

ALFA : Absolute Luminosity For ATLAS

Mesure de la luminosité absolue et de la section efficace totale
proton-proton sur ATLAS

Sophie Cavalier, Matthieu Heller, Patrick Puzo et le
groupe ATLAS LAL

Laboratoire de L'Accélérateur Linéaire
Orsay

Plan

- Introduction : Contexte, Luminosité
- Présentation du détecteur
- Génération
- Matching - Transport des particules
- Reconstruction
- Conclusion

Introduction

But de ALFA : mesurer la luminosité absolue (et la section efficace totale) sur ATLAS au LHC, collisionneur de 7 TeV, à partir des collisions élastiques proton-proton avec une précision absolue de 2-3 %

$$\dot{N} = \sigma L A \epsilon$$

Avec : \dot{N} : Taux d'événements par seconde

L : Luminosité ($\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

σ : Section efficace (cm^2)

A : Acceptance (Rapport entre le nombre de protons interceptés par le détecteur et le nombre de proton générés)

ϵ : Efficacité du détecteur

La physique cherche à connaître σ (par exemple $\sigma (H \rightarrow \text{llll})$) donc doit connaître L a 2-3% près

Introduction : la luminosité sur un collisionneur

La luminosité est un facteur qui rend compte de la qualité de la collision

La luminosité d'après les paramètres machine :

$$L = F_c \frac{f_{rev}}{4 \pi} \sum_i \frac{N_i^1 N_i^2}{\sigma_{x,i}^* \sigma_{y,i}^*}$$

Mais elle ne permet qu'une approximation à 20-30%

On utilise alors :

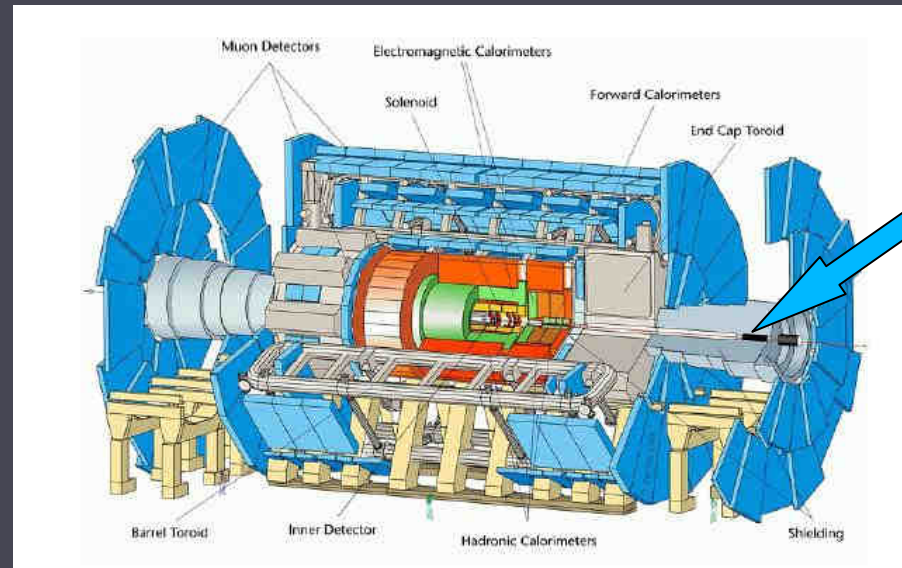
$$L = \frac{\dot{N}}{\sigma A \varepsilon}$$

Avec un processus suffisamment connu pour que l'on puisse calculer σ . On va utiliser le processus de diffusion élastique pour calculer L

L'élément sur lequel on peut influencer pour améliorer la précision sur la mesure de la luminosité est l'acceptance qui prend en compte les pertes dues au transport des protons diffusés. On cherche donc à l'optimiser

Pour cela on va utiliser des détecteurs appelés pots romains (RPs)

Introduction : le détecteur ATLAS au LHC



LUCID

Dimensions : 46 mètres de long, 25 m de diamètre. ATLAS est le plus grand détecteur jamais construit. Poids : 7000 tonnes

Buts principaux de ATLAS : Boson de Higgs et Super-symétrie

Composition du détecteur :

Détecteur interne : mesure du moment des particules chargées (jaune)

