



Étiquetage de la saveur des mésons B dans LHCb

Préparation aux premières données

1. Introduction
2. Physique du B
3. LHCb
4. Étiquetage de la saveur
5. Conclusions et perspectives

S. POSS

CPPM, IN2P3, CNRS, et Aix-Marseille Université

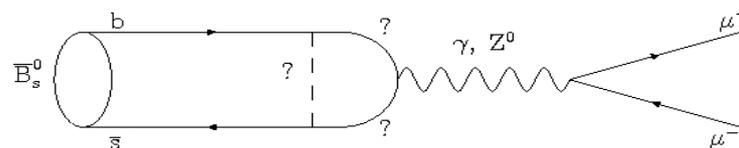
Séminaire étudiant première année

Introduction

- LHCb :
 - Mesure de la violation de CP et désintégrations rares dans le secteur de la beauté
 - La majeure partie de ces mesures nécessitent l'identification de la saveur initiale des mésons B :
 - étiquetage
- Ma thèse :
 - Calibration de l'étiquetage des mésons B sur données réelles
 - Optimisation sur données MC
 - Préparation à l'analyse des données réelles
 - Mesure de $\sin(2\beta)$ comme preuve de fiabilité

Physique du B à LHCb

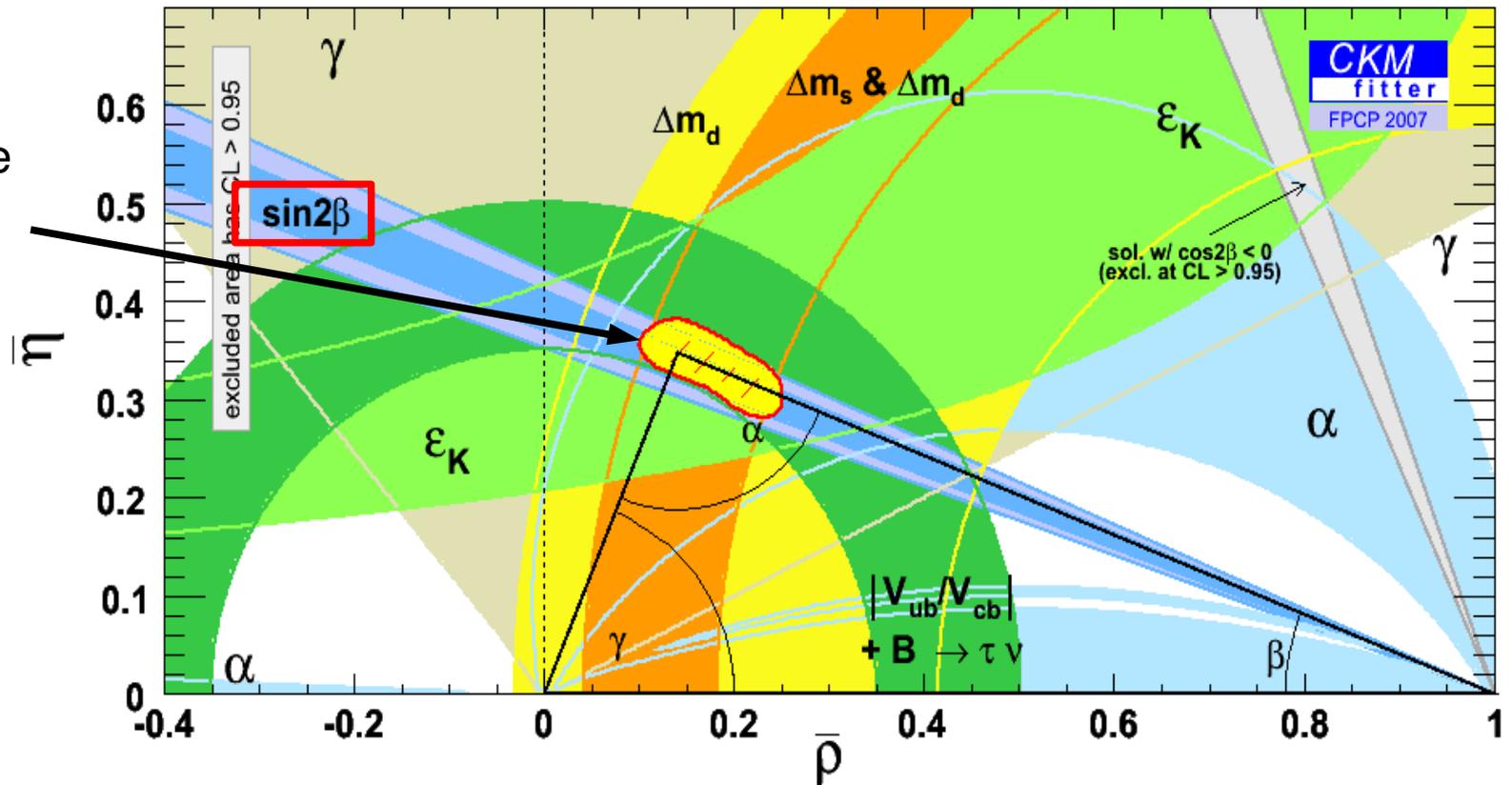
- Mesure de la violation de CP dans les oscillations des mésons B^0_s
 - Mesure de Δm_s (déjà mesuré par CDF en 2006)
 - Mesure de ϕ_s
- Mesure du rapport d'embranchement de $B_s \rightarrow \mu\mu$
 - Sensible à la Nouvelle Physique par des contributions supplémentaires dans les diagrammes en boucle



