

ALFA : mesure de la luminosité absolue et de la section efficace totale proton-proton pour ATLAS

S. Cavalier

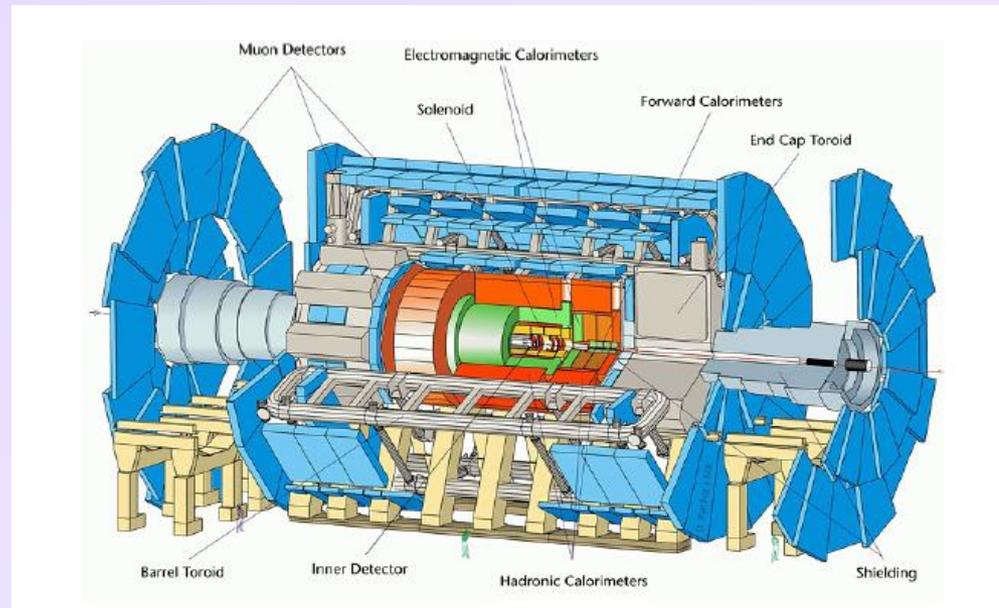
RAPA – 06/05/10

Sommaire

- Description du cadre d'ALFA : ATLAS
- Objectif d'ALFA : mesurer la luminosité absolue intégrée à 2-3%
- Principe de la mesure
- Transport et calcul d'acceptance
- Précision de la mesure
- Conclusion

Le détecteur ATLAS

- Un des 4 détecteurs du LHC → positionné au point d'interaction 1 (IP1)
- 46 m de long, 25 m de diamètre, 7000 tonnes
- Composition du détecteur
 - **Détecteur interne** : mesure de l'impulsion des particules chargées
 - **Calorimètres** : mesure de l'énergie des particules chargées et neutres
 - **Système magnétique** : solénoïde et toroïde
 - **Spectromètre à muons**



Mesure de Luminosité Absolue dans ATLAS

Plusieurs méthodes de mesure de la luminosité absolue : $\dot{N} = L \sigma$

- **Paramètres machines** → 20-30% de précision
(thèse de S. White - CERN)

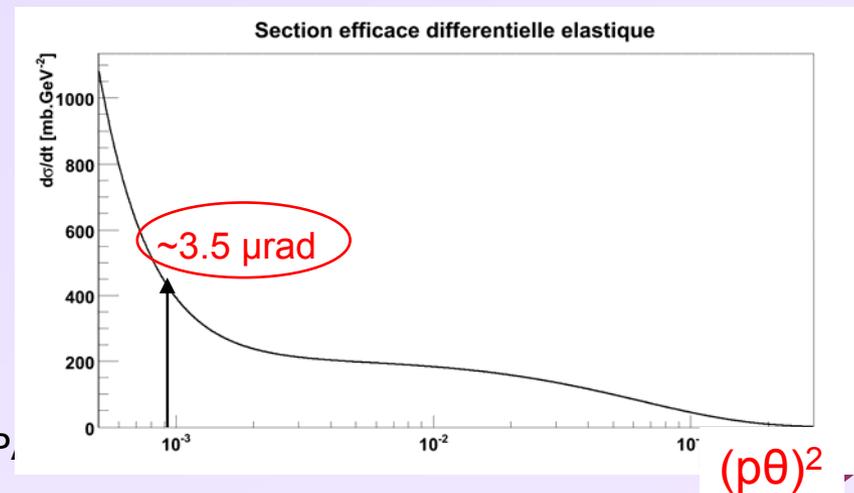
$$L = \frac{N_b^2 n_b f_{\text{rev}} \gamma}{4 \pi \varepsilon_n \beta^*} F$$

