



Violation de CP induite par le mélange B_s - $\bar{B}_s$ dans la désintégration $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ avec l'expérience LHCb

Basem KHANJI

Directeurs de thèse : Renaud LE GAC

: Olivier LEROY

CPPM , Université d'Aix-Marseille

9 - novembre - 2009

Présentation 3 année - CPPM

Plan

- Introduction
 - Théorie
 - Détecteur LHCb
- Mesure de la phase du mélange ϕ_s
 - Sélections du canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$
 - Ajustement de fonction de vraisemblance
- Conclusions et perspectives

Théorie

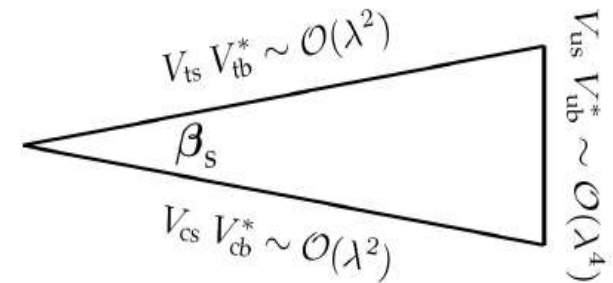
- CP :
 - Charge : particule $\leftrightarrow$ anti-particule
 - Parité : renversement des coordonnées d'espace $x \leftrightarrow -x$
- Symétrie CP : la matière et l'anti-matière subissent les mêmes lois de physique
 - Symétrie CP violée par l'interaction faible (K neutre et B neutre)
- Modèle standard rend compte de la violation de CP via une phase complexe dans le couplage de Yukawa
 - la phase est incluse dans une matrice reliant les états des saveurs aux états de masse des quarks (matrice CKM)

Théorie

- La matrice unitaire CKM

$$\begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}^{\text{électrofaible}} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}^{\text{phys}}$$

$$V_{ub}^* V_{us} + V_{tb}^* V_{ts} + V_{cb}^* V_{cs} = 0$$



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

- Modèle standard :

$$2\beta_s = 0.0361 \pm 0.0017 \text{ rad}$$

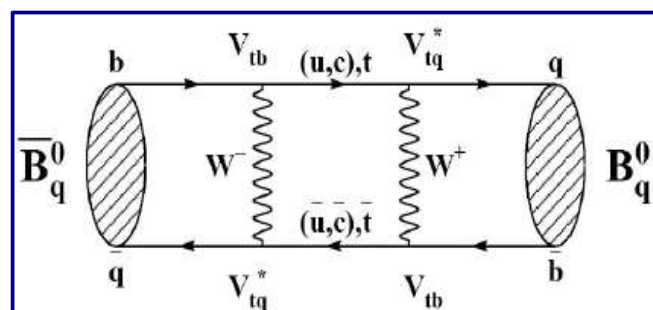
- théoriquement très bien connue

- Une déviation de cette valeur implique La Nouvelle Physique !
- CDF + D0 : 2σ déviation de MS

Accessible via les transitions $b \rightarrow \bar{c} s$

e.g : $B_s \rightarrow J/\psi \phi$

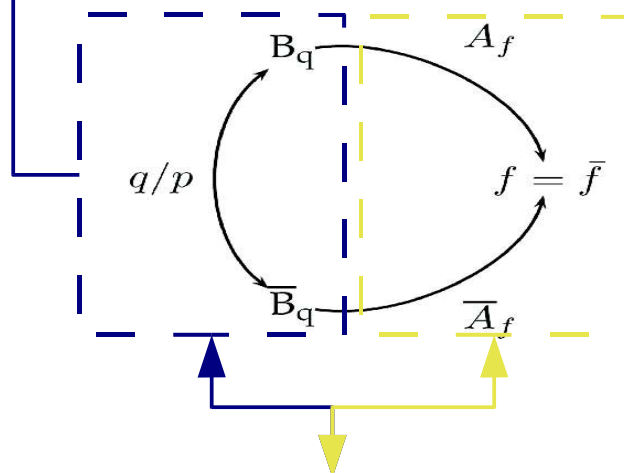
$B_s \rightarrow J/\psi \phi + \text{mélange } B_s - \bar{B}_s$



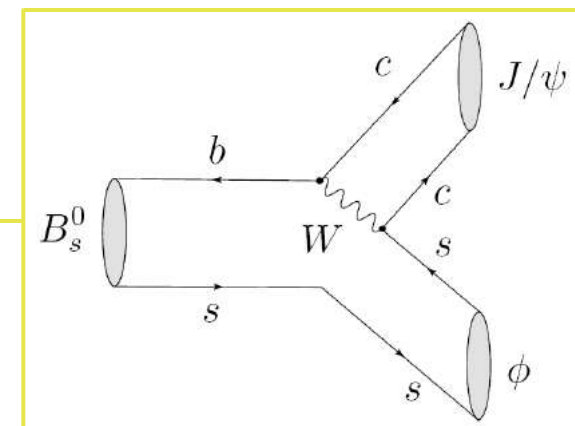
$$\Phi_M = 2 \arg(V_{ts}^* V_{tb})$$

$$\frac{q}{p} = \exp^{-i(\Phi_M - \xi)}$$

Nouvelles particules dans la boîte
change la phase



$$\Phi \equiv -\arg(\eta_f \lambda_f) = \Phi_M - 2\Phi_D$$



$$\Phi_D = \arg(V_{cs} V_{cb}^*)$$

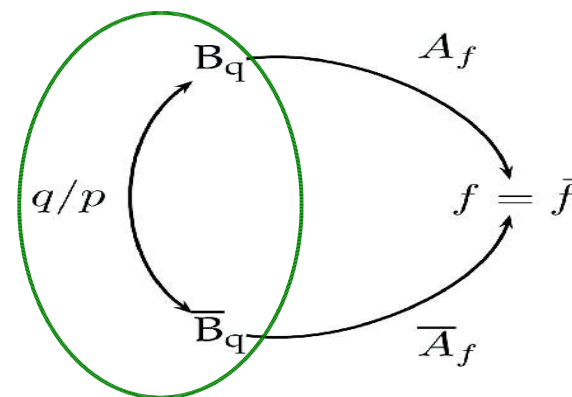
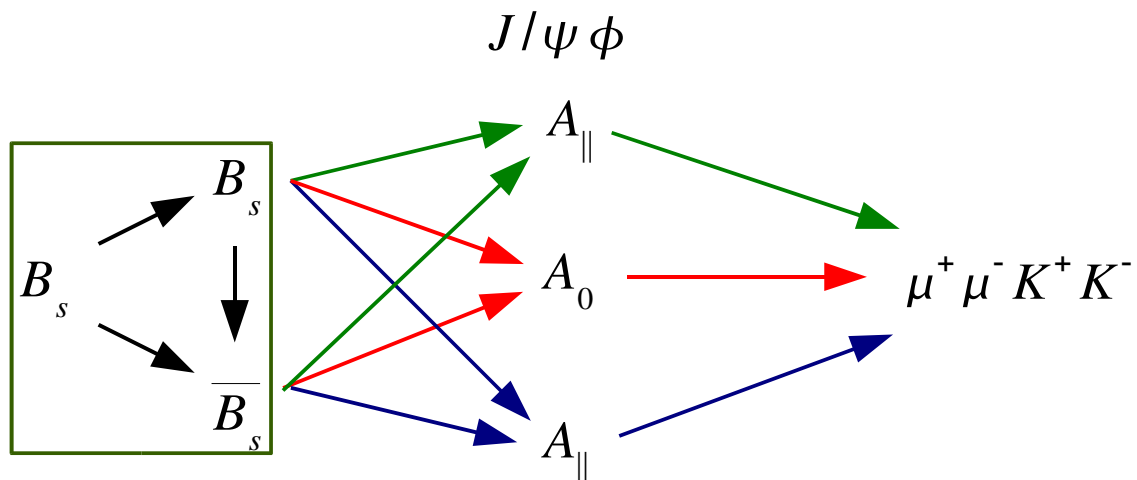
$$\frac{\bar{A}_f}{A_f} = \eta_f \exp^{i(2\Phi_D - \xi)}$$

La différence de phase entre le mélange et la
désintégration : $\Phi_s = -2\beta_s + \Phi^{\text{NP}}$

$B_s \rightarrow J/\psi \phi$ + mélange B_s - $B_{\bar{s}}$

Canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ est le canal d'or en LHCb

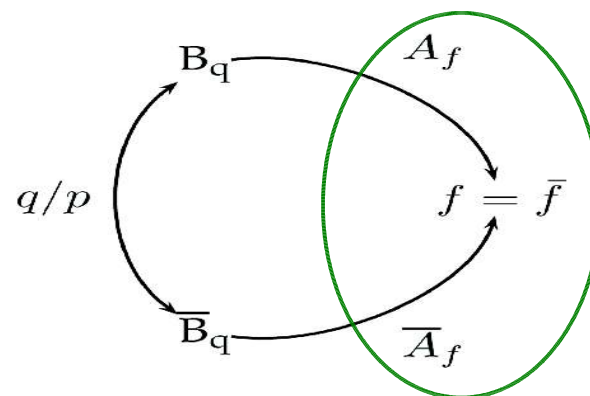
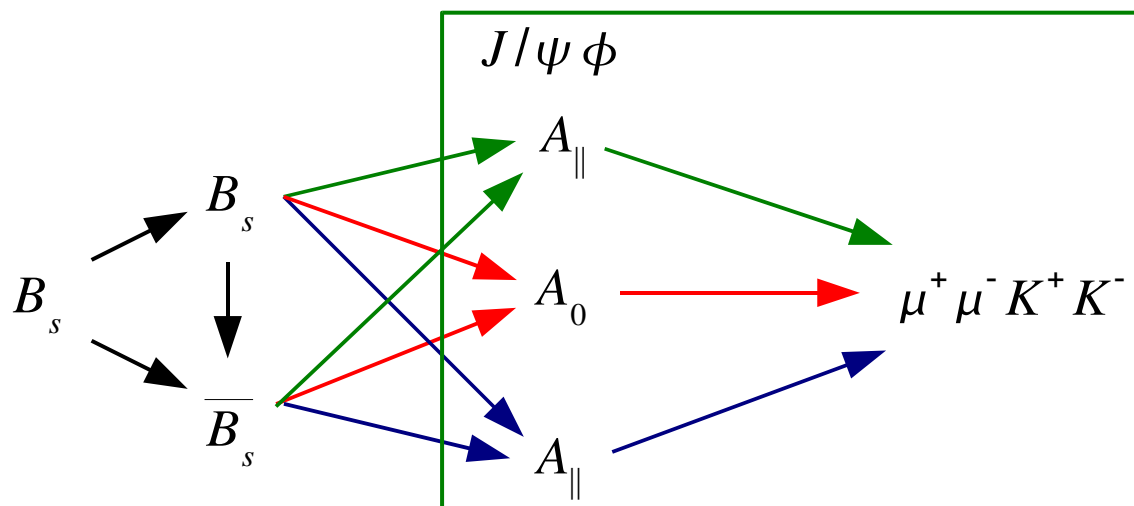
- Accès direct à β_s via la dépendance temporelle
- Grands stat ; $\text{Br}_{\text{vis}} = 27 \times 10^{-6}$
- Transition entre $B_s \leftrightarrow \bar{B}_s$:
 - besoin de connaître les saveurs initiales ($h_i(t)$, $\overline{h_i(t)}$)



$B_s \rightarrow J/\psi \phi + \text{mélange } B_s - \bar{B}_s$

Canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ est le canal d'or en LHCb

- Accès direct à β_s via la dépendance temporelle
- Grands stat ; $\text{Br}_{\text{vis}} = 27 \times 10^{-6}$
- Transition entre $B_s \leftrightarrow \bar{B}_s$
 - Besoin de connaître les saveurs initiales ($h_i(t), \overline{h_i(t)}$)
- Complexité P->VV
 - Le moment orbital de l'état final est 0,1,2.
 - Mélange d'états CP pairs et impair
 - Séparation via la polarisation des produits de désintégrations
 - Analyse angulaire pour séparer statistiquement ces états



le canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: taux de désintégration B_s

$$\frac{d^4\Gamma(B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi)}{dt d\cos\theta d\varphi d\cos\psi} \equiv \frac{d^4\Gamma}{dt d\Omega} \propto \sum_{k=1}^6 h_k(t) f_k(\Omega)$$

$$\begin{aligned} |A_0(t)|^2 &= |A_0(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \cos\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \sin\Phi \sin(\Delta m_s t) \right] \\ |A_{\parallel}(t)|^2 &= |A_{\parallel}(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \cos\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \sin\Phi \sin(\Delta m_s t) \right] \\ |A_{\perp}(t)|^2 &= |A_{\perp}(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \cos\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \sin\Phi \sin(\Delta m_s t) \right] \\ \Im\{A_{\parallel}^*(t)A_{\perp}(t)\} &= |A_{\parallel}(0)||A_{\perp}(0)|e^{-\Gamma_s t} \left[-\cos(\delta_{\perp} - \delta_{\parallel}) \sin\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) \right. \\ &\quad \left. + \sin(\delta_{\perp} - \delta_{\parallel}) \cos(\Delta m_s t) - \cos(\delta_{\perp} - \delta_{\parallel}) \cos\Phi \sin(\Delta m_s t) \right], \\ \Re\{A_0^*(t)A_{\parallel}(t)\} &= |A_0(0)||A_{\parallel}(0)|e^{-\Gamma_s t} \cos\delta_{\parallel} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \cos\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) \right. \\ &\quad \left. + \sin\Phi \sin(\Delta m_s t) \right] \text{ and} \\ \Im\{A_0^*(t)A_{\perp}(t)\} &= |A_0(0)||A_{\perp}(0)|e^{-\Gamma_s t} \left[-\cos\delta_{\perp} \sin\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) \right. \\ &\quad \left. + \sin\delta_{\perp} \cos(\Delta m_s t) - \cos\delta_{\perp} \cos\Phi \sin(\Delta m_s t) \right]. \end{aligned}$$

$2 \cos^2 \psi (1 - \sin^2 \theta \cos^2 \varphi)$
$\sin^2 \psi (1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi)$
$\sin^2 \psi \sin^2 \theta$
$-\sin^2 \psi \sin 2\theta \sin \varphi$
$\frac{1}{\sqrt{2}} \sin 2\psi \sin^2 \theta \sin 2\varphi$
$\frac{1}{\sqrt{2}} \sin 2\psi \sin 2\theta \cos \varphi$

le canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: taux de désintégration $\overline{B}_s$

$$\frac{d^4\Gamma(\overline{B}_s^0 \rightarrow J/\psi \phi)}{dt d\cos\theta d\varphi d\cos\psi} \equiv \frac{d^4\overline{\Gamma}}{dt d\Omega} \propto \sum_{k=1}^6 \bar{h}_k(t) f_k(\Omega)$$

$$\begin{aligned} |\bar{A}_0(t)|^2 &= |\bar{A}_0(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \cos\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \sin\Phi \sin(\Delta m_s t) \right] \\ |\bar{A}_{\parallel}(t)|^2 &= |\bar{A}_{\parallel}(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \cos\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \sin\Phi \sin(\Delta m_s t) \right] \\ |\bar{A}_{\perp}(t)|^2 &= |\bar{A}_{\perp}(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \cos\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) + \sin\Phi \sin(\Delta m_s t) \right] \\ \Im\{\bar{A}_{\parallel}^*(t)\bar{A}_{\perp}(t)\} &= |\bar{A}_{\parallel}(0)||\bar{A}_{\perp}(0)| e^{-\Gamma_s t} \left[-\cos(\delta_{\perp} - \delta_{\parallel}) \sin\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) \right. \\ &\quad \left. - \sin(\delta_{\perp} - \delta_{\parallel}) \cos(\Delta m_s t) + \cos(\delta_{\perp} - \delta_{\parallel}) \cos\Phi \sin(\Delta m_s t) \right], \\ \Re\{\bar{A}_0^*(t)\bar{A}_{\parallel}(t)\} &= |\bar{A}_0(0)||\bar{A}_{\parallel}(0)| e^{-\Gamma_s t} \cos\delta_{\parallel} \left[\cosh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) - \cos\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) \right. \\ &\quad \left. - \sin\Phi \sin(\Delta m_s t) \right] \text{ and} \\ \Im\{\bar{A}_0^*(t)\bar{A}_{\perp}(t)\} &= |\bar{A}_0(0)||\bar{A}_{\perp}(0)| e^{-\Gamma_s t} \left[-\cos\delta_{\perp} \sin\Phi \sinh\left(\frac{\Delta\Gamma_s t}{2}\right) \right. \\ &\quad \left. - \sin\delta_{\perp} \cos(\Delta m_s t) + \cos\delta_{\perp} \cos\Phi \sin(\Delta m_s t) \right]. \end{aligned}$$