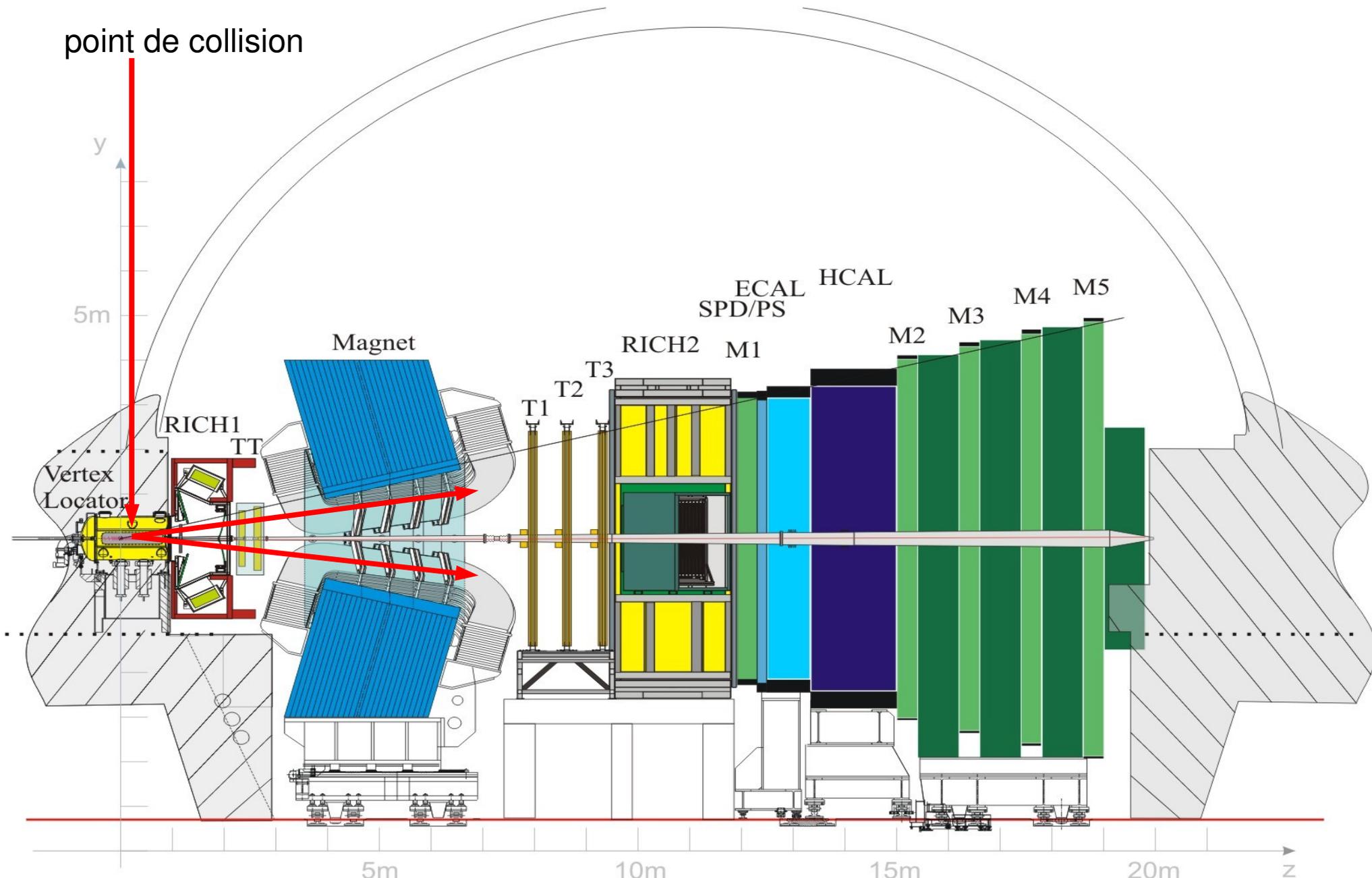
- Mesure des angles des triangles d'unitarité, en particulier γ
- Nécessite d'avoir déjà mesuré quelque chose de connu pour affirmer la qualité des mesures de LHCb : $\sin(2\beta)$