Calorimètres : mesure énergie particules chargées et neutres (rouge et vert)

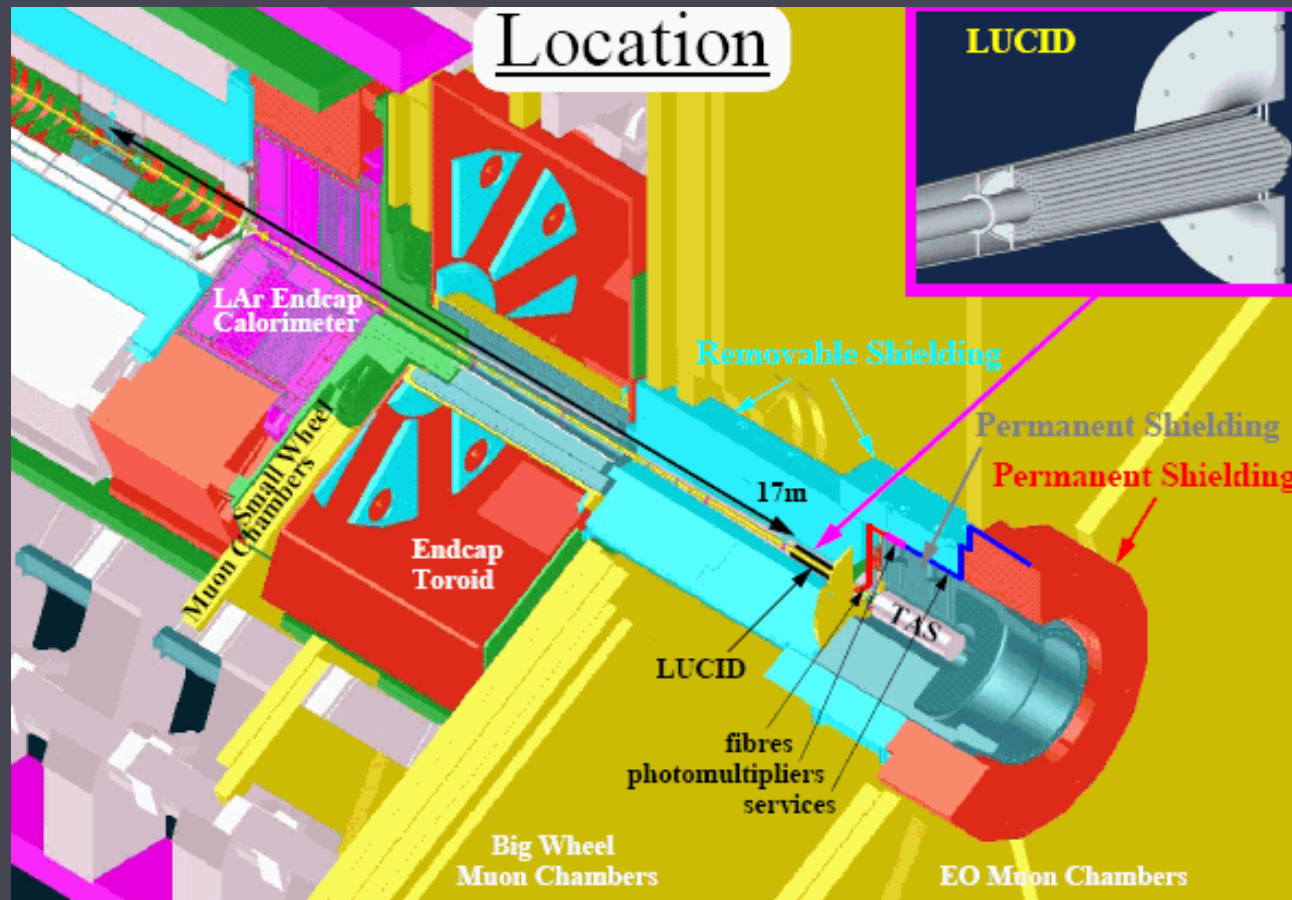
Système magnétique : solénoïde et toroïde

Spectromètre à muons (bleu)

