

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

- 1 - Introduction
- 2 - Détecteur LHCb
- 3 - Mesure de β_s
- 4 - Conclusions & perspectives

Basem KHANJI

Directeurs de thèse : Renaud LE GAC

: Olivier LEROY

CPPM, Université d'Aix-Marseille

Journée Jeunes Chercheurs

Modèle Standard & Violation CP

- Modèle standard rend compte de la violation de CP via matrice CKM
 - matrice 3×3 unitaire
 - éléments décrivent la probabilité qu'un quark q se transforme en quark q'
 - 3 paramètres réels et une phase complexe non-nulle (CPV)
- Violation CP du modèle standard pas suffisante pour décrire la violation de CP observée dans l'univers
 - D'autres sources de violation CP ?

Introduction théorique

- La matrice CKM

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

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

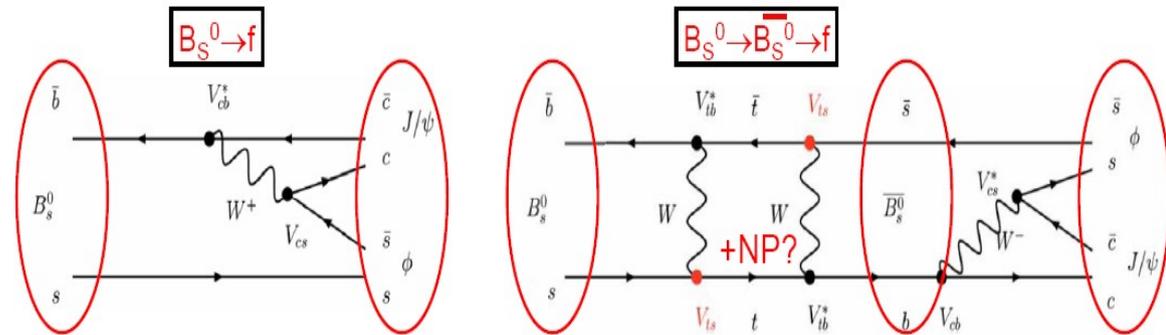
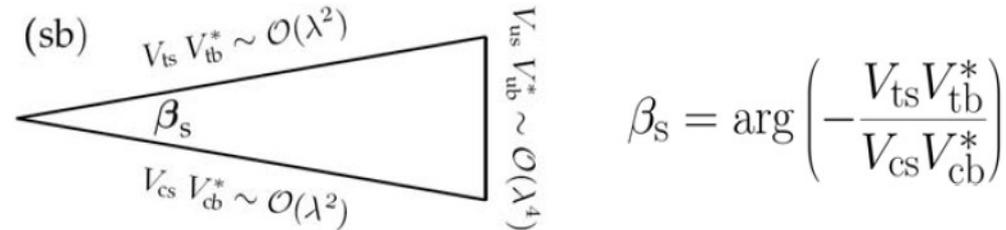
- Modèle standard :

$$2\beta_s = 0.0368 \pm 0.0017 \text{ rad [CKM fitter]}$$

- théoriquement très bien connue
- Une déviation de cette valeur implique

La Nouvelle Physique !

- Possible contribution de nouvelles particules (e.g : système de $B_s - \bar{B}_s$)



le mélange B_s - \bar{B}_s

- Dans le système des mésons B_s , la transition B_s - \bar{B}_s possible due à l'interaction faible.
- Schrodinger tient les rênes de cette transition :

$$\Delta m_s = m_H - m_L$$

$$\Delta \Gamma = \Gamma_L - \Gamma_H$$

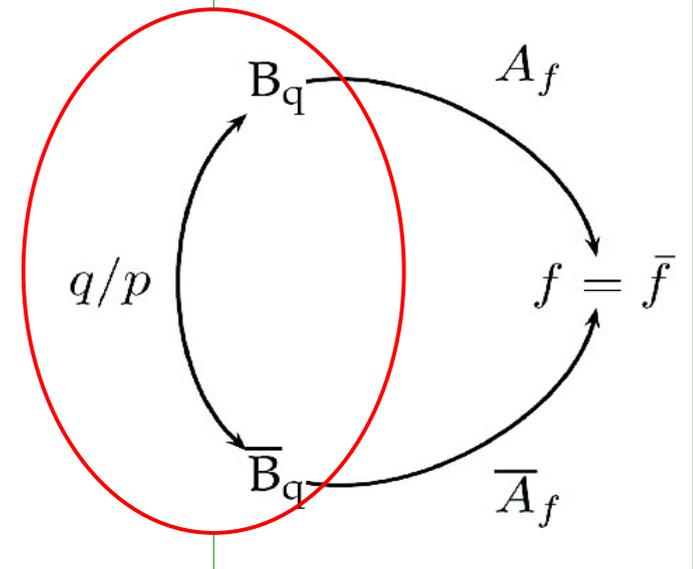
$$i \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} |B_s^0(t)\rangle \\ |\bar{B}_s^0(t)\rangle \end{pmatrix} = \left(\mathbf{M} - \frac{i}{2} \mathbf{\Gamma} \right) \begin{pmatrix} |B_s^0(t)\rangle \\ |\bar{B}_s^0(t)\rangle \end{pmatrix}$$

- Les états de masse sont un mélange des états de saveurs

$$|B_s^H\rangle = p |B_s^0\rangle - q |\bar{B}_s^0\rangle$$

$$|B_s^L\rangle = p |B_s^0\rangle + q |\bar{B}_s^0\rangle$$

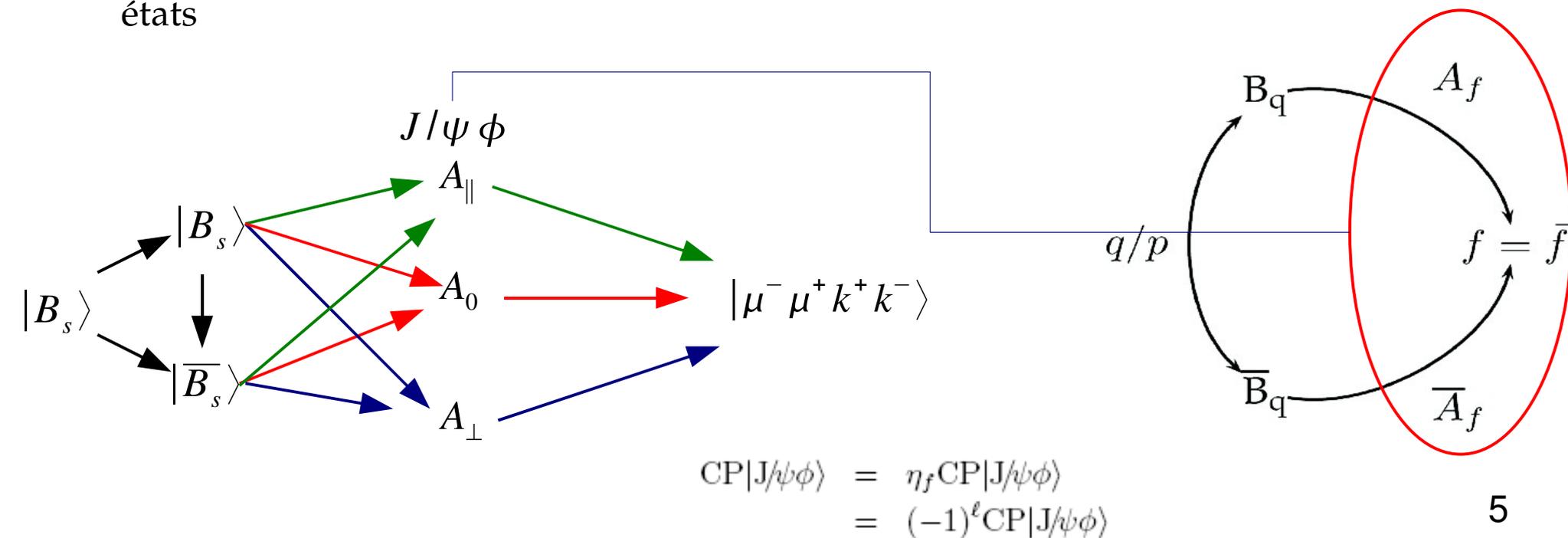
La différence de phase entre la mélange et la désintégration : $\Phi = -2\beta_s + \Phi^{\text{NP}}$



Systeme de méson B_s dans le canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$

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

- Accès direct a β_s via la dépendance temporelle
- Grands stats ; $Br_{\text{vis}} = 27 \times 10^{-6}$
- Complexité $P \rightarrow VV$:
 - Le moment orbital de l'état final est 0,1,2.
 - Mélange d'états CP paires et impaire
 - Différente dépendance temporelle
 - Séparation via la polarisation des produits de désintégrations
- Analyse angulaire pour séparer statistiquement ces états



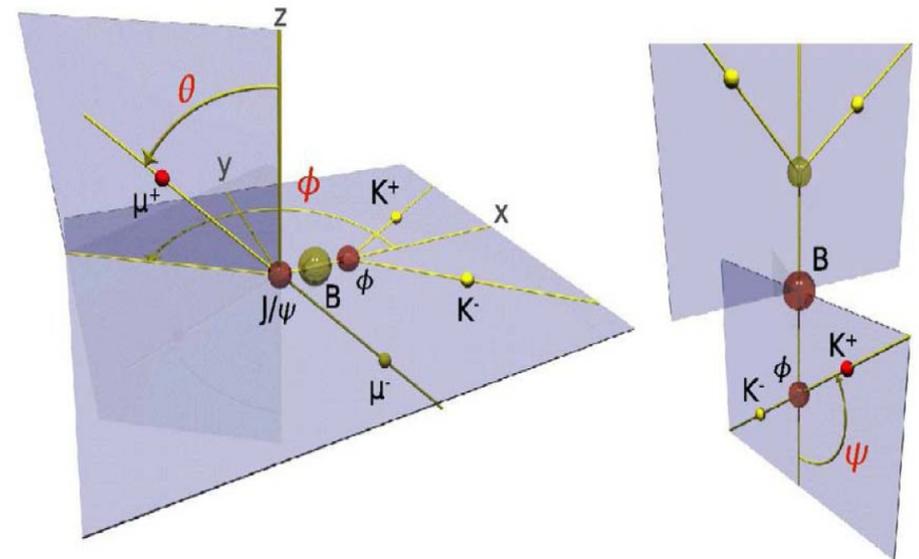
Systeme de méson B_s dans le canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$

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

- Accès direct a β_s via la dépendance temporelle
- Grands stats ; $Br_{vis} = 27 \times 10^{-6}$
- Complexité $P \rightarrow VV$:
 - Le moment orbital de l'état final est 0,1,2.
 - Mélange d'états CP paires et impaire
 - Différente dépendance temporelle
 - Séparation via la polarisation des produits de désintégrations
- Analyse angulaire pour séparer statistiquement ces états

• Dans le référentiel du J/ψ ou le méson ϕ va dans la direction x , l'axe z est perpendiculaire au plan de désintégration du ϕ .

- (θ, ϕ) sont les angles polaire et azimutal du μ^+ dans le plan du repos de particule J/ψ
- ψ est l'angle entre le K^+ et l'axe x dans le plan du repos de particule ϕ



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

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

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$	$\sin^2 \psi (1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi)$
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	$\Im\{A_0^*(t) A_{\perp}(t)\}$	$\Im\{\bar{A}_0^*(t) \bar{A}_{\perp}(t)\}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \sin 2\psi \sin 2\theta \cos \varphi$

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

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

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

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

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

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

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

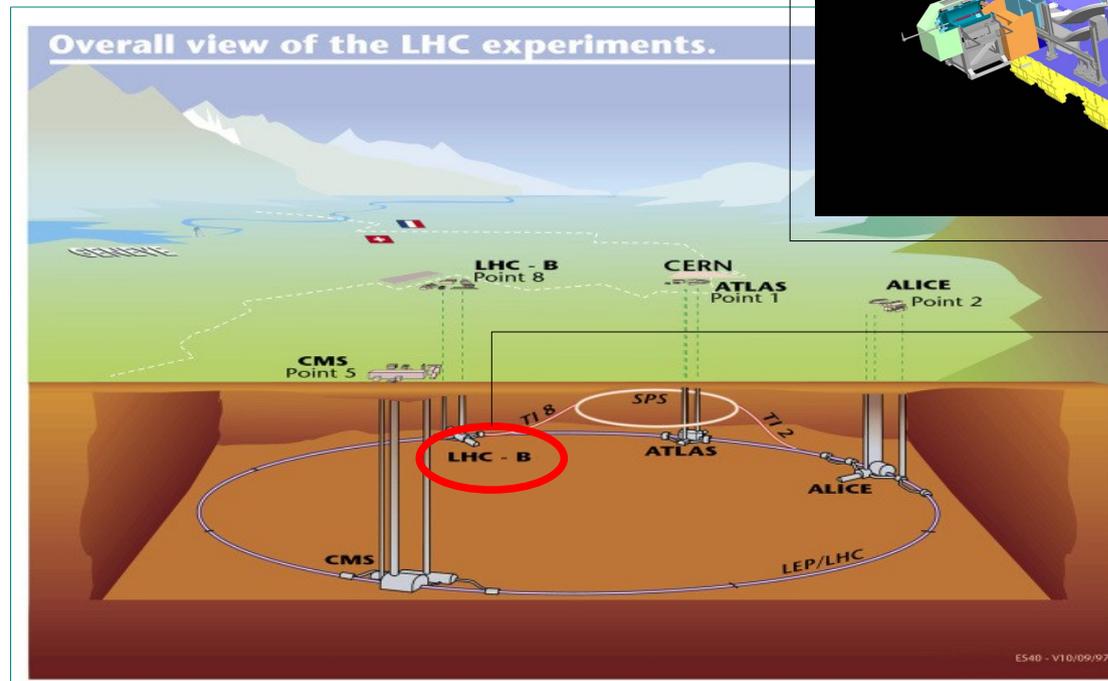
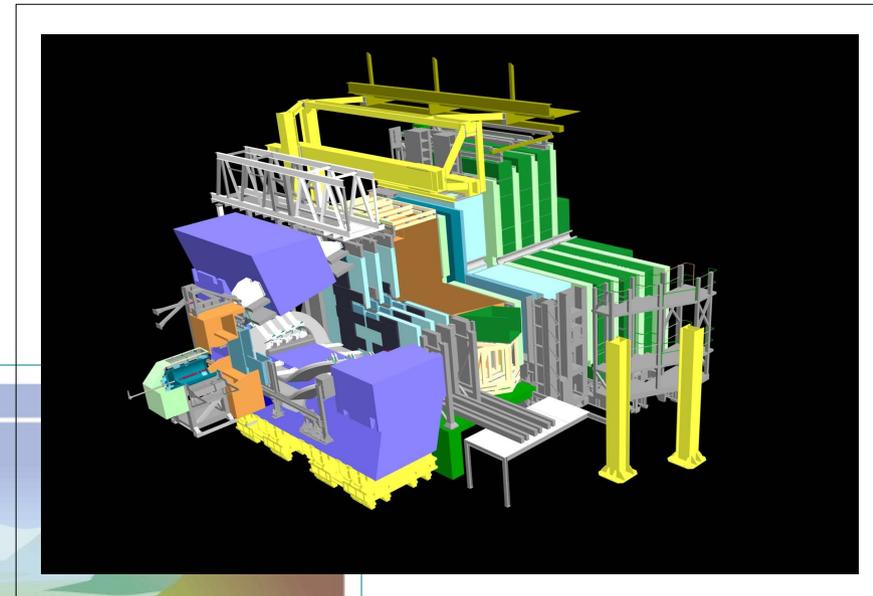
$$\boxed{\sin(-2\beta_s + \Phi^{NP})}$$

$$\boxed{\cos(-2\beta_s + \Phi^{NP})}$$

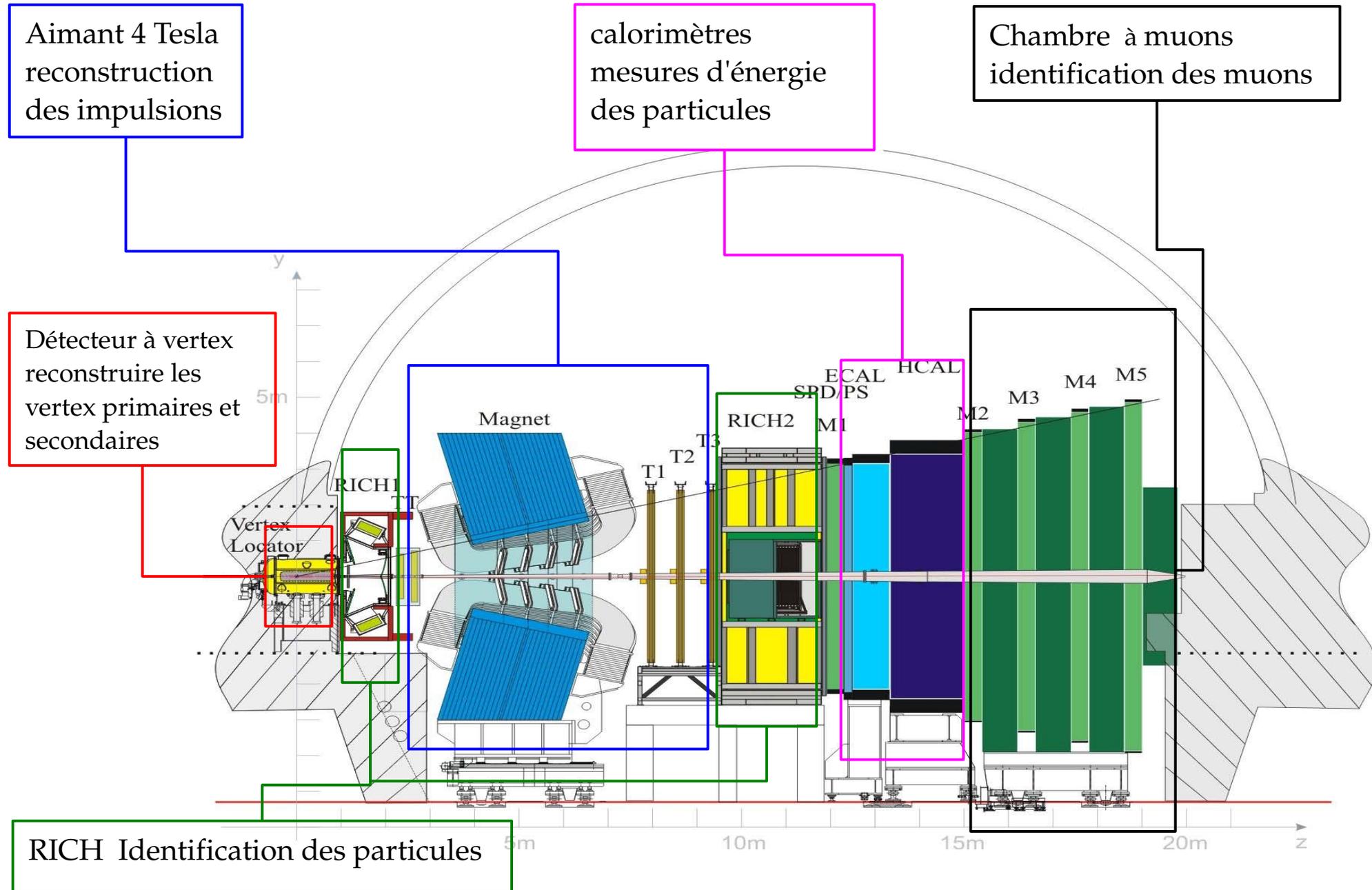
Accès à la VCP + NP

LHCb : Détecteur & Collaboration

- Description de Détecteur
- Les six mesures clés de LHCb



Détecteur LHCb



Les six mesures clés de LHCb

◆ LHCb : violation CP et désintégrations rares dans le domaine des hadrons
b. Recherche de la nouvelle physique

◆ Les mesures clés :

➔ Violation CP :

◆ Mesure de l'angle β_s

◆ Mesure de l'angle γ dans les boucles

◆ Mesure de l'angle γ dans l'arbre

➔ Désintégrations Rares :

◆ $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$

◆ $B_d \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$

◆ Désintégration radiatives (e.g : $B_s \rightarrow \phi \gamma$)

Comment mesurer β_s

- 1- Déclencher les évènements
- 2- Mesure de temps propre
 - Résolution , acceptances , ..
- 3- Mesure des angles
 - Résolution , acceptances , ..
- 4- Sélectionner $B_s \rightarrow J/\psi \phi$
- 5- Étiquetage de saveur de mésons B_s produits
 - Coté opposé , coté signal
- 6- 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 + paramètres de détecteurs
- 7- Systématiques
 - Canaux du contrôle

Comment mesurer β_s

Ma contribution

1- Déclencher les événements

2- Mesure de temps propre

- Résolution , acceptances , ..

