

Recherche de la Nouvelle Physique dans les désintégrations $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ avec le détecteur LHCb, auprès du LHC

Émilie Maurice

CPPM Aix-Marseille Université IN2P3 CNRS, France

26 Novembre 2010



Directeurs de thèse : Olivier Leroy et Renaud Le Gac
Journées Jeunes Chercheurs 2010, Angers

Sommaire

- 1 Cadre théorique
- 2 Cadre expérimental
- 3 Étude des acceptances angulaires de $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$
- 4 Performances de l'étiquetage
- 5 Étude des interactions multiples
- 6 Conclusions et perspectives

Cadre théorique

La violation CP

Opérateurs

- C : la conjugaison de charge oppose les nombres quantiques additifs d'une particule
- P : la parité renverse la direction d'une particule
- Symétrie CP : change une particule en son anti-particule

Violation CP

- Observée dans les désintégrations faibles
- 3 types de violations CP dus aux :
 - Désintégrations
 - Oscillations
 - **Interférences entre les oscillations et désintégrations**

La matrice CKM

Le Modèle Standard rend compte de la violation CP via la matrice CKM :
(Prix Nobel 2008)

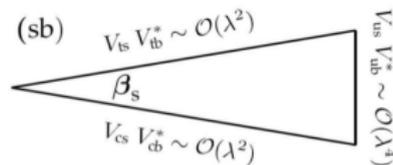
- Matrice 3x3, unitaire
- 3 paramètres réels, 1 phase complexe
- Probabilité qu'un quark q se transforme en quark q'

$$V_{\text{CKM}} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix}$$

- 6 triangles d'unitarité \rightarrow triangle (sb)

$$\beta_s = \arg \left(\frac{-V_{ts} V_{tb}^*}{V_{cs} V_{cb}^*} \right)$$

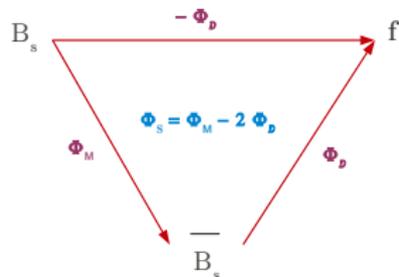
- Le Modèle Standard prédit :
 $-2\beta_s = -0.0360 \pm 0.0018 \text{ rad}$



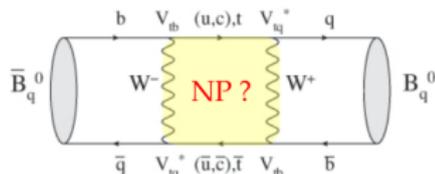
Dans LHCb, on mesure la phase $\phi_s = -2\beta_s + \Phi_{NP}$

Définition de la phase ϕ_s

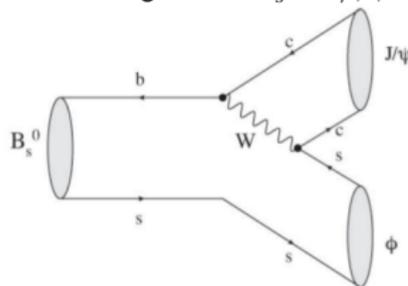
ϕ_s est créée par les interférences entre :



Oscillations entre $B_s^0 - \bar{B}_s^0$



Désintégrations $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$



Donc ϕ_s apparaît dans les taux de désintégrations de $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$

Taux de désintégrations de $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$

Taux de désintégrations :

$$\frac{d^4\Gamma(B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi)}{dt d\Omega} \propto \sum_{k=1}^6 h_k(t) f_k(\Omega), \quad \text{and} \quad \frac{d^4\Gamma(\bar{B}_s^0 \rightarrow J/\psi\phi)}{dt d\Omega} \propto \sum_{k=1}^6 \bar{h}_k(t) f_k(\Omega).$$

Dépendances temporelles et angulaires pour B_s^0 :

k	$h_k(t)$	$\bar{h}_k(t)$	$f_k(\theta, \psi, \varphi)$
1	$ A_0(t) ^2$	$ \bar{A}_0(t) ^2$	$2 \cos^2 \psi (1 - \sin^2 \theta \cos^2 \varphi)$
2	$ A_{ }(t) ^2$	$ \bar{A}_{ }(t) ^2$	$\sin^2 \psi (1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi)$
2	$ A_{\perp}(t) ^2$	$ \bar{A}_{\perp}(t) ^2$	$\sin^2 \psi (1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi)$
3	$ A_{\perp}(t) ^2$	$ \bar{A}_{\perp}(t) ^2$	$\sin^2 \psi \sin^2 \theta$
4	$\Im\{A_{ }^*(t)A_{\perp}(t)\}$	$\Im\{\bar{A}_{ }^*(t)\bar{A}_{\perp}(t)\}$	$-\sin^2 \psi \sin 2\theta \sin \varphi$
5	$\Re\{A_0^*(t)A_{ }(t)\}$	$\Re\{\bar{A}_0^*(t)\bar{A}_{ }(t)\}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \sin 2\psi \sin^2 \theta \sin 2\varphi$
6	$\Im\{A_0^*(t)A_{\perp}(t)\}$	$\Im\{\bar{A}_0^*(t)\bar{A}_{\perp}(t)\}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \sin 2\psi \sin 2\theta \cos \varphi$

Taux de désintégrations de $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$