Introduction : LUCID

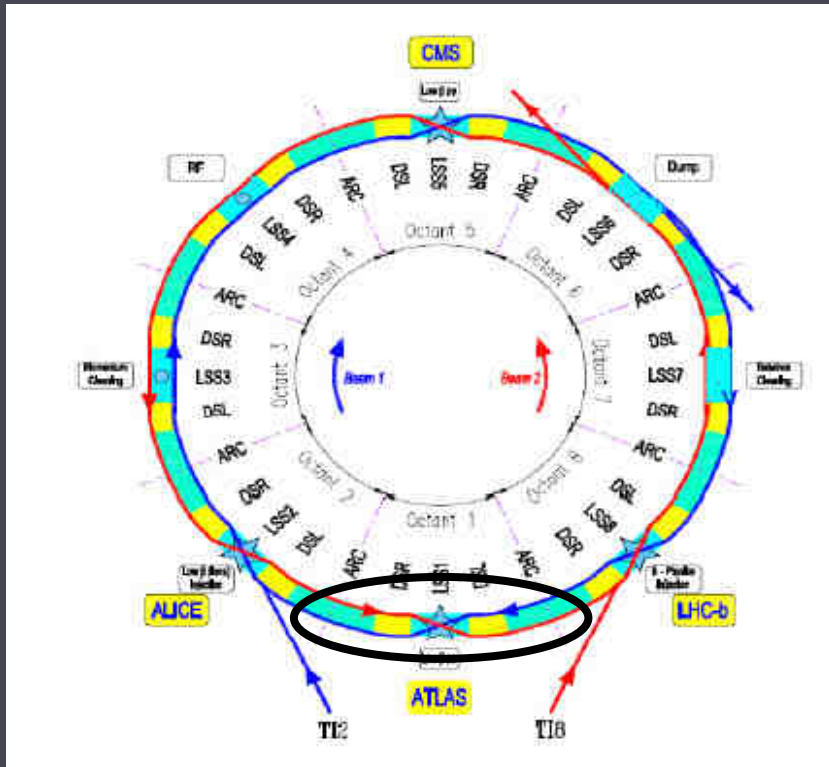
LUCID (LUminosity measurement using Cerenkov Integrating Detector) mesure le taux d'événements inélastiques qui est proportionnel à la luminosité (168 tubes Cerenkov autour du beam pipe)

➔ Objet de notre travail : calibrer LUCID avec les détecteurs ALFA pour mesure absolue



Localisation des Pots Romains (RP)

Localisation sur le LHC

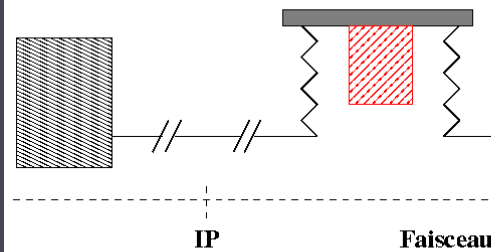


Positionnement dans le plan vertical sur faisceau 1 et faisceau 2 du LHC

Des trackers à fibres scintillantes sont insérés dans les pots romains et sont approchés à quelques mm du faisceau