- Selon **processus physiques** (à base de W et Z) **bien connus** mais
 - inutilisable avant plusieurs années
 - dépendant des modèles d'interaction forte

- **Diffusion coulombienne**

- Très petits angles de diffusion
- Déjà utilisé sur UA4 (SPS)
- Impossibilité d'intercepter avant le premier élément magnétique
- Divergence angulaire \ll angle de diffusion

→ Ce n'est pas le cas avec l'optique nominale du LHC



Modification de l'optique pour la mesure

Optique appelée *parallel to point focusing* :

→ 90° d'avance de phase dans le plan vertical pour focaliser les particules ayant le même angle de diffusion au même endroit sur le détecteur

→ Pas d'angle de croisement à la collision

→ Nombre de paquets réduits : 43 au lieu de 2808

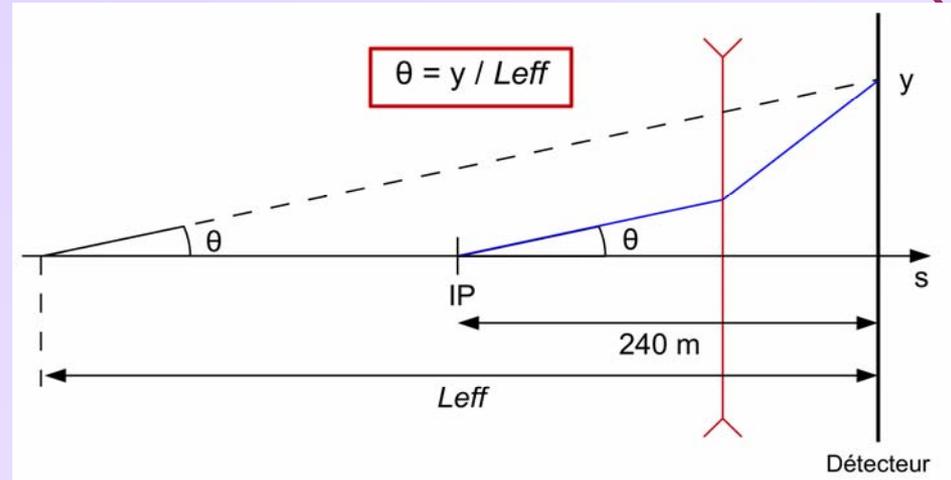
→ $\beta^* = 2625$ m au point d'interaction

- Pour minimiser la divergence angulaire
- Dans notre cas

$$\theta(\text{IP}) = \frac{y(\text{détecteur})}{\sigma_y} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\beta^*}}$$

→ Optimisation globale de ε , β^* et $\frac{y}{\sigma_y}$

→ **Nécessité de runs spécifiques à basse luminosité : $L = 10^{27} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$**



Optique modifiée au point d'interaction (IP)

- Paramètres de l'optique fort β à 7 TeV

A comparer avec les 3.5 μ rad typiques \longrightarrow

	Optique fort β	Optique Nominale
$\beta_x^* \beta_y^*$	2625 m	0.55 m
$\sigma_x^* \sigma_y^*$	593 μ m	17 μ m
σ'^*	0.226 μ rad	30.3 μ rad
μ_y	90°	~ 50°
ε_N	1 μ m rad	3.75 μ m rad