Amplitudes dépendantes du temps pour B_s^0 :

$$|A_0(t)|^2 = |A_0(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \cos\phi_s \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \sin\phi_s \sin(\Delta m_s t) \right],$$

$$|A_{\parallel}(t)|^2 = |A_{\parallel}(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \cos\phi_s \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \sin\phi_s \sin(\Delta m_s t) \right],$$

$$|A_{\perp}(t)|^2 = |A_{\perp}(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \cos\phi_s \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \sin\phi_s \sin(\Delta m_s t) \right],$$

$$\Re\{A_0^*(t)A_{\parallel}(t)\} = |A_0(0)||A_{\parallel}(0)| e^{-\Gamma_s t} \cos\delta_{\parallel} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \cos\phi_s \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \sin\phi_s \sin(\Delta m_s t) \right]$$

$$\Im\{A_{\parallel}^*(t)A_{\perp}(t)\} = |A_{\parallel}(0)||A_{\perp}(0)| e^{-\Gamma_s t} \left[-\cos(\delta_{\perp} - \delta_{\parallel}) \sin\phi_s \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \sin(\delta_{\perp} - \delta_{\parallel}) \cos(\Delta m_s t) - \cos(\delta_{\perp} - \delta_{\parallel}) \cos\phi_s \sin(\Delta m_s t) \right],$$

$$\Im\{A_0^*(t)A_{\perp}(t)\} = |A_0(0)||A_{\perp}(0)| e^{-\Gamma_s t} \left[-\cos\delta_{\perp} \sin\phi_s \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \sin\delta_{\perp} \cos(\Delta m_s t) - \cos\delta_{\perp} \cos\phi_s \sin(\Delta m_s t) \right].$$

- ϕ_s apparaît dans les dépendances temporelles
- Amplitudes temporelles pour \overline{B}_s^0 : opposer les **signes**
 → si pas d'étiquetage (= B_s^0 ou \overline{B}_s^0 ?) → Perte de sensibilité sur ϕ_s

Pourquoi mesurer ϕ_s dans $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$

• Avantages de $B_s^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)\phi(KK)$:

- Rapport de branchement visible important : $33.6 \cdot 10^{-6}$
soit 1500 pour 37 pb^{-1} , à 7 TeV
- Désintégration du $J/\psi(\mu\mu)$

• Inconvénients de $B_s^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)\phi(KK)$:

- Oscillations rapides : $\Delta m_s = (17.77 \pm 0.12) \text{ ps}^{-1}$
→ Nécessite une bonne résolution temporelle
- Désintégration d'un pseudo-scalaire (spin=0) en 2 vecteurs
($J^{PC} = 1^-$)
 - Conservation du moment angulaire total $\rightarrow \ell = 0, 1, 2$
→ Mélange d'états finals CP pairs et impairs

→ **Etude angulaire pour séparer statistiquement les états CP pairs/impairs**

Comment mesurer ϕ_s dans LHCb

- 1 Détecter et déclencher $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$
- 2 Sélectionner les désintégrations $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ et ses canaux de contrôle ($B^+ \rightarrow J/\psi K^+$, $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$) de manière similaire
- 3 Mesurer le temps propre (résolution, acceptance)
- 4 Mesurer les angles (résolutions, acceptances)
- 5 Etiqueter la saveur initiale des mésons B_s^0 , B^+ , B^0
- 6 Ajuster la fonction de vraisemblance des taux de désintégration :
 $\mathcal{L}(t, q, \theta, \phi, \psi, m; \phi_s, \Gamma_s, \Delta\Gamma_s, \Delta m_s, A_{\parallel}(t), A_{\perp}(t), \delta_{\parallel}, \delta_{\perp}, \omega, \sigma(t), \dots)$
- 7 Etude des erreurs systématiques

Comment mesurer ϕ_s : mes contributions

- 1 Détecter et déclencher
- 2 Sélectionner les désintégrations $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ et ses canaux de contrôle ($B^+ \rightarrow J/\psi K^+$, $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$) de manière similaire
- 3 Mesurer le temps propre (résolution, acceptance)
- 4 Mesurer les angles (résolutions, acceptances)
- 5 Etiqueter la saveur initiale des mésons B_s^0 , B^+ , B^0
- 6 Ajuster la fonction de vraisemblance des taux de désintégration : $\mathcal{L}(t, q, \theta, \phi, \psi, m; \phi_s, \Gamma_s, \Delta\Gamma_s, \Delta m_s, A_{\parallel}(t), A_{\perp}(t), \delta_{\parallel}, \delta_{\perp}, \omega, \sigma(t), \dots)$
- 7 Etude des erreurs systématiques

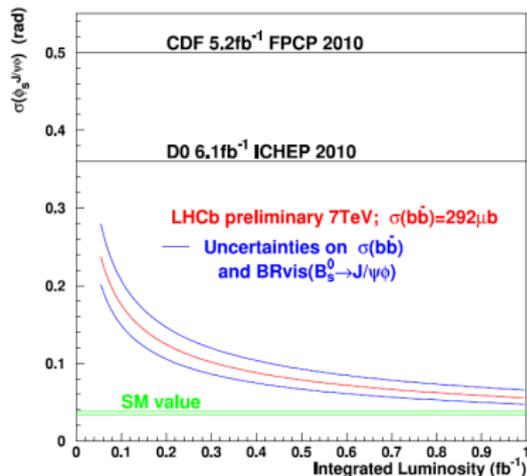
Résultats actuels et à venir de ϕ_s

Contraintes actuelles du Tevatron :

- CDF : $\mathcal{L} = 5.2 \text{ fb}^{-1}$, $\phi_s \in [0.0, 0.52] \cup [1.08, 1.55] \text{ rad}$ at 68 % CL
- D0 : $\mathcal{L} = 6.1 \text{ fb}^{-1}$, $\phi_s = -0.76_{-0.36}^{+0.38}(\text{stat}) \pm 0.02(\text{syst}) \text{ rad}$