Collimateur

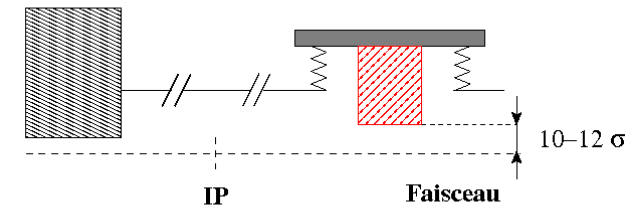
Pot Romain



Position garage

Collimateur

Pot Romain

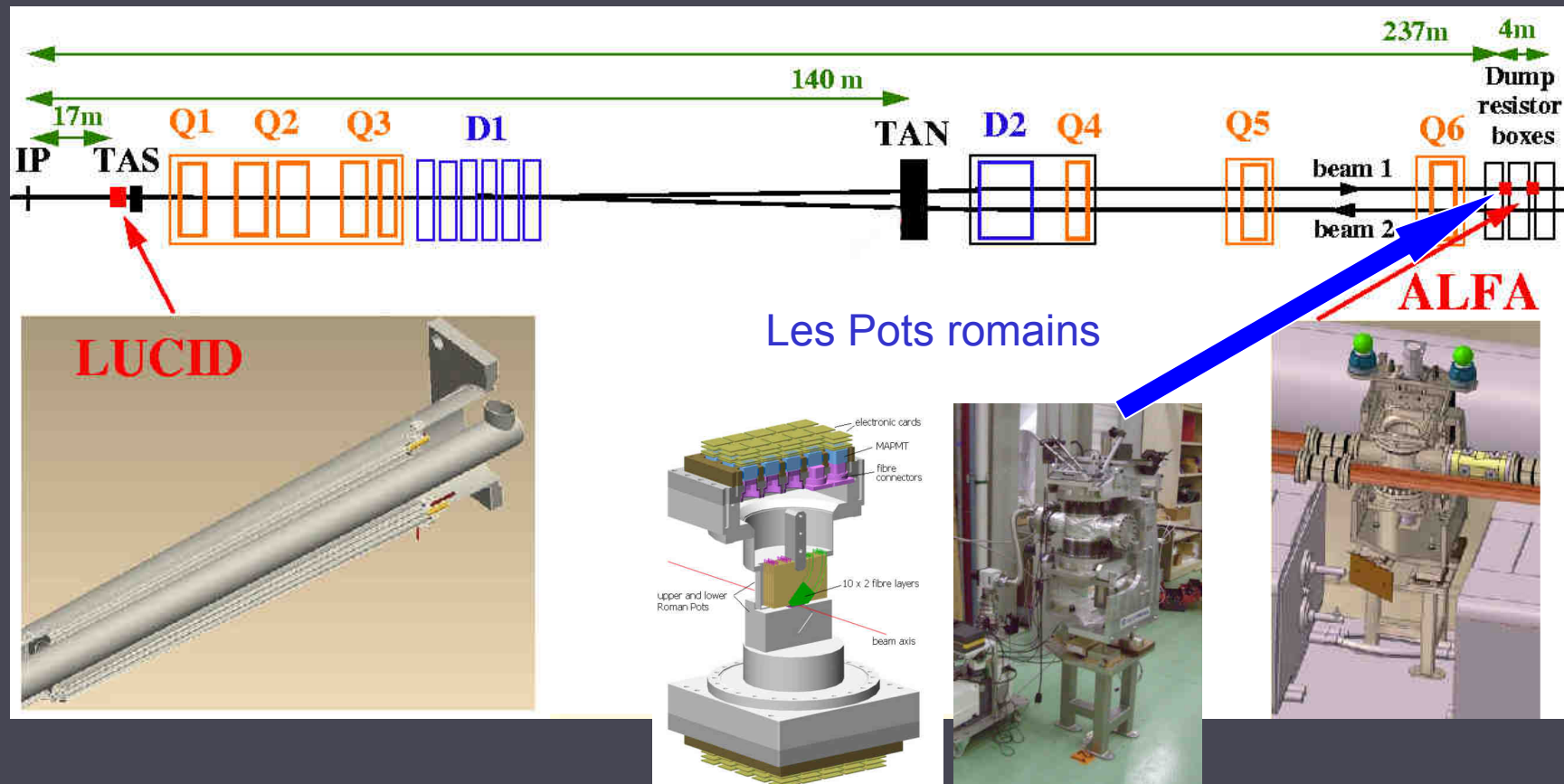


Position faisceau

Localisation des RPs

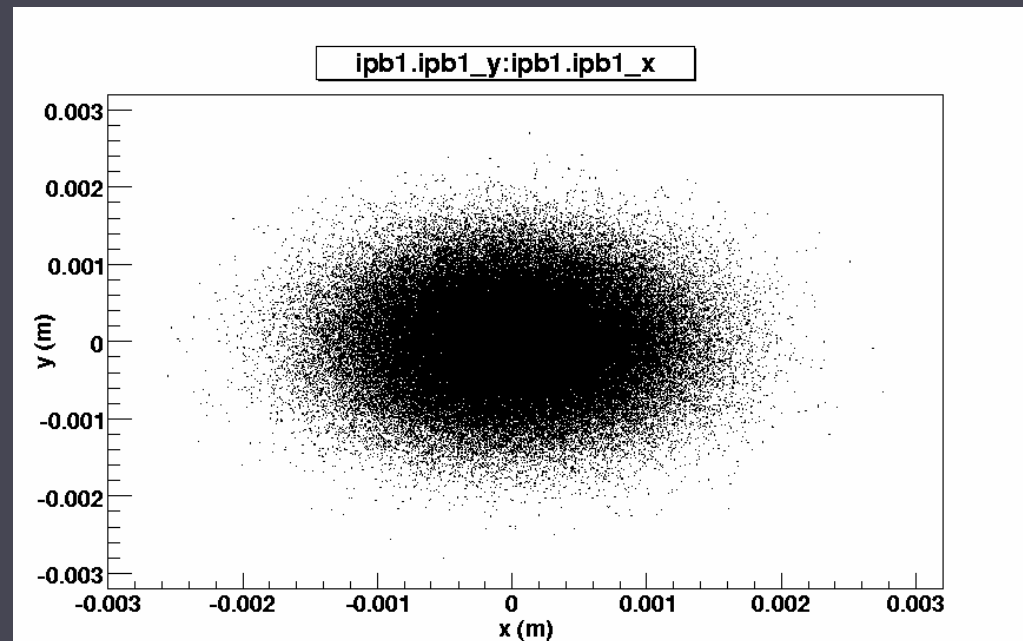
Composition de la ligne du point d'interaction aux pots romains

Les pots romains sont localisés entre les quadrupôles Q6 et Q7 de cette ligne



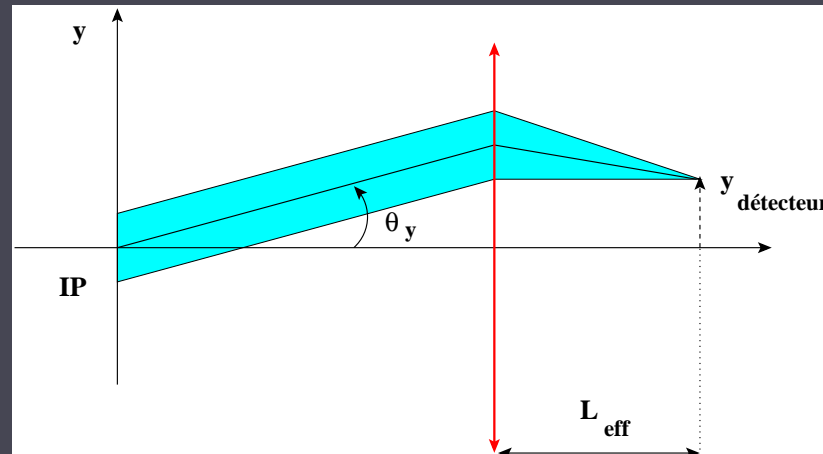
Génération des événements élastiques au point d'interaction (M. Heller)

- Utilisation de PYTHIA pour la collision (Monte Carlo)
- Possibilité de prendre en compte l'étalement du faisceau et la divergence angulaire
- Production d'input pour MadX
- Génération de 1M d'évènements. 1 évènement donne un proton dans chaque faisceau



Caractéristiques du faisceau

L'optique utilisée est "parallel to point focusing": toutes les particules diffusées au même angle sont focalisées au même endroit sur le détecteur.
L'avance de phase est de 90 degrés en V mais aucune contrainte en H