3- Mesure des angles

- Résolution , acceptances , ..

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

5- Étiquetage de saveur de mésons B_s produits

- Coté opposé , coté signal

6- 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 + paramètres de détecteurs

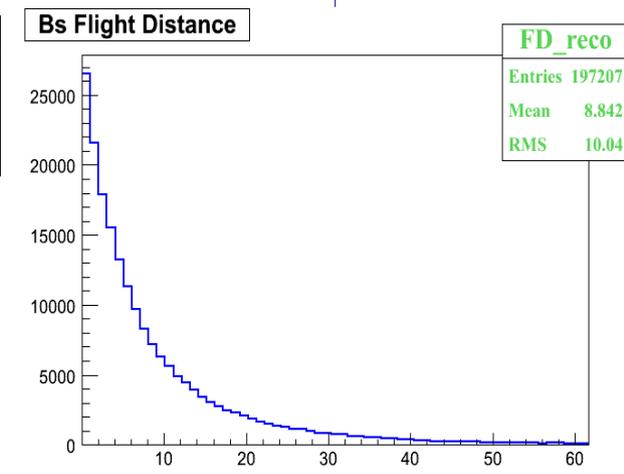
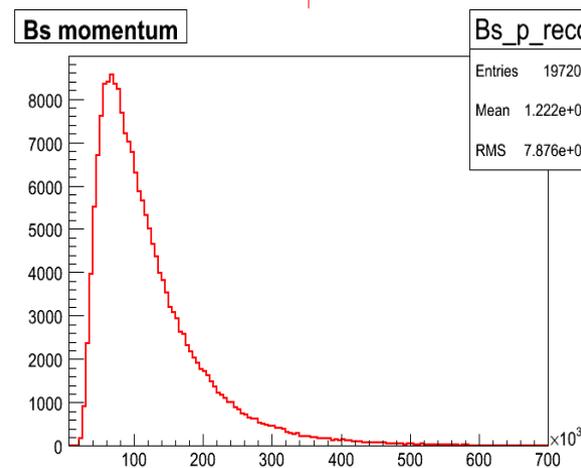
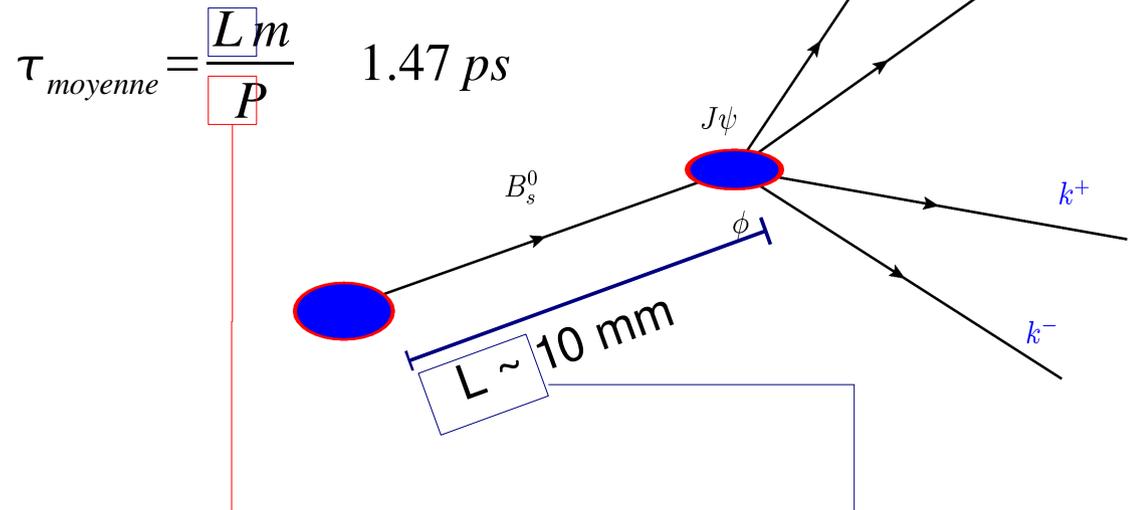
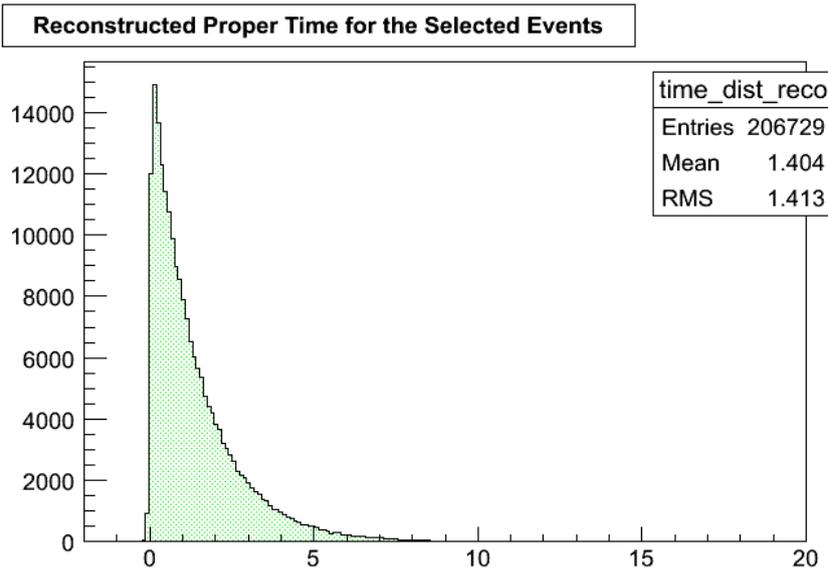
7- Systématiques

- Canaux du contrôle

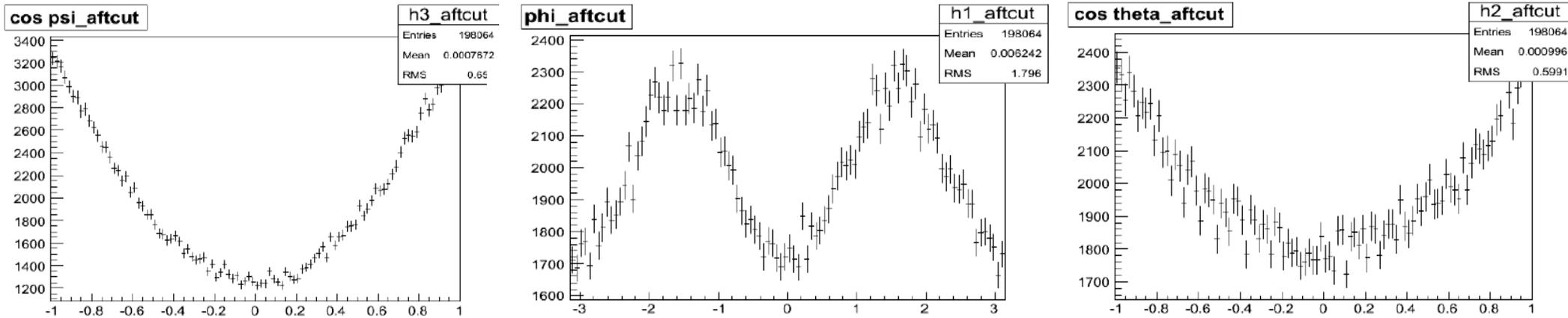
Mesure du temps propre

L'environnement LHCb : Traces + Vertex

- Ajustement des » hits « dans les plans de mesure afin de reconstruire des traces et les extrapoler vers le velo
- mesure des position des vertex (Velo : très bonnes résolutions $\sim 200 \mu\text{m}$)
- mesure des impulsion ($\Delta p/p \sim 0.4\%$)



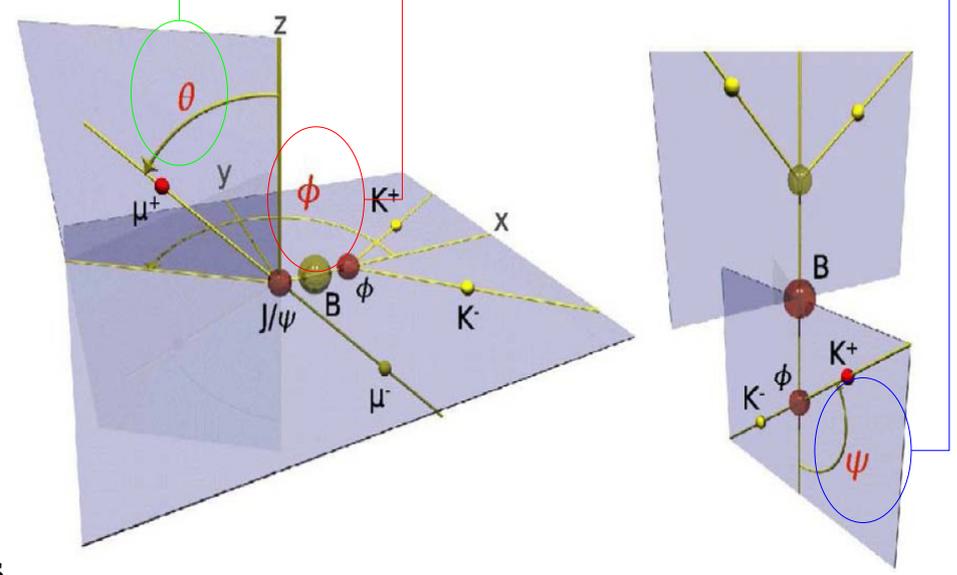
Mesurer le temps propre et les angles



$$\mathbf{x} = \mathbf{p}_\phi, \mathbf{y} = \frac{\mathbf{p}_{K^+} - \mathbf{p}_\phi(\mathbf{p}_\phi \cdot \mathbf{p}_{K^+})}{|\mathbf{p}_{K^+} - \mathbf{p}_\phi(\mathbf{p}_\phi \cdot \mathbf{p}_{K^+})|}, \mathbf{z} = \mathbf{x} \times \mathbf{y}$$

$$\sin \theta \cos \varphi = \mathbf{p}_{\ell^+} \cdot \mathbf{x}, \sin \theta \sin \varphi = \mathbf{p}_{\ell^+} \cdot \mathbf{y}, \cos \theta = \mathbf{p}_{\ell^+} \cdot \mathbf{z}$$

$$\cos \psi = -\mathbf{p}'_{K^+} \cdot \mathbf{p}'_{J/\psi}$$



Exigence :
Reconstruction des impulsions + masses des particules

canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- 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-biaisé des paramètres de VCP
- Les propriétés d'étiquetage pour le canal de signal peuvent être extraites des canaux de contrôle sans introduire des corrections
- Objectif : minimiser les erreurs systématiques

J/ ψ :

TrChi2 < 5 , Pt(mus) > 500 MeV , DLL(μ - π) > -5 , VtxChi < 6 , Pt(J/ ψ) > 1 GeV
ResMass(J/ ψ) < 42 MeV

ϕ :

DLL(K- π) > 0 , VtxChi2 < 10 , Pt(ϕ) > 1 GeV , MssChi2(phi) < 9 , P (Ks) > 2 GeV

ResMass(ϕ) < 12 MeV

Bs :

(SIPS , VtxChi2) < 5

1- Éviter de couper sur les paramètres d'impact
2- Couper sur les masse et les impulsions des particules

canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures
 - plusieurs constraints :
 - Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles
 - Garder les mêmes propriétés d'étiquetage pour les trois canaux
 - maximiser l'efficacité de sélection
 - contrôler le rapport signal sur bruit .

canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures

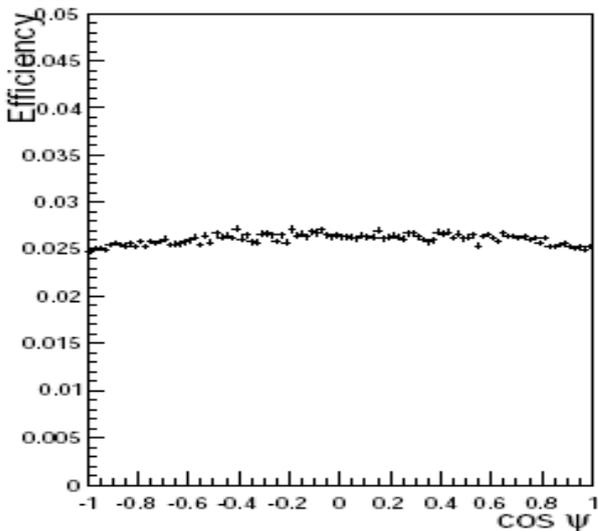
- plusieurs contraintes :

- Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles
- Garder les mêmes propriétés d'étiquetage pour les trois canaux
- maximiser l'efficacité de sélection
- contrôler le rapport signal sur bruit .

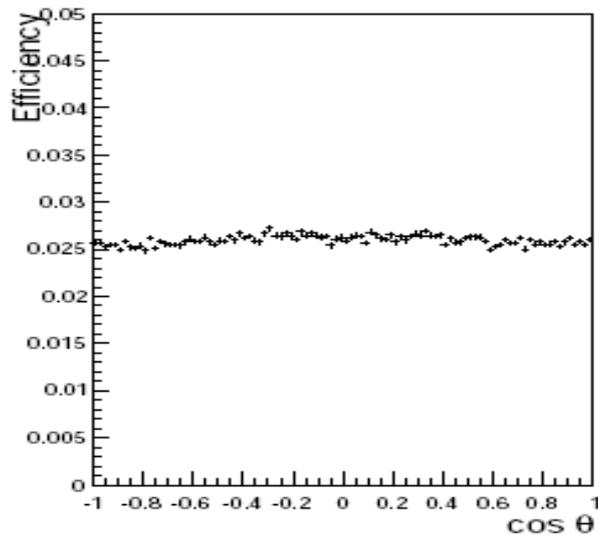
Acceptance = après coupure/théorie

Acceptance Angulaire plate

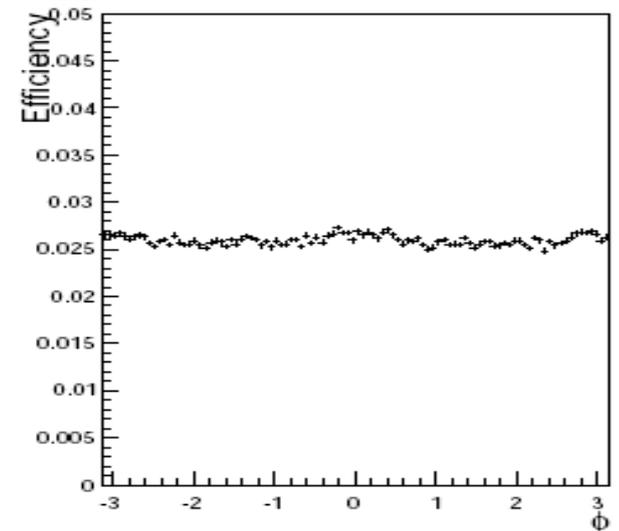
cos ψ acceptance



cos θ acceptance



ϕ acceptance



canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

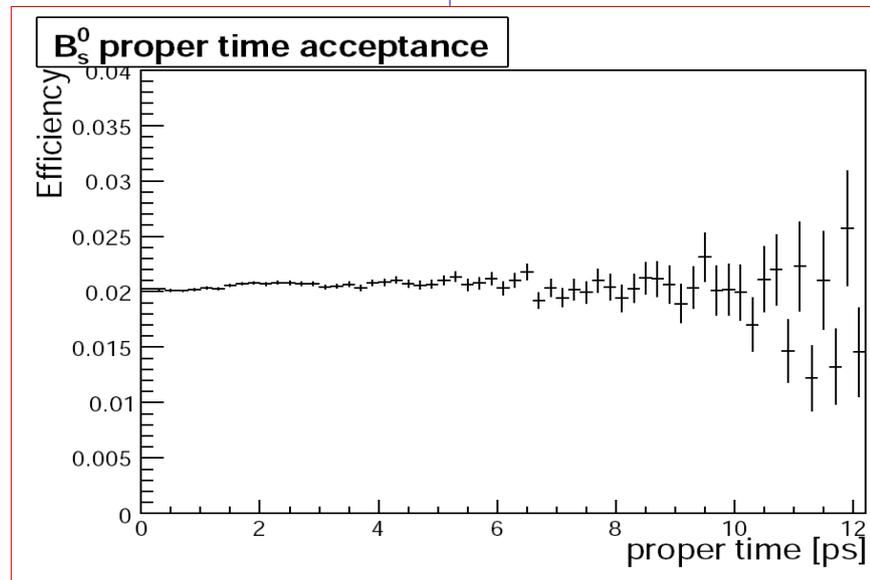
- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures

- plusieurs contraintes :

- Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles
- Garder les mêmes propriétés d'étiquetage pour les trois canaux
- maximiser l'efficacité de sélection
- contrôler le rapport signal sur bruit .