LHCb :

- Fin 2010, $\mathcal{L} = 37.7 \text{ pb}^{-1}$
- Fin 2011, $\mathcal{L} \sim 1 \text{ fb}^{-1}$



Pour $\mathcal{L} > 0.05 \text{ fb}^{-1}$ LHCb sera compétitif avec le Tevatron

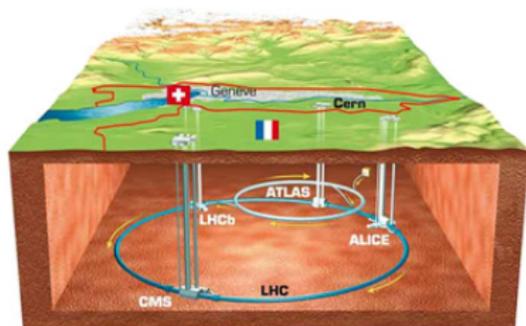
Cadre expérimental



LHC et LHCb

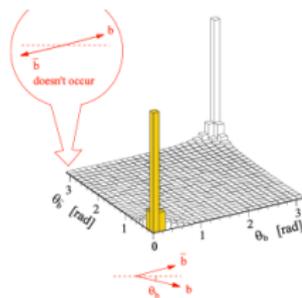
LHC : Large Hadron Collider

- Installé au CERN
- 27 km de circonférence
- Collisions proton-proton, à 7 TeV depuis le 30 mars 2010
- 4 expériences majeures : ATLAS, ALICE, CMS et LHCb



LHCb : Détecteur dédié à la physique des hadrons b

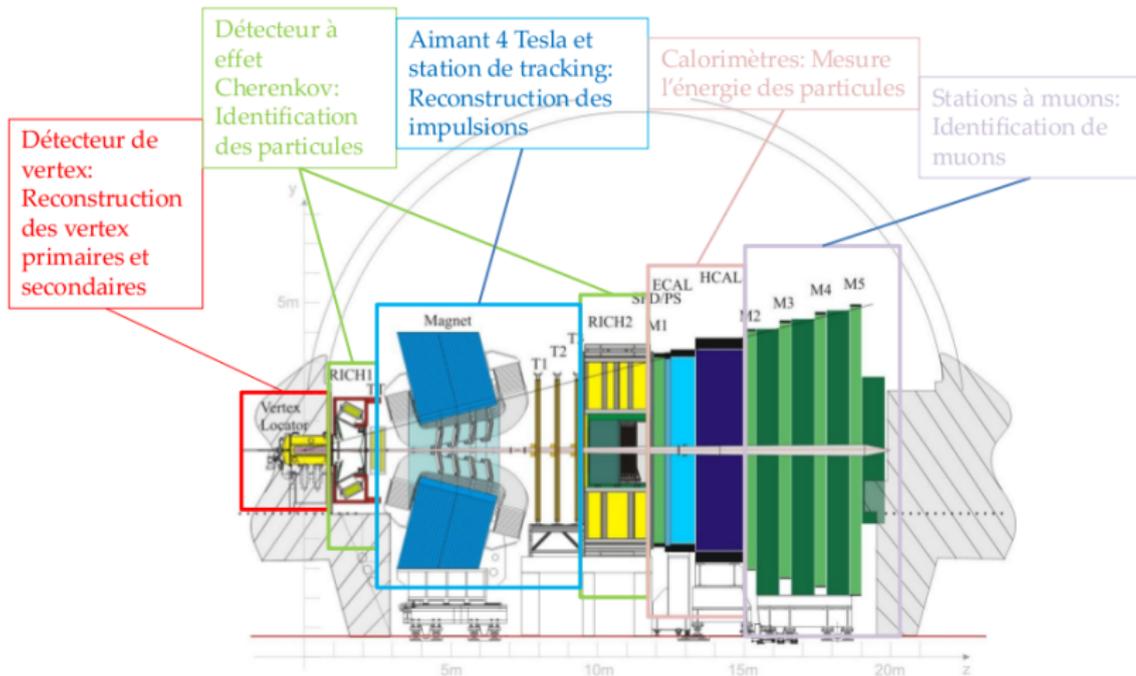
- Mesures de la violation CP (dont ϕ_s)
- Etudes de désintégrations rares