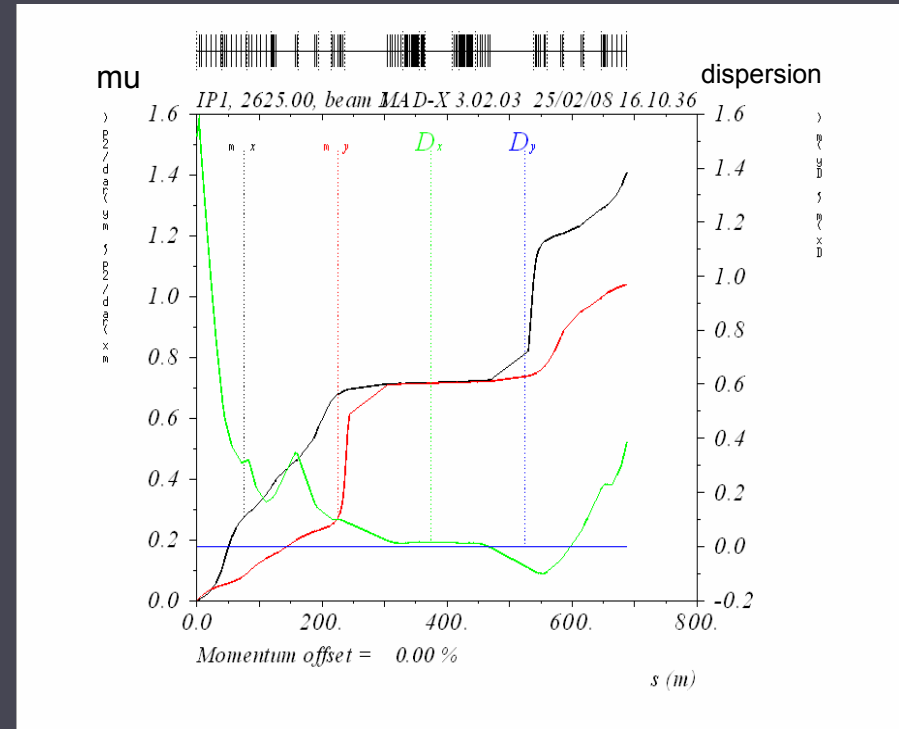
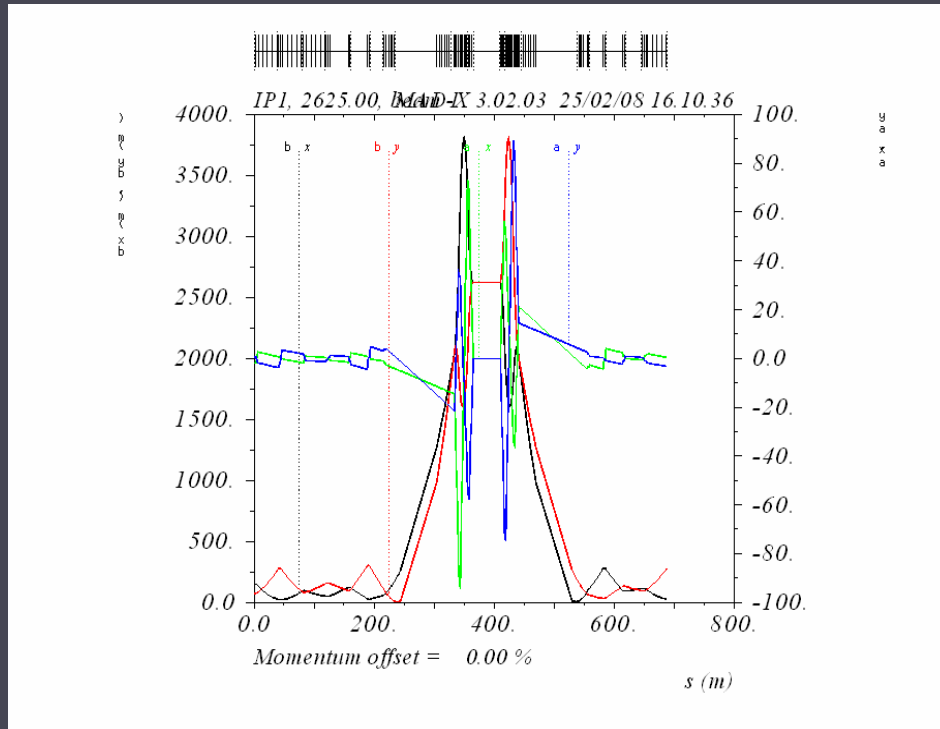
Angle de diffusion doit être plus grand que la divergence angulaire proportionnelle à $\sqrt{\frac{\varepsilon}{\beta^*}}$

Tout ceci conduit à ε_N petit et β^* (au point d'interaction) grand

On travaille donc avec une optique spécifique à fort β qui est différente de l'optique de collision du LHC ce qui implique des runs spécifiques

Matching (en collaboration avec S. White-CERN)

Résultats obtenus après calcul des forces des quadropôles pour le faisceau 1 :