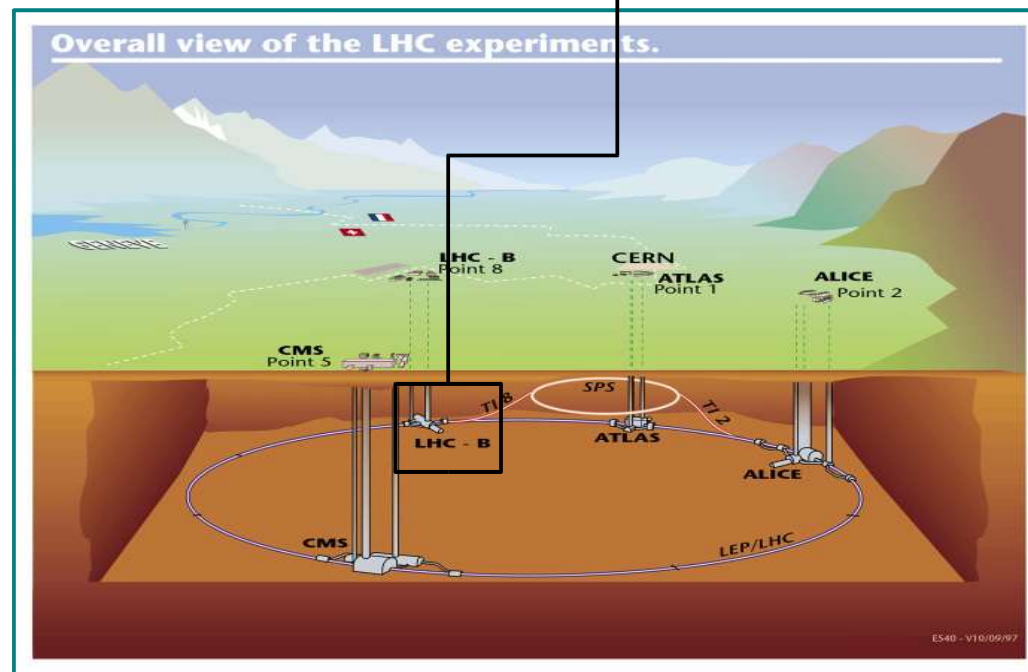
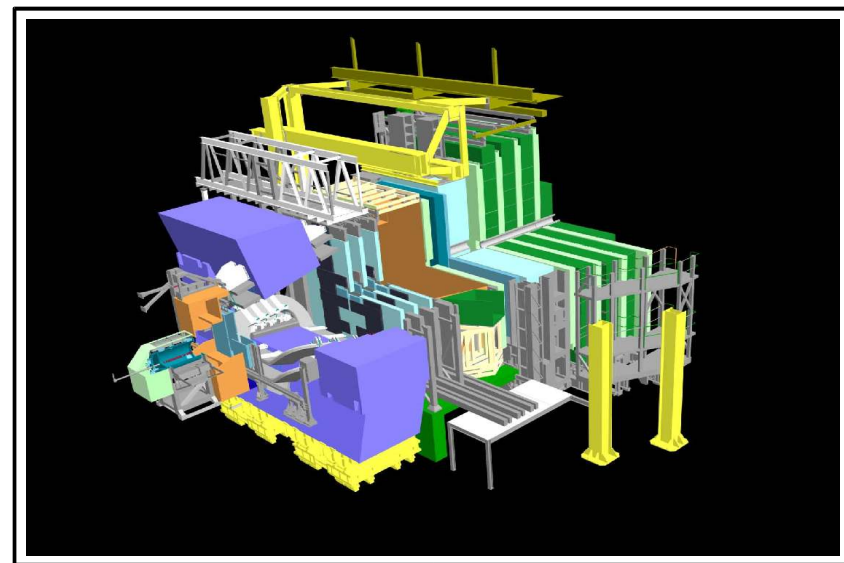
$2 \cos^2 \psi (1 - \sin^2 \theta \cos^2 \varphi)$
$\sin^2 \psi (1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi)$
$\sin^2 \psi \sin^2 \theta$
$-\sin^2 \psi \sin 2\theta \sin \varphi$
$\frac{1}{\sqrt{2}} \sin 2\psi \sin^2 \theta \sin 2\varphi$
$\frac{1}{\sqrt{2}} \sin 2\psi \sin 2\theta \cos \varphi$

Access a la phase Φ_s

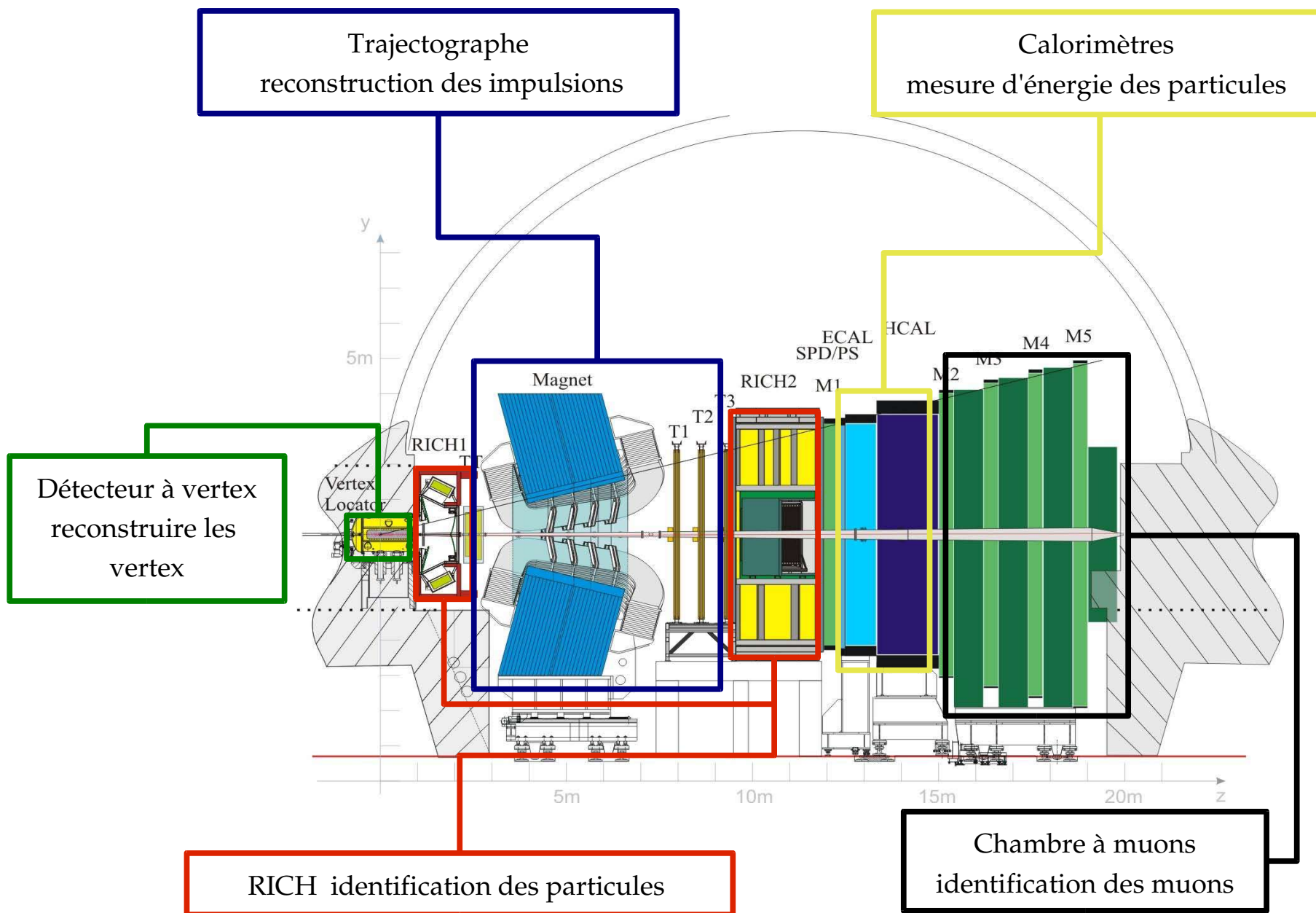
Détecteur LHCb

LHC : plus puissant accélérateur du monde

- 27 km circonférence
- Collisions protons-protons
- 14 TeV au centre de masse
- Fréquence de collision 40 MHz
- Luminosité nominale pour LHCb :
2 fb⁻¹ par an @ 14 TeV
- 10¹² paires bb attendues par an
- Démarrage prévu fin 2009



Détecteur LHCb



Comment mesurer ϕ_s

- Déclencher sur $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ et les canaux de contrôle
- Sélectionner $B_s \rightarrow J/\psi \phi$
 - Premières données :
 - Priorités : simplicité + éviter biais
 - Long terme :
 - Priorités : sensibilité ultime, complexité autorisée
- Mesures du temps vie + angles
 - Extraction des résolutions, corrections des acceptances
- Étiquetage de la saveur de mésons B_s produits
 - Canaux de contrôle
- Ajustement de fonction de vraisemblance des taux de désintégration des $B_s \rightarrow J/\psi \phi$
 - 6 observables (temps propre , 3 angles , saveurs , masse)
 - 8 paramètres physiques + 18 paramètres de détecteurs
- Systématiques

Comment mesurer ϕ_s

- Déclencher sur $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ et les canaux de contrôle

- Sélectionner $B_s \rightarrow J/\psi \phi$

- Premières données :
 - Priorités : simplicité + éviter biais
- Long terme :
 - Priorités : sensibilité ultime, complexité autorisée

Mes contributions

- Mesures du temps vie + angles

- Extraction des résolutions, corrections des acceptances

- Étiquetage de la saveur de mésons B_s produits

- Canaux de contrôle

- Ajustement de fonction de vraisemblance des taux de désintégration des $B_s \rightarrow J/\psi \phi$

- 6 observables (temps propre , 3 angles , saveurs , masse)
- 8 paramètres physiques + 18 paramètres de détecteurs

- Systématiques

Sélection non biaisée du canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$

- Sélection unifiée entre les canaux $B_s \rightarrow J/\psi \phi$, $B_u \rightarrow J/\psi K^+$, $B_d \rightarrow J/\psi K^*$:
 - Optimiser les coupures afin de minimiser les biais sur les distributions des variables physiques (temps+angles), estimation non-biaisée des paramètres de CP
 - Les propriétés d'étiquetage pour le canal de mesure peuvent être extraites des canaux de contrôle sans introduire de corrections
- Objectif : minimiser les erreurs systématiques

$J/\psi \rightarrow \mu^- \mu^+$:

μ : $DLL(\mu-\pi) > -5$, $pT(\mu) > 500 \text{ MeV}$, $TrChi2 < 10$

J/ψ : $Mass(J/\psi) < 42 \text{ MeV}$, $pT(J/\psi) > 1 \text{ GeV}$, $VtxChi(J/\psi) < 6$

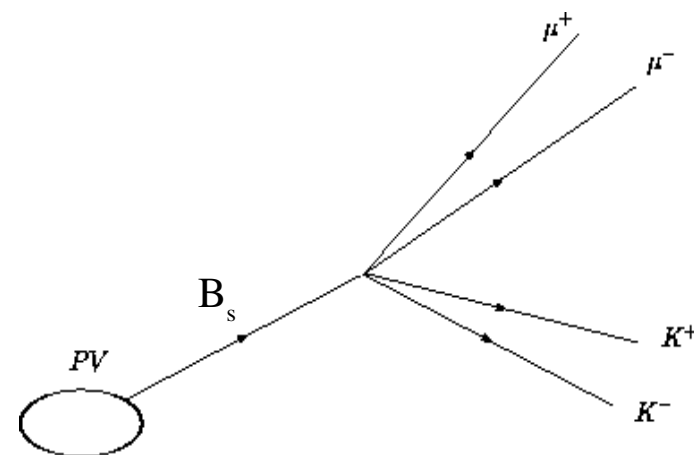
$\phi \rightarrow K^- K^+$:

K : $DLL(K-\pi) > 0$, $P(K) > 2 \text{ GeV}$, $TrChi2 < 10$

ϕ : $Mass(\phi) < 12 \text{ MeV}$, $pT(\phi) > 1 \text{ GeV}$, $VtxChi2(\phi) < 10$

$B_s \rightarrow J/\psi(\mu^- \mu^+) \phi (K^- K^+)$:

B_s : $Mass(B_s) < 300 \text{ MeV}$, $IPS < 5$, $VtxChi2 < 5$



Rendement annuel

= 117 k (2 fb^{-1})

- 1- Éviter de couper sur les paramètres d'impact des (μ, K)
- 2- Éviter de couper sur les pT des (μ, K)
- 3- Utiliser les allées de déclenchement non biaisant le temps vie

Sélection du canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$

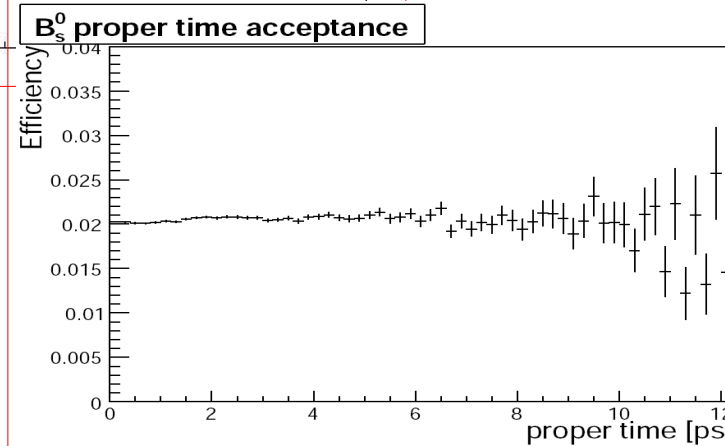
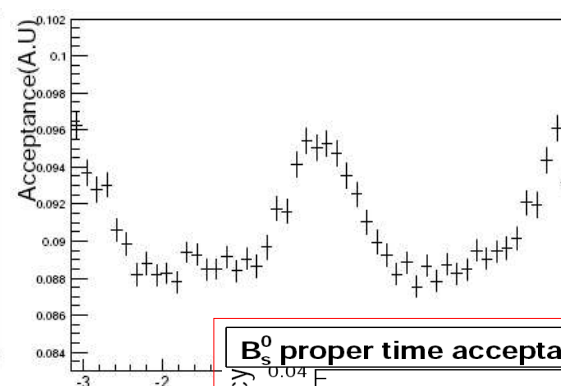
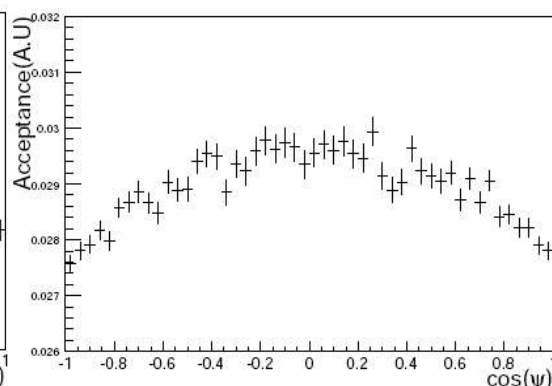
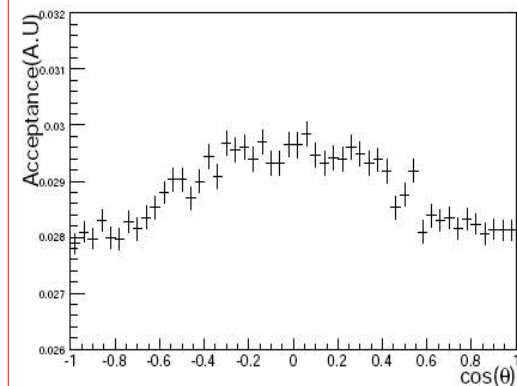
- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures
- plusieurs contraintes :

- Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles

$$\text{Acceptance} = \frac{\text{variable après coupures}}{\text{théorie}}$$

distortions maximales sur les angles < 10 %

acceptance temporelle plate



Sélection du canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures
- plusieurs contraintes :

- Garder les mêmes propriétés d'étiquetage pour les trois canaux

- Étiquetage : B_s ou $\overline{B}_s$
 - Estimateurs : identification, corrélations cinématiques, charge
 - Mesure ϕ_s : précision sur paramètres d'étiquetage
- Premières données :
 - Canaux de contrôle (similaires, +stats , physique connue) :
 - Extraction des paramètres d'étiquetage avec précision + application dans la mesure
 - Sélections des canaux (contrôle+mesure) similaire => garder les mêmes paramètres d'étiquetage

		ω 'mistag'
Control	$B_u \rightarrow J/\psi K^+$	36.15 ± 0.20
	$B_d \rightarrow J/\psi K^*$	36.00 ± 0.21
Mesure	$B_s \rightarrow J/\psi \phi$	36.51 ± 0.24

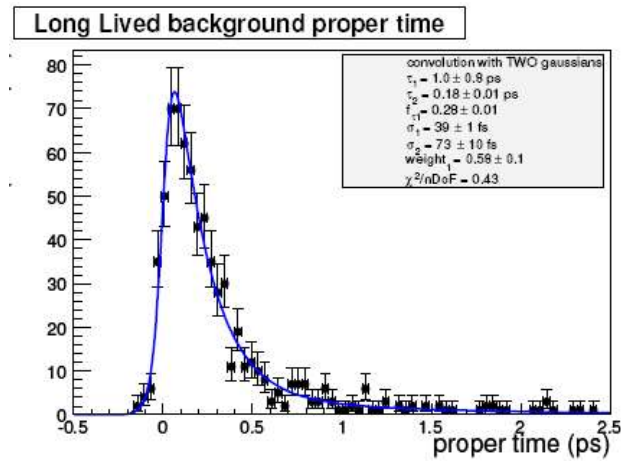
Sélection du canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures
- contrôler le rapport signal sur bruit