Acceptance = après coupure/théorie

Acceptance temporelle plate



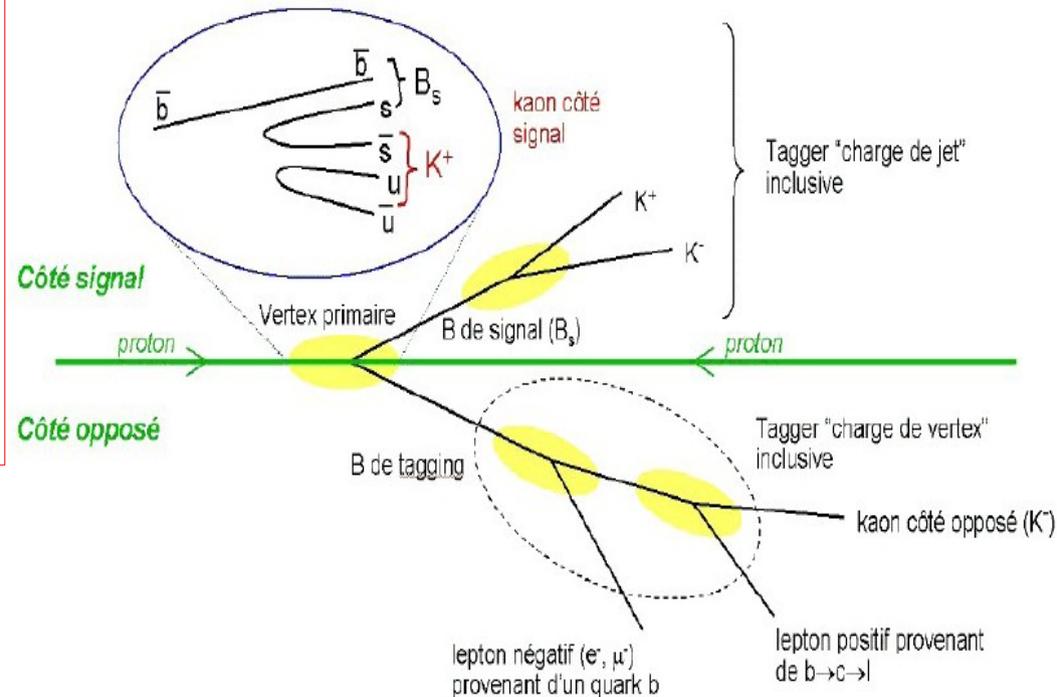
canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures
 - plusieurs constraints :
 - Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles 
 - Garder les mêmes propriétés d'étiquetage pour les trois canaux
 - maximiser l'efficacité de sélection
 - contrôler le rapport signal sur bruit .

canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures
 - plusieurs contraintes :
 - Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles ✓
 - Garder les mêmes propriété d'étiquetage pour les trois canaux
 - maximiser l'efficacité de sélection
 - contrôler le rapport signal sur bruit .

- Identification de saveur initial de méson B_s
- Dans les vrais données :
- Utilisation des canaux de contrôle spécifiques des saveurs permettre d'extraire w avec des précision
- Appliquer w_{controle} au signal
 - Réduire les systématiques impliqué => appliques les mêmes coupures a tous les canaux



canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures
- plusieurs contraintes :
 - Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles ✔
 - Garder les mêmes propriété d'étiquetage pour les trois canaux
 - maximiser l'efficacité de sélection
 - contrôler le rapport signal sur bruit .

$B^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)K^{*0}(K\pi)$				$B^\pm \rightarrow J/\psi(\mu\mu)K^+$			
	$\varepsilon_{\text{tag}}(1-2\omega)^2$ %	ε_{tag} %	ω %		$\varepsilon_{\text{tag}}(1-2\omega)^2$ %	ε_{tag} %	ω %
Combination of opposite side taggers only				Combination of opposite side taggers only			
cat#1	0.37 ± 0.04	27.35 ± 0.13	44.2 ± 0.3	cat#1	0.37 ± 0.03	27.07 ± 0.12	44.2 ± 0.3
cat#2	0.49 ± 0.04	6.54 ± 0.07	36.3 ± 0.5	cat#2	0.50 ± 0.04	6.68 ± 0.07	36.3 ± 0.5
cat#3	0.83 ± 0.05	4.73 ± 0.06	29.0 ± 0.6	cat#3	0.82 ± 0.05	4.59 ± 0.05	29.0 ± 0.6
cat#4	0.94 ± 0.05	3.32 ± 0.05	23.4 ± 0.7	cat#4	0.87 ± 0.05	3.33 ± 0.05	24.4 ± 0.6
cat#5	0.81 ± 0.04	2.01 ± 0.04	18.2 ± 0.8	cat#5	0.80 ± 0.04	1.96 ± 0.04	18.1 ± 0.7
Average	$2.26 \pm 0.xx$	43.59 ± 0.14	$38.62 \pm 0.xx$	Average	$2.23 \pm 0.xx$	43.63 ± 0.25	$38.69 \pm 0.xx$
Combined	3.45 ± 0.10	43.95 ± 0.14	36.00 ± 0.18	Combined	3.35 ± 0.09	43.63 ± 0.12	36.15 ± 0.20

$B_s^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)\phi(KK)$			
	$\varepsilon_{\text{tag}}(1-2\omega)^2$ %	ε_{tag} %	ω %
Combination of opposite side taggers only			
cat#1	0.35 ± 0.04	28.26 ± 0.14	44.5 ± 0.3
cat#2	0.51 ± 0.04	7.04 ± 0.08	36.6 ± 0.6
cat#3	0.70 ± 0.05	4.94 ± 0.07	31.2 ± 0.7
cat#4	0.93 ± 0.05	3.62 ± 0.06	24.6 ± 0.7
cat#5	0.90 ± 0.05	2.21 ± 0.05	18.2 ± 0.8
Average	$2.22 \pm 0.xx$	46.08 ± 0.16	$39.02 \pm 0.xx$
Combined	3.38 ± 0.11	46.08 ± 0.16	36.46 ± 0.23

canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures
 - plusieurs constraints :
 - Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles ✓
 - Garder les mêmes propriétés d'étiquetage pour les trois canaux ✓
 - maximiser l'efficacité de sélection
 - contrôler le rapport signal sur bruit .

canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures

- plusieurs contraintes :

- Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles ✔

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

- maximiser l'efficacité de sélection

- contrôler le rapport signal sur bruit

Échantillon signal

$$A.Y = L_{intg} \cdot \sigma_{bb} \cdot 2 \cdot f_{B_s} * BR_{vis} * \epsilon_{tot}^{B_s \rightarrow J/\psi \phi} = 117 \text{ k}$$

$$\epsilon_{tot}^{B_s \rightarrow J/\psi \phi} = \epsilon_{gen} \epsilon_{L0} \epsilon_{HLT} \epsilon_{unbiased}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{ge} &= 0.184 \\ \epsilon_{L0} &= 0.9387 \\ \epsilon_{HLT} &= 0.794_{HLT1} \times 0.95_{HLT2} \\ \epsilon_{unbiased} &= 0.147 \end{aligned}$$

$$\sigma_{temps} = 39 \text{ fs}$$

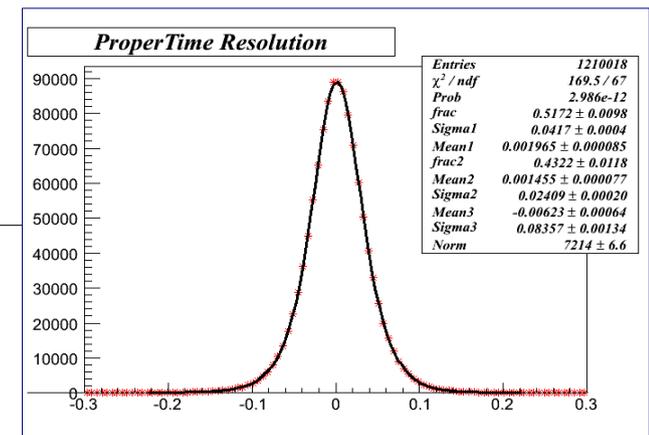
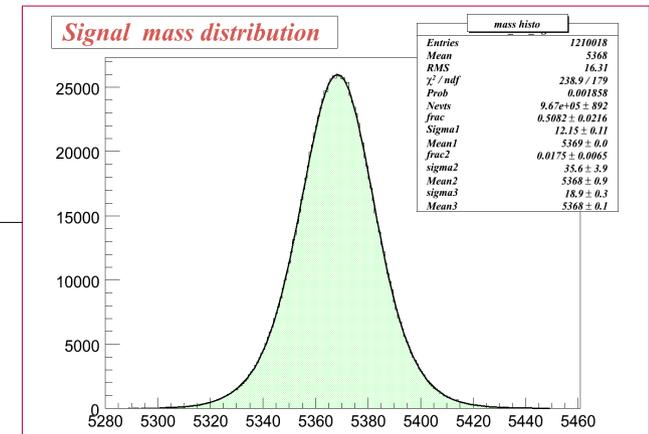
$$\mu_{temps} = 0 \text{ fs}$$

Bonnes résolution sur le temps
(détecteur a vertex)

$$\sigma_{masse} = 16.2 \text{ MeV}$$

$$\mu_{masse} = 5369 \text{ MeV}$$

Bonnes reconstruction des
particules RICH + sys Muon



canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures

- plusieurs contraintes :

- Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles ✔

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

- maximiser l'efficacité de sélection

- contrôler le rapport signal sur bruit

7 échantillons de bruit

Les types de bruits selon leur distribution caractéristiques :

1- Prompt :

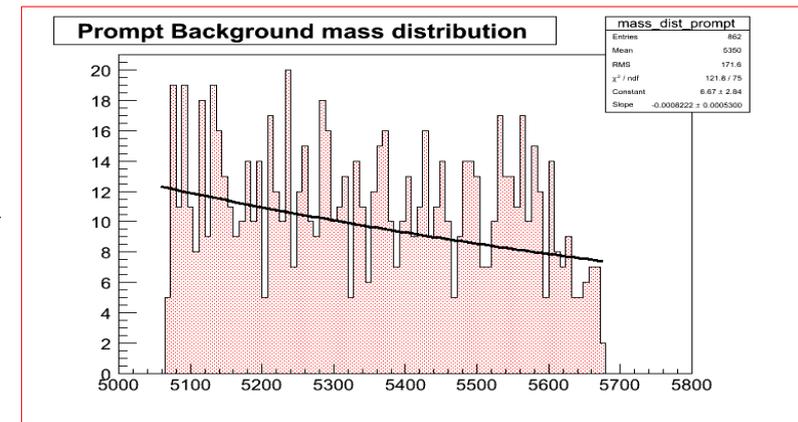
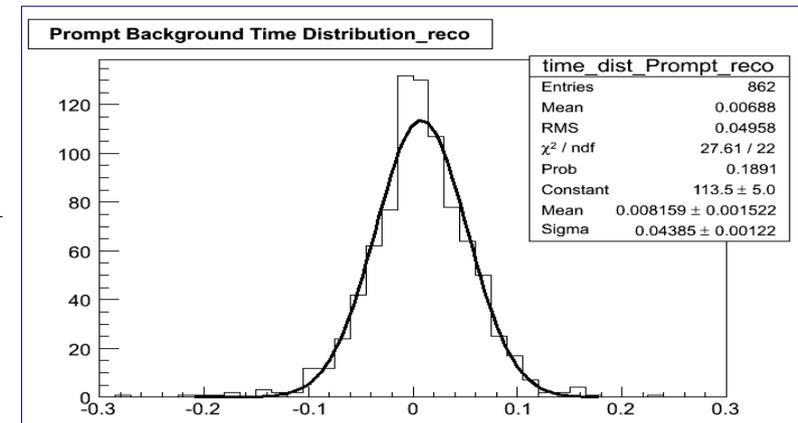
Temps via Gaussien

Masse plate

B/S & Efficacité d'étiquetage

$$\frac{B^{prompt}}{S} = \frac{\sigma_{prompt} BR_{J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-} \epsilon_{prompt}}{2 \sigma_{bb} f_{B_s} BR_{vis} \epsilon_{B_s \rightarrow J/\psi \phi}} = 1.8$$

$$\epsilon_{tag} = 0.3$$



canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures

- plusieurs contraintes :

- Ne pas biaiser les distributions de temps et des angles ✔

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

- maximiser l'efficacité de sélection

- contrôler le rapport signal sur bruit

7 échantillon de bruit

Les types de bruits selon leur distribution caractéristiques :

1- Long-Lived :

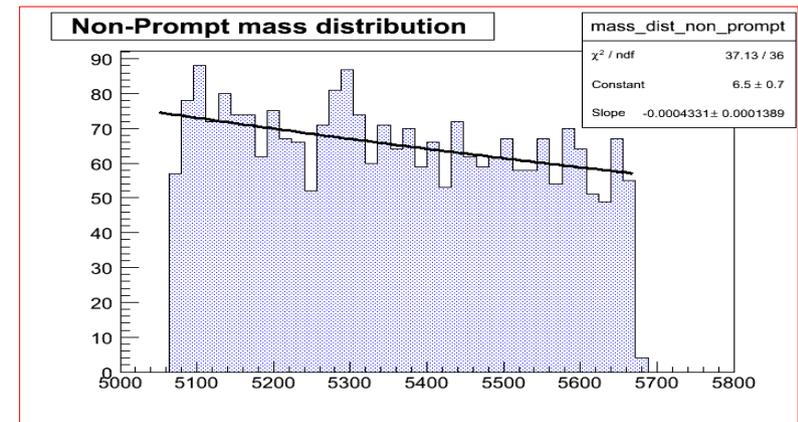
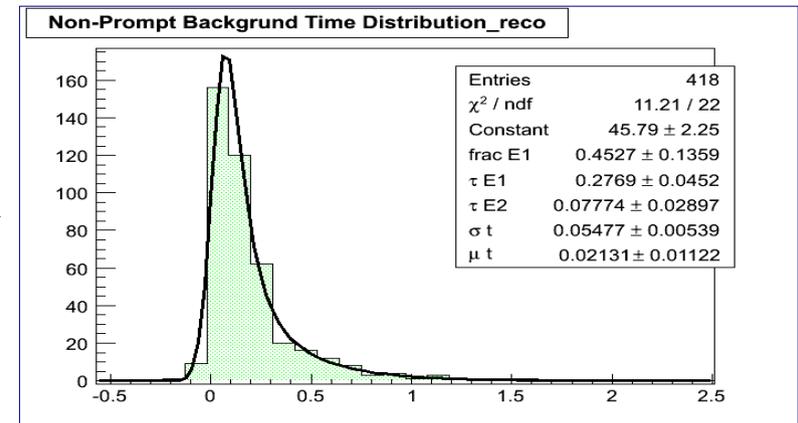
Temps vie exponentielle

Masse plate

B/S & Efficacité d'étiquetage

$$\frac{B^{long-lived}}{S} = \frac{\epsilon_{b\bar{b}}}{2MF f_{B_s} BR_{vis} \epsilon_{B_s \rightarrow J/\psi \phi}} = 0.5$$

$$\epsilon_{tag} = 0.6$$



canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures

- plusieurs contraintes :

- n'est pas biaiser les distributions de temps et des angles ✓

- Garder les mêmes propriété d'étiquetage pour les trois canaux ✓

- maximiser l'efficacité de sélection

- contrôler le rapport signal sur bruit



canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection

- Étudier la sélection utilisant les échantillons MC , optimiser les coupures

- plusieurs contraintes :

- n'est pas biaiser les distributions de temps et des angles ✓

- Garder les mêmes propriété d'étiquetage pour les trois canaux ✓

- maximiser l'efficacité de sélection

- contrôler le rapport signal sur bruit



Faut-il développer une sélection alternative qui minimise le B/S en biaisant les distribution des variables

Ajustement de fonction de vraisemblance des taux de désintégration des

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

- L'ensemble des modèles et paramètres extraits sont introduits dans une simulation MC rapide dite : **Toy MC**
- Deux étapes :

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

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

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

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

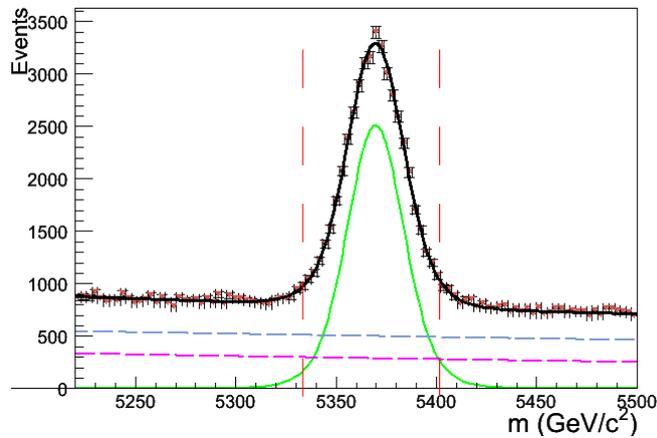
3- Répéter 1,2 de nombres des fois (centaine) pour avoir les distributions des estimations des paramètres

- **Objectifs :**
 - Tester la sensibilité aux paramètres physiques
 - Mesurer les effets de détecteurs et sélection sur ces sensibilités
 - Appliquer des Tests statistiques (biais, goodness-of-the-fit,...)