Caractéristiques de l'optique voulue réunies

On obtient presque les mêmes caractéristiques pour le faisceau 2

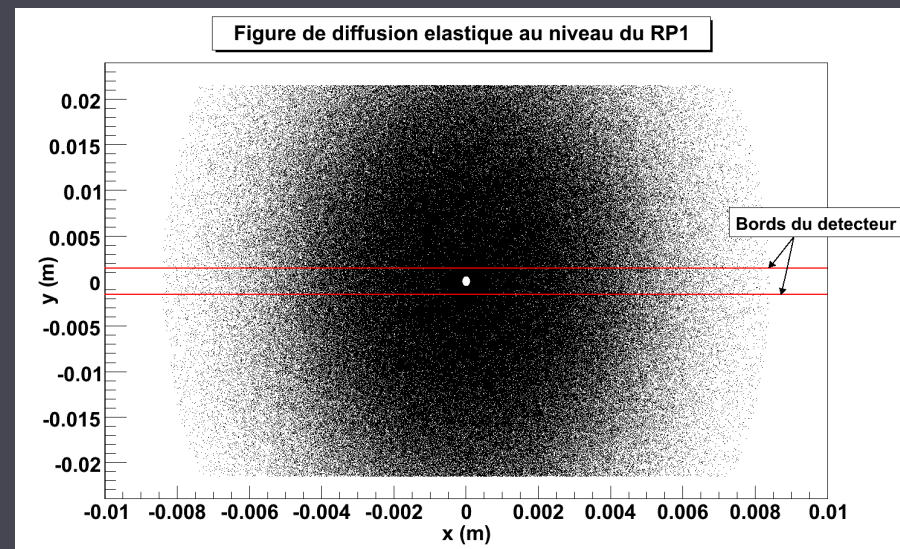
Matching et Transport de particules

Matching :

Le matching a permis de mettre en place le faisceau 2 et de pouvoir utiliser le transport des particules jusqu'aux RPs pour les 2 faisceaux. Il permettra aussi de faire des études systématiques.

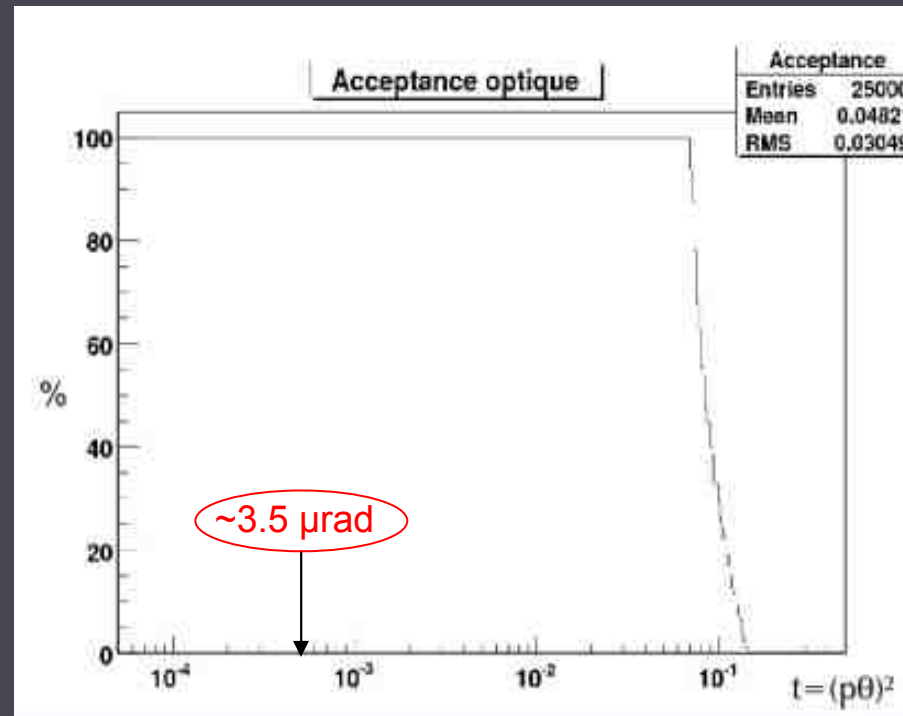
Transport en approximation lentille mince de IP au RPs:

- Transport des particules pour les 2 faisceaux
- Résultat du transport : 9,7% des protons diffusés sont perdus simultanément dans les deux faisceaux
- Quasi-symétrie des faisceaux