Paires $b\bar{b}$ principalement émises à petit angle

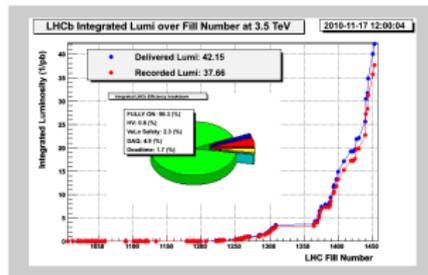
Le détecteur LHCb

Spectromètre orienté vers l'avant depuis le point de collision



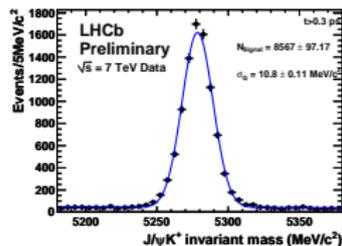
Prise de données en 2010

- Du 30 mars au 4 novembre 2010 :
37.7 pb⁻¹ enregistrés

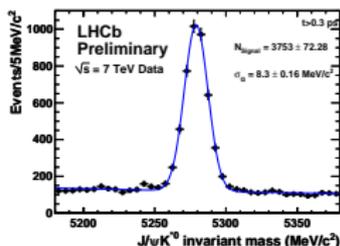


- Redécouverte du Modèle Standard

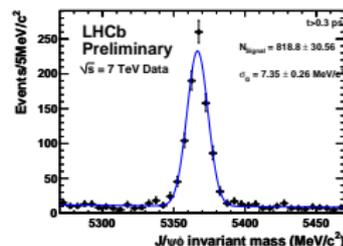
$$B^+ \rightarrow J/\psi K^+$$



$$B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$$



$$B_S^0 \rightarrow J/\psi \phi$$

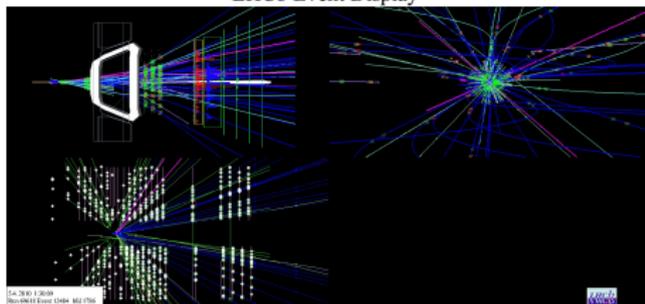


- Début des mesures phares de LHCb ($\phi_s, B_S^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-, \dots$)

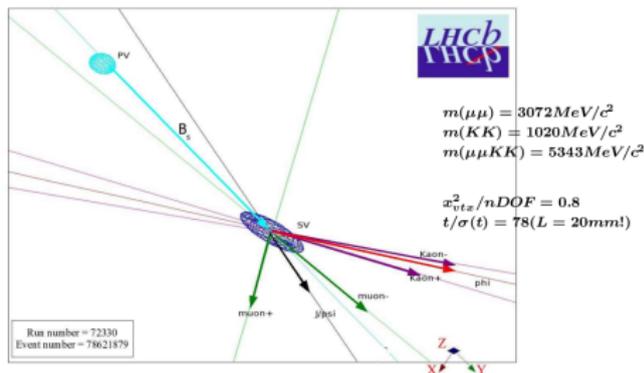
Premiers candidats $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$, $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$

Premier candidat hadron b :
 $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$

LHCb Event Display



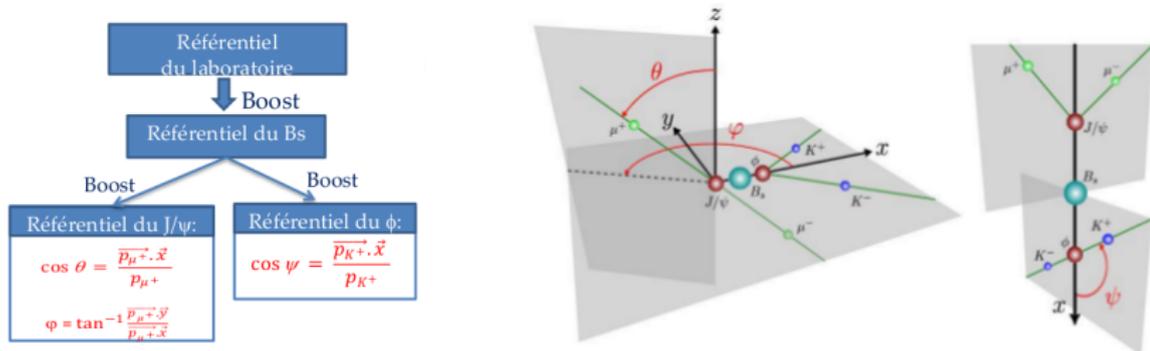
Premier candidat $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$



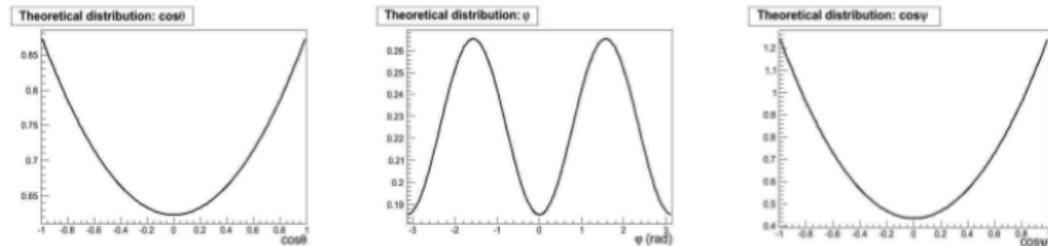
Étude des acceptances angulaires de $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$ avec la simulation

Distribution angulaires

Définition des angles en base de transversité de $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$



Distributions caractéristiques de chaque angles :



Quantification des distorsions angulaires

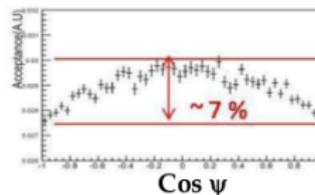
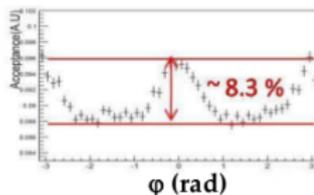
- Différence entre distributions angulaires expérimentales et théoriques \rightarrow source d'erreurs systématiques

$$\text{Acceptance} = \frac{\text{Distribution expérimentale}}{\text{Distribution théorique}}$$

- Quantification des distorsions des acceptances :

$$\text{Distorsion} = \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Maximum}}$$

- Après simulation complète, trigger et sélection, on obtient ces acceptances angulaires :



\rightarrow Quelles sont les sources de ces distorsions angulaires ?