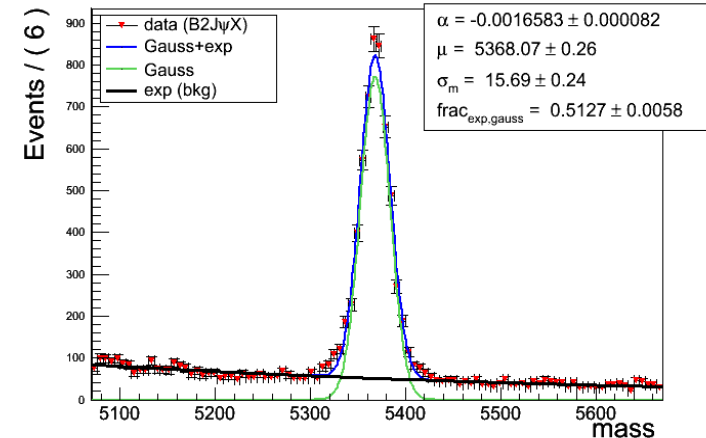
Long-Lived

$$\frac{B^{long-lived}}{S} = 0.5$$

temps

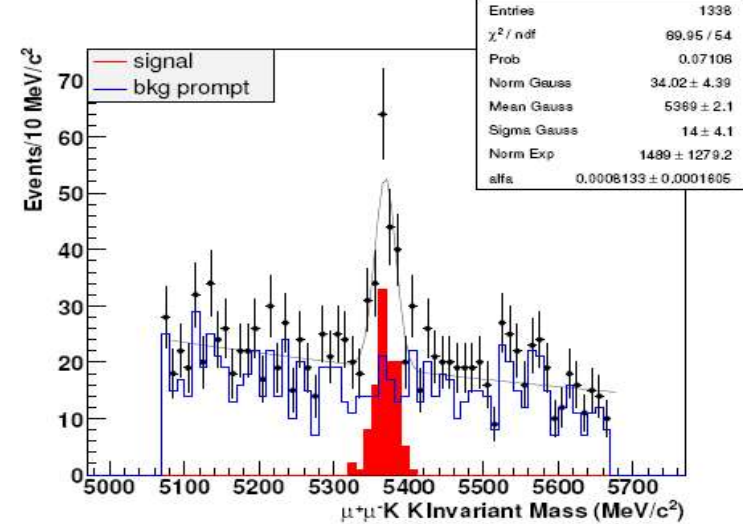
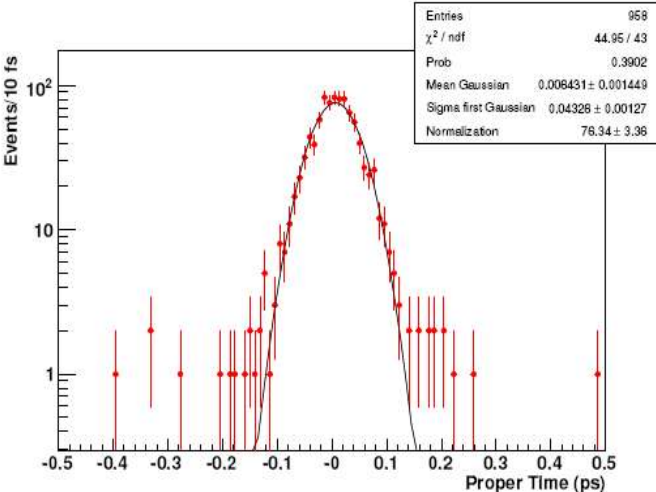


Mass



Prompt

$$\frac{B^{prompt}}{S} = 1.8$$



Comment mesurer ϕ_s

- Déclencher sur $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ et les canaux de contrôle
- Sélectionner $B_s \rightarrow J/\psi \phi$
 - Premières données :
 - Priorités : simplicité + éviter biais
 - Long terme :
 - Priorités : sensibilité ultime, complexité autorisée
- Mesures du temps vie + angles
 - Extraction des résolutions, corrections des acceptances
- Étiquetage de la saveur de mésons B_s produits
 - Canaux de contrôle
- Ajustement de fonction de vraisemblance des taux de désintégration des $B_s \rightarrow J/\psi \phi$
 - 6 observables (temps propre , 3 angles , saveurs , masse)
 - 8 paramètres physiques + 18 paramètres de détecteurs
- Systématiques

Long terme : sélection biaisée

- Sélection biaisante le temps vie de B_s
 - Autoriser les coupures biaisant $\rightarrow$ relâcher les cinématiques

$J/\psi \rightarrow \mu^- \mu^+$:

μ : $DLL(\mu-\pi) > -5$, $pT(\mu) > 0$ MeV , $TrChi2 < 10$

J/ψ : $Mass(J/\psi) < 50$ MeV , $pT(J/\psi) > 0$ GeV , $VtxChi(J/\psi) < 15$

$\phi \rightarrow K^- K^+$:

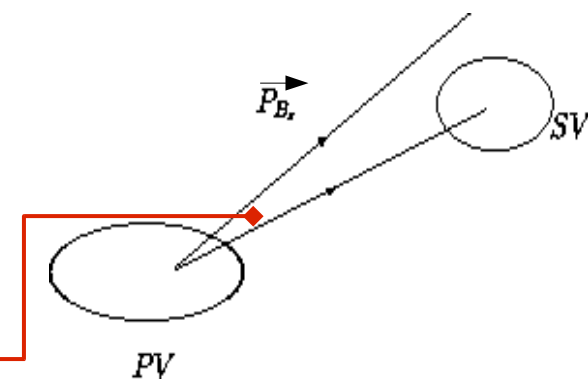
K : $DLL(K-\pi) > 0$, $pT(K) > 0.3$ GeV , $TrChi2 < 10$

ϕ : $Mass(\phi) < 20$ MeV , $pT(\phi) > 0$ GeV , $VtxChi2(\phi) < 15$

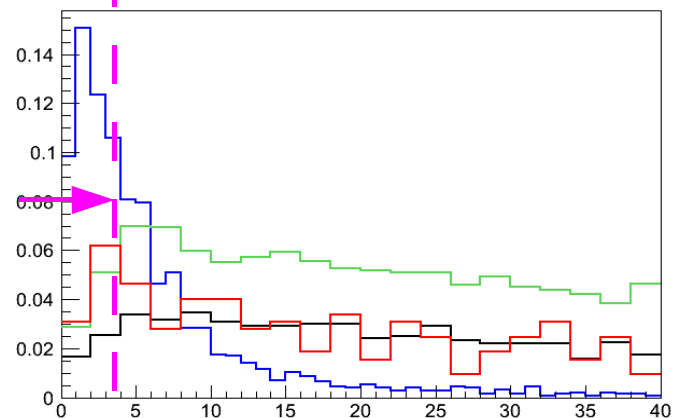
$B_s \rightarrow J/\psi(\mu^- \mu^+) \phi(K^- K^+)$:

B_s : $Mass(B_s) < 300$ MeV , $FDChi2 > 4$

$Cos(SV-PV, pT(B_s)) < 0.9995$

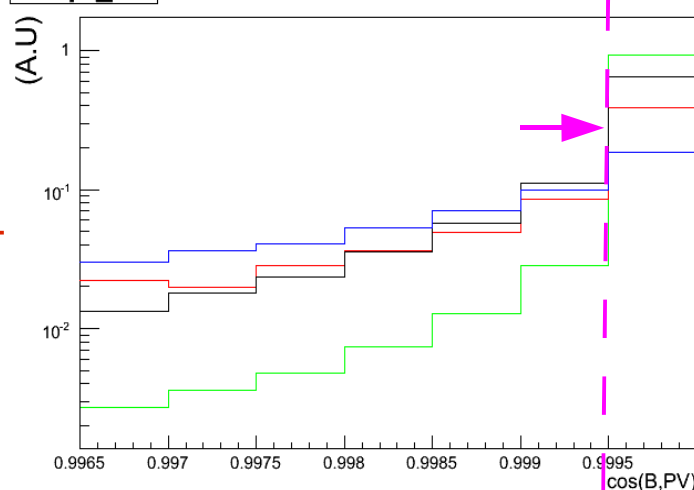


FDchi2_Bs



Signal
Prompt
bb
B2JpsiX

cospf_Bs



Long terme : sélection biaisée

- Sélection biaisante le temps vie de B_s
 - Autoriser les coupures biaisant temps de vie → relâcher les pT
 - B/S réduite + plus d'événement
 - Plusieurs ligne de système de déhanchement (lignes biaisés)
 - Efficacités et robustesse

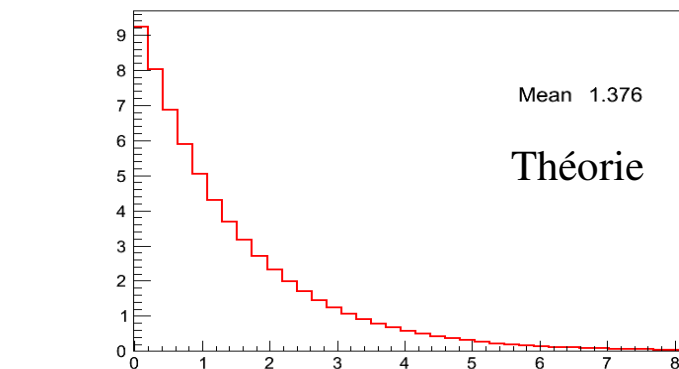
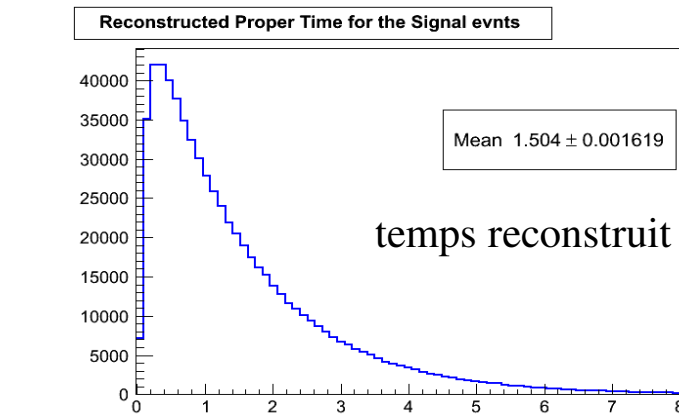
	Prompt	LongLived
non-biaisée	1.8	0.5
biaisée	0.05	0.2

	Hlt %	R.A
non-biaisée	75	117 k
biaisée	87	165 k

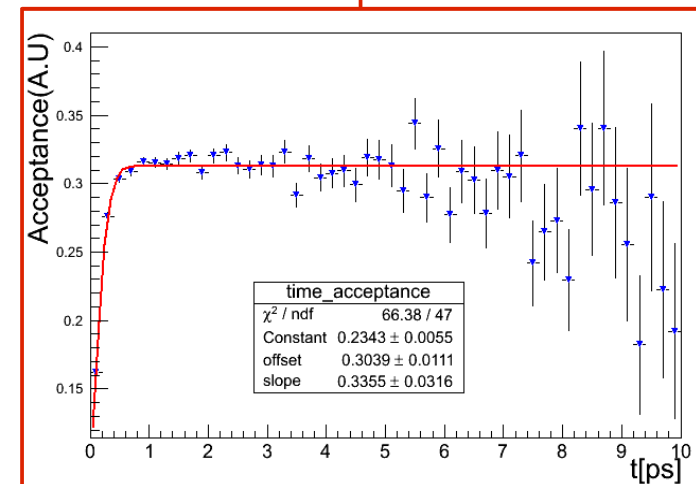
- Gain en terme de B/S
 - 30× moins de bruit a court temps vie
 - 2.5× moins de bruit a long temps vie
- Gain en terme de rendement 40 %
 - 2/3 gain grâce a la sélection
 - 1/3 gain de stratégie de système de déclenchements

Long terme : sélection biaisée

- Sélection biaisante de temps vie de B_s
 - Autoriser les coupures biaisant $\rightarrow$ relâcher les pT
 - B/S (prompt) réduite + plus d'événement
 - Plusieurs ligne de système de déhanchement (lignes biaisés)
 - Efficacités et robustesse
 - Acceptance temporelle non-triviale



=



Long terme : sélection biaisée

extraction de fonction d'acceptance temporelle

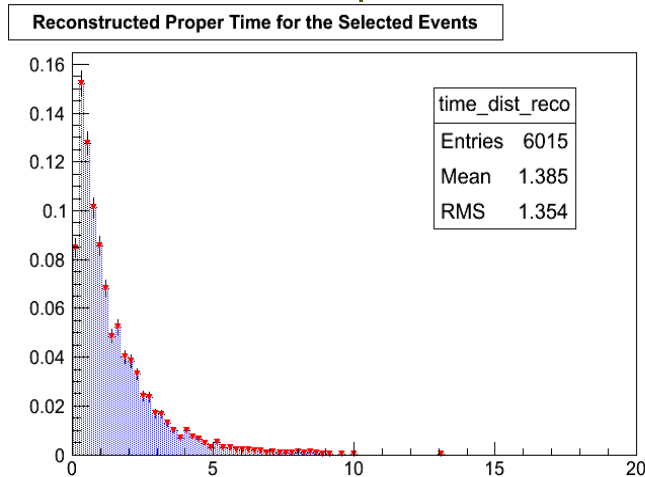
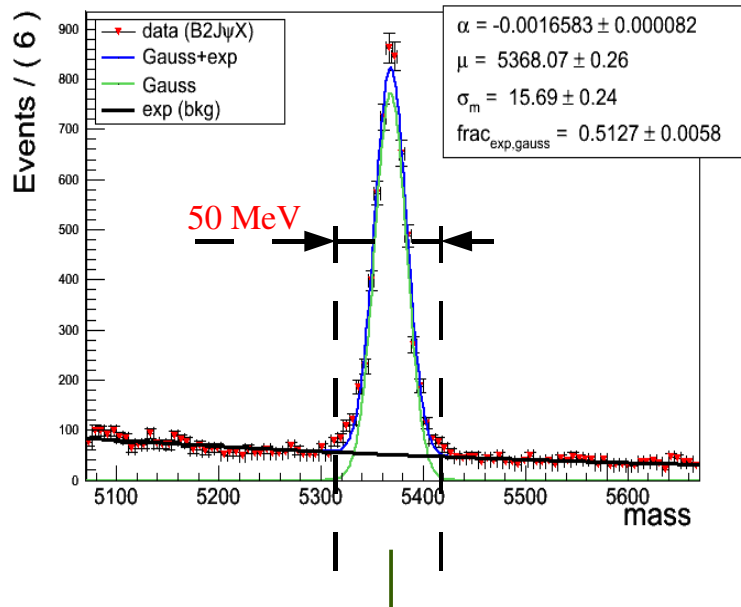
- Objective : extraction de fonction d'acceptance temporelle des vraies données
- Séparer les bruit de signal :
 - Dépendre de l'information de masse :
 - Distribution de temps propre de bruit des ailes : $|M - M_{Bs}| > 75 \text{ MeV}$
 - Soustraction de distribution de temps propre dans la fenêtre étroite de masse $|M - M_{Bs}| < 50 \text{ MeV}$
 - Appliquer aux événements biaisés $\Rightarrow$ extraire le distribution temporelle de signal biaisée
 - Appliquer aux événements non-biaisés $\Rightarrow$ extraire le distribution temporelle de signal non-biaisée
 - Calculer l'acceptance temporelle utilisant la soustraction
 - Acceptance (vraie données) =
$$\frac{\text{distribution soustraite[biaisée]}}{\text{distribution soustraite [non-biaisée]}}$$
 - Comptabilité avec l'acceptance calculer dans le Monte-Carlo
 - Utiliser l'acceptance temporelle dans l'ajustement

Long terme : sélection biaisée

extraction de fonction d'acceptance temporelle

- Scénario ressemble aux vraie données

événements de lot de données issue
de sélection biaisée

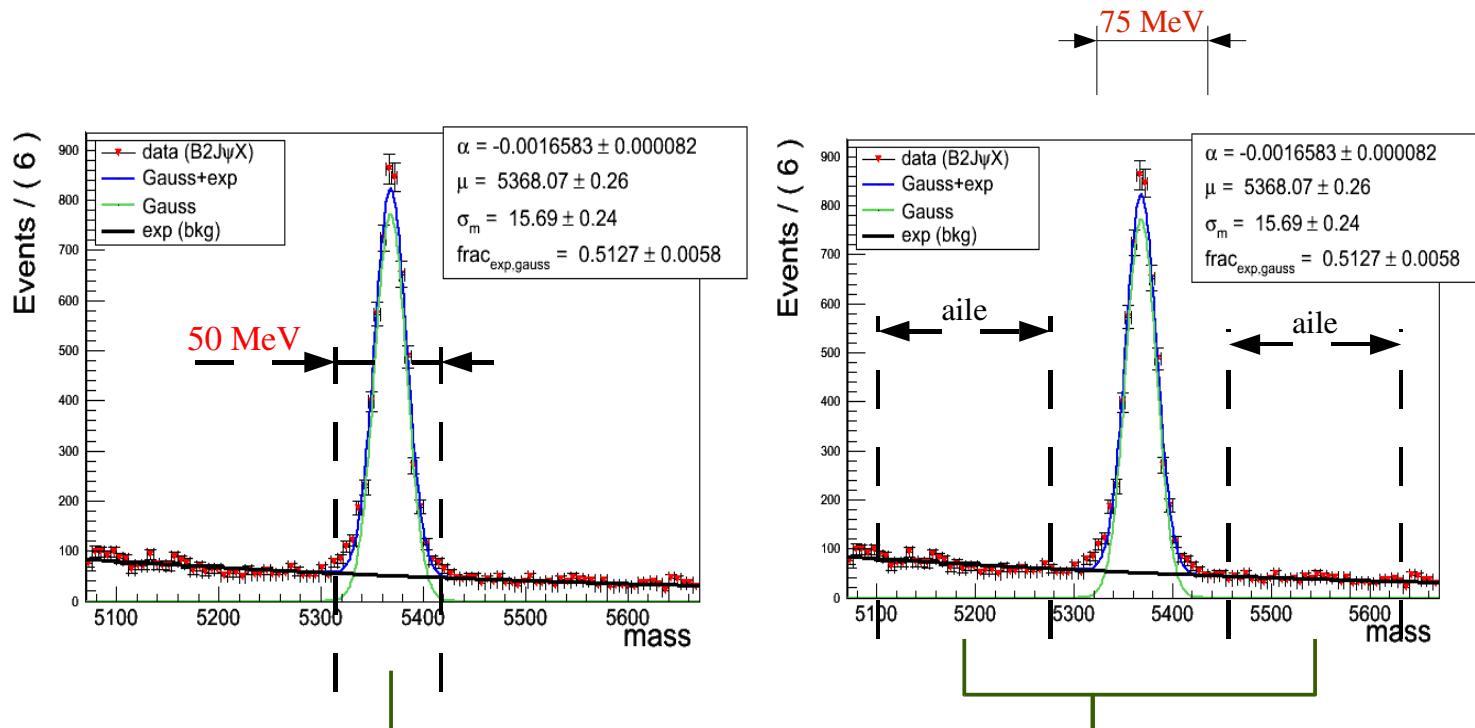


Long terme : sélection biaisée

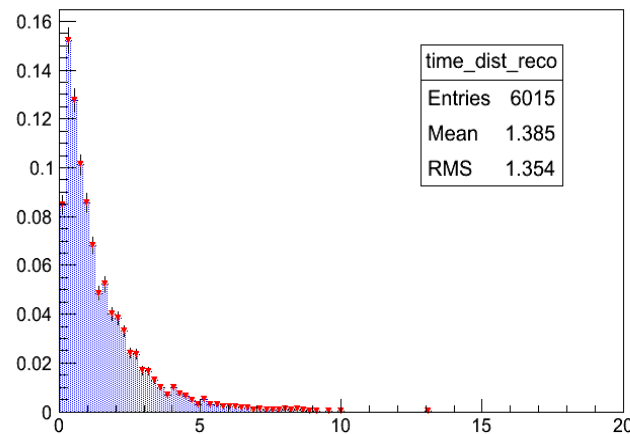
extraction de fonction d'acceptance temporelle