- Nouvelle optique pour le transport

$$\begin{bmatrix} y(s) \\ y'(s) \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} y^* \\ \theta_y^* \end{bmatrix} \quad \text{avec} \quad M = \begin{bmatrix} \sqrt{\beta/\beta^*} (\cos \psi + \alpha^* \sin \psi) & \sqrt{\beta \cdot \beta^*} \sin \psi \\ ((\alpha - \alpha^*) \cos \psi - (1 + \alpha \alpha^*) / \sqrt{\beta \beta^*}) & \sqrt{\beta^* / \beta} (\cos \psi - \alpha \sin \psi) \end{bmatrix}$$

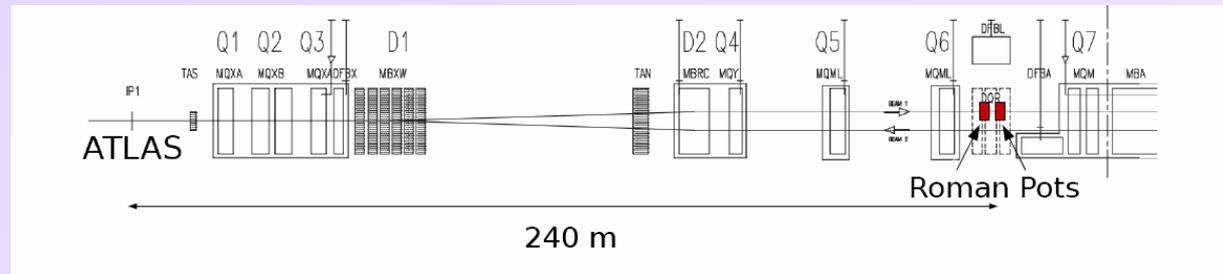
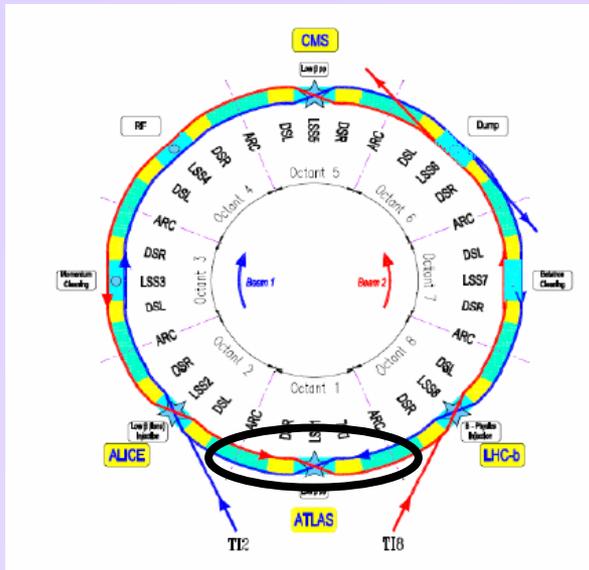
$$\implies y = \sqrt{\beta \beta^*} \theta_y$$

- Nécessité de matching** autour de l'IP1 (sans modification autre dans l'anneau) pour obtenir les paramètres optiques voulus (collaboration avec S. White et H. Burkhardt - CERN)

\rightarrow modification des forces des quadrupôles

Localisation des Pots Romains (RPs)