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

Ajustement dans la région de masse

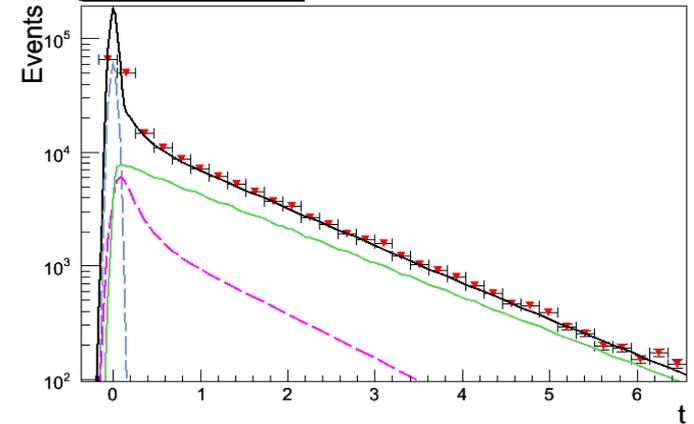
Pdf de masse



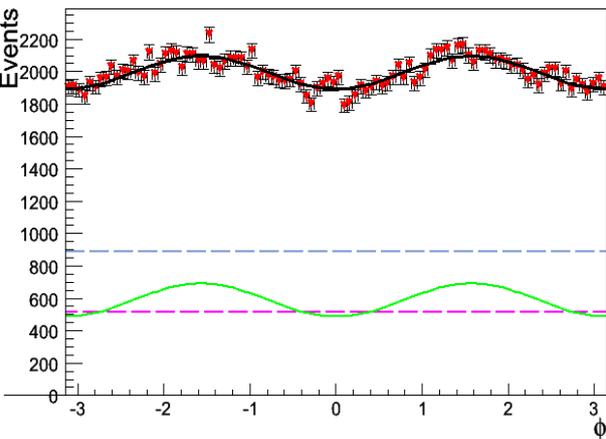
Totale —
 Signal —
 Prompt —
 Long-lived —

Pour 1 TOY MC

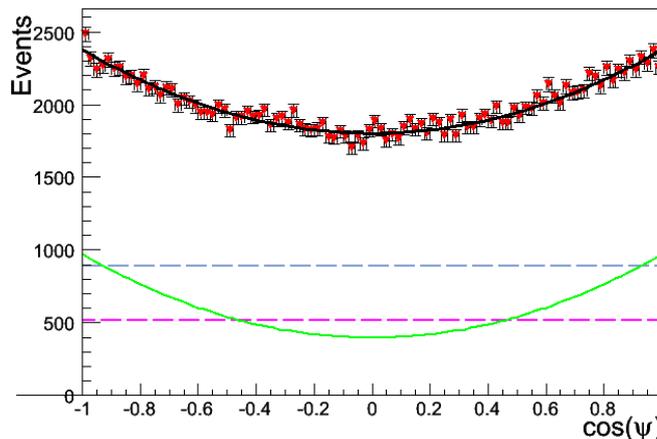
Pdf totale



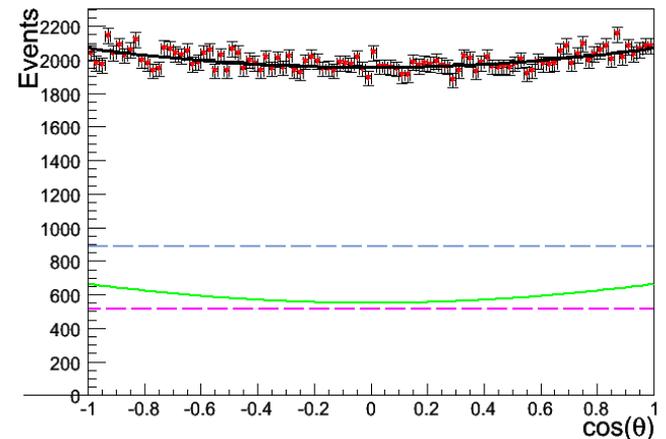
projection onto ϕ



projection onto $\cos(\psi)$



projection onto $\cos(\theta)$

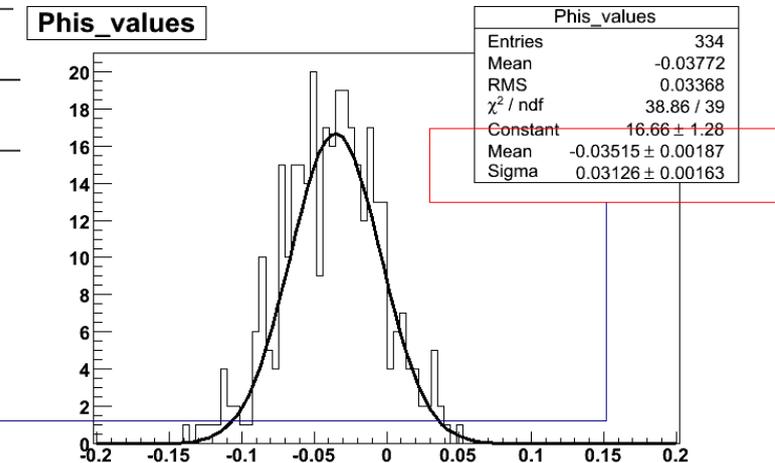
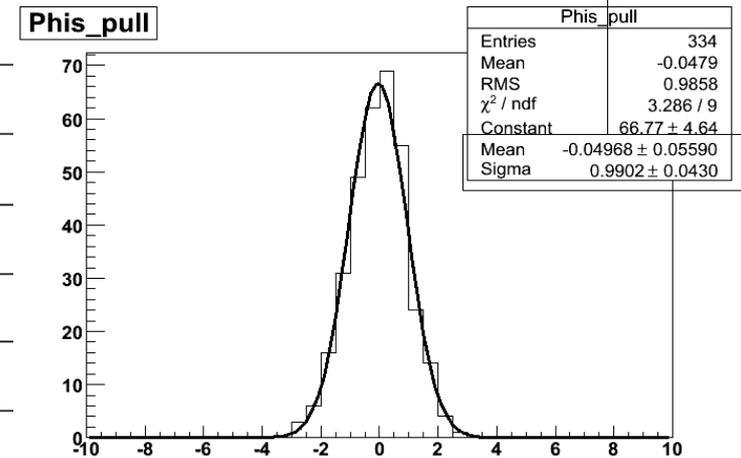


$$PDF_{total} = f_{sig} PDF_{sig}(m, t, \Omega) + f_{Prompt} PDF_{Prompt}(m, t, \Omega) + f_{Long-Lived} PDF_{Long-Lived}(m, t, \Omega) \quad 30$$

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

Les distributions des pulls sont normales centrées à zéro

Parameter	Value	Sensitivity ¹	Pull ² Mean
$2\beta_s$	0.035 ± 0.002	0.031 ± 0.002	-0.05 ± 0.06
$\Delta\Gamma$	0.048 ± 0.0005	0.0078 ± 0.0004	-0.07 ± 0.06
Γ	0.6801 ± 0.0002	0.003 ± 0.0001	0.003 ± 0.05
δ_1	2.638 ± 0.006	0.111 ± 0.005	-0.1 ± 0.05
δ_2	2.909 ± 0.007	0.110 ± 0.005	0.0003 ± 0.03
R_{\perp}	0.2333 ± 0.0002	0.004 ± 0.0002	0.005 ± 0.04
R_0	0.5599 ± 0.0001	0.0026 ± 0.0001	-0.07 ± 0.05



- 300 expériences
- 2 fb^{-1} (117k) = une année nominale de prise de données

$$\sigma(2\beta_s) = 0.031 \text{ rad}$$

Conclusion

- Travail effectué:
 - Sélection de $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ dans la simulation complète
 - Propriétés d'étiquetage communes entre le $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ et ses canaux de contrôles
 - Biais minime sur les distributions physiques (sous investigations)
 - B/S élevé

- Ajustement de β_s par une analyse angulaire dépendante du temps
 - Estimation des paramètres physiques (toy MC)
 - Difficultés liées au grand nombre d'observables (5) et paramètres (7)
 - Chaque observable affectée différemment par la sélection

- LHCb commence la prise de données 2009
 - Mesure de β_s une des mesures clés dans LHCb
 - LHCb 2fb^{-1} : $\sigma(2\beta_s) = 0.031 \text{ rad}$
 - Si $2\beta_s = 0.76(\text{D0})$, LHCb la mesure avec 0.1 fb^{-1} (CDF+D0 fin du run II: $\sigma(2\beta_s) = 0.15 \text{ rad}$)

Perspectives

- Investigation sélection alternative

- Sélection biaisé (diminuer B/S)

Distributions physiques biaisées (corrections pour ces biais dans la fonction de vraisemblance)

- Améliorer l'analyse

- Étiquetage (événement par événement , catégories)

- Études des erreurs systématiques

- Effets de mauvaise modélisation des effet de détecteurs et les sources des bruits

- Teste statistique pour le fiabilité de l'ajustement

- Préparation des premières données

Backups

Resultats de CDF et D0

	CDF	D0
Integrated lumi	1,35	2,8
Selection	Nnet	cut Based
S/B	~1	~1/4
$\epsilon_{\text{tag}} (1-2w)^2$	4,81%	4,68%
$2\beta_s$	[0.32,2.82] @68 %cl	$0.57^{+0.24}_{-0.3}$

Comparaison de sensibilité sur β_s de entre les expériences LHC

	Atlas	CMS	LHCb
lumi integre	2,5	2,5	0,5
N.evets	23K	27K	131K
Res.temps	83	77	36
B/S	0,3	0,33	0,12
etiquetage	4,6	0	6,6
$\sigma(\beta_s)$	0,16	0,18	0,04

Les Triangles d'unitarité

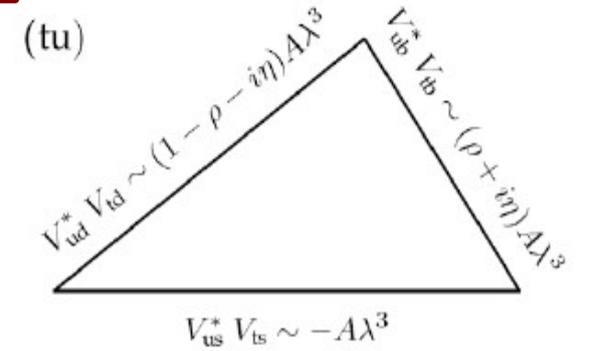
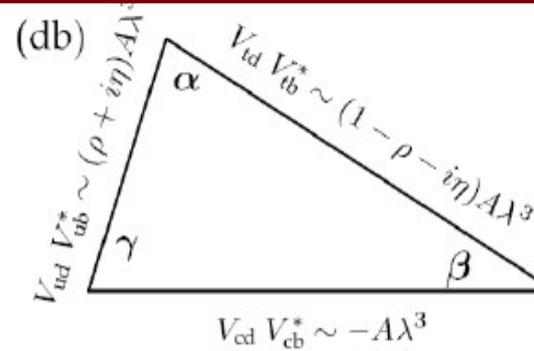
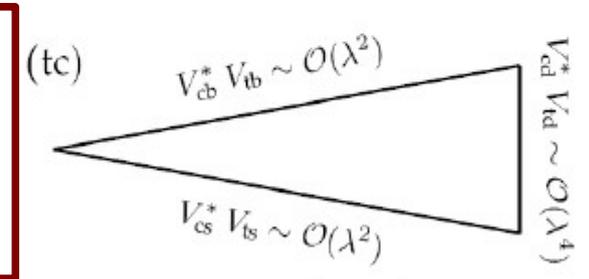
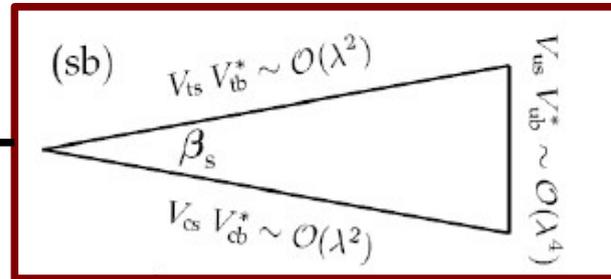
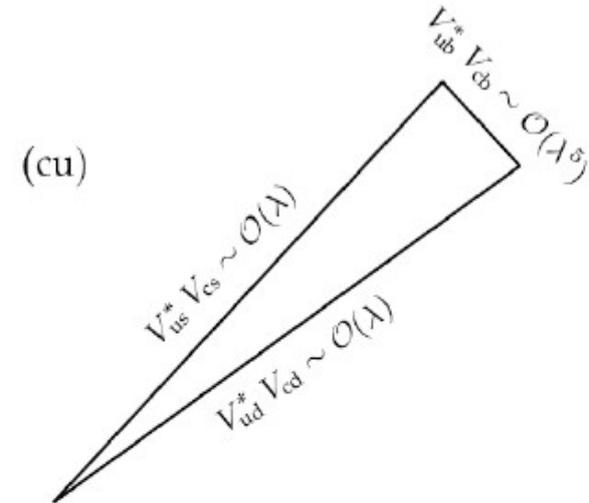
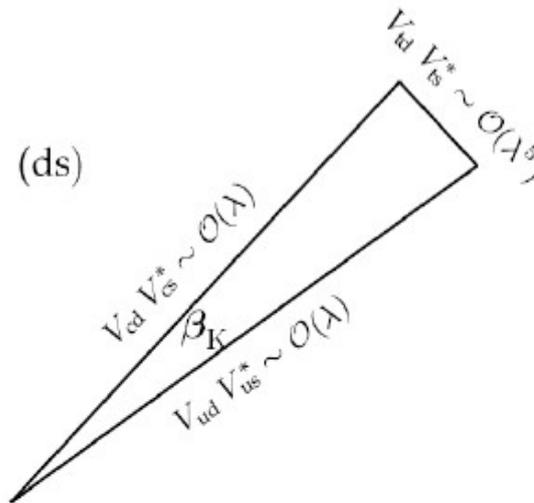
$$\begin{aligned}
 \text{(ds)} \quad & V_{ud}V_{us}^* + V_{cd}V_{cs}^* + V_{td}V_{ts}^* = 0 \\
 \text{(sb)} \quad & V_{us}V_{ub}^* + V_{cs}V_{cb}^* + V_{ts}V_{tb}^* = 0 \\
 \text{(db)} \quad & V_{ud}V_{ub}^* + V_{cd}V_{cb}^* + V_{td}V_{tb}^* = 0 \\
 \text{(cu)} \quad & V_{ud}^*V_{cd} + V_{us}^*V_{cs} + V_{ub}^*V_{cb} = 0 \\
 \text{(tc)} \quad & V_{cd}^*V_{td} + V_{cs}^*V_{ts} + V_{cb}^*V_{tb} = 0 \\
 \text{(tu)} \quad & V_{ud}^*V_{td} + V_{us}^*V_{ts} + V_{ub}^*V_{tb} = 0
 \end{aligned}$$

$$\gamma = \arg\left(-\frac{V_{ud}V_{ub}^*}{V_{cd}V_{cb}^*}\right)$$

$$\beta = \arg\left(-\frac{V_{cd}V_{cb}^*}{V_{td}V_{tb}^*}\right)$$

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

$$\beta_K = \arg\left(-\frac{V_{us}V_{ud}^*}{V_{cs}V_{cd}^*}\right)$$



La Pdf de canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ (B)

$$|\bar{A}_0(t)|^2 = \frac{|A_0(0)|^2}{2} e^{-\Gamma_s t} \times \left[(1 + \cos(2\beta_s)) e^{-\frac{\Delta\Gamma}{2}t} + (1 - \cos(2\beta_s)) e^{\frac{\Delta\Gamma}{2}t} + 2 \sin(\Delta m_s t) \sin(2\beta_s) \right]$$

$$|\bar{A}_\parallel(t)|^2 = \frac{|A_\parallel(0)|^2}{2} e^{-\Gamma_s t} \times \left[(1 + \cos(2\beta_s)) e^{-\frac{\Delta\Gamma}{2}t} + (1 - \cos(2\beta_s)) e^{\frac{\Delta\Gamma}{2}t} + 2 \sin(\Delta m_s t) \sin(2\beta_s) \right]$$