- Scénario ressemble aux vraie données

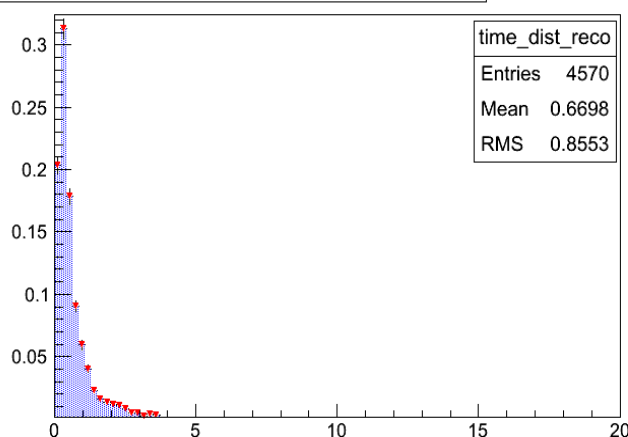
événements de lot de données issue
de sélection biaisée



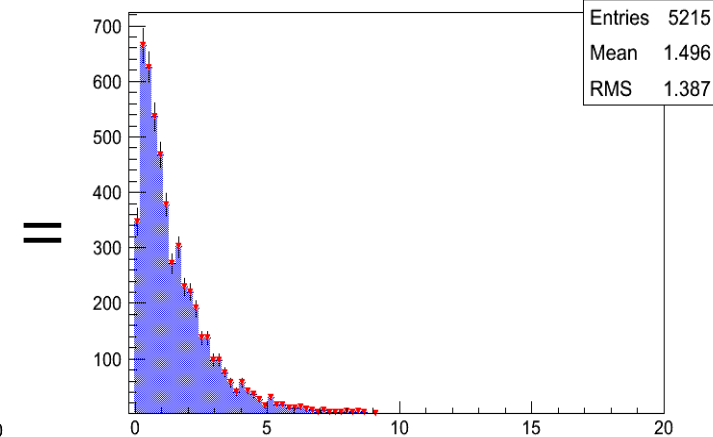
Reconstructed Proper Time for the Selected Events



Reconstructed Proper Time for the Selected Events



subtract

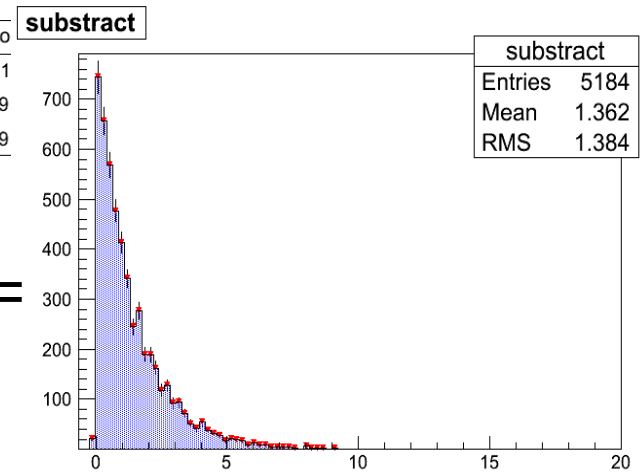
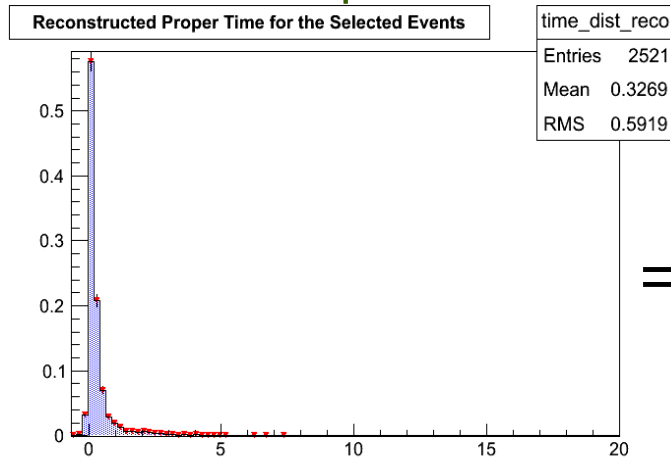
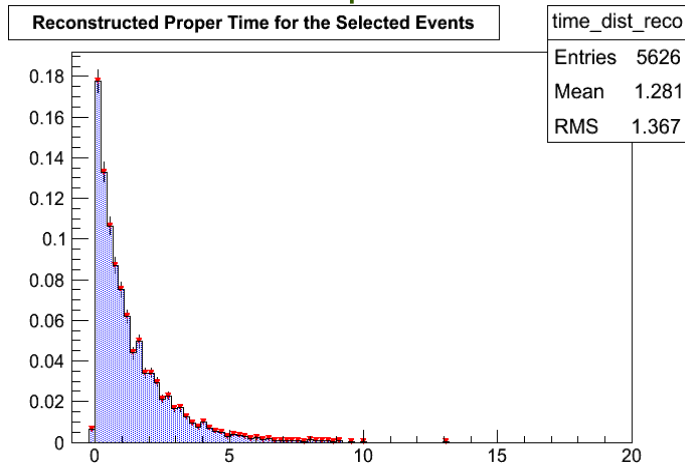
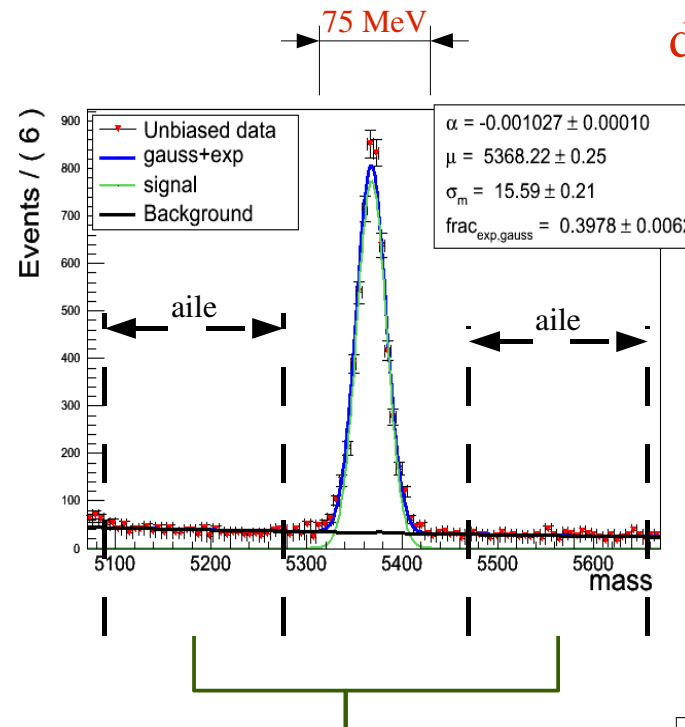
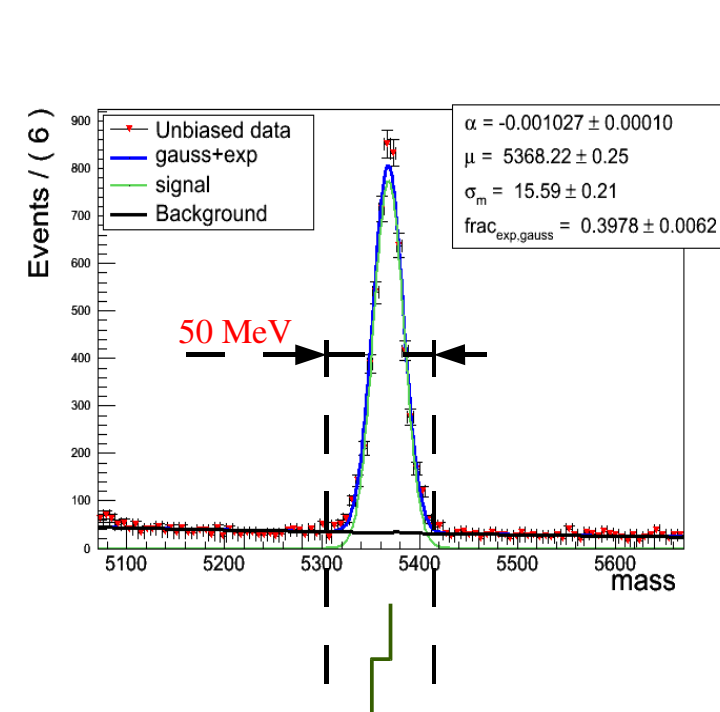


Long terme : sélection biaisée

extraction de fonction d'acceptance temporelle

- Scénario ressemble aux vraies données

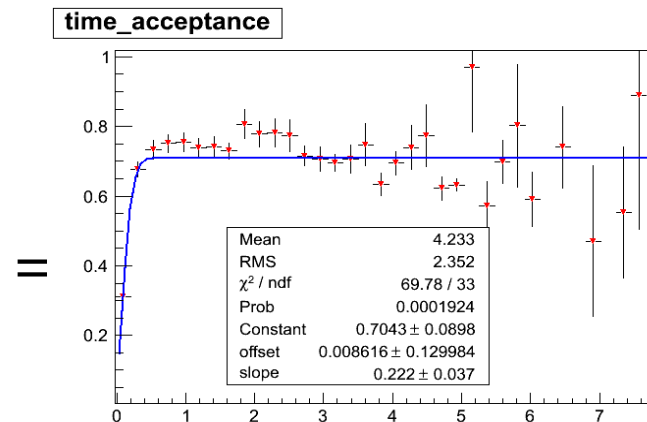
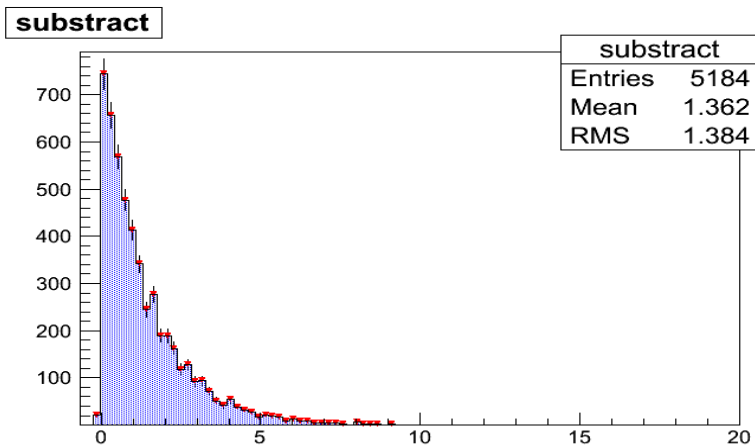
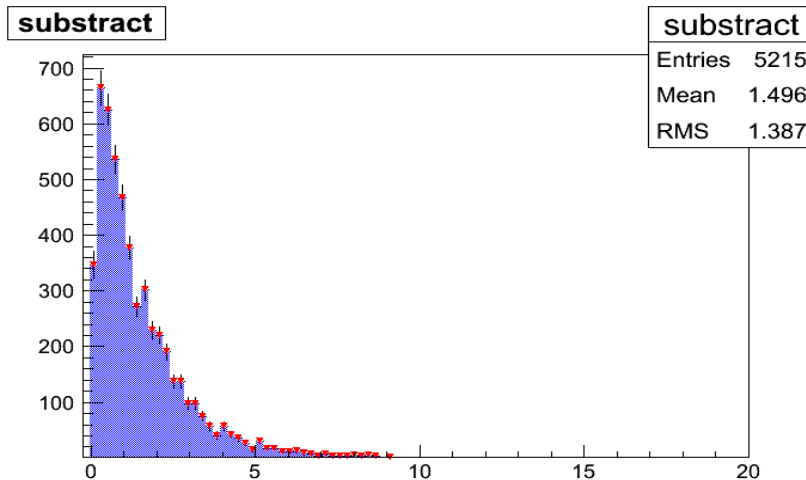
événements de lot de données issue
de sélection non biaisée



Long terme : sélection biaisée

extraction de fonction d'acceptance temporelle

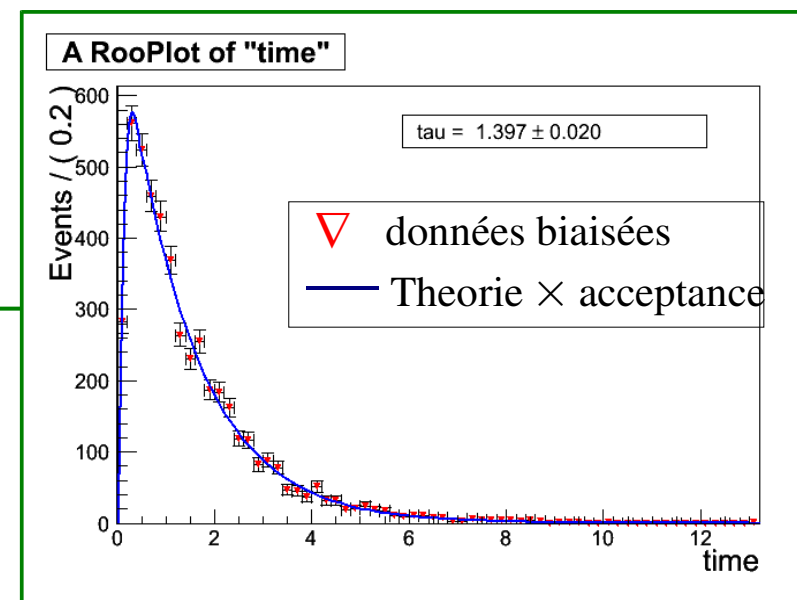
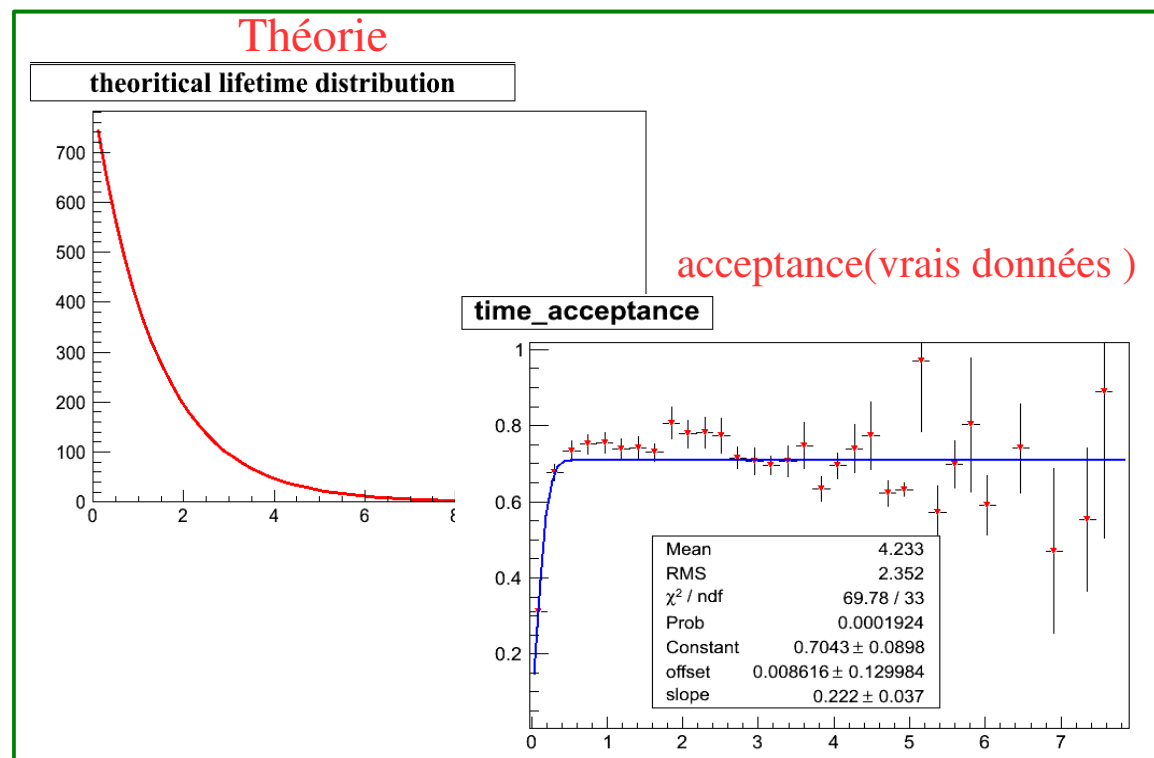
$$\text{Acceptance (vraies données)} = \frac{\text{distribution soustraite [biaisée]}}{\text{distribution soustraite [non-biaisée]}}$$