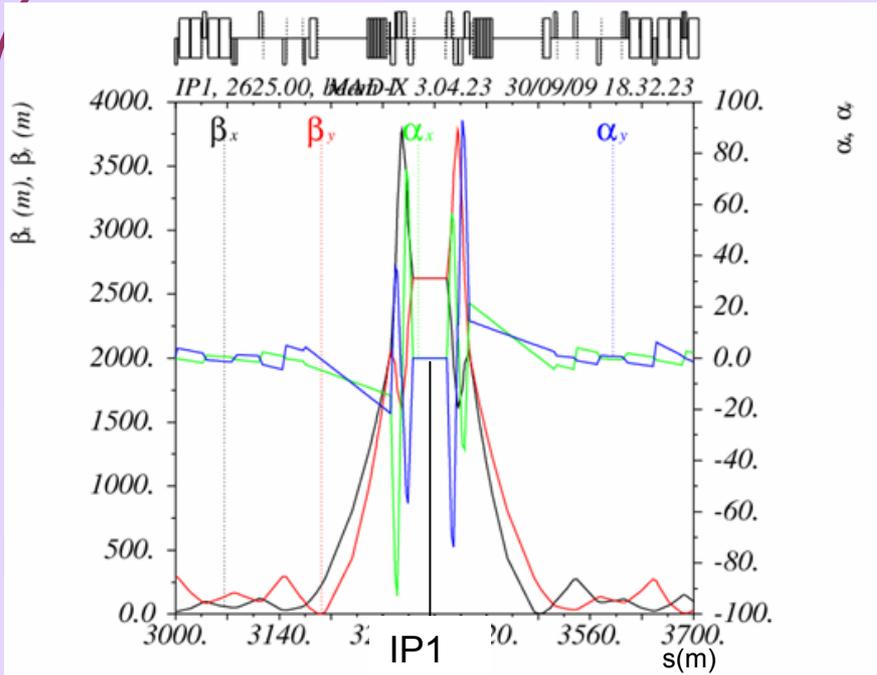
- On appelle les détecteurs des pots romains (RPs)
- Ils sont positionnés de part et d'autre du détecteur ATLAS



- Ils sont situés entre les quadrupoles Q6 et Q7 à 240 m
- Remarque : TOTEM (auprès de CMS) utilise également des optiques fort β

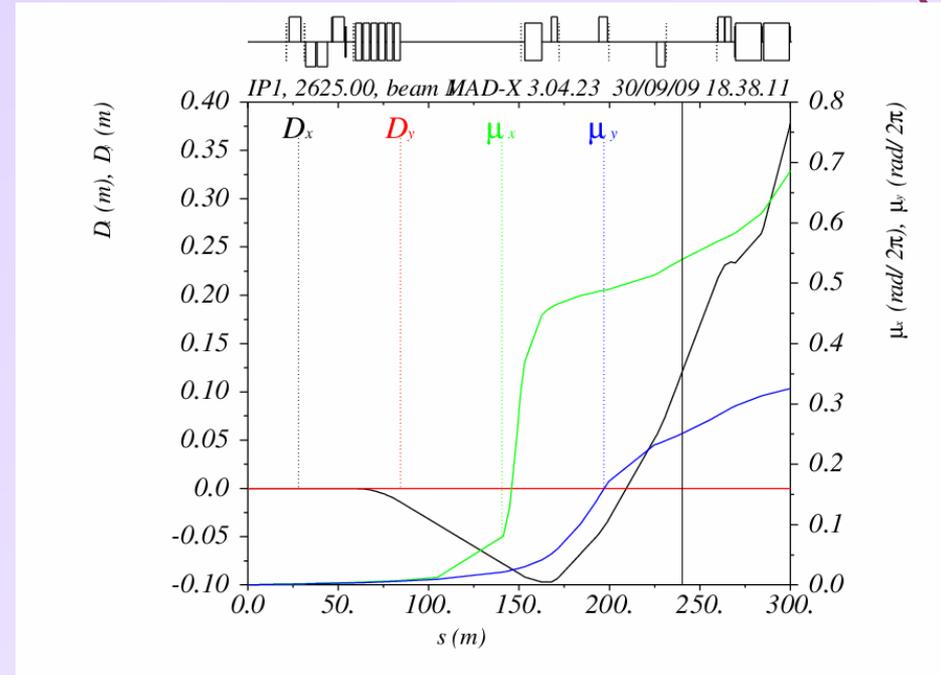
Optique modifiée au Point d'Interaction

Exemple d'optique utilisée (MadX)