Triangle d'unitarité

- région à contraindre
- γ
 - Δm_d
 - $\sin(2\beta)$

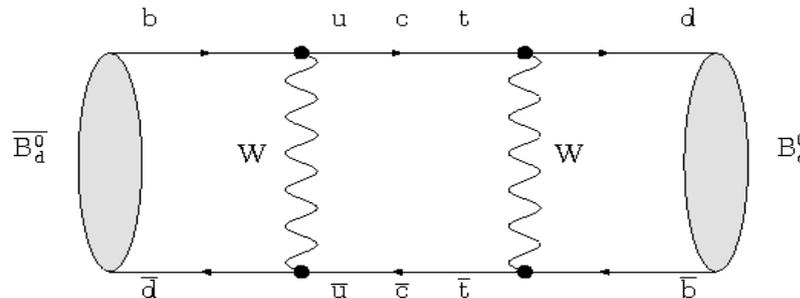


LHCb



Étiquetage de la saveur (1)

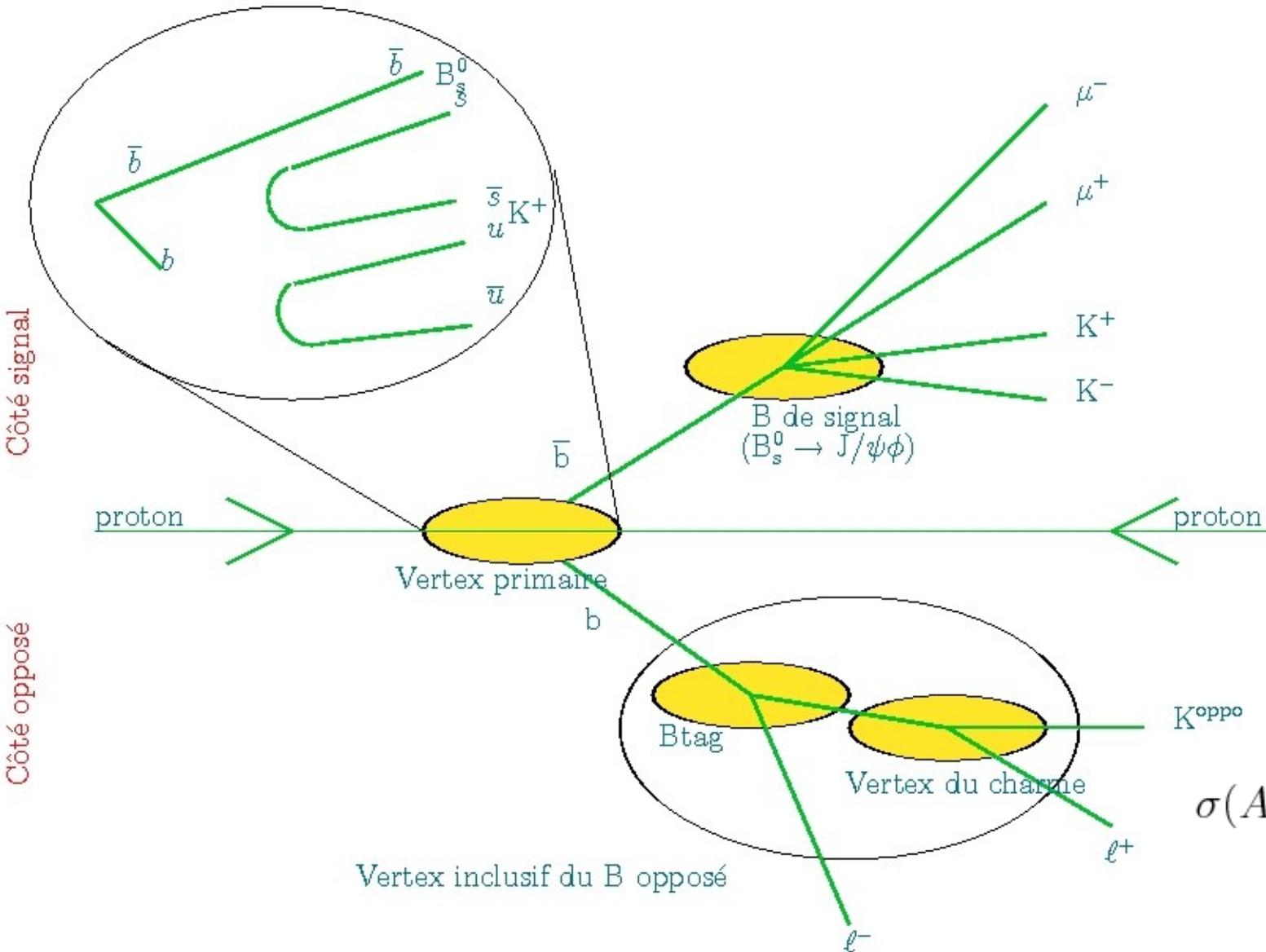
- Mesures de violation de CP nécessitent la connaissance de la saveur initiale des mésons B étudiés
 - Les mésons neutres peuvent osciller en saveur



- La mesure de $\sin(2\beta)$ se fait en construisant l'asymétrie CP dépendante du temps :

$$\mathcal{A}_{CP}(t) = \frac{N(B_d^0 \rightarrow J/\Psi K_s^0)(t) - N(\overline{B}_d^0 \rightarrow J/\Psi K_s^0)(t)}{N(B_d^0 \rightarrow J/\Psi K_s^0)(t) + N(\overline{B}_d^0 \rightarrow J/\Psi K_s^0)(t)} \propto (1 - 2\omega) \underline{\sin(2\beta)} \sin(\Delta m_d t)$$