Sources des distorsions angulaires

Démarche :

- Générer les quadri-impulsions des évènements $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$ sans aucune coupure, dans 4π
- Appliquer indépendamment chaque coupure
 - Forme du détecteur
 - Coupures cinématiques de la sélection
 - Reproduction des efficacités de reconstruction
- Calculer les distorsions

Coupures	$\cos\theta$	ϕ	$\cos\psi$
Détecteur	7.4 ± 1.1	13.5 ± 1.1	3.8 ± 1.2
Sélection	3.2 ± 1.2	3.8 ± 1.2	4.5 ± 1.2
Efficacité de reconstruction	4.1 ± 0.6	4.0 ± 1.0	2.7 ± 0.9
Toutes	8.2 ± 3.1	14.7 ± 3.1	7.9 ± 3.5

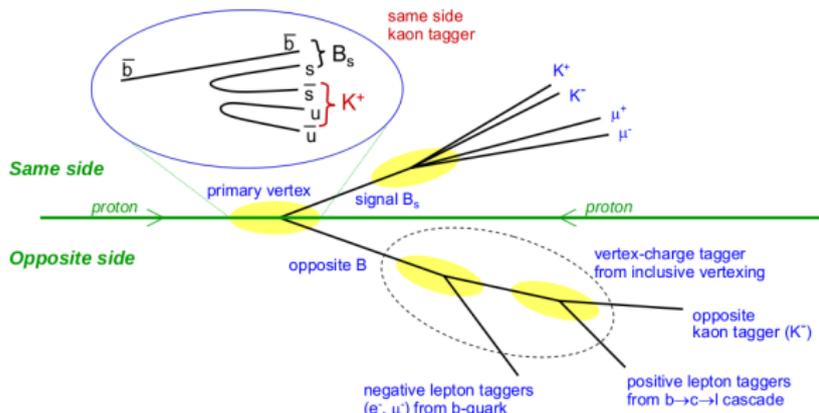
- Formes et ordres de grandeurs des acceptances angulaires retrouvées
- Principale source de distorsions : la forme du détecteur
- Correction des distorsions avec la simulation MC.

Performances de l'étiquetage

Définition de l'étiquetage

La mesure de ϕ_s nécessite de connaître la saveur initiale du B_s^0

- Or oscillations des mésons B neutres
- Donc utilisation des informations disponibles lors de la création du méson B
 - Quark de fragmentation du signal
 - Hadron b opposé (quarks b créés par paire $b\bar{b}$)



Marqueurs utilisés par l'algorithme d'étiquetage :

- Muon
- Électron
- Kaon
- Charge du vertex

Définition des paramètres de l'étiquetage

On définit 3 paramètres :

- ω : fraction de mauvais étiquetage : $\frac{W}{R+W}$
- ϵ_{tag} : efficacité d'étiquetage : $\frac{R+W}{R+W+U}$
- $\epsilon_{tag}(1 - 2\omega)^2$: puissance d'étiquetage

But : Déterminer la fraction de mauvais étiquetage de $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$

- Difficile d'obtenir ω directement dans $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$
- Extraction de ω dans les canaux de contrôle $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$ et $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$
- Insertion de ω dans $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$

Rmq : Les études suivantes ont aussi été faites pour quantifier les performances de chaque marqueur, et aussi en fonction du nombre de vertex primaires

Étiquetage des désintégrations $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$

- Désintégrations $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$ sont auto-étiquetées
- Mesure de performances de l'algorithme d'étiquetage :
 - Compare la réponse de l'algorithme (B^+ , B^- , non étiqueté) avec le signe du K^\pm
 - Sépare les données en bien/mal/non étiquetées
 - Ajuste une fonction de vraisemblance
→ Nombre de signal pour chaque catégorie
 - Calcule les performances d'étiquetage
- Résultats :
 - $\omega =$ censuré
 - $\omega_{\text{simulation}} = (37.7 \pm 0.2) \%$

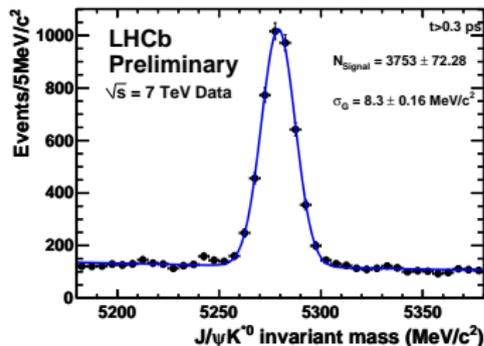
→ Algorithme d'étiquetage doit être adapté aux conditions 2010

Etiquetage des désintégrations $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$

Pour mesurer ω , on doit ajuster une fonction de vraisemblance

Le taux de désintégration de $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$ rend compte de :

- l'oscillation des B^0 avec le terme Δm_d ,
- de la saveur initiale des B^0 avec le terme q
- de la probabilité de mauvais étiquetage : ω



- $\omega =$ censuré
- $\omega_{\text{simulation}} = (37.7 \pm 0.2)\%$
- Algorithme d'étiquetage doit être adapté aux conditions de fonctionnement du LHC
- Modèle du bruit de fond doit être amélioré ($\rightarrow K^{*0}$ implique plus de bruit)

Étude des interactions multiples

Étude des interactions multiples

Moyenne du nombre d'interactions proton-proton par croisement de faisceaux dans LHCb :