$$\beta^* = 2625 \text{ m}$$

$$\alpha^* = 0.0$$



$$D^* = 0.0$$

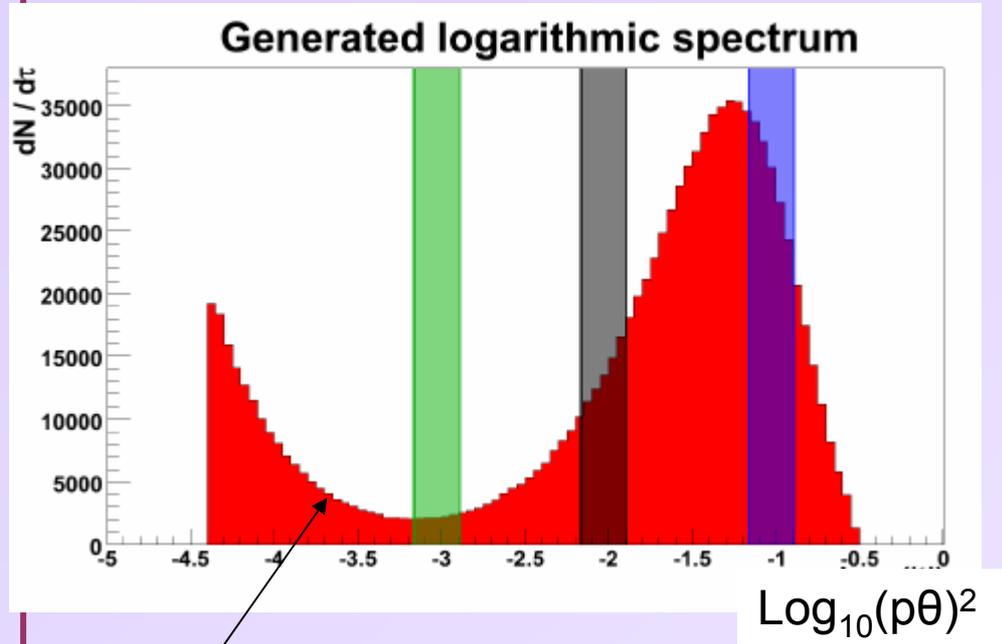
$$\mu_y(\text{RP}) = 90^\circ$$

Caractéristiques de l'optique voulue réunies

Principe Général : Simulation

- Evènements de diffusion élastique générés avec PYTHIA à 7 TeV et transportés jusqu'aux RPs avec MadX