Étiquetage de la saveur



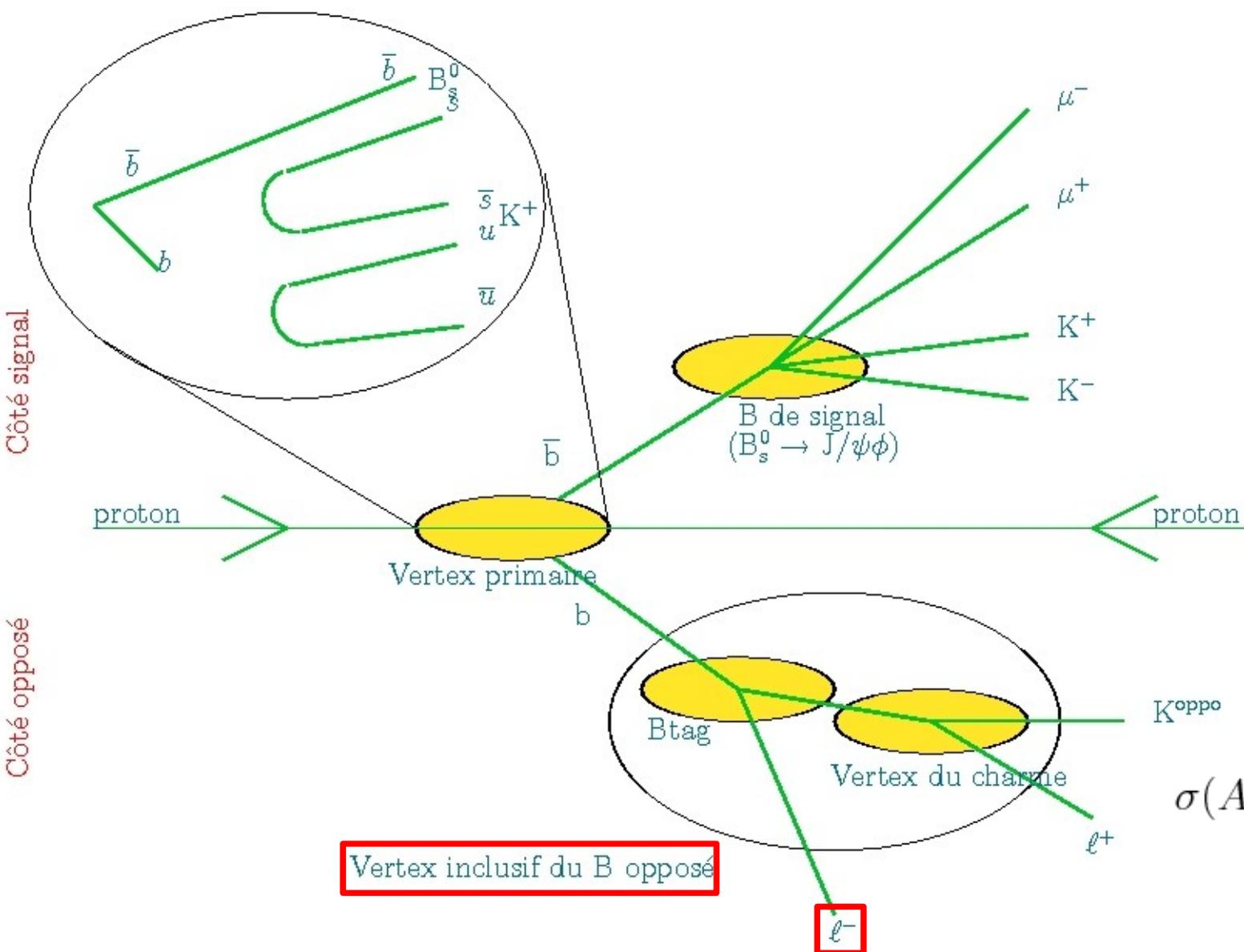
$$\epsilon_{tag} = \frac{\text{étiquetés}}{\text{total}}$$

$$\omega = \frac{\text{faux}}{\text{étiquetés}}$$

$$\epsilon_{eff} = \epsilon_{tag}(1 - 2\omega)^2$$

$$\sigma(A_{CP}^{mesuré}) \propto \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{tag}(1 - 2\omega)}}$$