Long terme : sélection biaisée

extraction de fonction d'acceptance temporelle

- Application de fonction d'acceptance extraite dans la vraie données au procédure de l'ajustement
 - Introduire la fonction d'acceptance au modèle théorique
 - Ajuster le modèle corrige aux données biaisées
 - Obtenir une estimation correct de temps vie moyen de méson B_s



$\tau = 1.40 \text{ ps}$

Comment mesurer ϕ_s

- Déclencher sur $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ et les canaux de contrôle
- Sélectionner $B_s \rightarrow J/\psi \phi$
 - Premières données :
 - Priorités : simplicité + éviter biais
 - Long terme :
 - Priorités : sensibilité ultime, complexité autorisée
- Mesures du temps vie + angles
 - Extraction des résolutions, corrections des acceptances
- Étiquetage de la saveur de mésons B_s produits
 - Canaux de contrôle
- Ajustement de fonction de vraisemblance des taux de désintégration des $B_s \rightarrow J/\psi \phi$
 - 6 observables (temps propre , 3 angles , saveurs , masse)
 - 8 paramètres physiques + 18 paramètres de détecteurs
- Systématiques

Ajustement de fonction de vraisemblance des taux de désintégration des

$$B_s \rightarrow J/\psi \phi$$

- Objectifs :
 - La sensibilité aux paramètres physiques (e.g : ϕ_s)
 - Les effets de détecteurs et sélection sur ces sensibilités
 - Tester la validité des estimateur à basses statistiques

- Simulation MC rapide

1 - Générer des données utilisant les modèles extraites de la simulation MC complète

$$PDF_{total} = f_{sig} PDF_{sig}(m, t, \Omega) + f_{Prompt} PDF_{Prompt}(m, t, \Omega) + f_{Long-Lived} PDF_{Long-Lived}(m, t, \Omega)$$

2 - Procédure d'ajustement, minimiser la fonction de vraisemblance correspondante

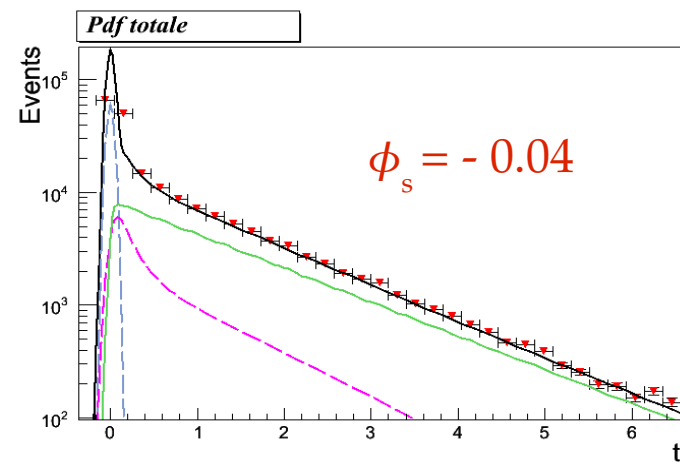
$$\mathcal{L} = \prod PDF_{total}(m, t, \Omega, \lambda_n) \quad \frac{d\mathcal{L}}{d\lambda} = \frac{d}{d\lambda} \sum_i \log PDF_{total}(m, t, \Omega, \lambda) = 0$$

3- Répéter 1,2 centaine de fois

Ajustement de fonction de vraisemblance des taux de désintégration des

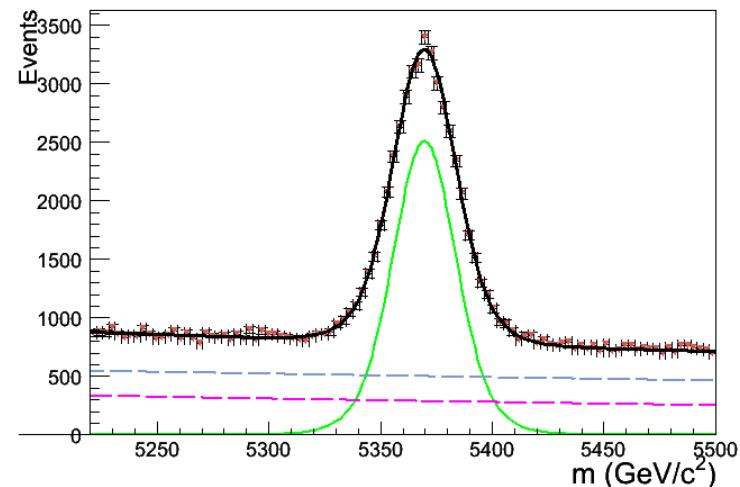
$$B_s \rightarrow J/\psi \phi$$

- Un Toy : simulation de sélection non-biaisée (premières données)

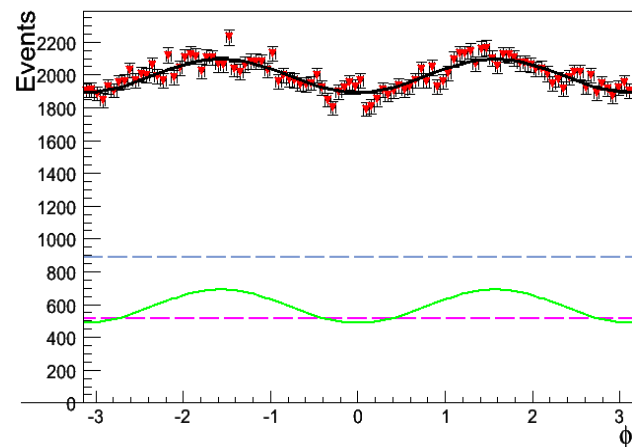


Totale —
 Signal —
 Prompt —
 Long-lived —

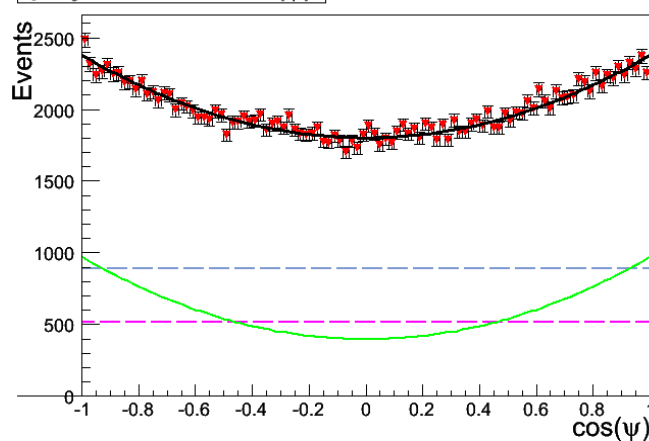
Pdf de masse



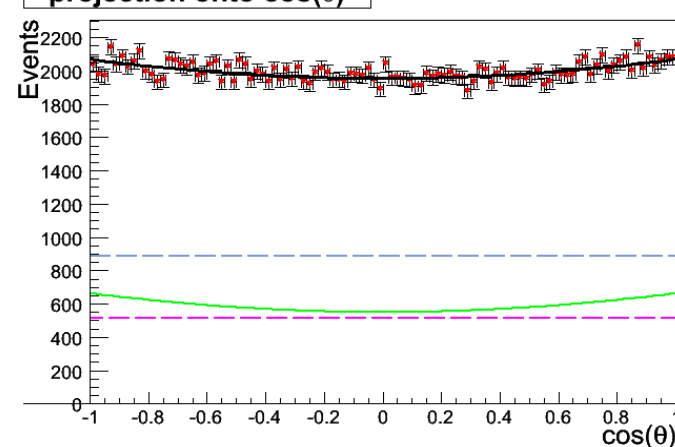
projection onto ϕ



projection onto $\cos(\psi)$



projection onto $\cos(\theta)$



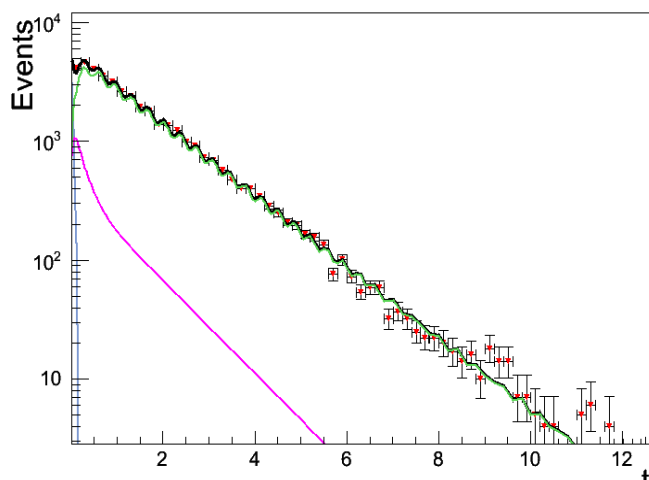
$$PDF_{total} = f_{sig} PDF_{sig}(m, t, \Omega) + f_{Prompt} PDF_{Prompt}(m, t, \Omega) + f_{Long-Lived} PDF_{Long-Lived}(m, t, \Omega)$$

Ajustement de fonction de vraisemblance des taux de désintégration des

$$B_s \rightarrow J/\psi \phi$$

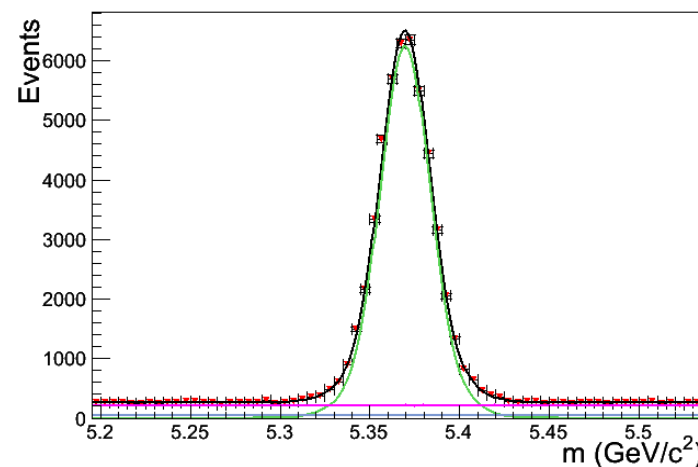
- Un Toy : simulation de sélection biaisée (Long terme)

A RooPlot of "t"

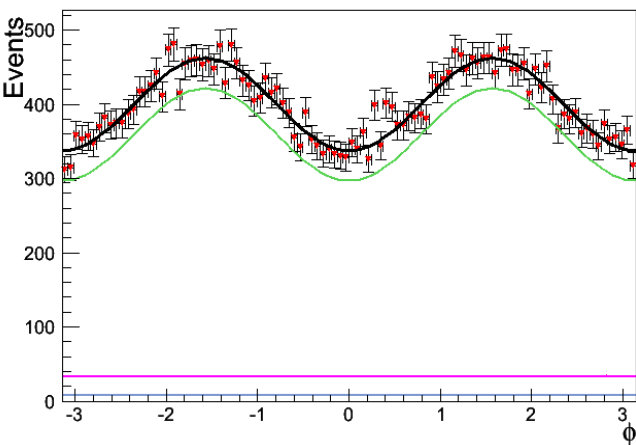


Totale
Signal
Prompt
Long-lived

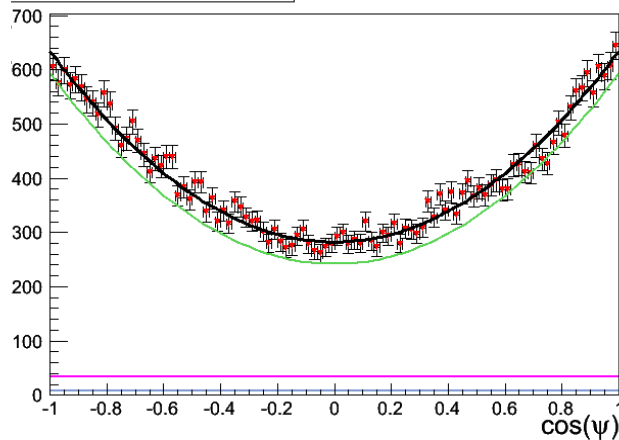
A RooPlot of "m"



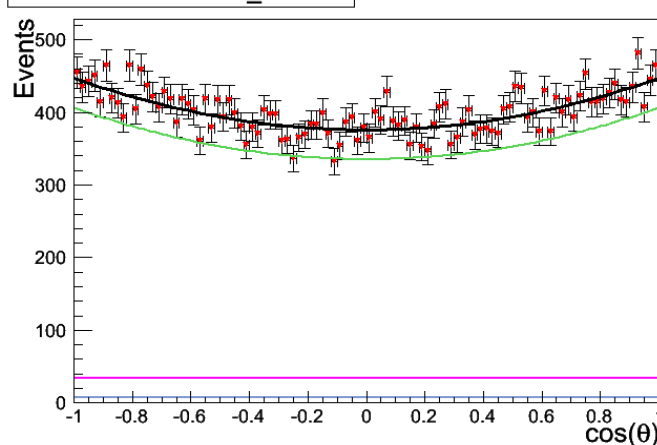
A RooPlot of "phi"



A RooPlot of "cos_psi"



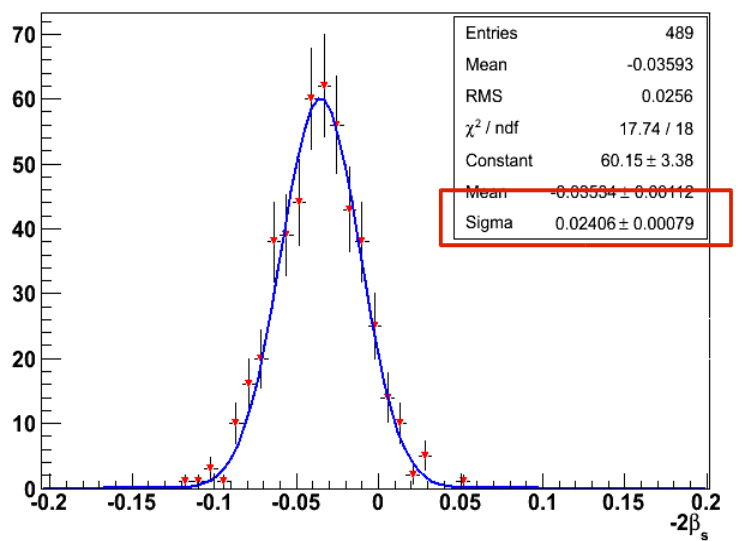
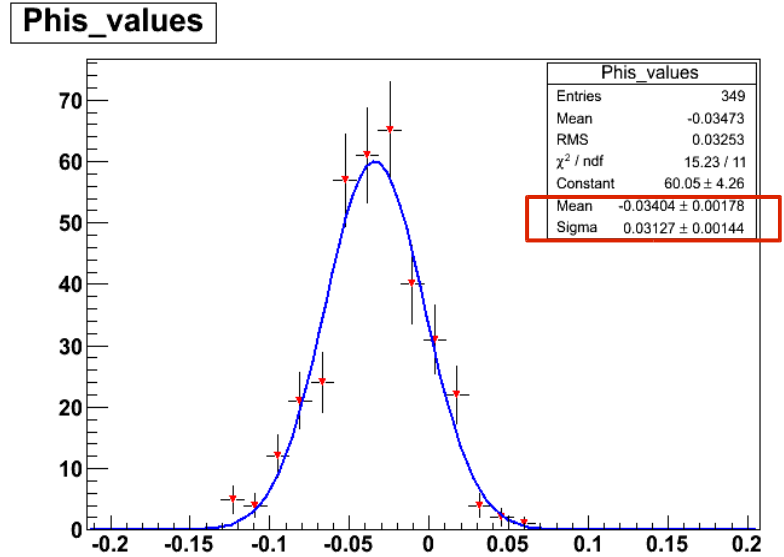
A RooPlot of "cos_theta"



$$PDF_{total} = f_{sig} PDF_{sig}(m, t, \Omega) + f_{Prompt} PDF_{Prompt}(m, t, \Omega) + f_{Long-Lived} PDF_{Long-Lived}(m, t, \Omega)$$