Faisceau

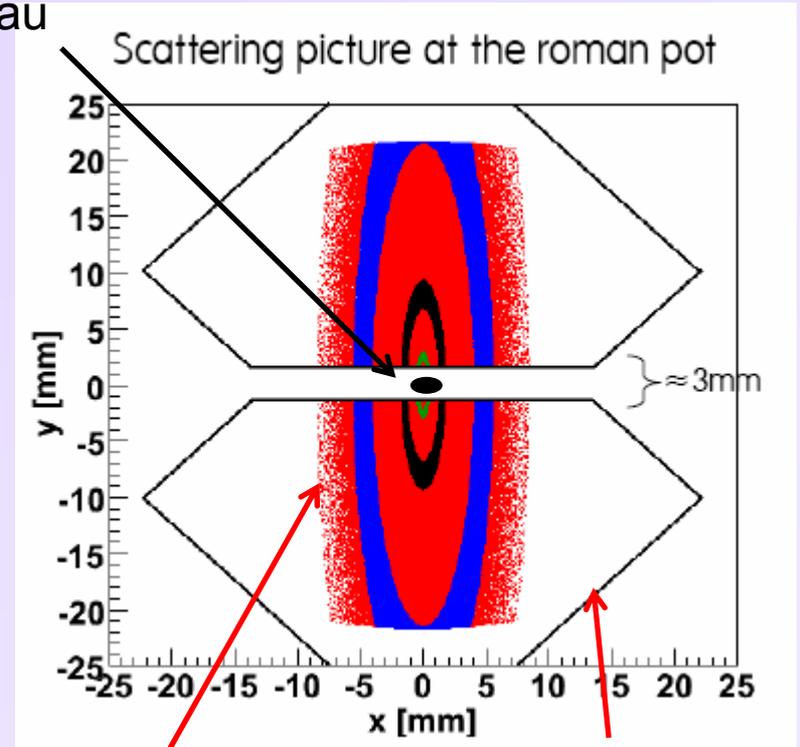


Région
Coulombienne

$$3.8 < \theta < 5.2 \mu\text{rad}$$

$$11.9 < \theta < 16.2 \mu\text{rad}$$

$$37.7 < \theta < 51.5 \mu\text{rad}$$

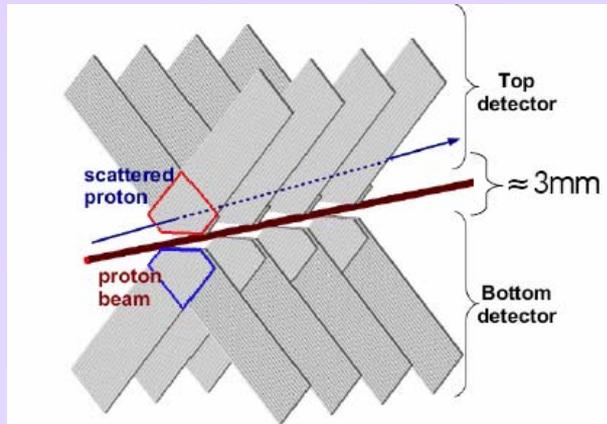


Étalement
vertical

Enveloppe du
détecteur

Principe des Pots Romains

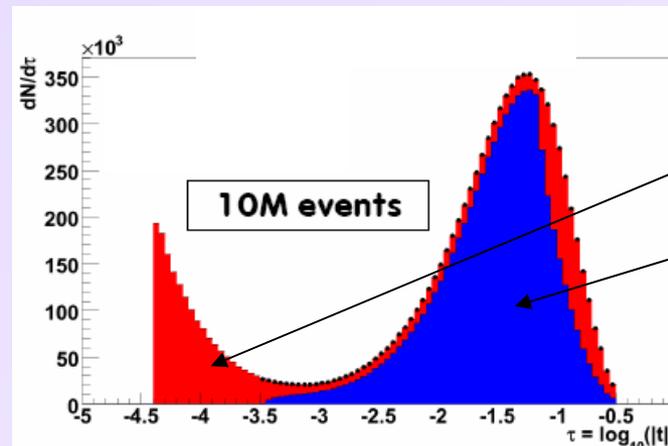
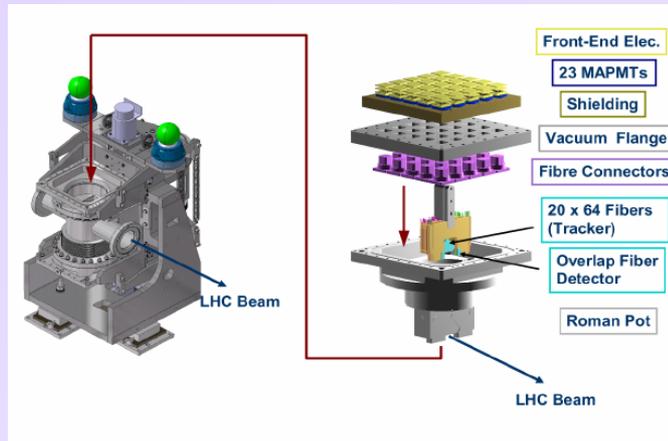
- Chaque **pot romain** (RP) contient un trajectographe à fibres scintillantes
- Ces pots permettent d'approcher le faisceau de 1 à 2 mm pour intercepter les protons diffusés



Chaque station est composée de 2 détecteurs : un haut, un bas

Chaque détecteur contient 20*64 fibres scintillantes lues par 20 MAPMT de 64 canaux

Une électronique front end compacte fabriquée au LAL est montée au sommet des MAPMTs