Étiquetage de la saveur



$$\epsilon_{tag} = \frac{\text{étiquetés}}{\text{total}}$$

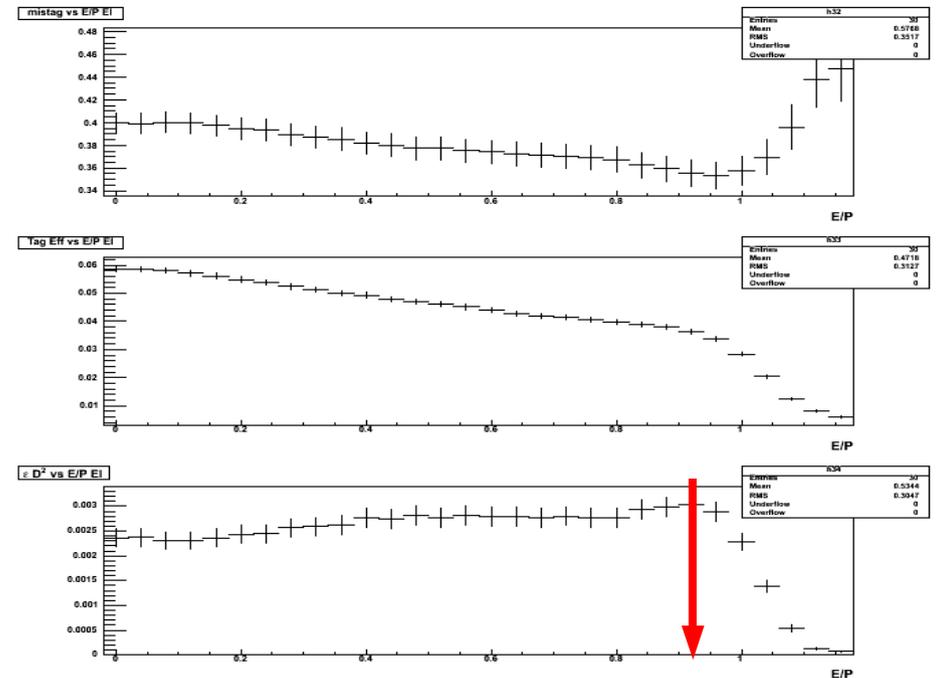
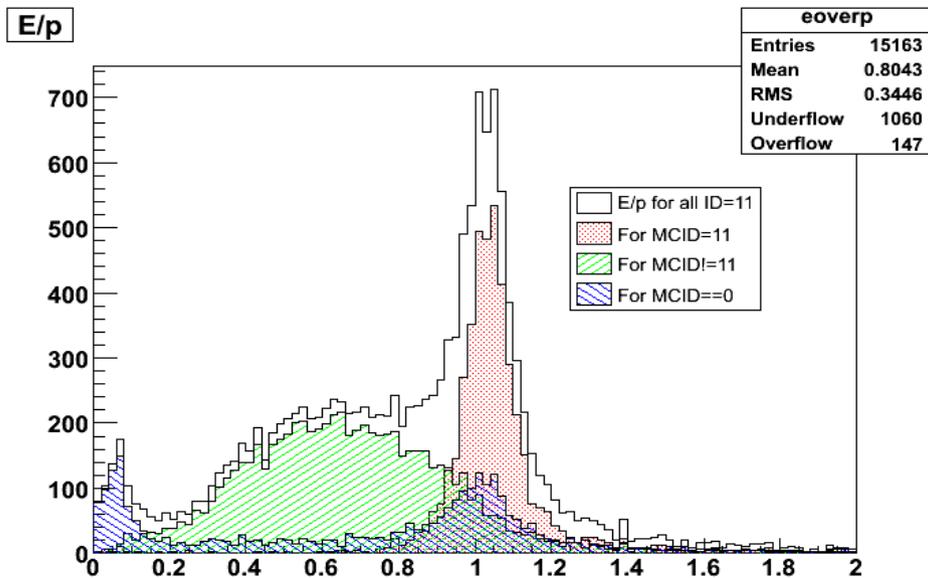
$$\omega = \frac{\text{faux}}{\text{étiquetés}}$$

$$\epsilon_{eff} = \epsilon_{tag}(1 - 2\omega)^2$$

$$\sigma(A_{CP}^{mesuré}) \propto \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{tag}(1 - 2\omega)}}$$