Ajustement de fonction de vraisemblance des taux de désintégration des

$$B_s \rightarrow J/\psi \phi$$

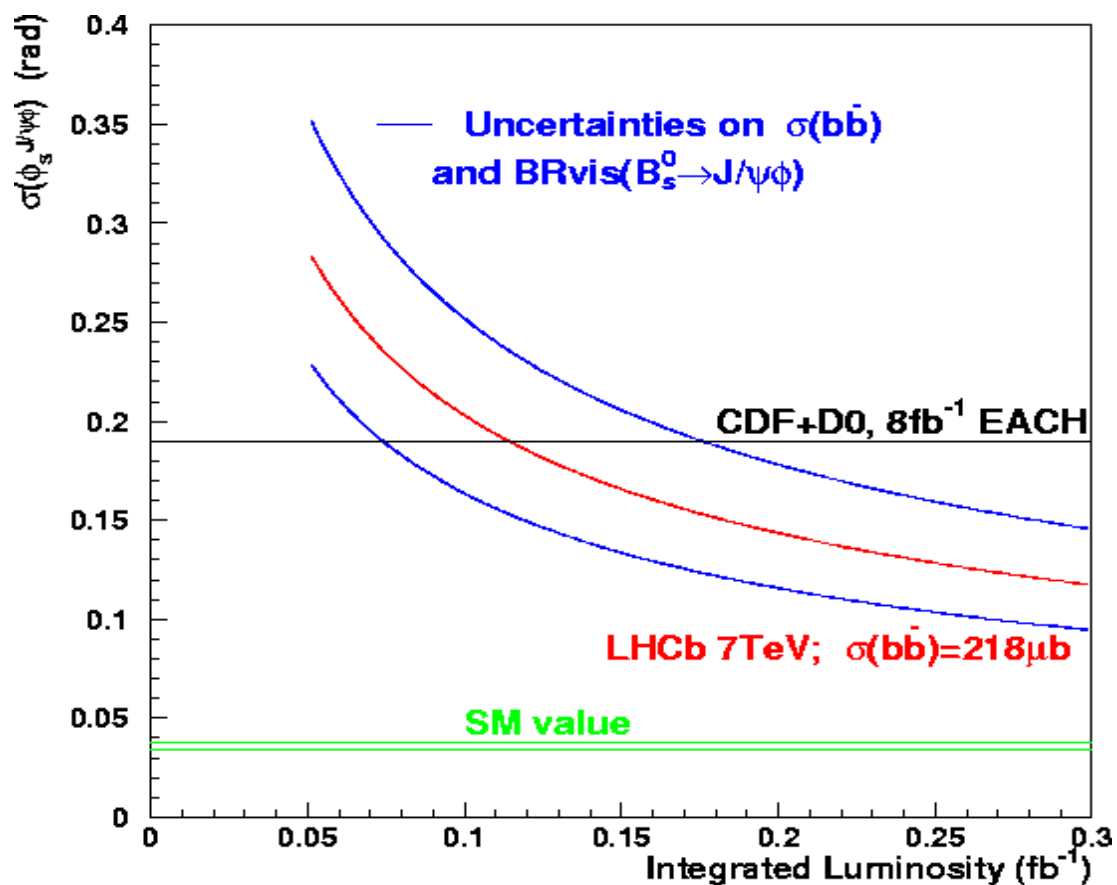
Simulation Rapide de sélection biaisée	Simulation Rapide de sélection on-biaisée																																
Long terme $\sigma(\phi_s) = 0.024 \text{ rad}$	Premières données $\sigma(\phi_s) = 0.031 \text{ rad}$																																
 <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">Statistics</th></tr></thead><tbody><tr><td>Entries</td><td>489</td></tr><tr><td>Mean</td><td>-0.03593</td></tr><tr><td>RMS</td><td>0.0256</td></tr><tr><td>χ^2 / ndf</td><td>17.74 / 18</td></tr><tr><td>Constant</td><td>60.15 ± 3.38</td></tr><tr><td>Mean</td><td>-0.03594 ± 0.00112</td></tr><tr><td>Sigma</td><td>0.02406 ± 0.00079</td></tr></tbody></table>	Statistics		Entries	489	Mean	-0.03593	RMS	0.0256	χ^2 / ndf	17.74 / 18	Constant	60.15 ± 3.38	Mean	-0.03594 ± 0.00112	Sigma	0.02406 ± 0.00079	 <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">Phis_values Statistics</th></tr></thead><tbody><tr><td>Entries</td><td>349</td></tr><tr><td>Mean</td><td>-0.03473</td></tr><tr><td>RMS</td><td>0.03253</td></tr><tr><td>χ^2 / ndf</td><td>15.23 / 11</td></tr><tr><td>Constant</td><td>60.05 ± 4.26</td></tr><tr><td>Mean</td><td>-0.03404 ± 0.00178</td></tr><tr><td>Sigma</td><td>0.03127 ± 0.00144</td></tr></tbody></table>	Phis_values Statistics		Entries	349	Mean	-0.03473	RMS	0.03253	χ^2 / ndf	15.23 / 11	Constant	60.05 ± 4.26	Mean	-0.03404 ± 0.00178	Sigma	0.03127 ± 0.00144
Statistics																																	
Entries	489																																
Mean	-0.03593																																
RMS	0.0256																																
χ^2 / ndf	17.74 / 18																																
Constant	60.15 ± 3.38																																
Mean	-0.03594 ± 0.00112																																
Sigma	0.02406 ± 0.00079																																
Phis_values Statistics																																	
Entries	349																																
Mean	-0.03473																																
RMS	0.03253																																
χ^2 / ndf	15.23 / 11																																
Constant	60.05 ± 4.26																																
Mean	-0.03404 ± 0.00178																																
Sigma	0.03127 ± 0.00144																																

- Gain de la sélection : 20 % de sensibilité sur ϕ_s
- Premières données :
 - Tester la fiabilité estimateur a basse statistique
 - Estimateur fiable $\mathcal{L}_{\text{int}} > 0.2 \text{ fb}^{-1}$ (@7 TeV)
 - $\mathcal{L}_{\text{int}} < 0.2 \text{ fb}^{-1}$ problèmes de convergence + biais sur l'estimation de ϕ_s

Ajustement de fonction de vraisemblance des taux de désintégration des

$$B_s \rightarrow J/\psi \phi$$

- En 2010 : @7 TeV
 - Première données sélection non-biaisée
 - $\mathcal{L}_{\text{int}} > 0.2 \text{ fb}^{-1}$ LHCb compétitive avec CDF+D0



- Rappel : ϕ_s (CDF+D0) ~ 0.8
- Si ϕ_s donnée par CDF+D0 vraie $\Rightarrow$ LHCb 0.2 fb^{-1} : mesure à 5σ

Conclusion & prospectives

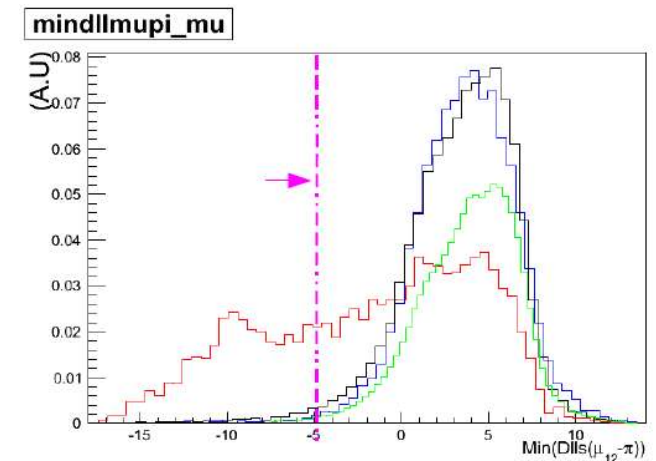
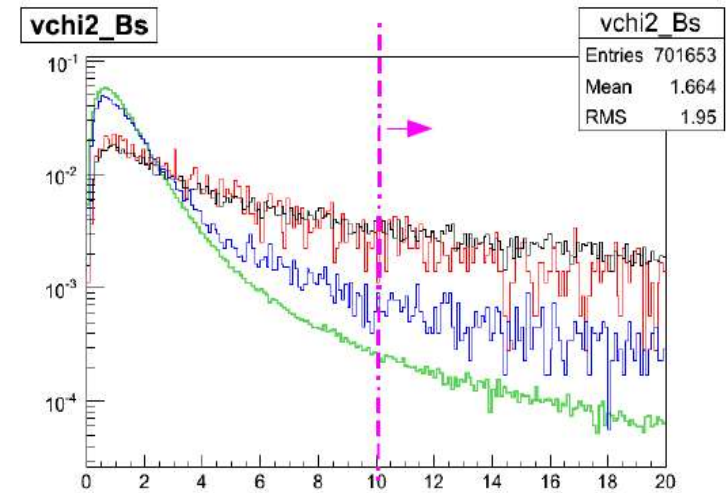
- LHCb commence la prise de données fin 2009
 - Premières collision début décembre !
 - ϕ_s une mesure clé de LHCb
 - CDF+D0 : 2σ de déviation par rapport au MS
- Travail effectué:
 - Sélection non biaisée de $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ (premières données)
 - Propriétés d'étiquetage communes entre le $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ et ses canaux d2 contrôle
 - Biais minime sur les distributions physiques mais B/S élevé
 - Sélection biaisée de $B_s \rightarrow J/\psi \phi$
 - 40 % plus de stats, gain de 20% en terme de sensibilité sur ϕ_s
 - Acceptance temporelle → complexité supplémentaire
 - Méthode de soustraction de bruits
 - Ajustement de ϕ_s par une analyse angulaire dépendante du temps
 - Si ϕ_s donnée par CDF+D0 vraie => LHCb 0.2 fb^{-1} : mesure à 5σ
- Écrire la note sur la sélection biaisée
- Comprendre la différence entre données réelles et MC
- Rédiger la thèse

Long terme : sélection biaisée

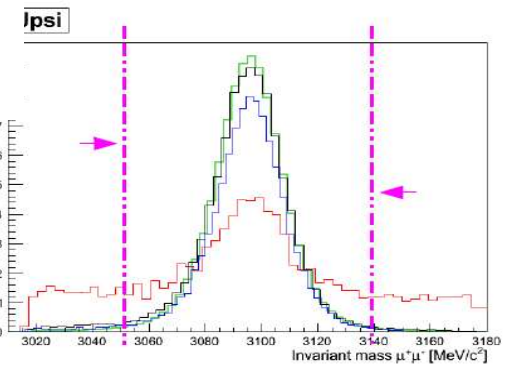
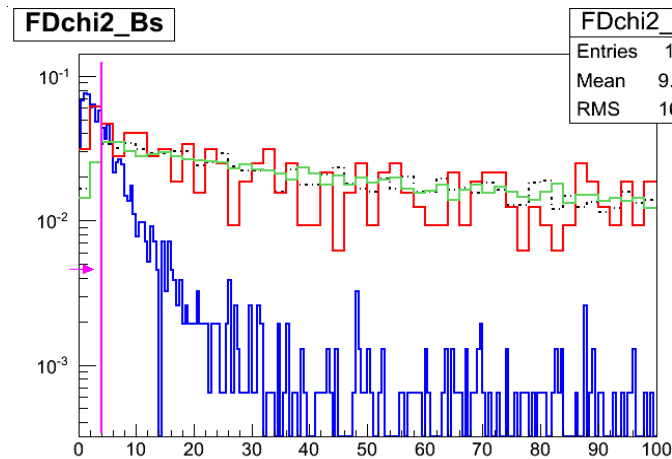
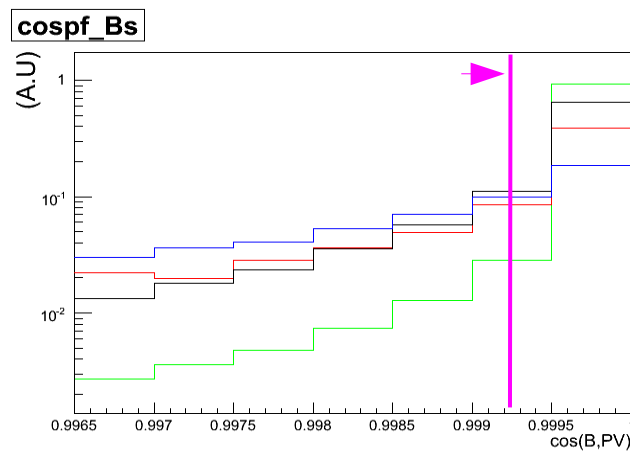
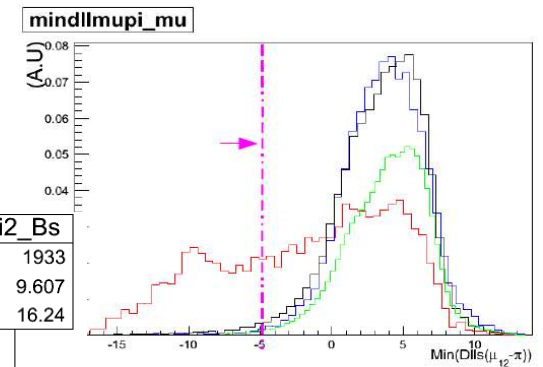
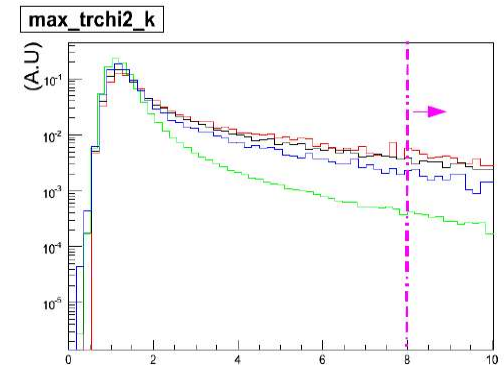
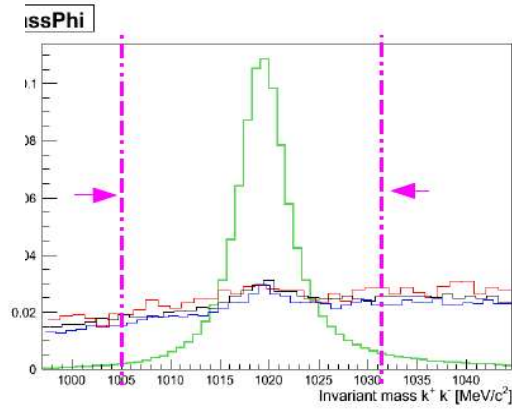
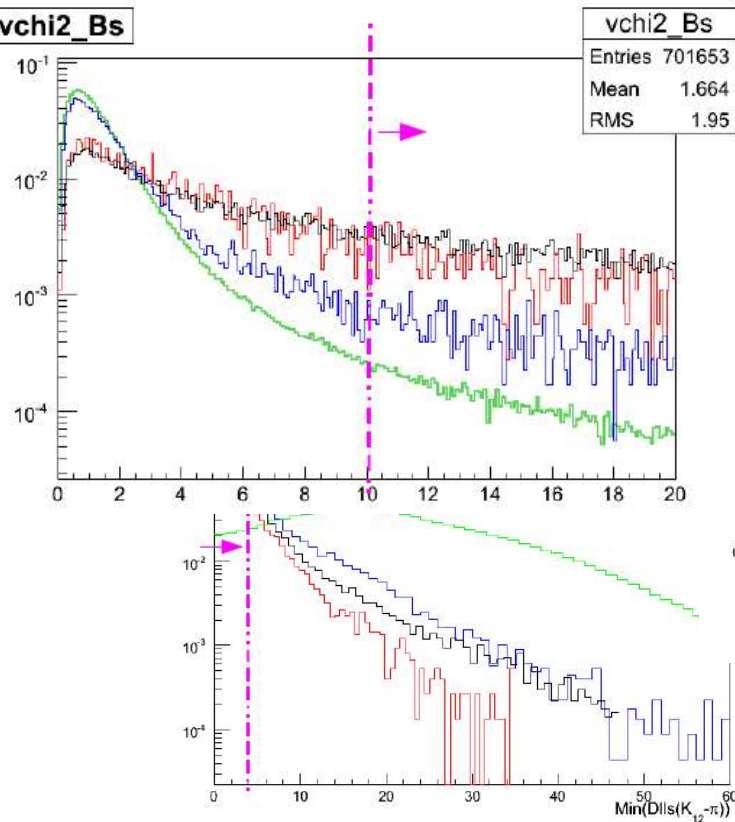
Optimisation des coupures:

- Élection des coupures corrélations minimale pour le bruit
maximal pour le signal
- B/S pour chaque type de bruit
- Valeur des coupures (meilleure réduction de bruit par
coupure)

Particle	cut	cut value	eff on signal	B_{prompt}/S	B_{LL}/s	mb rejection %
Bs	Mass [Mev/c ²]	50	0.800	5	8	85
	Vertex χ^2	10	0.830	25	47	32
	FD [mm]	0.6	0.926	25	66	51
	DIRA	0.9995	0.837	4	8	85
phi	Mass [Mev/c ²]	15	0.922	26	75	62
	pT [MeV]	700	0.824	37	39	46
	Vertex χ^2	10	0.925	65	50	43
Kaons	Tracks χ^2	8	0.994	100	84	2
	DLL(K- π)	2	0.911	100	60	43
J/psi	Mass [Mev/c ²]	50	0.978	37	28	62
	Vertex χ^2	15	-	-	-	-
Muons	DLL(μ - π)	-5	0.991	77	60	27



