spectromètre avec la trace dans le télescope

## Travail futur :

- analyse des collisions p-p dans le VZERO
- analyse des 1ères données dans le spectromètre (spectres en masse)

Car .....

Le LHC a redémarré ce mois de Novembre avec succès. Les premières collisions p-p à 900GeV ont été observées dans ALICE le 23 novembre !!!!

Capture de l'écran de contrôle du VZERO lors de la toute première collision p-p