Électron

- Optimisation de la sélection des électrons
 - Coupures sur le PID (RICH, CALO), l'impulsion, l'impulsion transverse, la qualité de la trace, le dépôt d'énergie dans le détecteur de vertex et E/p (issu du calorimètre)



Valeur des coupures incluses dans le code officiel

Vertex Inclusif du côté opposé

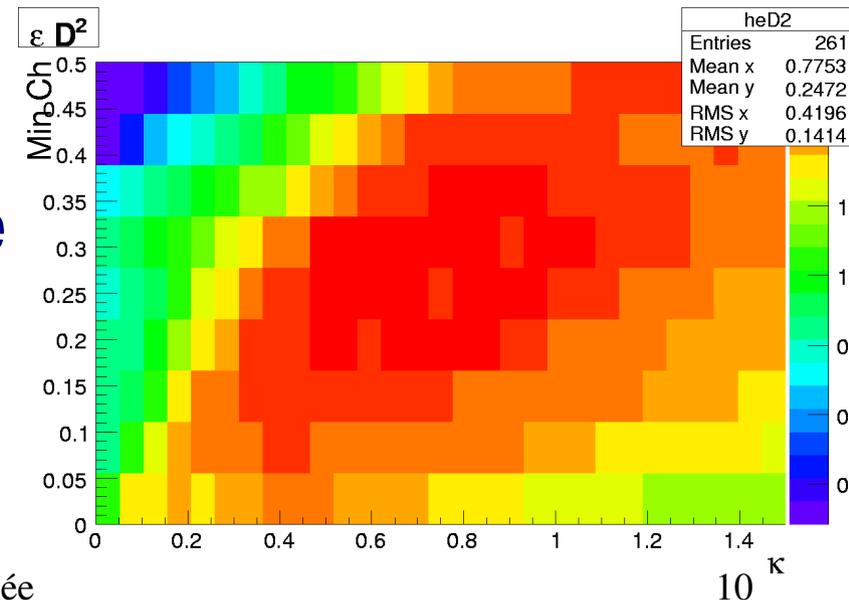
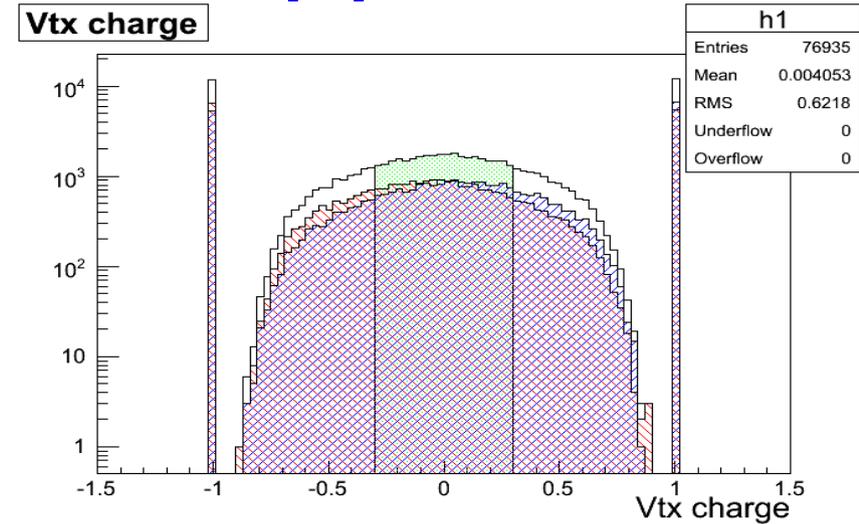
➤ Définition :
$$Q_{vtx} = \frac{\sum_i p_{Ti}^\kappa Q_i}{\sum_i p_{Ti}^\kappa}$$