- Conditions nominales : 0.4
- En 2010 : > 1

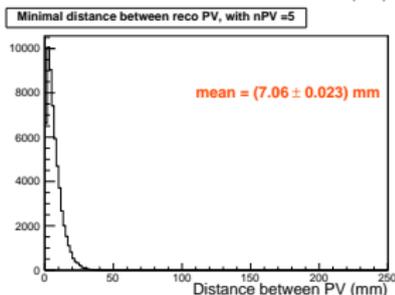
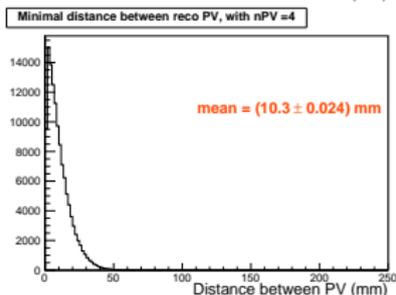
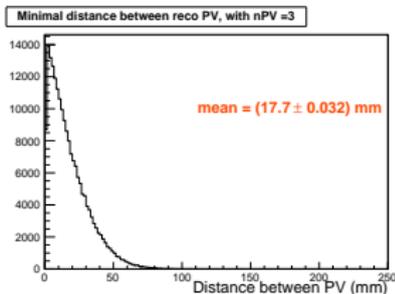
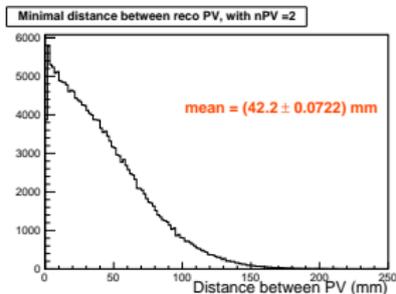
Nombre important d'évènements avec 2, 3, 4 vertex primaires

Étude de ϕ_s possible dans ces conditions de fonctionnement ?

- Sélection de $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$, $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$, $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$?
- Étiquetage de $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$, $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$, $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$?
- Mesure de ϕ_s ?

Distances minimales entre les vertex primaires

Dans la simulation, la distance minimale entre les vertex primaires les plus proches :



Distance moyenne de vol d'un méson B : ~ 1 cm.

Études menées avec des collisions multiples

Travaux effectués dans la simulation concernant la sélection :

- Faible dégradation de l'efficacité de sélection du signal avec le nombre de vertex primaires
- Rapport Bruit/Signal a tendance à rester constant avec le nombre de vertex primaires, mais pas assez de statistiques pour conclure

Études en cours, dans les vraies données :

- Étude des performances d'étiquetage en fonction du nombre de vertex primaires → Pas assez de statistique pour conclure
- Étude de nouvelle variable ayant un pouvoir discriminant important entre les différents vertex primaires

Conclusions et perspectives

- La mesure de la phase ϕ_s nécessite une compréhension complète :
 - Paramètres du détecteur
 - Paramètres physiques
 - Variables : temps, masse, angles, étiquetage

- Études menées :
 - Sources de distorsions angulaires
 - Mesure des performances d'étiquetage dans $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$,
 $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$
 - Sélection et étiquetage lors d'interactions multiples

- Perspectives :
 - Amélioration des performances d'étiquetage
 - Étude de variables discriminantes lors d'interactions multiples
 - meilleur compréhension du bruit
 - Séparation des performances en catégorie
 - Mesurer ϕ_s ☺

Back up

Résolutions du détecteur

▶ VELO:

$$\sigma(IP) \sim (14 + 35/p_T(\text{GeV})) \mu\text{m}$$

$$\sigma(t) \sim (40 - 100) \text{ fs}$$

▶ TRACKING

$$\epsilon = 95\% \text{ when } p > 5 \text{ GeV and } 1.9 < \eta < 4.9$$

$$\sigma(p)/p \sim 0.4\%$$

$$\sigma(m[B_s \rightarrow \mu\mu]) \sim 20 \text{ MeV}$$

$$\sigma(m[K^* \mu\mu]) \sim 15 \text{ MeV}$$

▶ ECAL

$$\sigma(E)/E \sim (9.4/\sqrt{E(\text{GeV})} + 0.83) \times 10^{-2}$$

$$\sigma(m[B_s \rightarrow \phi\gamma]) \sim 90 \text{ MeV}$$

▶ MUON, RICH

$$\epsilon(K) \sim 88\% \text{ for } 3\% \pi \text{ mis-id}$$

$$\epsilon(\mu) \sim 95\% \text{ for } 5\% \pi/K \text{ mis-id}$$

▶ LEVEL-0 TRIGGER

$$\epsilon(B_{d,s} \rightarrow J/\psi X) \sim 90\%$$

$$\epsilon(B_{d,s} \rightarrow hh) \sim 50\%$$

Contrainte sur A_{sl} par D0

Φ_{NP} apparaît dans la mesure de A_{sl}

A_{sl} : asymétrie dans le mélange des mésons B_s se désintégrant de manière semi-leptonique.

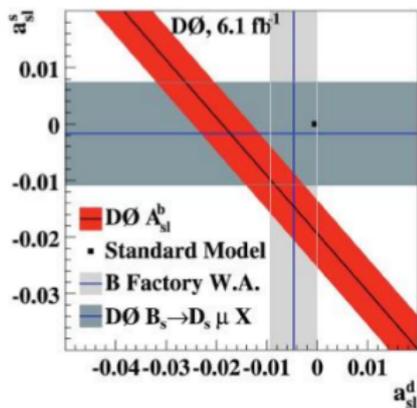
MS:

$$A_{sl} = (-2.3 + 0.5 - 0.6) \times 10^{-4}$$

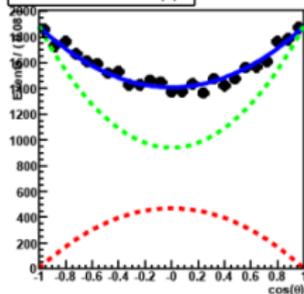
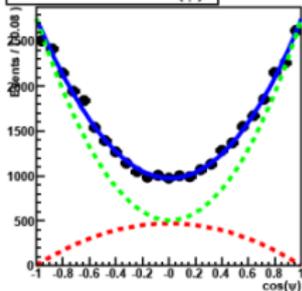
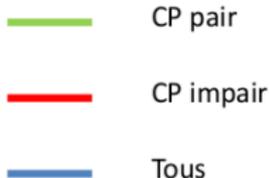
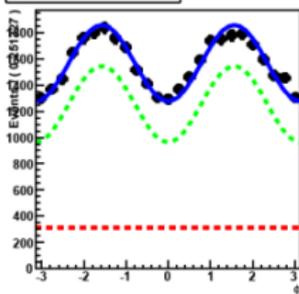
Mesure de D0:

$$A_{sl} = -0.00957 \pm 0.00251 \text{ (stat)} \pm 0.00146 \text{ (syst)}$$

\Rightarrow Déviation de 3.2 sigma !



Contribution CP pair et impair

A RooPlot of " $\cos(\theta)$ "A RooPlot of " $\cos(\psi)$ "A RooPlot of " ϕ "

Système de mésons B

- Les mésons B_q correspondent à une superposition d'états quantiques :

$$|B_L\rangle = p \cdot |B_q\rangle + q \cdot |\overline{B}_q\rangle, \quad |B_H\rangle = p \cdot |B_q\rangle - q \cdot |\overline{B}_q\rangle$$

avec p, q des coefficients complexes tels que $|p|^2 + |q|^2 = 1$

- Évolution temporelle est décrite par l'hamiltonien $\mathcal{H} = M + \frac{i}{2}\Gamma$ avec M et Γ les matrices de masses et de largeurs de désintégration
- Définitions des différences de :
 - Masses : $\Delta m_q = M_H - M_L$
 - Largeurs de désintégration : $\Delta\Gamma_q = \Gamma_H - \Gamma_L$
- Définitions des amplitudes de désintégration pour un état final f

$$A_f = \langle f | \mathcal{H} | B_q \rangle \quad \overline{A}_f = \langle f | \mathcal{H} | \overline{B}_q \rangle$$

Road map tagging results : DC06

$$B_s^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)\phi(KK)$$

Taggers	ω	ϵ_{tag}	$\epsilon_{tag} \cdot (1 - 2\omega)^2$
OSMUON	$(31.9 \pm 0.6)\%$	$(0.76 \pm 0.05)\%$	$(5.77 \pm 0.08)\%$
OSELECTRON	$(32.0 \pm 0.9)\%$	$(2.91 \pm 0.06)\%$	$(0.38 \pm 0.04)\%$
OSKAON	$(35.6 \pm 0.4)\%$	$(15.06 \pm 0.12)\%$	$(1.25 \pm 0.07)\%$
SSKAON	$(34.9 \pm 0.3)\%$	$(26.37 \pm 0.15)\%$	$(2.39 \pm 0.10)\%$
VtxCharge	$(42.1 \pm 0.2)\%$	$(44.35 \pm 0.17)\%$	$(1.09 \pm 0.07)\%$
OS Combined	$(36.51 \pm 0.24)\%$	$(45.61 \pm 0.17)\%$	$(3.32 \pm 0.11)\%$
Average	$(35.88 \pm 0.21)\%$	$(55.71 \pm 0.17)\%$	$(4.45 \pm 0.14)\%$

Road map tagging results : DC06

$$B^+ \rightarrow J/\psi(\mu\mu)K^+$$

Taggers	ω	ϵ_{tag}	$\epsilon_{tag} \cdot (1 - 2\omega)^2$
OSMUON	$(31.3 \pm 0.5)\%$	$(5.42 \pm 0.06)\%$	$(0.76 \pm 0.04)\%$
OSELECTRON	$(31.5 \pm 0.8)\%$	$(2.71 \pm 0.04)\%$	$(0.37 \pm 0.03)\%$
OSKAON	$(33.1 \pm 0.3)\%$	$(14.15 \pm 0.09)\%$	$(1.61 \pm 0.07)\%$
SSPION	$(37.8 \pm 0.3)\%$	$(19.14 \pm 0.11)\%$	$(1.14 \pm 0.05)\%$
VtxCharge	$(42.4 \pm 0.2)\%$	$(42.36 \pm 0.13)\%$	$(0.97 \pm 0.05)\%$
OS Combined	$(36.15 \pm 0.20)\%$	$(43.63 \pm 0.13)\%$	$(3.35 \pm 0.09)\%$
Average	$(3.21 \pm 0.09)\%$	$(52.76 \pm 0.14)\%$	$(37.67 \pm 0.18)\%$

Road map tagging results : DC06

$$B^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)K^{*0}(K\pi)$$

Taggers	ω	ϵ_{tag}	$\epsilon_{tag} \cdot (1 - 2\omega)^2$
OSMUON	$(31.2 \pm 0.6)\%$	$(5.54 \pm 0.07)\%$	$(0.78 \pm 0.05)\%$
OSELECTRON	$(30.9 \pm 0.8)\%$	$(2.69 \pm 0.05)\%$	$(0.39 \pm 0.03)\%$
OSKAON	$(33.0 \pm 0.4)\%$	$(14.11 \pm 0.10)\%$	$(1.63 \pm 0.07)\%$
SSPION	$(38.1 \pm 0.3)\%$	$(20.35 \pm 0.12)\%$	$(1.16 \pm 0.06)\%$
VtxCharge	$(42.1 \pm 0.2)\%$	$(42.73 \pm 0.14)\%$	$(1.07 \pm 0.06)\%$
OS Combined	$(6.00 \pm 0.21)\%$	$(43.95 \pm 0.14)\%$	$(3.45 \pm 0.10)\%$
Average	$(37.69 \pm 0.19)\%$	$(53.60 \pm 0.15)\%$	$(3.25 \pm 0.10)\%$