Biased selection



Signal
Prompt
bb
Bs2JpsiX

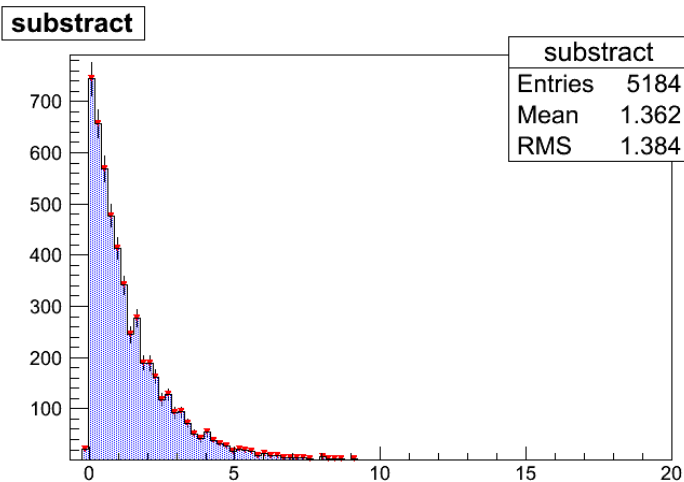
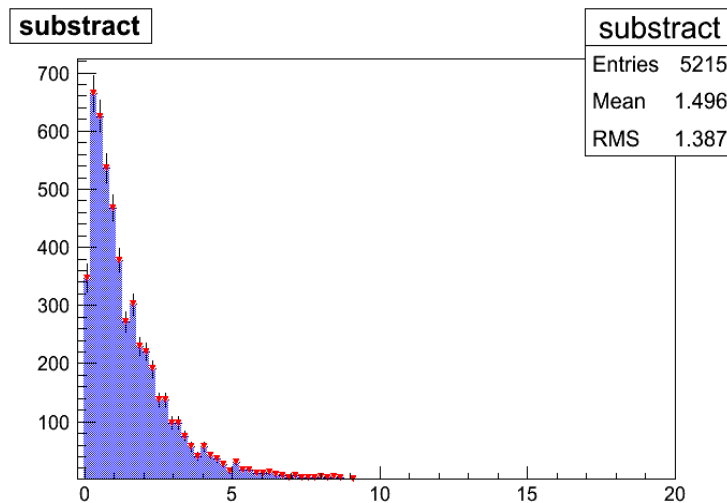
The How to

- Use the subtracted distribution to calculate the acceptance

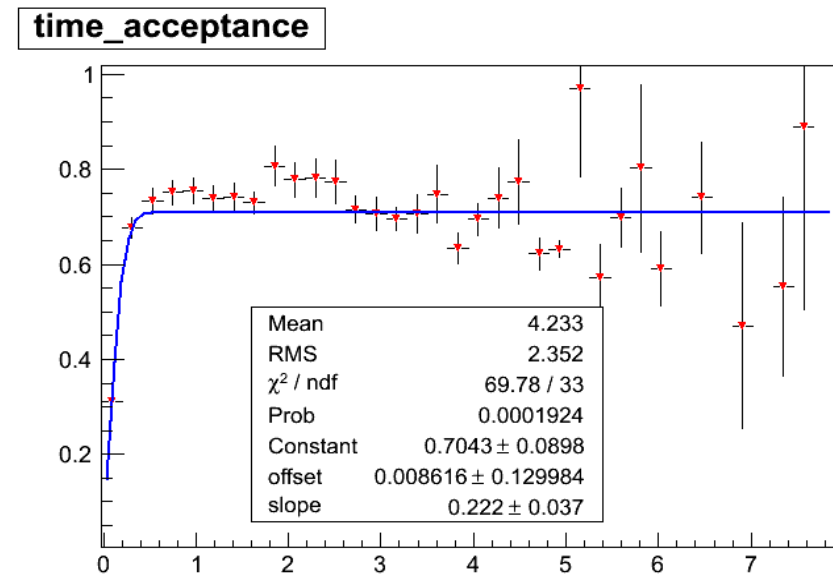
Subtracted Biased distribution

– Acceptance (real data) = $\frac{\text{Subtracted Biased distribution}}{\text{Subtracted Unbiased distribution}}$

Subtracted Unbiased distribution

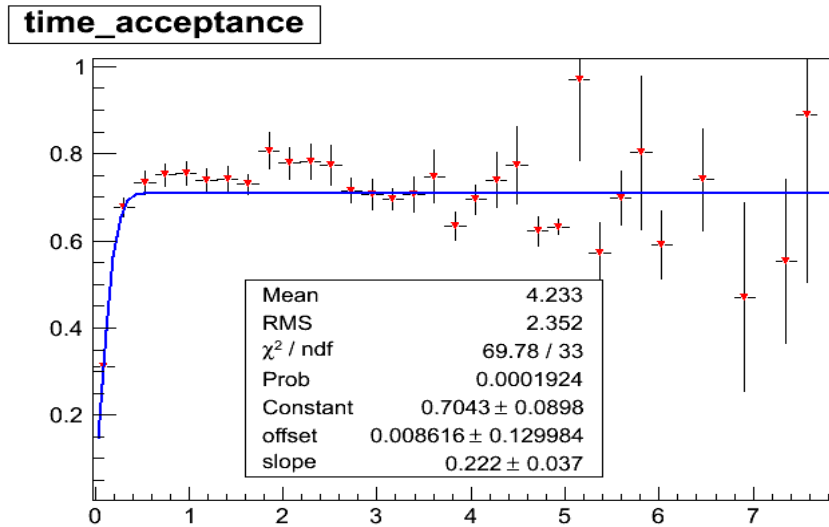


=



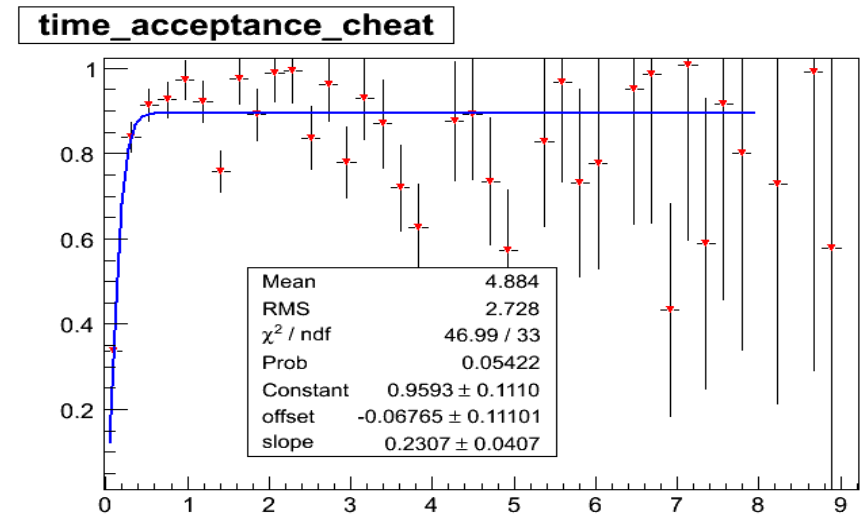
$\text{Erf}(t/0.22) + 0.01$

Comparison



Background Subtraction method

$$\text{Erf}(t)/0.22 + 0.01$$



Acceptance function relying on MC

$$\text{Erf}(t)/0.23 - 0.07$$

- Proper time acceptance can be extracted without cheating
 - Uncertainty on the first parameter (17 %)
 - Uncertainty on the second parameter is huge (1300 %)
 - Need $L_{\text{int}} > 0.06 \text{ fb}^{-1}$, or other parametrization

Introduction

- We developed a selection where cuts biasing the the Bs proper time are allowed; in addition to existing unbiased selection
 - yield + 40%
 - $\sigma(\phi_s)_{\text{stat}} \sim 0.024$ in 2 fb^{-1}
 - systematics using a 20% wrong acceptance function have negligible effect on ϕ_s
- Previous presentations :
 - <http://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=2&resId=0&materialId=slides&confId=47326> April
 - <http://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=7&resId=0&materialId=slides&confId=47325> Mars
 - <http://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=9&resId=0&materialId=slides&confId=61342> July
- Today :
 - Effect of wrong acceptance on ϕ_s
 - $\text{Acceptance}(\text{Bs}) \neq \text{Acceptance}(\text{Bs-bar})$
 - Extraction of the proper time acceptance function without cheating
 - Stripping codes

Results

difference	10%			20%		
parameters	ϕ_s Values	Pull	Systematic	ϕ_s Values	Pull	Systematic
$\phi_s^{\text{NP}} = -0.6$	-0.601 ± 0.001	-0.03 ± 0.05	-	-0.595 ± 0.002	0.12 ± 0.05	-0.005
$\phi_s^{\text{SM}} = -.0368$	-0.032 ± 0.001	0.13 ± 0.05	-0.005	-0.027 ± 0.001	0.28 ± 0.05	-0.06

- For the ϕ_s NP values : effect is negligible
- For the ϕ_s SM values :important systematics at 20%

Results

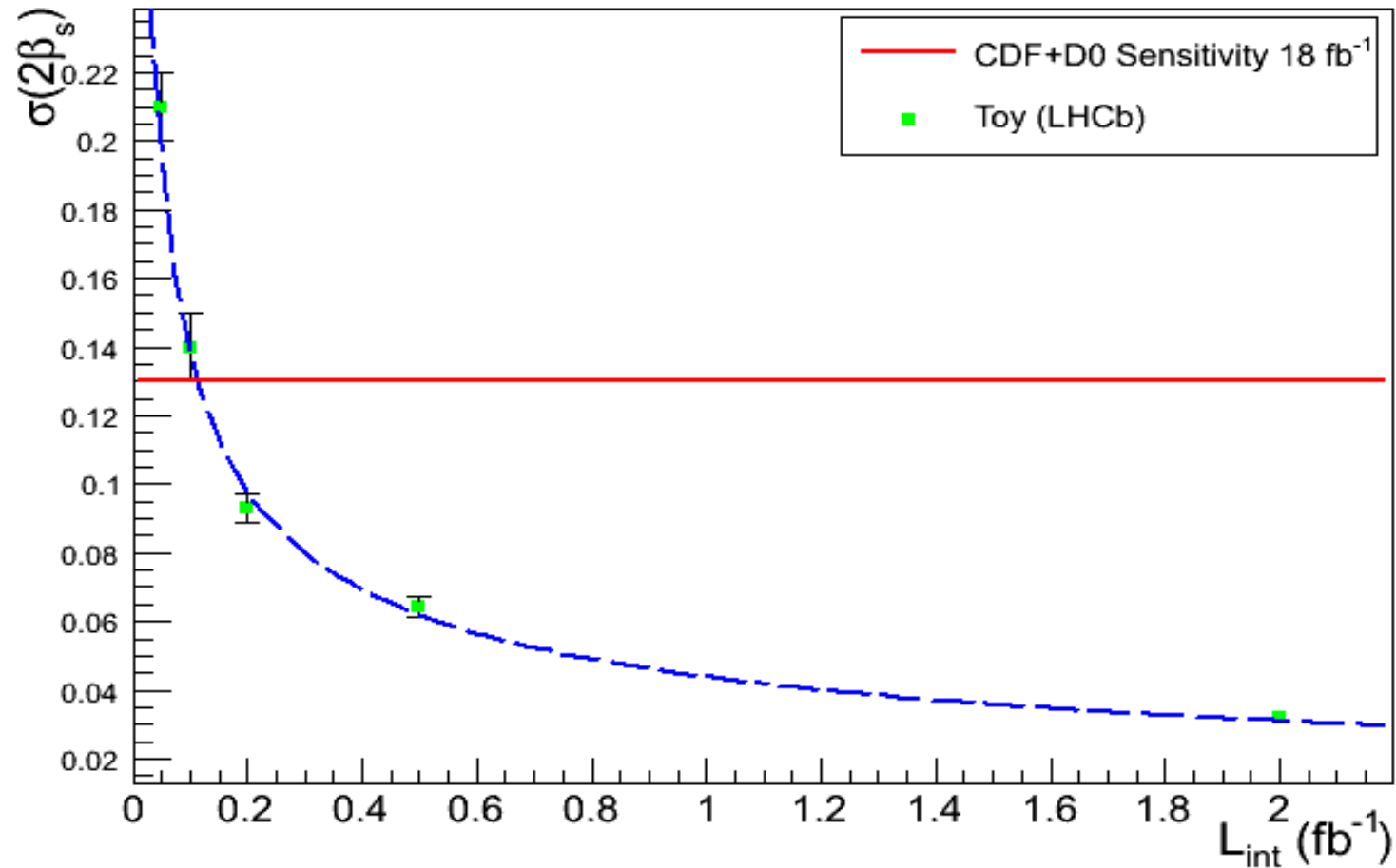
$L_{\text{int}} \text{ fb}^{-1}$	0.05	0.1	0.2	0.5	2
N events	2925	5850	11700	29250	117000
$2\beta_s$ pull mean	0.03 ± 0.06	0.05 ± 0.05	0.00 ± 0.05	0.04 ± 0.05	0.015 ± 0.06
$2\beta_s$ pull width	1.00 ± 0.06	0.90 ± 0.04	0.92 ± 0.04	0.94 ± 0.05	1.00 ± 0.05
$\sigma(2\beta_s)^2$	0.21 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.093 ± 0.004	0.064 ± 0.003	0.032 ± 0.001
$\sigma(2\beta_s)$ expected ³	0.19	0.13	0.095	0.06	0.03
failed Fit %	15 ± 2	11 ± 2	8 ± 1	1 ± 1	0
$2\beta_s$ global correlation	0.29 ± 0.02	0.23 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.175 ± 0.006	0.133 ± 0.005

- The pull mean is compatible with 0 => No bias
- No over estimation on even with low statistics
 - hence the expected and the obtained errors are compatible
- The failed fit percentage drops to zero with the increase of statistics

² : distribution fitted with one Gaussian : mean $\pm$ width

³ : using the $0.03 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{N}$; where 0.03 is the sensitivity to $2\beta_s$ for 2 fb⁻¹

$\sigma(2\beta_s)$ versus integrated luminosity

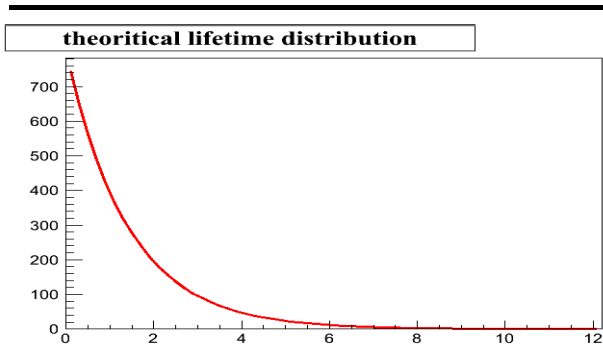
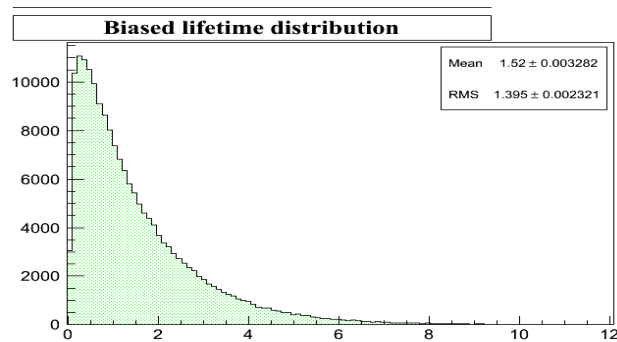


- The blue curve is this function : $\frac{0.03 \times \sqrt{2}}{N}$

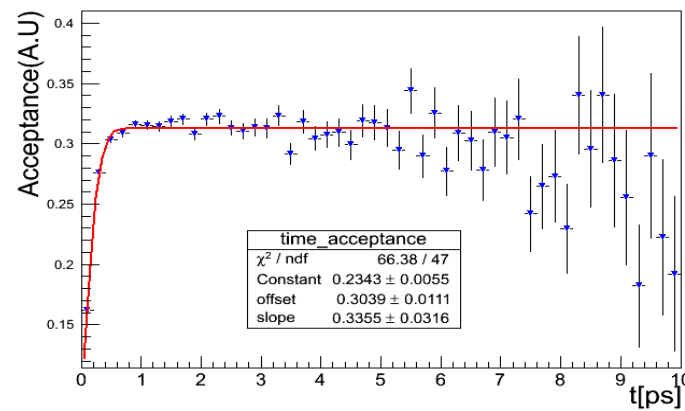
Long terme : sélection biaisée

•DIRA

- cosinus d'angle entre impulsion de B_s et distance de vole
- Flight distance significance :
 - χ^2 of distance de vole entre les vertex de désintégration
- Affect le temps vie
- Efficace contre Minimumbias
- Corrélation pour le signale