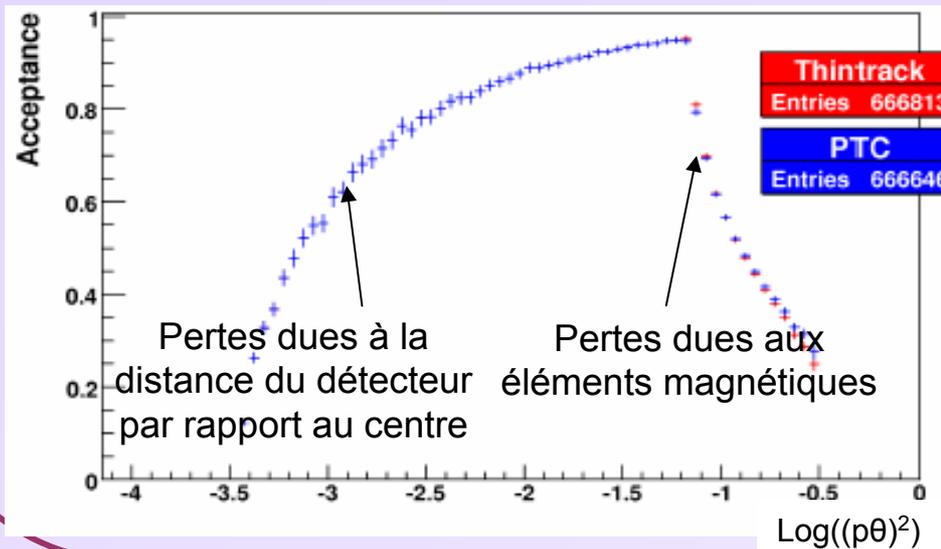


générés

reconstruits

Acceptance et transport du faisceau

- Détermination de l'**acceptance A** par la simulation : rapport entre le nombre de protons interceptés par le détecteur et le nombre de protons générés
- Utilisation de **2 méthodes différentes** de transport avec MadX pour les mêmes données entrantes :
 - **Thintrack** : utilise l'approximation lentille mince \Rightarrow calcul plus rapide
 - **PTC** (E. Forest) : lentille épaisse
- Résultats obtenus :



\rightarrow Le pot romain est dans ce cas placé à 1.5 mm de l'axe du faisceau

\rightarrow On constate que les 2 méthodes donnent des résultats similaires sur l'acceptance ($\sim 67\%$)

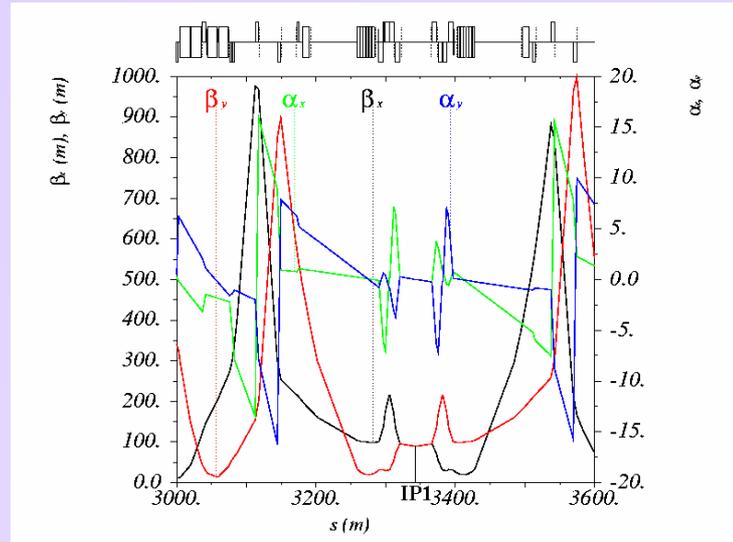
Alternative à 3.5 TeV : optique 90 m

- Possibilité de premiers tests pour ALFA
 - A 3.5 TeV par faisceau
 - Avec une optique ayant un plus petit β au point d'interaction
 - > moins challenging que l'optique à fort β
 - > plus facile à obtenir
- Paramètres de l'optique 90 m (Equivalente à celle de TOTEM : H. Burkhardt)