$J/\psi(\mu\mu)$ selection

Roadmap cuts adapted to 7 TeV (see B. Khanji, 27 May 2010)

- two oppositely charged long track identified as ISMUON
- muons $\Delta \ln \mathcal{L}_{\mu\pi} > 0$
- muons $\chi_{\text{track}}^2 / \text{nDoF} < 4$
- $\min(\mathbf{p}_T \mu^+, \mathbf{p}_T \mu^-) > 500 \text{ MeV}/c$
- $\chi_{\text{vtx}}^2 / \text{nDoF}(J/\psi) < 11$
- Signal window is $|M(\mu\mu) - M^{\text{fitted}}(J/\psi)| < \pm 48 \text{ MeV}/c^2$

$B^+ \rightarrow J/\psi K^+$ selection

Decay mode	Offline cut
K^+	$\Delta \ln \mathcal{L}_{K\pi} > 0$ $\Delta \ln \mathcal{L}_{Kp} > -2$ kaons $\chi_{\text{track}}^2 / \text{nDoF} < 4$ $pT(K^+) > 1.3 \text{ GeV}/c$ $p(K^+) > 10 \text{ GeV}/c$
$B^+ \rightarrow J/\psi K^+$	$\chi_{\text{vtx}}^2 / \text{nDoF} < 5$ $B^+ \text{ min IP } \chi^2 \text{ wrt PV} < 25$

$B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$ selection

Decay mode	Cut
$K^{*0} \rightarrow K^+ \pi^-$	$\Delta \ln \mathcal{L}_{K\pi} > 0$ $\Delta \ln \mathcal{L}_{Kp} > -2$ kaon and pion $\chi_{\text{track}}^2/\text{nDoF} < 10$ $\chi_{\text{vtx}}^2/\text{nDoF}(K^{*0}) < 20$ $p_{\text{T}}(K^{*0}) > 1 \text{ GeV}/c$ $ M(K^+ \pi^-) - M(K^{*0}) < \pm 70 \text{ MeV}/c^2$
$B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$	$ M(\mu\mu K) - M(B^+) > 60 \text{ MeV}/c^2$ $\chi_{\text{vtx}}^2/\text{nDoF} < 5$ $B^0 \text{ min IP } \chi^2 \text{ wrt PV} < 25$

$B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$ selection

Decay mode	Cut
$\phi \rightarrow K^+ K^-$	$\Delta \ln \mathcal{L}_{K\pi} > 0$ kaons $\chi_{\text{track}}^2 / \text{nDoF} < 10$ $\chi_{\text{vtx}}^2 / \text{nDoF}(\phi) < 20$ $p_T(\phi) > 1 \text{ GeV}/c$ $ M(K^+ K^-) - M(\phi) < \pm 12 \text{ MeV}/c^2$
$B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$	$\chi_{\text{vtx}}^2 / \text{nDoF} < 5$ $B_s^0 \text{ min IP } \chi^2 \text{ wrt PV} < 25$

B \rightarrow J/ ψ X MC2010 expected signal

- Expected number of $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$, $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$, $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$:

$$S = \mathcal{L}_{\text{int}} \times \sigma_{b\bar{b}} \times 2 \times f_{u,d,s} \times \mathcal{BR}_{\text{vis}} \times \varepsilon_{\text{tot}}$$

- Total signal efficiency, ε_{tot} , based on MC2010
- $\sigma_{pp \rightarrow b\bar{b}}(7\text{TeV}) = 0.292 \text{ mb}$ (LHCb preliminary)

	$\mathcal{BR}_{\text{vis}}$	ε_{tot} (%)	$S/10 \text{ nb}^{-1}$
$B^+ \rightarrow J/\psi(\mu\mu)K^+$	$(5.9 \pm 0.2) \times 10^{-5}$	3.6	5.0
$B^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)K^{*0}(K\pi)$	$(5.25 \pm 0.24) \times 10^{-5}$	2.0	2.4
$B_s^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)\phi(KK)$	$(2.71 \pm 0.96) \times 10^{-5}$	2.8	0.5

- Uncertainty on the signal yield >50% !

MC2010 B \rightarrow J/ ψ X expected background

Total B/S computed in exclusive MC2010 samples :
 b removed from Incl J/ ψ and min bias, incl J/ ψ removed from min bias

$$\frac{B_{\text{tot}}}{S} = \frac{B_{\text{bb}}}{S} + \frac{B_{\text{Pr}}}{S} + \frac{B_{\text{min bias}}}{S}$$

	$S/10 \text{ nb}^{-1}$	B_{bb}/S	B_{Pr}/S	$B_{\text{min bias}}/S$	B_{tot}/S
$B^+ \rightarrow J/\psi K^+$	5.0 ± 1.7	0.28 ± 0.06	1.8 ± 0.3	[0.2, 6.6]	[2.2, 8.7]
$B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$	2.4 ± 1.2	2.3 ± 0.2	19.3 ± 1.9	24.6 ± 15.1	46.2 ± 15.2
$B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$	0.5 ± 0.3	0.46 ± 0.21	3.3 ± 1.2	< 37.4	< 41.2

90%CL bounds

Very large uncertainty on background level due to small size of MC samples !