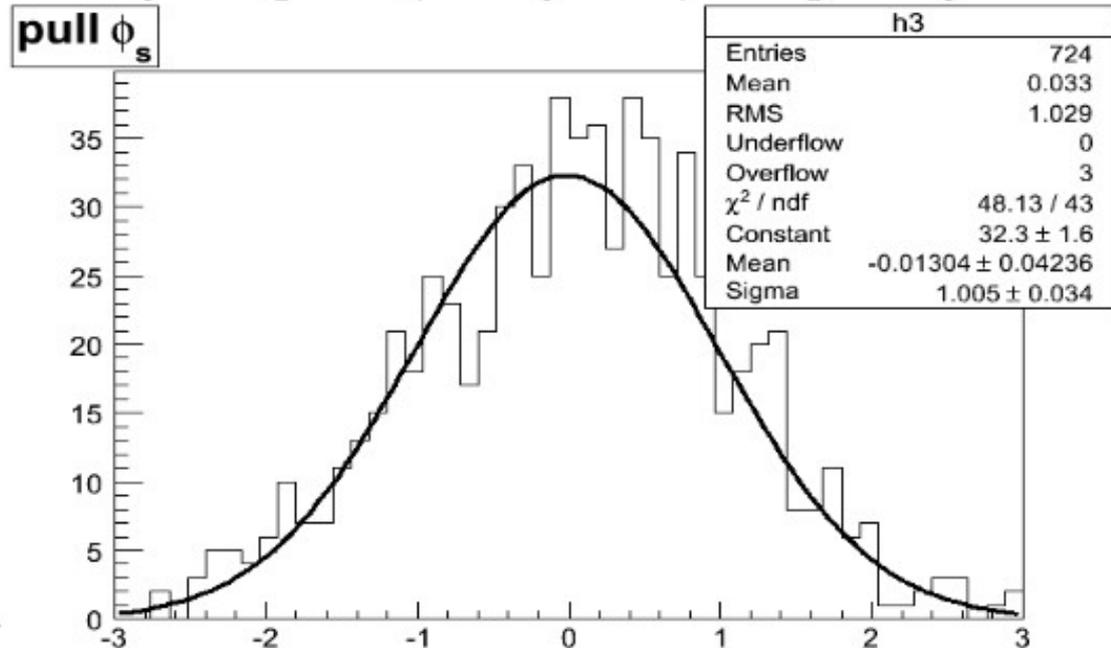
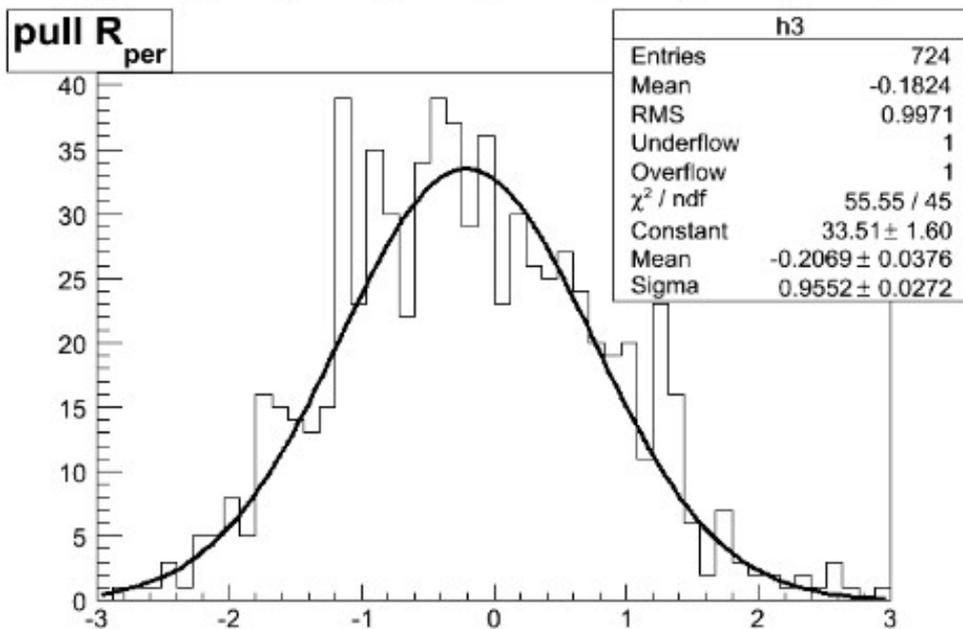
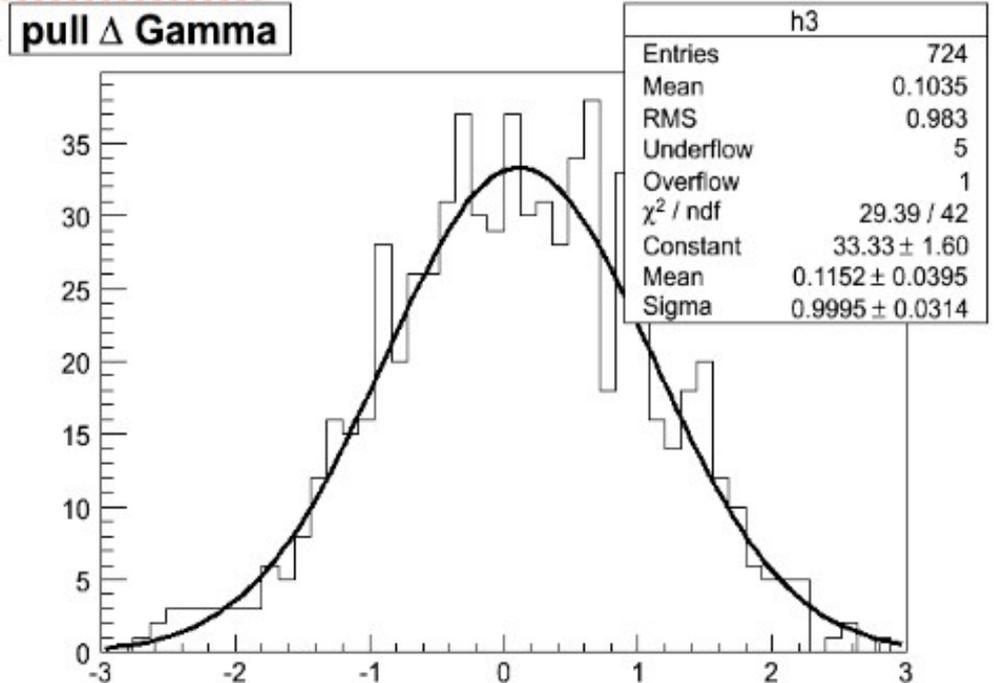
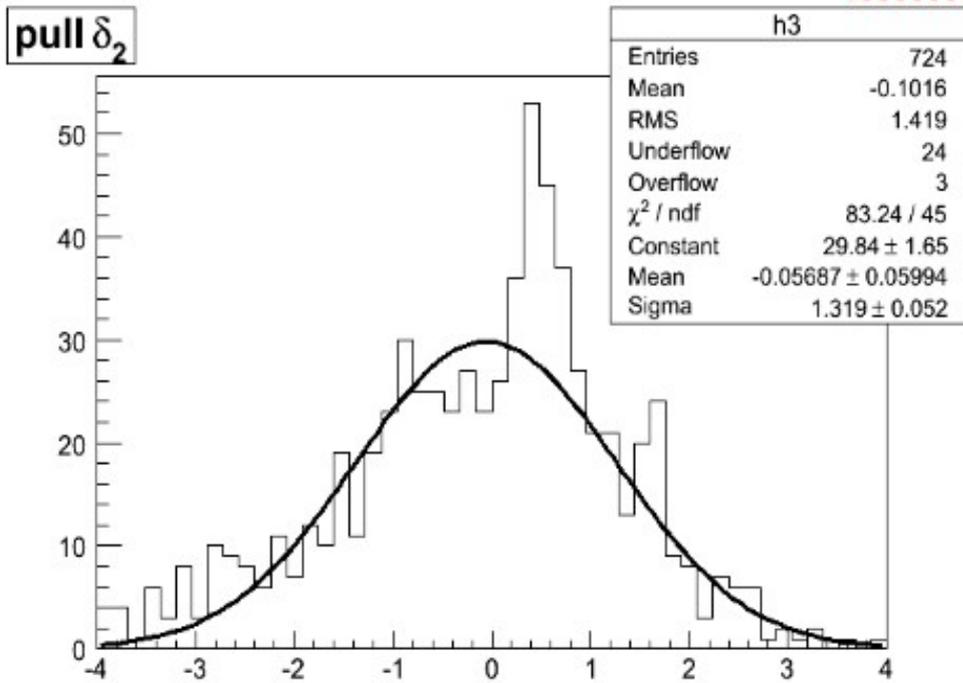
$$|\bar{A}_\perp(t)|^2 = \frac{|A_\perp(0)|^2}{2} e^{-\Gamma_s t} \times \left[(1 - \cos(2\beta_s)) e^{-\frac{\Delta\Gamma}{2}t} + (1 + \cos(2\beta_s)) e^{\frac{\Delta\Gamma}{2}t} - 2 \sin(\Delta m_s t) \sin(2\beta_s) \right]$$

$$\text{Re}\{\bar{A}_0^*(t)\bar{A}_\parallel(t)\} = \frac{1}{2}|A_0(0)||A_\parallel(0)| \cos(\delta_2 - \delta_1) e^{-\Gamma_s t} \times \left[(1 + \cos(2\beta_s)) e^{-\frac{\Delta\Gamma}{2}t} + (1 - \cos(2\beta_s)) e^{\frac{\Delta\Gamma}{2}t} + 2 \sin(\Delta m_s t) \sin(2\beta_s) \right]$$

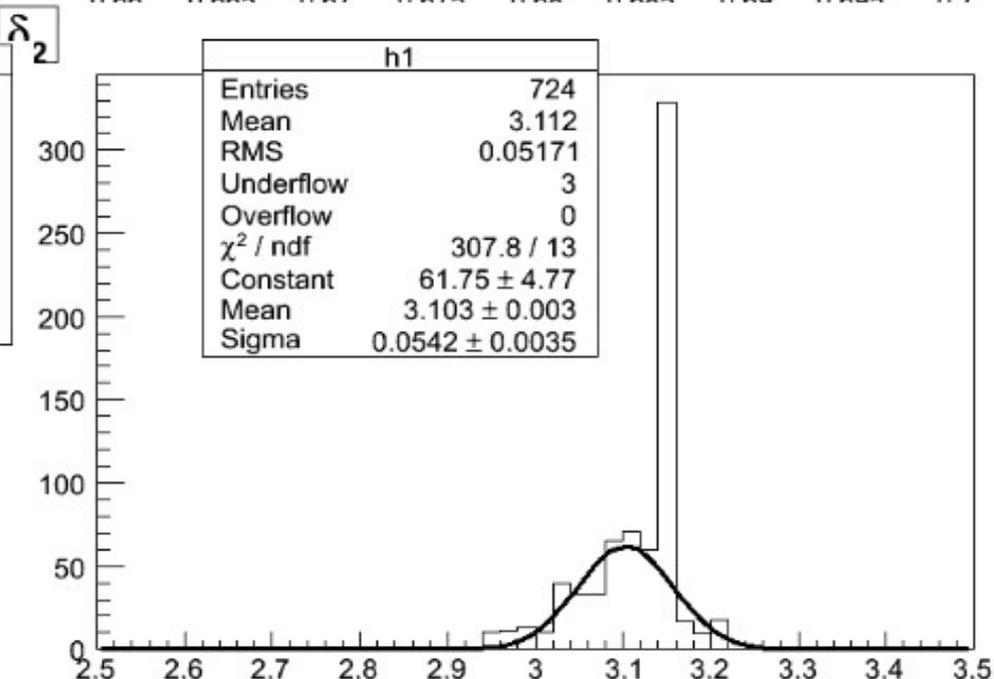
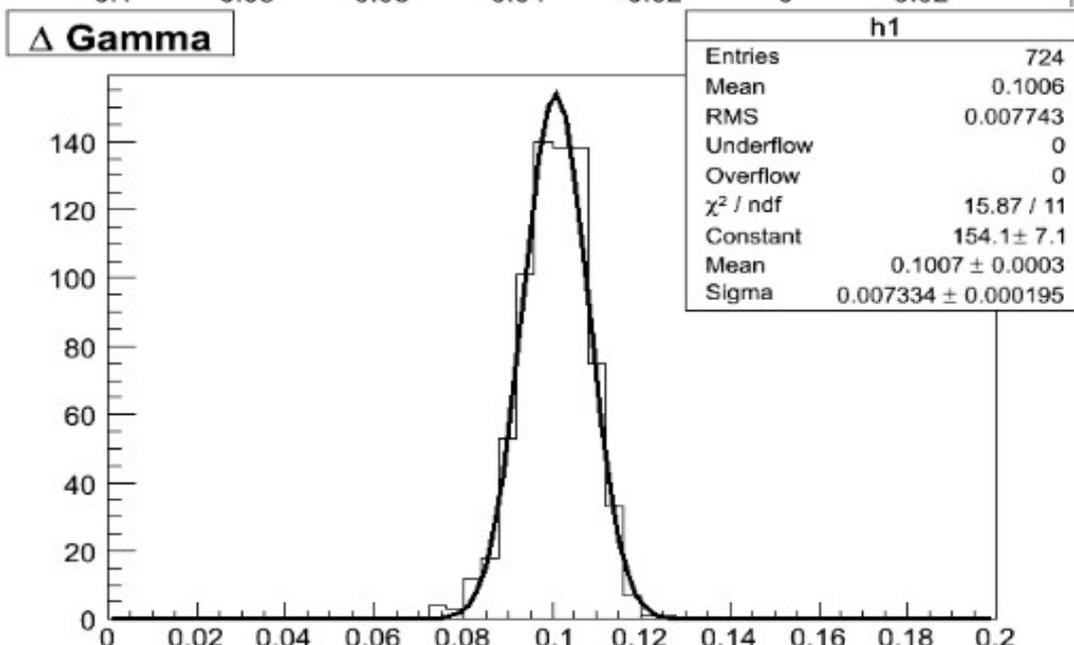
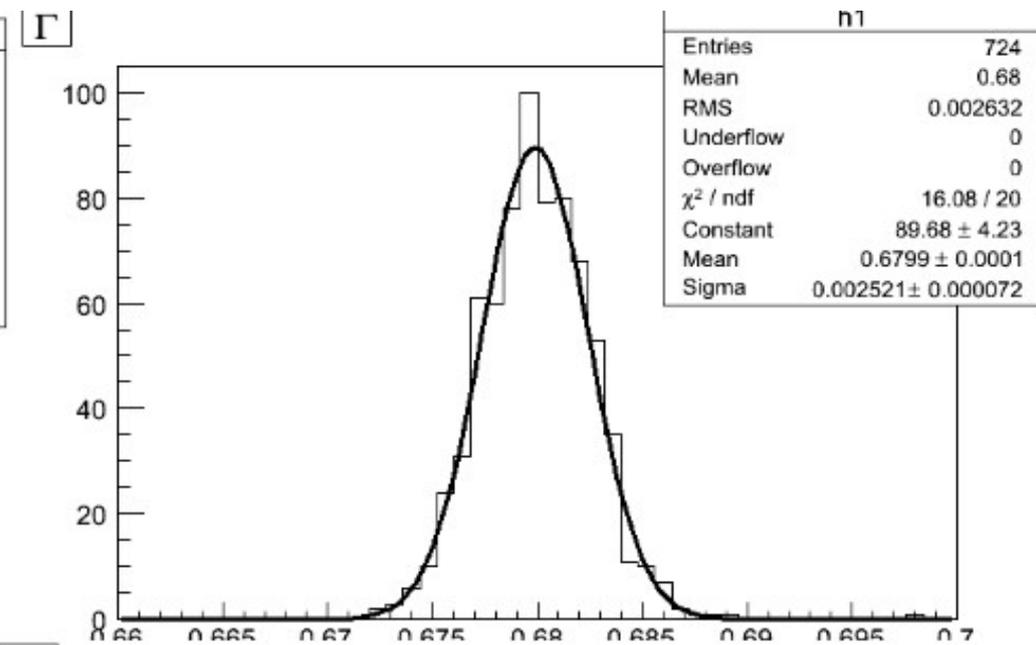
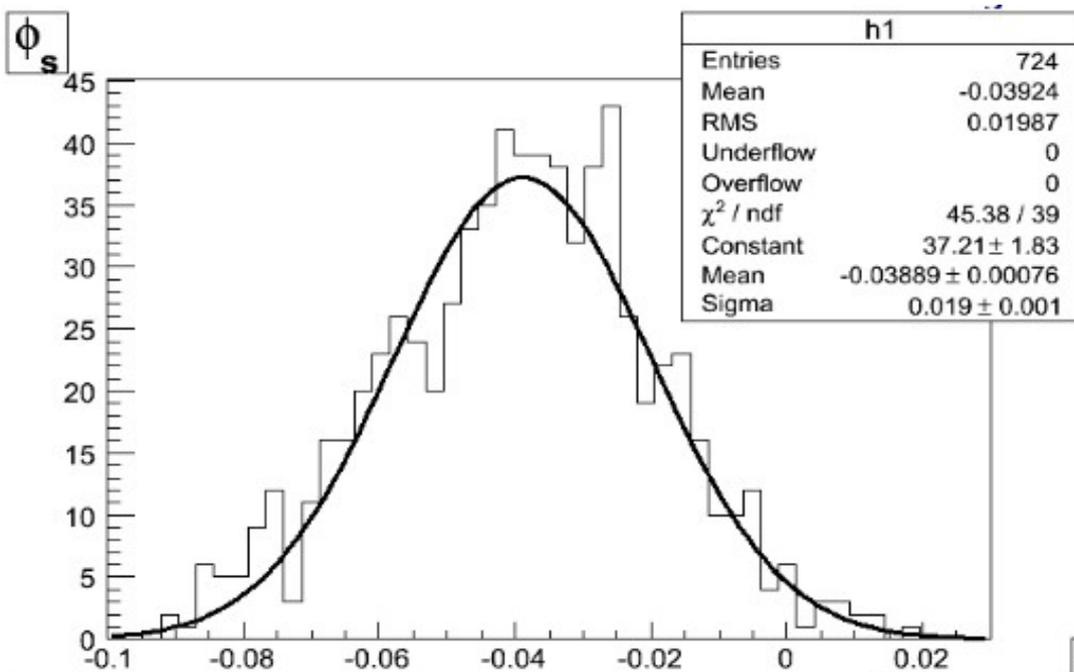
$$\text{Im}\{\bar{A}_\parallel^*(t)\bar{A}_\perp(t)\} = |A_\parallel(0)||A_\perp(0)| e^{-\Gamma_s t} \times \left[-\sin \delta_1 \cos(\Delta m_s t) + \cos \delta_1 \sin(\Delta m_s t) \cos(2\beta_s) + \frac{1}{2} \left(e^{\frac{\Delta\Gamma}{2}t} - e^{-\frac{\Delta\Gamma}{2}t} \right) \cos \delta_1 \sin(2\beta_s) \right]$$

$$\text{Im}\{\bar{A}_0^*(t)\bar{A}_\perp(t)\} = |A_0(0)||A_\perp(0)| e^{-\Gamma_s t} \times \left[-\sin \delta_2 \cos(\Delta m_s t) + \cos \delta_2 \sin(\Delta m_s t) \cos(2\beta_s) + \frac{1}{2} \left(e^{\frac{\Delta\Gamma}{2}t} - e^{-\frac{\Delta\Gamma}{2}t} \right) \cos \delta_2 \sin(2\beta_s) \right]$$

Les Pulls



Pulls ..



Pulls ..