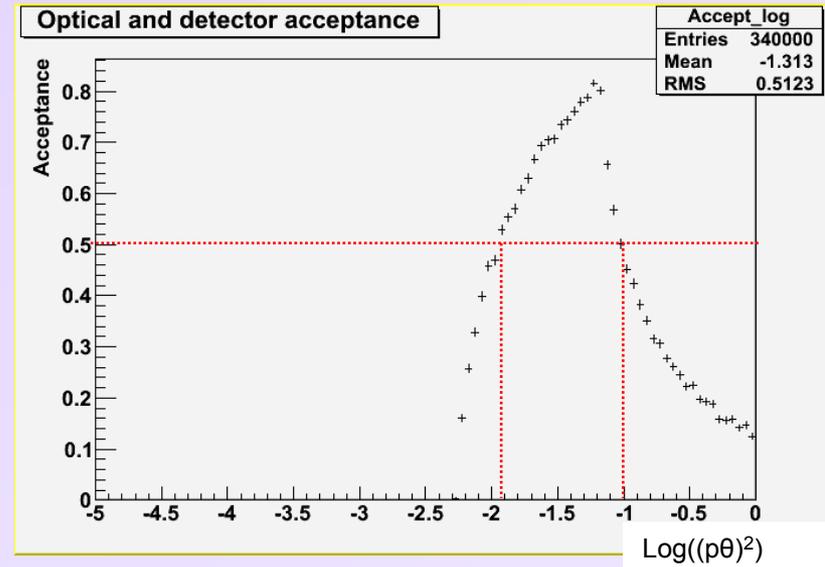
Parameters	90 m optics (3.5 TeV)	High Beta Optics (7 TeV)
$\beta_x^* \beta_y^*$	90 m	2625 m
$\sigma_x^* \sigma_y^*$	155 μm	593 μm
ϵ_N	1.0 $\mu\text{m rad}$	1.0 $\mu\text{m rad}$
Crossing angle	0	0
Divergence	1.72 μrad	0.233 μrad
β_{xRP}	138 – 122 m	95 – 97 m
β_{yRP}	871 – 795 m	123 – 117 m
σ_{xRP}	192 – 181 μm	113 – 115 μm
σ_{yRP}	483 – 462 μm	129 – 125 μm

Optique 90 m : Résultats

Nouvelle optique :



Acceptance :



- Pas de possibilité d'atteindre la région coulombienne avec $\beta^* = 90$ m
- Mais :
 - Premiers tests des détecteurs possibles
 - Premiers tests d'optique à β^* plus élevé que 11 m (injection)

Connaissances des paramètres du faisceau

- Détermination de l'angle de diffusion

$$\theta_y^* = \frac{y_L - y_R}{2 L_{\text{eff},y}} \quad \text{avec} \quad L_{\text{eff},y} = \sqrt{(\beta \beta^*)}$$



- Mesure précise \rightarrow Connaissance de la sensibilité sur les paramètres optiques
 - β^* doit être mesuré à 1% près
 - β aux RPs à +/- 2%
 - L'avance de phase aux pots romains à +/- 0.5%
 - La divergence du faisceau au point d'interaction à +/- 10%
 - Angle de croisement entre les 2 faisceaux à +/- 0.2 μrad

Résumé sur les incertitudes systématiques

Incertitudes systématiques	(%)
Divergence du faisceau	0.3
Angle de croisement	0.2
Fonctions optiques (β et β^*)	0.6
Avance de phase	1.0
Alignement du détecteur	1.3
Acceptance géométrique du détecteur	0.5
Résolution du détecteur	0.4
Soustraction du bruit de fond	1.1
Total des incertitudes systématiques	2.2

Si on combine le total des erreurs systématiques à l'erreur statistique (1.8%) :

→ **incertitude totale sur la luminosité de 2.8 %**

Conclusion

- La connaissance de l'optique entre le point d'interaction et les RPs est critique pour ALFA
 - Au sein d'ALFA, le LAL est le seul laboratoire à avoir cette maîtrise
- Vu les problèmes du LHC, l'optique 7 TeV ne sera pas utilisée avant 2013
 - Travail en cours pour augmenter β^* pour une nouvelle optique à 3.5 TeV en vue d'une mesure en 2011
- Mesure délicate mais intéressante