➤ Reconstruction d'un vertex inclusif par maximum de vraisemblance

➤ Optimization de κ et coupure centrale

➤ Utilisation inclusive ou exclusive selon les autres taggers disponibles

➤ Inclu dans le code officiel



Calibration sur les données réelles

- Dans les données réelles, il faut pouvoir déterminer la fraction de mauvais étiquetage
 - Les canaux de contrôle sont état finaux non propre de CP : permettent d'avoir la saveur finale des mésons B
 - On souhaite obtenir la saveur initiale
 - Utilisation des B chargés dont la saveur finale est la même que la saveur initiale (pas d'oscillation)
 - Utilisation des B neutres dont l'état final est spécifique de saveur et dont on connaît très bien les paramètres d'oscillation
- Contribution : sélection des canaux de contrôle $B^+ \rightarrow \bar{D}^0 \pi^+$, $B^+ \rightarrow \bar{D}^0 \mu^+ \nu$ et $B^0_s \rightarrow D_s \mu \nu$ (2 notes LHCb publiques)
- Etude en cours : extraction de la fraction de mauvais étiquetage à partir des oscillations des B^0

Conclusion et perspectives

- Mesures clé de LHCb nécessitent l'étiquetage des saveurs initiales des mésons étudiés
 - Besoin d'un algorithme performant et robuste
- Contribution à l'étiquetage :
 - Optimisation de l'électron et de la charge de vertex inclusif
 - Sélection de canaux de contrôle
- Perspectives :
 - Préparation aux mesures sur les données réelles
 - Préparation à la mesure de $\sin(2\beta)$

back up

Mesures de LHCb

- Fréquence d'oscillation des B^0 s, phase et $\Delta\Gamma$ s
- α avec $B^0_d \rightarrow \pi^0 \pi^- \pi^+$
- β avec $B^0_d \rightarrow J/\psi K^*$
- γ dans différents canaux
 - Asymétries dépendantes du temps de $B_s \rightarrow D_s^- K^+$ et $B_s \rightarrow D_s^+ K^-$
 - Asymétries dépendantes du temps de $B_d \rightarrow \pi^+ \pi^-$ et $B_s \rightarrow K^+ K^-$
 - Comparaison de rapports d'embranchements
 - Analyses de Dalitz
- Désintégrations rares
 - Asymétries avant-arrière de $B_d \rightarrow K^{*0} \mu \mu$
 - $B_s \rightarrow \mu \mu$
 - . . .

Mesure de $\sin(2\beta)$

- Recherche de $J/\psi \rightarrow \mu\mu$

ajout PID

- Ajout de K^+ : reconstruction de B^+ , mesure du temps de vie

ajout étiquetage

- Utilisation de $J/\psi K^{*0}$: reconstruction de B^0 , mesure de Δm_d

- Utilisation de $B^0 \rightarrow J/\psi K_s^0$: mesure de $\sin(2\beta)$

Probability combination

- To combine the information from the taggers, e.g. the vertex charge and the SS kaon, one needs :
 - the estimation of the mistag fraction : function $\omega(\text{NNet})$ or $\omega(\text{Qvtx})$ (i.e $p_i = 1 - \omega$)
 - The flavour guessed by the tagger q_i
- The probability that the flavour is a b or \bar{b} in the B meson is given by :

$$\mathcal{P}(b) = \frac{p(b)}{p(b) + p(\bar{b})}, \quad \text{and} \quad \mathcal{P}(\bar{b}) = 1 - \mathcal{P}(b)$$

- **with** : $p(b) = \prod_i \left(\frac{1 - q_i}{2} + q_i p_i \right)$, and $p(\bar{b}) = \left(\frac{1 + q_i}{2} - q_i p_i \right)$