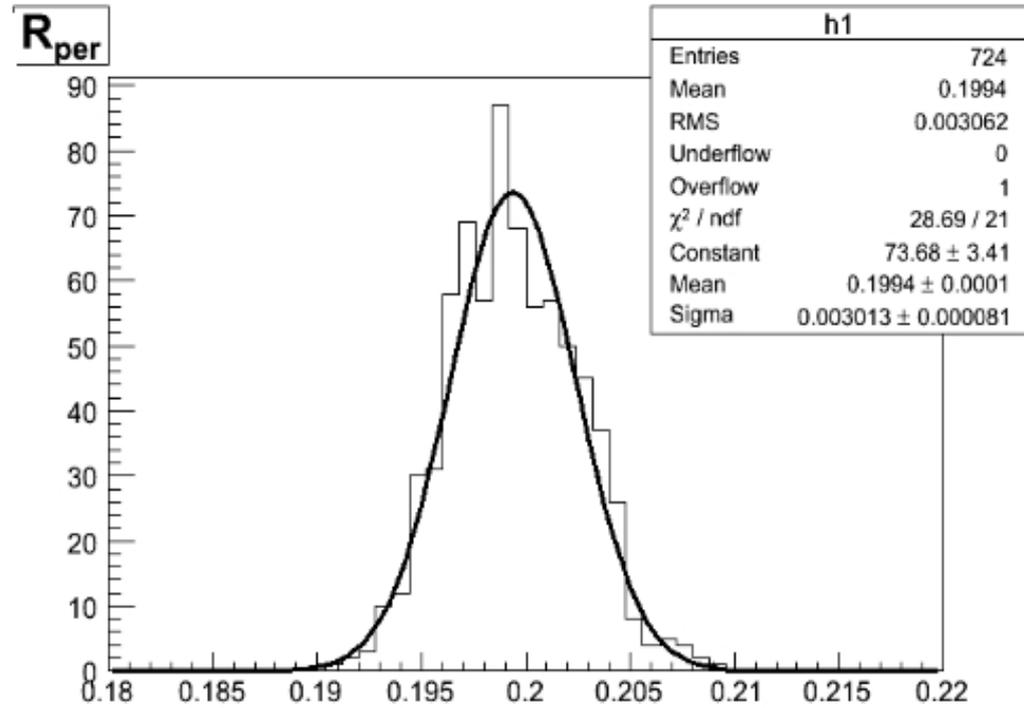
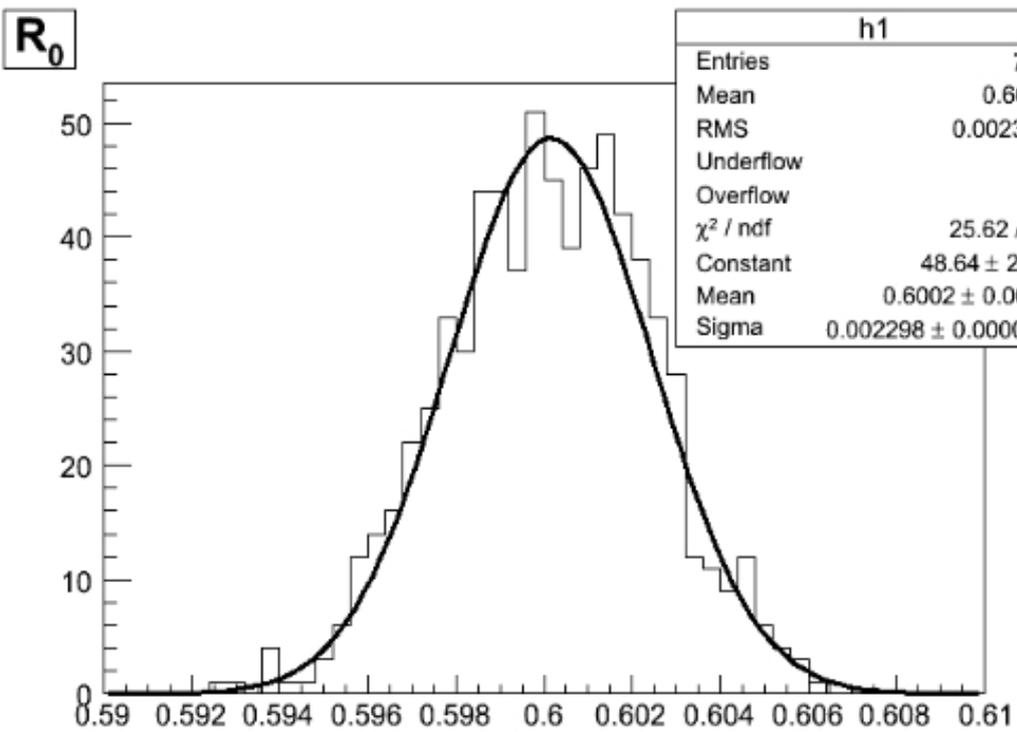


Table V2 ¹

	Signal	Prompt background	Long-lived background
Events in the $\pm 50\text{MeV}$ signal mass window (fractions, B/S)	117k	B/S=1.8	B/S=0.5
Mass m (MeV)	$f_1 G(m-M_{B_s}, \sigma_1) + (1-f_1) G(m-M_{B_s}, \sigma_2)$	$\text{Exp}(-\alpha_1 m)$	$\text{Exp}(-\alpha_2 m)$
	$M_{B_s}=5369.6$ $f_1=0.74, \sigma_1=13.2; \sigma_2=22.5; \langle\sigma\rangle=16.2$	$\alpha_1=0.0006$	$\alpha_2=0.001$
Proper time t (fs) (Flat Acc.)	$S_1(t) \otimes \text{Res1}$	$\delta(t) \otimes \text{Res2}$	$\{0.22 \text{Exp}(\tau=1114) + 0.78 \text{Exp}(\tau=161)\} \otimes \text{Res3}$
	Res1 = $f_1 G(0, \sigma_1) + (1-f_1) G(0, \sigma_2)$ $f_1=0.85, \sigma_1=31.5; \sigma_2=66.7 \langle\sigma\rangle=39$	Res2 = $G(0, 44)$	Res3 = $G(0, 66)$
Angles (Flat Acc.)	$S_2(\text{angles})$	$B_1(\text{angles})$ flat	$B_2(\text{angles})$ flat
	No Res	No Res	No Res
Tagging parameters (Combined performance, assuming splitting in 5 categories !!)	$w_{\text{tag}} = 0.334 \pm 0.003$ $\epsilon_{\text{tag}} = 0.564 \pm 0.002$	$\epsilon_{\text{tag}} = 0.30 \pm 0.02$	$\epsilon_{\text{tag}} = 0.62 \pm 0.06$

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

¹: numbers used to calculate B/S & annual yield are here :

Signal – Annual Yield

$$A.Y = L_{intg} \cdot \sigma_{bb} \cdot 2 \cdot f_{Bs} * BR_{vis} * \epsilon_{tot}^{B_s \rightarrow J/\psi \phi}$$

$$L_{int} = 2 \text{ fb}^{-1}$$

$$\sigma_{bb} = 500 \text{ } \mu\text{b}$$

**convention
LHCb**

$$f_{Bs} = 0.12$$

$$BR_{vis} =$$

$$BR(\phi \rightarrow k^+k^-) \cdot BR(J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-) \cdot BR(B_s \rightarrow J/\psi \phi)$$

$$= 2.7 \times 10^{-5}$$

$$\epsilon_{tot}^{B_s \rightarrow J/\psi \phi} = \epsilon_{gen} \epsilon_{LO} \epsilon_{HLT} \epsilon_{unbiased}$$

$$\epsilon_{ge} = 0.184$$

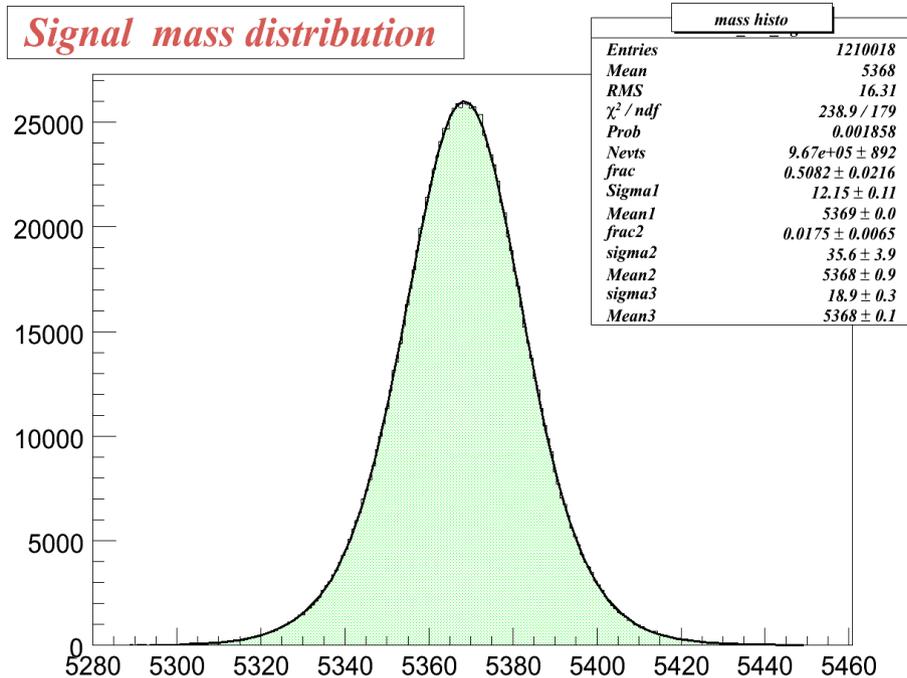
$$\epsilon_{LO} = 0.9387$$

$$\epsilon_{HLT} = 0.794_{HLT1} \times 0.95_{HLT2}$$

$$\epsilon_{unbiased} = 0.147 \text{ (in mass window)}$$

	Signal
Events in the $\pm 50\text{MeV}$ signal mass window (fractions, B/S)	117k
Mass m (MeV)	$f_1 G(m - M_{B_s}, \sigma_1) + (1 - f_1) G(m - M_{B_s}, \sigma_2)$ $M_{B_s} = 5369.6$ $f_1 = 0.74, \sigma_1 = 13.2; \sigma_2 = 22.5; \langle \sigma \rangle = 16.2$
Proper time t (fs) (Flat Acc.)	$S_1(t) \otimes \text{Res1}$ $\text{Res1} = f_1 G(0, \sigma_1) + (1 - f_1) G(0, \sigma_2)$ $f_1 = 0.85, \sigma_1 = 31.5; \sigma_2 = 66.7 \text{ } (\langle \sigma \rangle = 39)$
Angles (Flat Acc.)	$S_2(\text{angles})$ No Res
Tagging parameters (Combined performance, assuming splitting in 5 categories !!)	$w_{tag} = 0.334 \pm 0.003$ $\epsilon_{tag} = 0.564 \pm 0.002$

Signal - M/ass



$$\sigma_{\text{mass}} = 16.2 \text{ MeV}$$

$$\mu_{\text{mass}} = 5369 \text{ MeV}^1$$

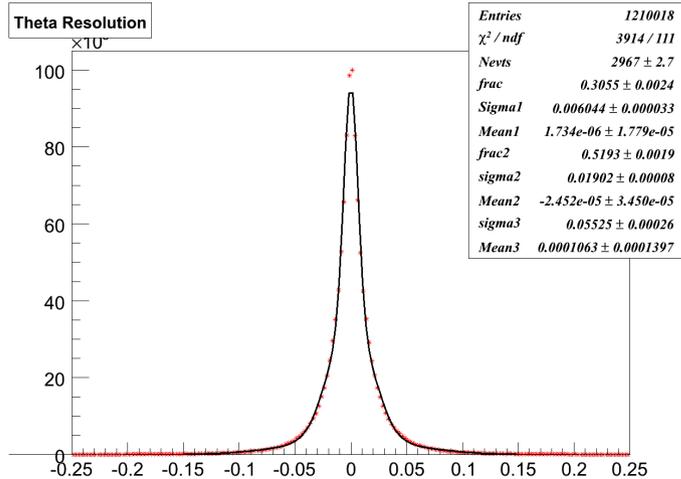
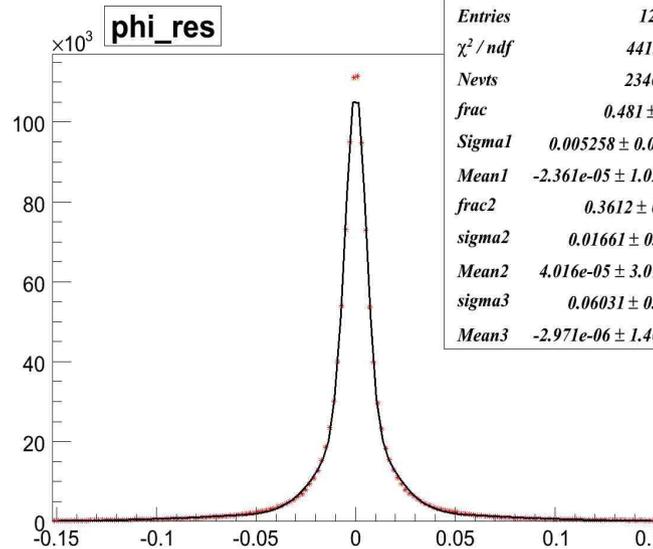
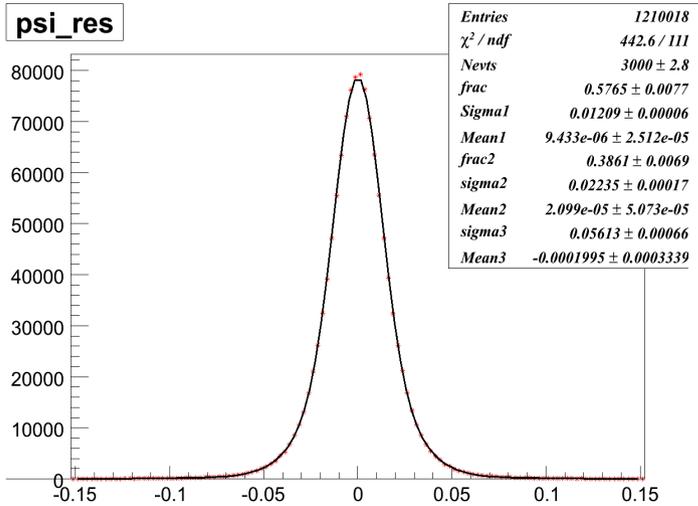
¹: Bias because of radiative photons

Use 2 Gaussian model as an approximation

$$\langle \sigma \rangle = \sqrt{f \sigma_1^2 + (1-f) \sigma_2^2}$$

	Signal
Events in the $\pm 50\text{MeV}$ signal mass window (fractions, B/S)	117k
Mass m (MeV)	$f_1 G(m-M_{B_s}, \sigma_1) + (1-f_1) G(m-M_{B_s}, \sigma_2)$ $M_{B_s} = 5369.6$ $f_1 = 0.74, \sigma_1 = 13.2; \sigma_2 = 22.5; \langle \sigma \rangle = 16.2$
Proper time t (fs) (Flat Acc.)	$S_1(t) \otimes \text{Res1}$ $\text{Res1} = f_1 G(0, \sigma_1) + (1-f_1) G(0, \sigma_2)$ $f_1 = 0.85, \sigma_1 = 31.5; \sigma_2 = 66.7 \langle \sigma \rangle = 39$
Angles (Flat Acc.)	$S_2(\text{angles})$ No Res
Tagging parameters (Combined performance, assuming splitting in 5 categories !!)	$w_{\text{tag}} = 0.334 \pm 0.003$ $\epsilon_{\text{tag}} = 0.564 \pm 0.002$

Signal - Angular resolution



	Signal
Events in the ± 50 MeV signal mass window (fractions, B/S)	117k
Mass m (MeV)	$f_1 G(m-M_{B_s}, \sigma_1) + (1-f_1) G(m-M_{B_s}, \sigma_2)$
	$M_{B_s} = 5369.6$ $f_1 = 0.74, \sigma_1 = 13.2; \sigma_2 = 22.5; \langle \sigma \rangle = 16.2$
Proper time t (fs) (Flat Acc.)	$S_1(t) \otimes \text{Res1}$
	Res1 = $f_1 G(0, \sigma_1) + (1-f_1) G(0, \sigma_2)$ $f_1 = 0.85, \sigma_1 = 31.5; \sigma_2 = 66.7 \quad (\langle \sigma \rangle = 39)$
Angles (Flat Acc.)	$S_2(\text{angles})$
	No Res
Tagging parameters (Combined performance, assuming splitting in 5 categories !!)	$w_{\text{tag}} = 0.334 \pm 0.003$ $\epsilon_{\text{tag}} = 0.564 \pm 0.002$

$$\sigma_\theta = \sigma_\varphi = 0.027 \text{ rad}$$

$$\sigma_\psi = 0.020 \text{ rad}$$

$$\langle \sigma \rangle = \sqrt{f_1 \sigma_1^2 + f_2 \sigma_2^2 + f_3 \sigma_3^2}$$

Prompt - B/S

- Define What is meant by “Prompt”
 - In the inclusive J/ψ sample : remove events where at least one track comes from b (~7%)

B/S :

$$\frac{B^{prompt}}{S} = \frac{\sigma_{prompt} BR_{J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-} \epsilon_{prompt}}{2 \sigma_{bb} f_{B_s} BR_{vis} \epsilon_{B_s \rightarrow J/\psi \phi}}$$

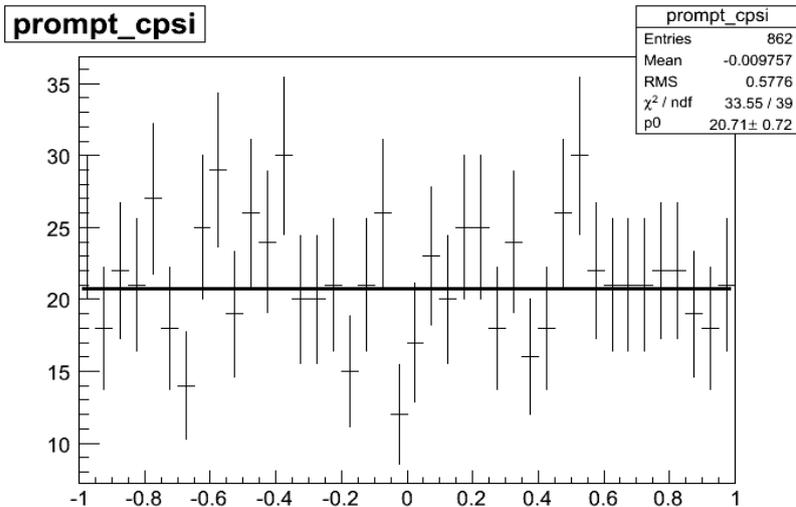
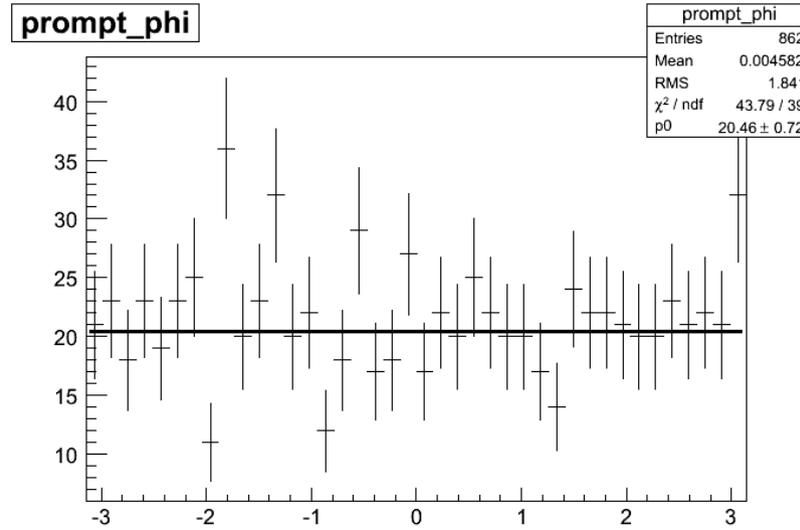
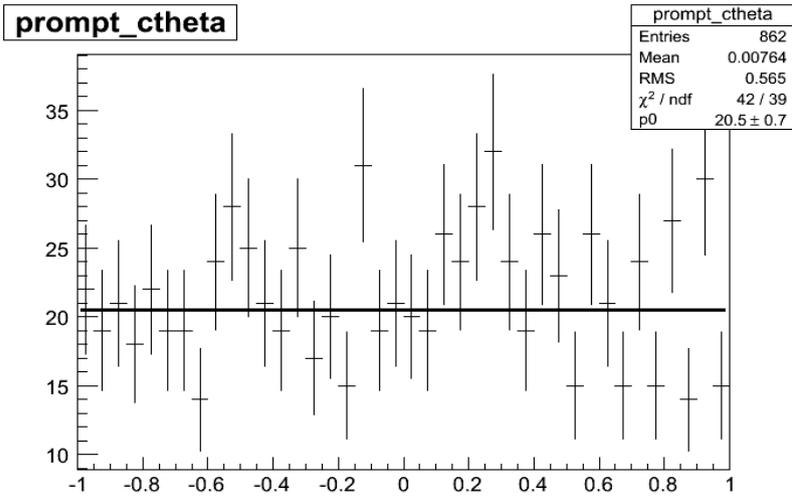
$$\begin{aligned} \sigma_{prompt} &= 0.266 \text{ mb}^{-1} & \sigma_{bb} &= 669 \text{ mb} \\ BR_{J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-} &= 0.0593 & \epsilon_{prompt} &= 0.00017 \end{aligned}$$

**Pythia/EvtGen
(DC06)**

Events in the $\pm 50 \text{ MeV}$ signal mass window (fractions, B/S)

Prompt background	
B/S=1.8	
$\text{Exp}(-\alpha_1 m)$	
$\alpha_1=0.0006$	
$\delta(t) \otimes \text{Res2}$	
$\text{Res2} = G(0,44)$	
$B_1(\text{angles})$ flat	
No Res	
$\epsilon_{\text{tag}} = 0.30 \pm 0.02$	

Prompt – Angular distributions



Prompt background	
	$B/S=1.8$
	$\text{Exp}(-\alpha_1 m)$
	$\alpha_1=0.0006$
	$\delta(t) \otimes \text{Res2}$
	$\text{Res2} = G(0,44)$
	$B_1(\text{angles}) \text{ flat}$
	No Res
	$\epsilon_{\text{tag}} = 0.30 \pm 0.02$

Angles (Flat Acc.)
Tagging parameters (Combined performance, assuming splitting in 5 categories !!)