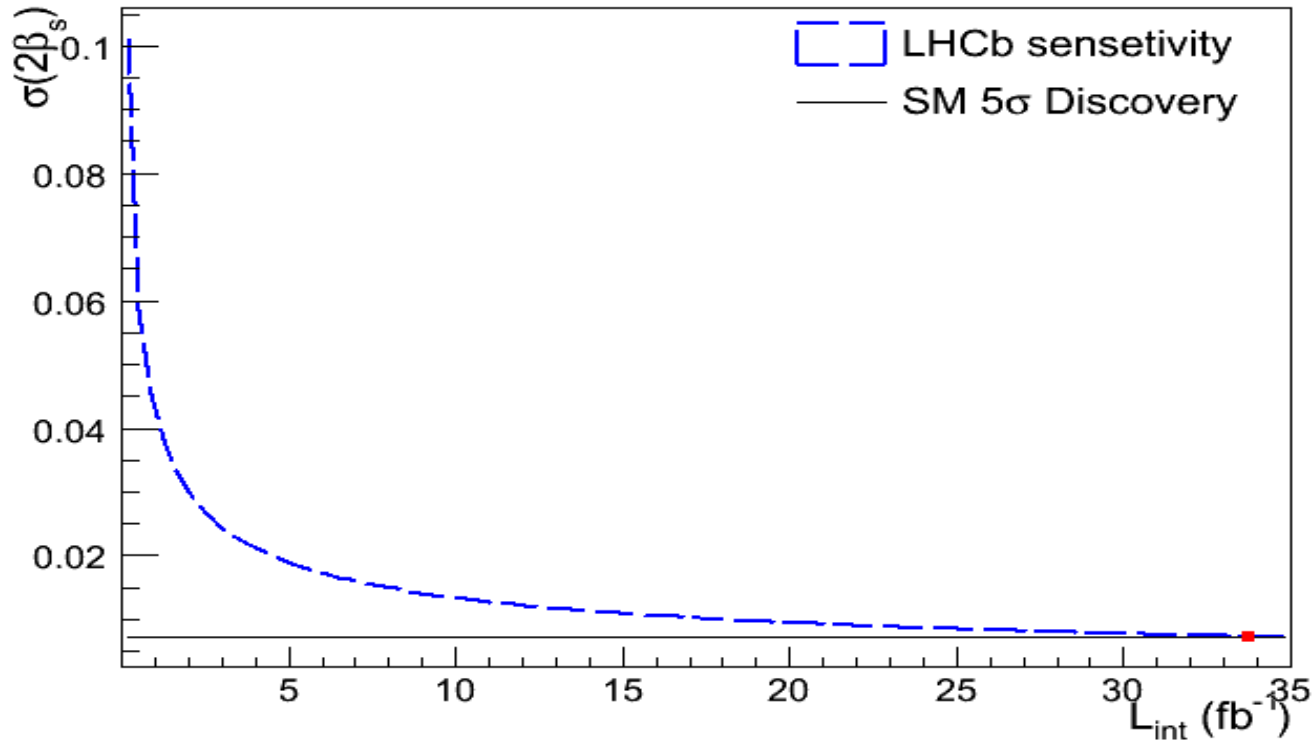


==



Signal
Prompt **bb**
B2JpsiX

What about the New Physics ?



$$2\beta_s \sim 0.036 \text{ rad}$$

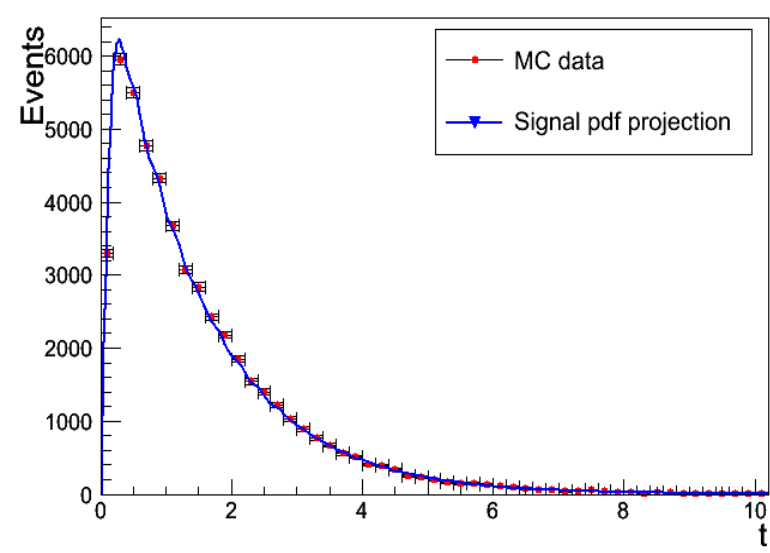
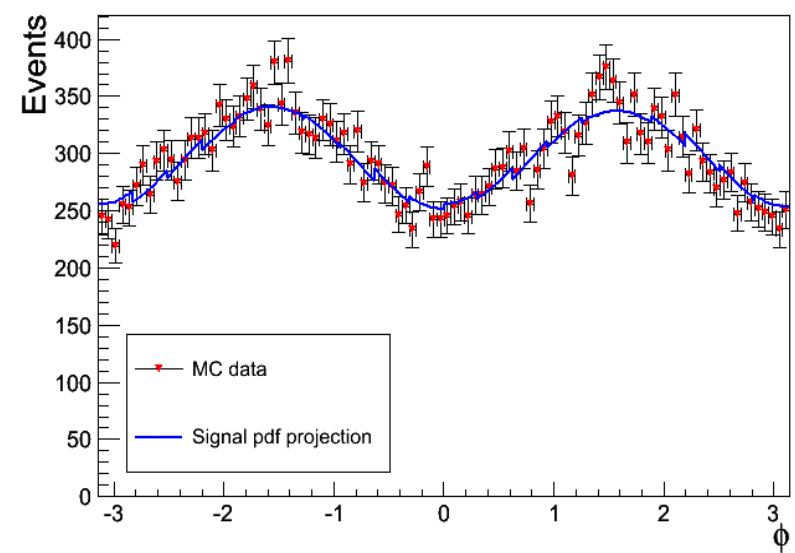
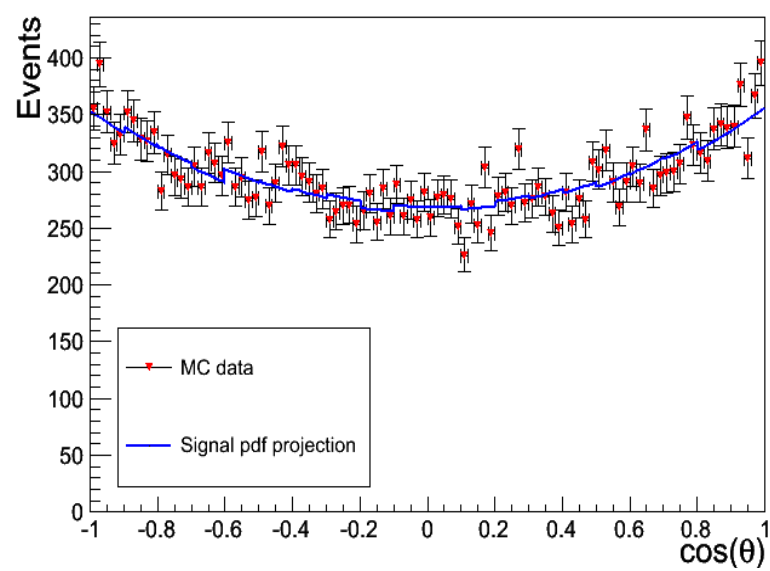
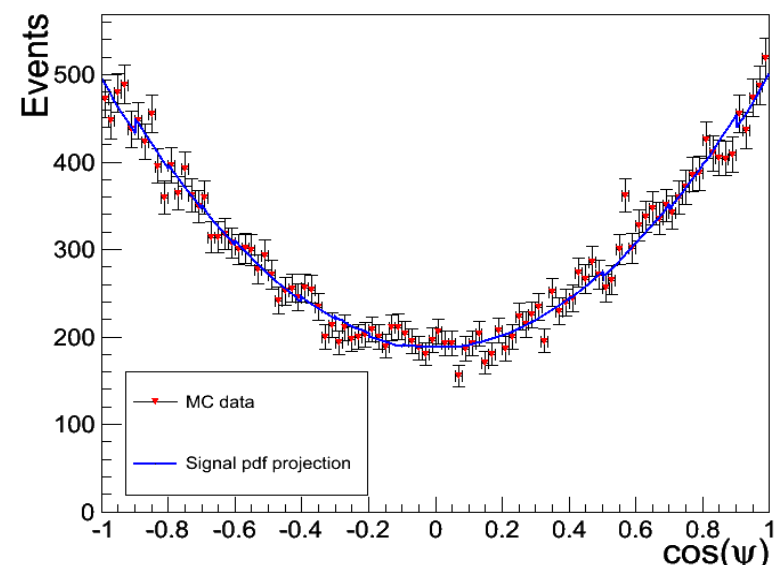
$$\sigma(2\beta_s) \sim 0.007 \text{ rad}$$

- SM is difficult to measure !
- Need 34 fb^{-1} for 5 sigmas measurement

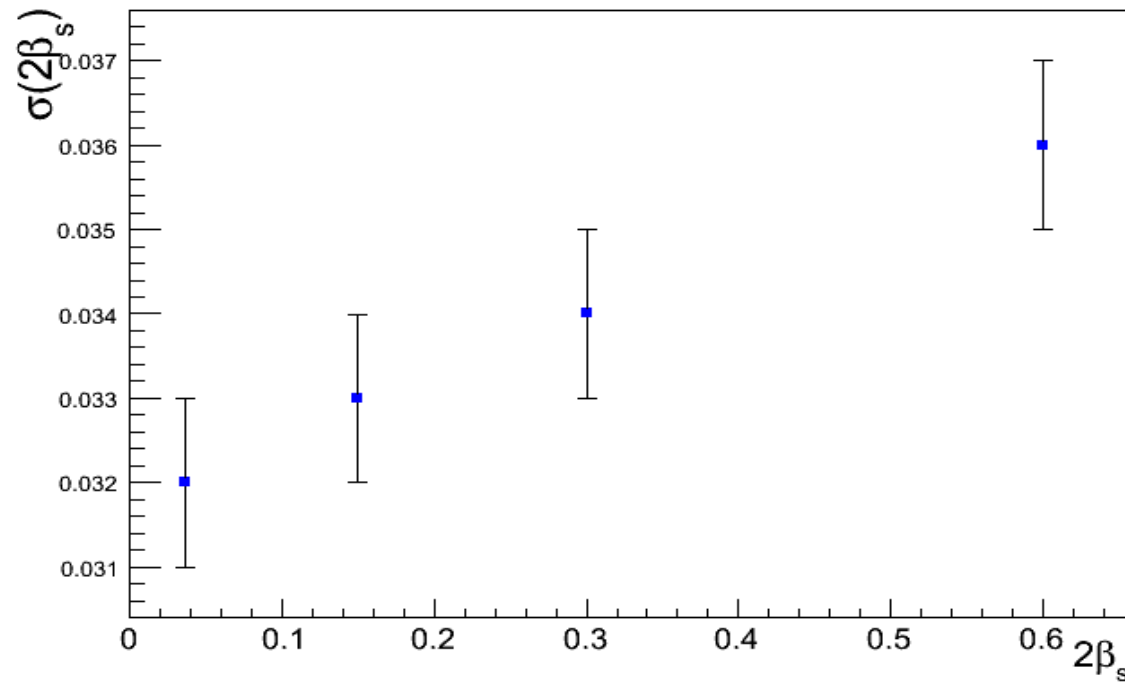
- The blue curve is this function :

$$\frac{0.032 \times \sqrt{2}}{\sqrt{N}}$$

Measure ϕ_s



What about the New Physics ?



$2\beta_s$ Uncertainty increases
slightly with $2\beta_s$

Constant Parameter	Value
--------------------	-------

-----	-----
dm	2.0000e+01
w	0.0000e+00

Floating Parameter	InitialValue	FinalValue	+/-	Error	GblCorr.
--------------------	--------------	------------	-----	-------	----------

-----	-----	-----	-----	-----	
DG	6.8520e-02	6.4851e-02	+/-	5.63e-03	0.890858
R_0	6.0000e-01	5.9426e-01	+/-	1.83e-03	0.755314
R_per	1.6000e-01	1.5771e-01	+/-	2.52e-03	0.841633
del_par	2.5000e+00	2.5126e+00	+/-	1.09e-02	0.593918
del_per	-1.7000e-01	9.3238e+00	+/-	1.12e-01	0.996251
phis	-4.0000e-02	-3.3832e-02	+/-	3.77e-03	0.108311
tau	1.4610e+00	1.4648e+00	+/-	4.41e-03	0.786107

Results ($2\beta_s = 0.6$)

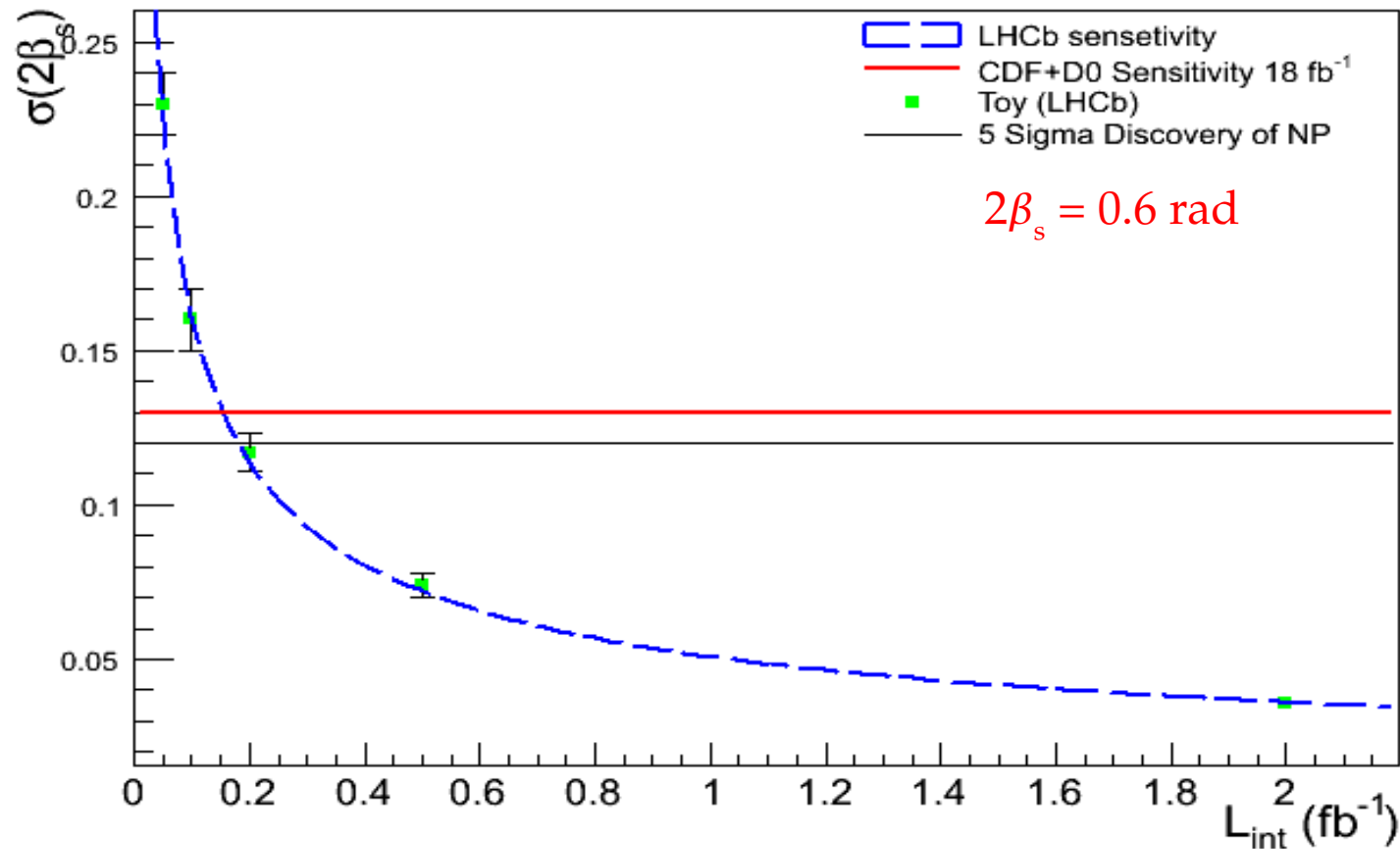
$L_{\text{int}} \text{ fb}^{-1}$	0.05	0.1	0.2	0.5	2
N events	2925	5850	11700	29250	117000
$2\beta_s$ pull mean	0.24 ± 0.07	0.14 ± 0.07	0.03 ± 0.05	0.08 ± 0.06	-0.012 ± 0.06
$2\beta_s$ pull width	0.92 ± 0.08	0.95 ± 0.07	0.95 ± 0.04	0.94 ± 0.05	1.02 ± 0.04
$\sigma(2\beta_s)^2$	0.23 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.117 ± 0.006	0.074 ± 0.004	0.036 ± 0.002
$\sigma(2\beta_s)$ expected	0.228	0.162	0.114	0.072	0.036
failed Fit %	29 ± 2	20 ± 2	8 ± 1	4 ± 1	$<1 \pm 1$
global correlation	0.325 ± 0.004	0.321 ± 0.005	0.2669 ± 0.005	0.197 ± 0.008	0.143 ± 0.006

compatible expected/estimated sensitivities

2 : distribution fitted with one Gaussian : mean $\pm$ width

3 : using the $0.036 \cdot \sqrt{2} / \sqrt{N}$

$\sigma(2\beta_s)$ versus integrated luminosity (0-2) fb^{-1}



- The blue curve is this function : $\frac{0.036 \times \sqrt{2}}{\sqrt{N}}$

Particle	cut	cut value	eff on signal	B_{prompt}/S	B_{LL}/s	mb rejection %
Bs	Mass [Mev/c ²]	50	0.800	5	8	85
	Vertex χ^2	10	0.830	25	47	32
	FD [mm]	0.6	0.926	25	66	51
	DIRA	0.9995	0.837	4	8	85
phi	Mass [Mev/c ²]	15	0.922	26	75	62
	pT [MeV]	700	0.824	37	39	46
	Vertex χ^2	10	0.925	65	50	43
Kaons	Tracks χ^2	8	0.994	100	84	2
	DLL(K- π)	2	0.911	100	60	43
J/psi	Mass [Mev/c ²]	50	0.978	37	28	62
	Vertex χ^2	15	-	-	-	-
Muons	DLL(μ - π)	-5	0.991	77	60	27