Acceptance de l'optique

L'acceptance optique est le % d'événements créés au point d'interaction qui arrivent à l'abscisse des détecteurs à 240 m

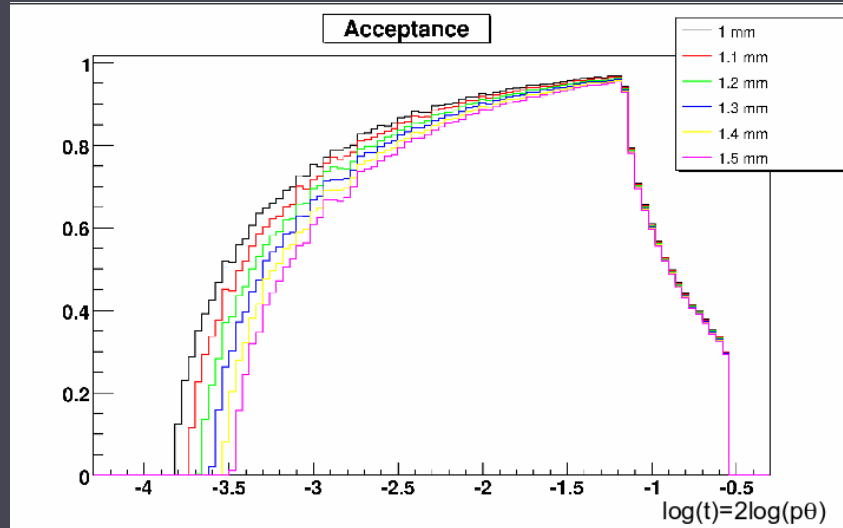


La chute d'acceptance pour les grands angles de diffusion est due aux protons perdus dans la machine

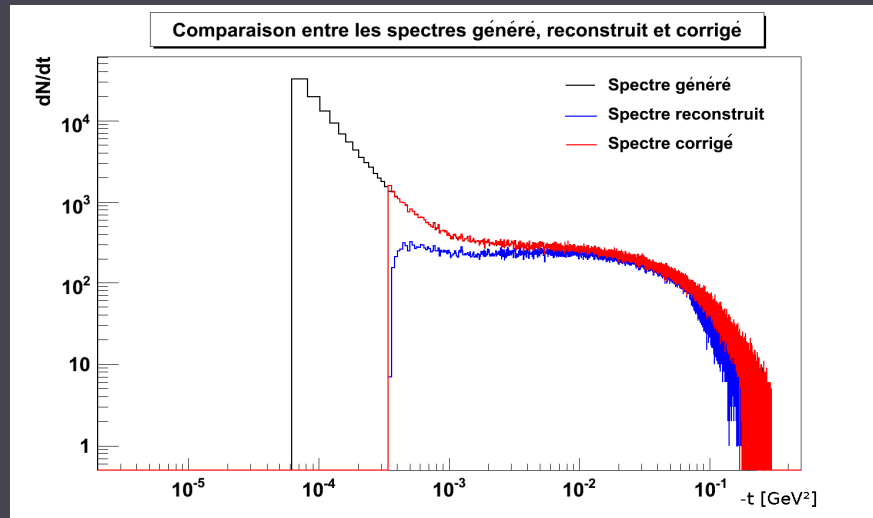
L'angle typique de diffusion coulombienne est de $3.5 \mu\text{rad}$

Reconstruction (M.Heller)

Acceptance pour différentes positions des pots romains



Spectre de diffusion angulaire reconstruit



Ce cas correspond à une distance au faisceau des détecteurs de 1.5 mm

Conclusion

Bilan et perspectives :

- Mise en place du faisceau 2 et de son matching
- Étude pour obtenir plus de particules aux RPs cad augmenter l'acceptance détecteur en jouant sur le matching
- Étude des problèmes d'alignement des aimants pour impact sur la mesure
- Étude d'erreur sur l'acceptance
- Étude pour des énergies < 7 TeV
- Souplesse permise (notamment avec mesure de β)
- Transport en lentille épaisse (correction de MadX)

En résumé, on cherche à maîtriser complètement au LAL la simulation de l'expérience, et en particulier la ligne de faisceau