Tagging efficiency is smaller than signal as expected :

- “reduces” the background indirectly !
- Minor effect on the sensitivity

Long-Lived - B/S

- Calculate B/S using the inclusive b sample
- using the $B_{s,u,d} \rightarrow J/\psi X$ to determine the shape of this type of the background

$$\frac{B}{S}^{long-lived} = \frac{\epsilon_{b\bar{b}}}{2MF f_{B_s} BR_{vis} \epsilon_{B_s \rightarrow J/\psi \phi}}$$

$$\epsilon_{bb} \sim 8 \times 10^{-7}$$

$$MF^3: \text{mass factor} = 600/100 = 6$$

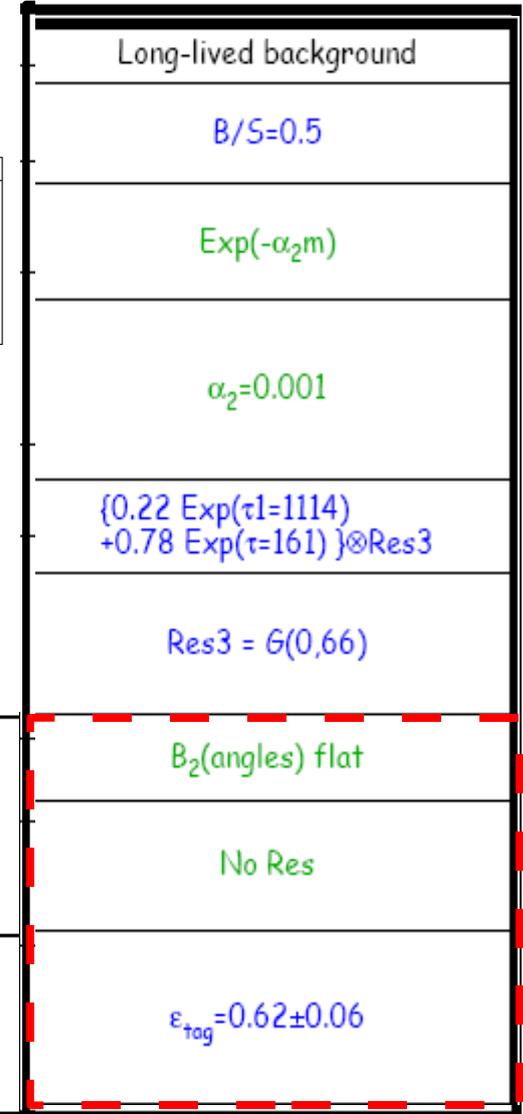
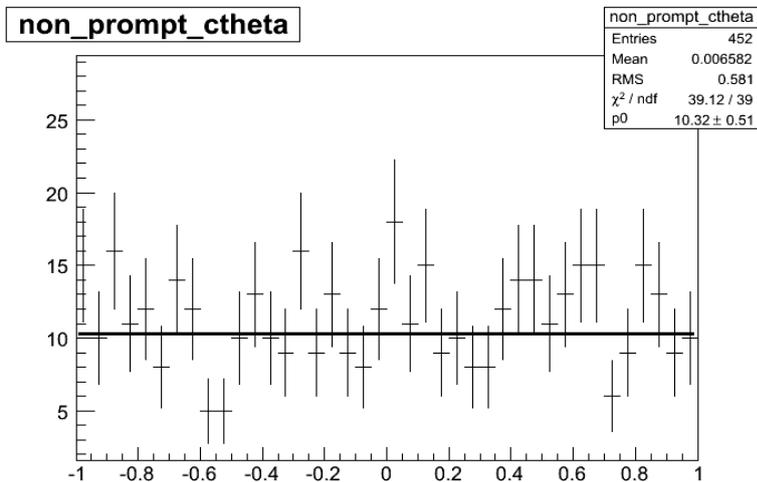
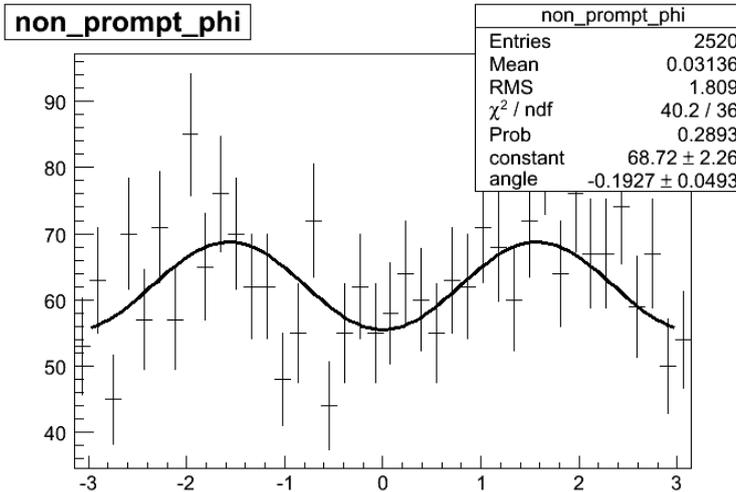
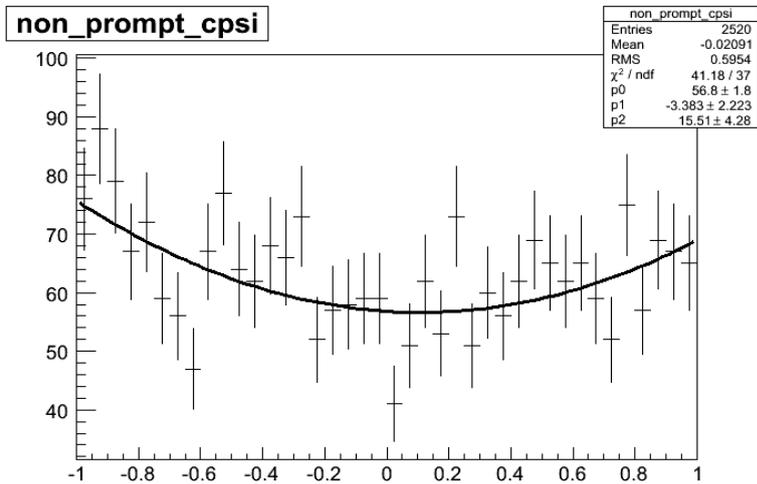
³ :using the mass trick we calculate the number of event expected in the mass window of ± 300 MeV in the bb sample , where in the signal sample the mass window is ± 50 MeV .

Events in the ± 50 MeV signal mass window (fractions, B/S)

Long-lived background
B/S=0.5
$\text{Exp}(-\alpha_2 m)$
$\alpha_2 = 0.001$
{0.22 $\text{Exp}(\tau=1114)$ +0.78 $\text{Exp}(\tau=161)$ } \otimes Res3
Res3 = G(0,66)
$B_2(\text{angles})$ flat
No Res
$\epsilon_{tag} = 0.62 \pm 0.06$

Long-Lived – angular distribution

- actually angular distributions are not flat (signal-like !)
- the tagging efficiency is close to the signal's

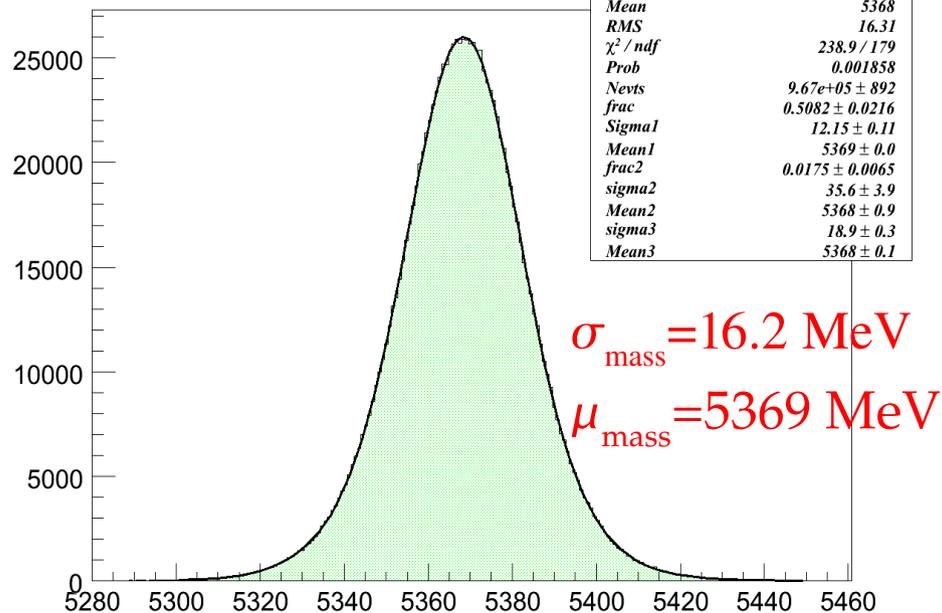


Angles (Flat Acc.)

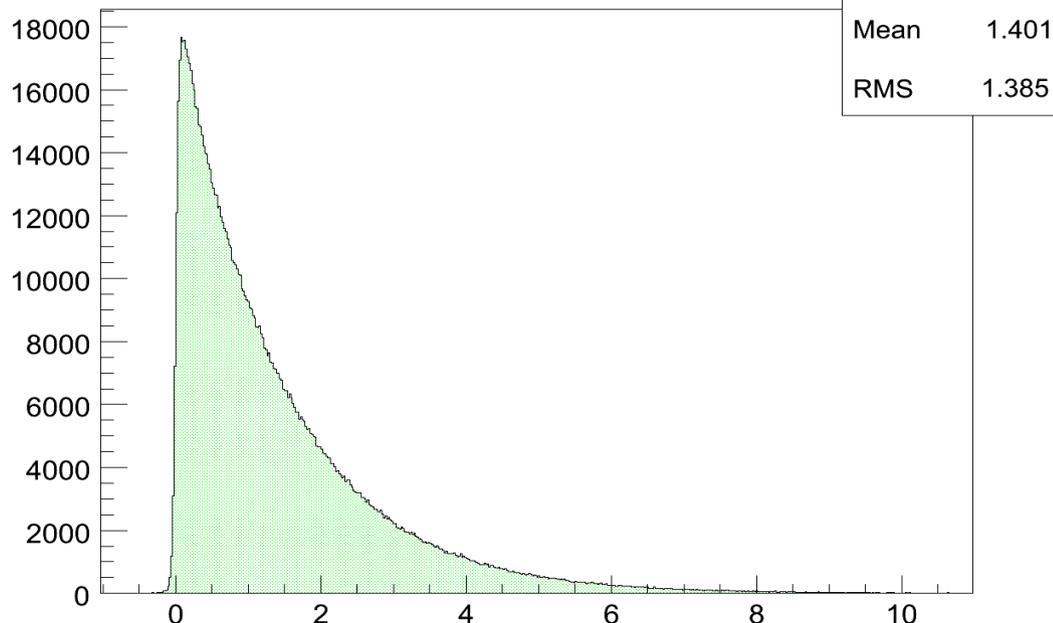
Tagging parameters
(Combined performance,
assuming splitting in 5
categories !!)

Signal Distributions

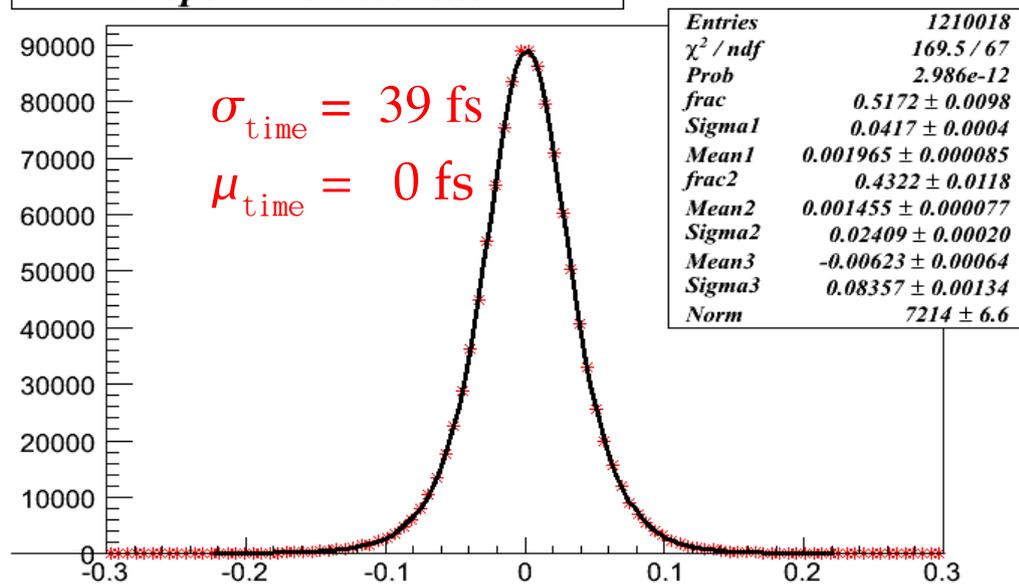
Signal mass distribution



Signal Time Distribution_reco



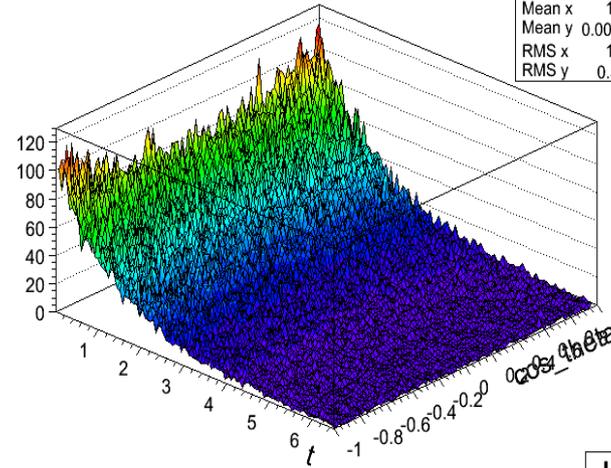
Proper Time Resolution



canal $B_s \rightarrow J/\psi \phi$: sélection non-biaisé

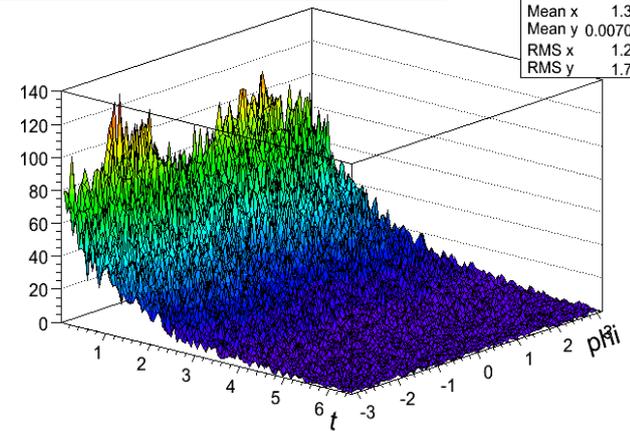
Histogram of t_t_cos_theta

t_t_cos_theta	
Entries	182472
Mean x	1.334
Mean y	0.001531
RMS x	1.239
RMS y	0.5993



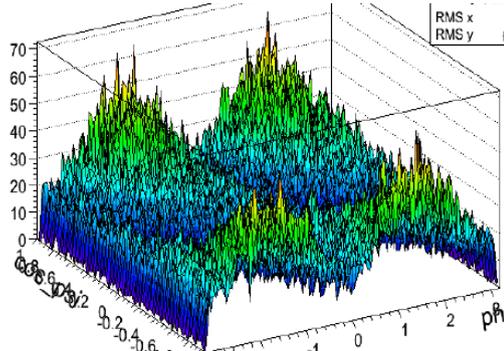
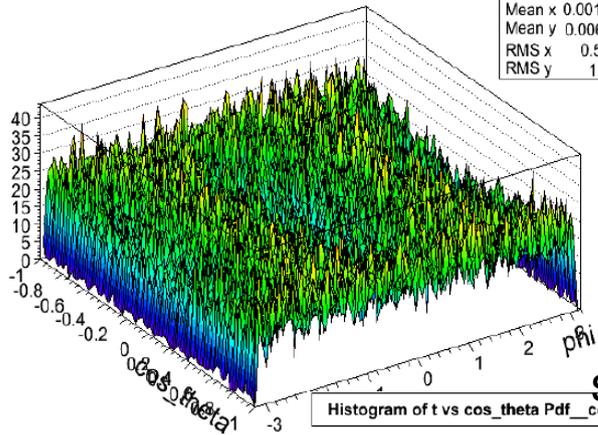
Histogram of t vs cos_theta_t_phi

t vs cos_theta_t_phi	
Entries	182472
Mean x	1.334
Mean y	0.007098
RMS x	1.239
RMS y	1.794



Histogram of t vs cos_theta Pdf_cos_theta_phi

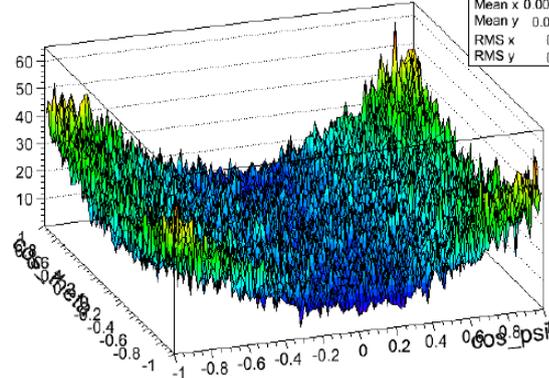
t vs cos_theta Pdf_cos_theta_phi	
Entries	188699
Mean x	0.001392
Mean y	0.006531
RMS x	0.5992
RMS y	1.795



RMS x	1.795
RMS y	0.6525

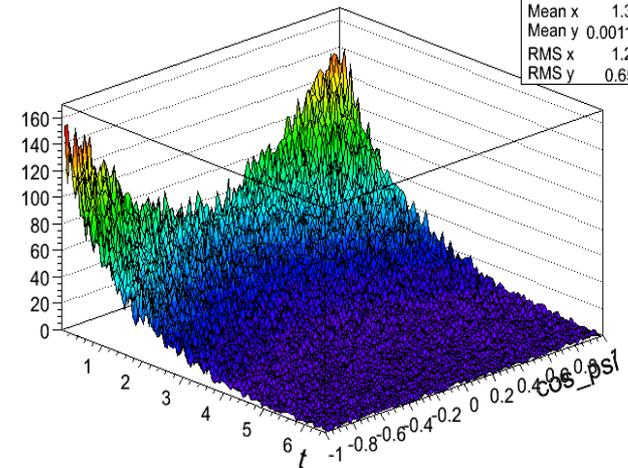
Histogram of t vs cos_theta Pdf_cos_psi_cos_theta

t vs cos_theta Pdf_cos_psi_cos_theta	
Entries	188699
Mean x	0.0007498
Mean y	0.001392
RMS x	0.6525
RMS y	0.5992



Histogram of t vs cos_theta_t_cos_psi

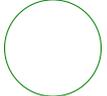
t vs cos_theta_t_cos_psi	
Entries	182472
Mean x	1.334
Mean y	0.001125
RMS x	1.239
RMS y	0.6521



Canaux étudié dans la sélection

Channel	Effi. gen. %	Strip. effi %	Stat.	\mathcal{L}_{int}	configuration
Signals					
$B^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)K^{*0}(K\pi)$	17.16 ± 0.04	62.66 ± 0.03	1 640 673	0.7 fb^{-1}	DC06-strip-v31-lumi2
$B_s^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)\phi(KK)$	18.14 ± 0.04	no stripping	9 218 605	1.7 fb^{-1}	DC06-phys-v4-lumi2
$B^\pm \rightarrow J/\psi(\mu\mu)K^\pm$	17.89 ± 0.03	63.12 ± 0.04	1,420,737	0.52 fb^{-1}	DC06-strip-v31-lumi2
Backgrounds					
Minimum bias	100	5.934 ± 0.004	5 555 782	$0.9 \times 10^{-6} \text{ fb}^{-1}$	DC06-L0-v1-lumi2
$b\bar{b}$	$43.7 \pm$	3.64 ± 0.02	976 571	$6 \times 10^{-2} \text{ pb}^{-1}$	DC06-strip-v31-lumi2
Inclusive $J/\psi(\mu\mu)$	19.70 ± 0.04	48.37 ± 0.03	1 250 126	0.78 pb^{-1}	DC06-strip-v31-lumi2
$B^\pm \rightarrow J/\psi(\mu\mu)X$	20.37 ± 0.03	57.19 ± 0.02	3 061 236	1.1 pb^{-1}	DC06-strip-v31-lumi2
$B^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)X$	20.36 ± 0.03	55.85 ± 0.02	2 317 761	0.85 pb^{-1}	DC06-strip-v31-lumi2
$B_s^0 \rightarrow J/\psi(\mu\mu)X$	20.24 ± 0.04	54.53 ± 0.07	301 013	0.46 pb^{-1}	DC06-strip-v31-lumi2

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

	$\Delta \Gamma = \Gamma_L - \Gamma_H$
	$\Delta m_s = m_H - m_L$

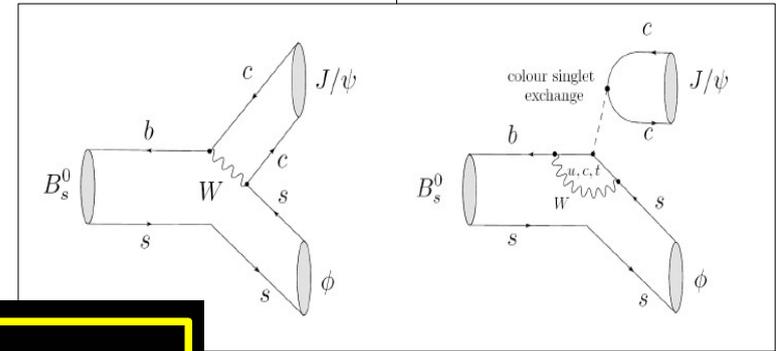
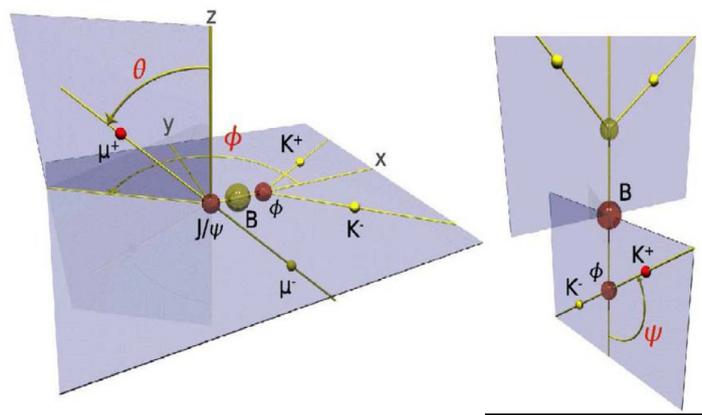
$$\begin{aligned}
 |A_0(t)|^2 &= |A_0(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta \Gamma_s t}{2}\right) - \cos \Phi \sinh\left(\frac{\Delta \Gamma_s t}{2}\right) + \sin \Phi \sin(\Delta m_s t) \right] \\
 |A_{\parallel}(t)|^2 &= |A_{\parallel}(0)|^2 e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh\left(\frac{\Delta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

1- Accès à la d'oscillation temporelle

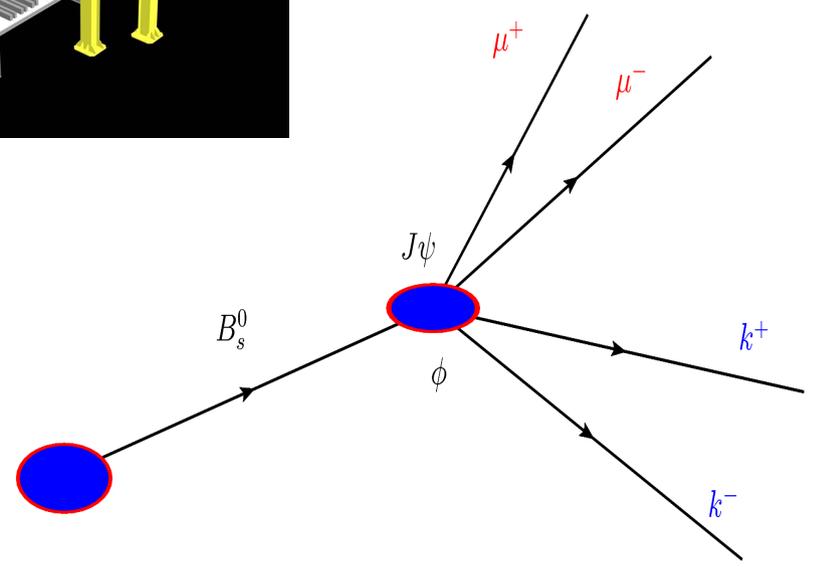
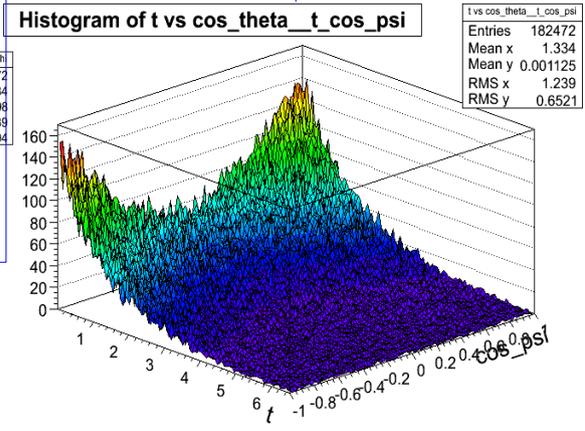
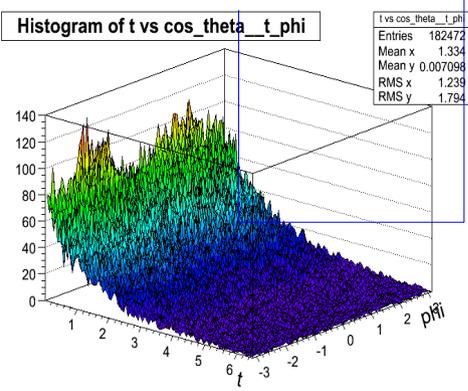
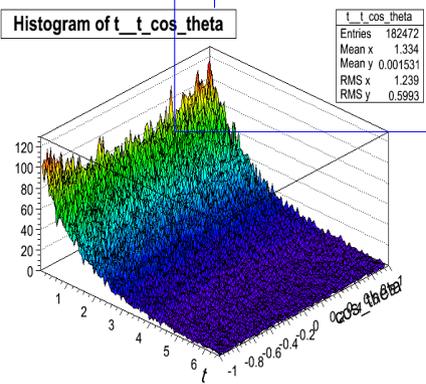
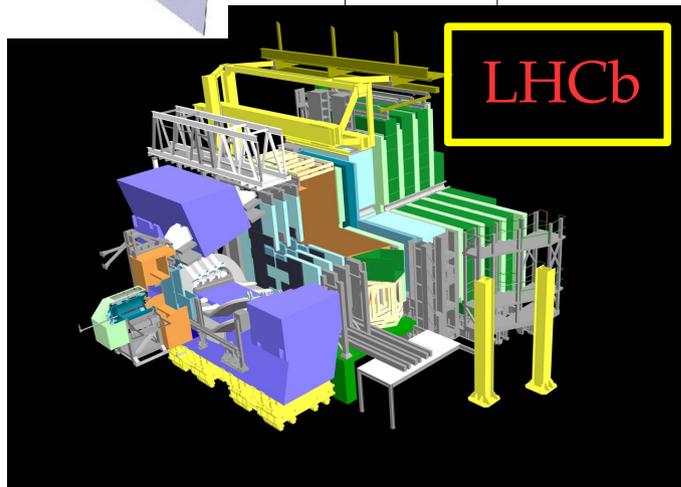
• Dans le référentiel du J/ψ ou le méson Φ va dans la direction x , l'axe z est perpendiculaire au plan de désintégration du Φ .

On parle de ...

Théorie



Analyse



Convention des angles !

$$\hat{n} = (\sin \theta \cos \phi, \sin \theta \sin \phi, \cos \theta)$$

$$\vec{A} = (A_0(t) \cos \psi, \frac{-A_{\parallel}(t) \sin \psi}{\sqrt{2}}, i \frac{A_{\perp}(t)}{\sqrt{2}} \sin \psi)$$

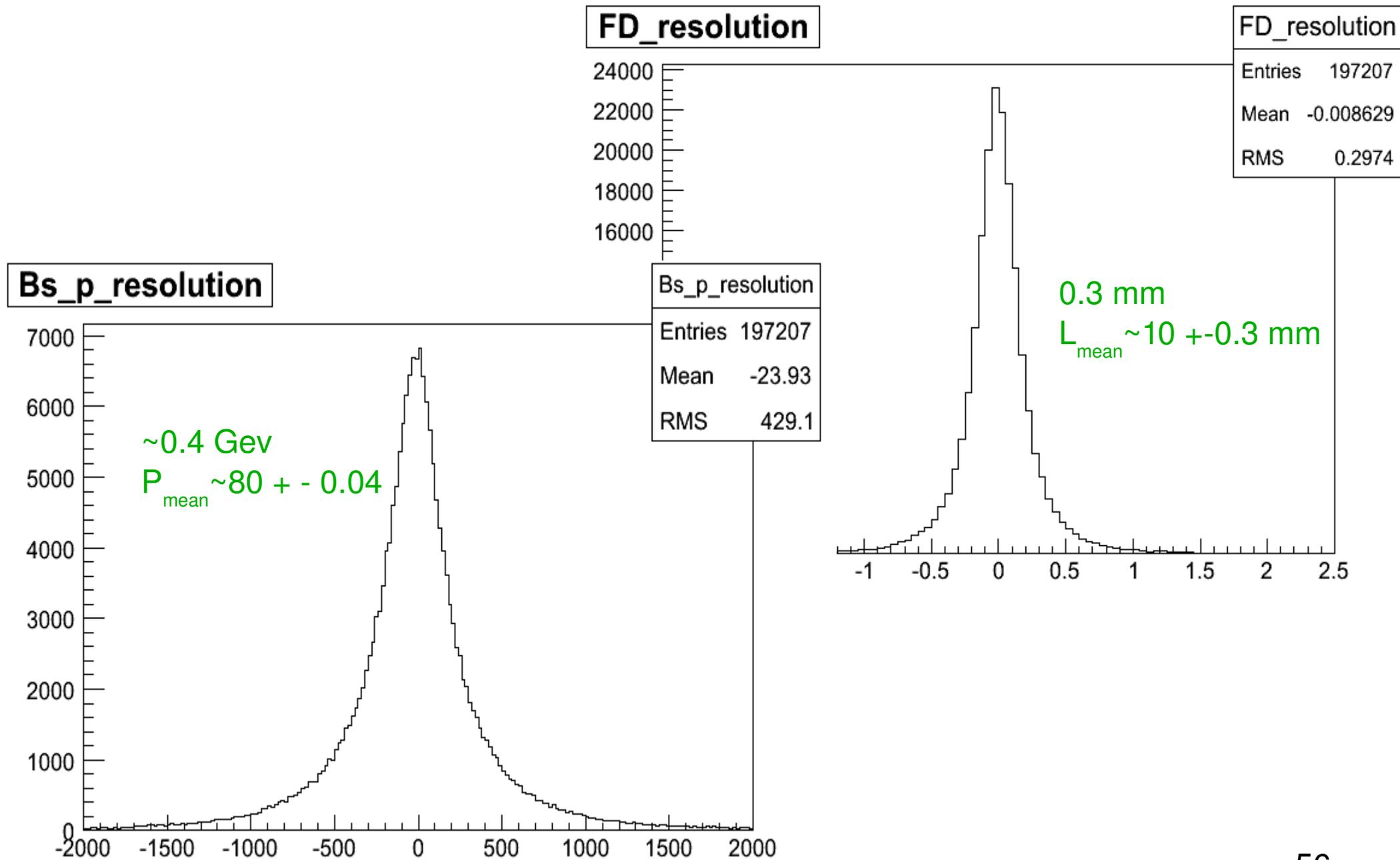
$$P(\theta, \phi, \psi, t) = \frac{9}{16\pi} |\vec{A}(\psi, t) \times \hat{n}(\theta, \phi)|^2$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{p}_{\phi}, \mathbf{y} = \frac{\mathbf{p}_{K+} - \mathbf{p}_{\phi}(\mathbf{p}_{\phi} \cdot \mathbf{p}_{K+})}{|\mathbf{p}_{K+} - \mathbf{p}_{\phi}(\mathbf{p}_{\phi} \cdot \mathbf{p}_{K+})|}, \mathbf{z} = \mathbf{x} \times \mathbf{y}$$

$$\sin \theta \cos \phi = \mathbf{p}_{\ell+} \cdot \mathbf{x}, \sin \theta \sin \phi = \mathbf{p}_{\ell+} \cdot \mathbf{y}, \cos \theta = \mathbf{p}_{\ell+} \cdot \mathbf{z} .$$

$$\cos \psi = -\mathbf{p}'_{K+} \cdot \mathbf{p}'_{J/\psi},$$

Distance de vole + impulsion résolutions

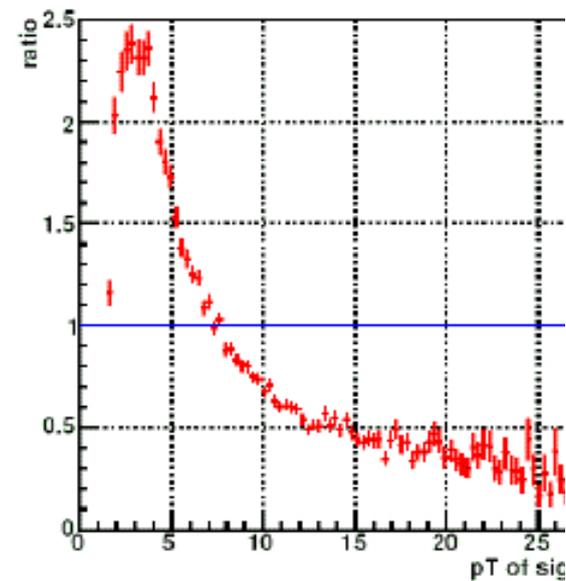
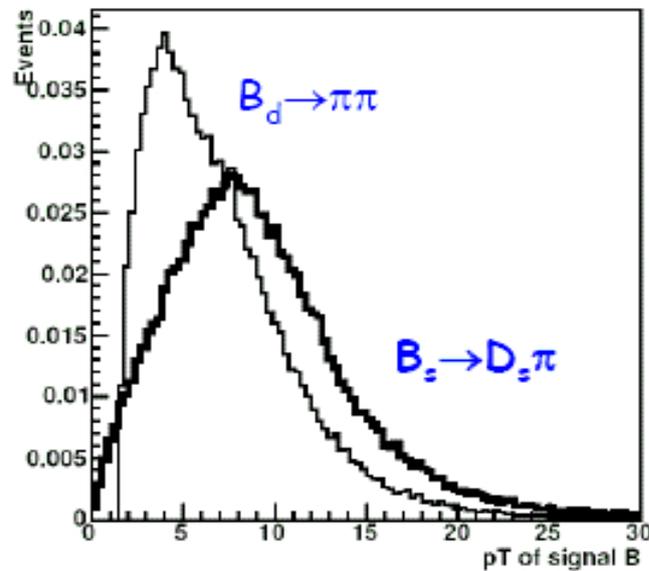


Étiquetage des saveurs

$$\epsilon_{\text{tag}} = \frac{N_R + N_W}{N_R + N_W + N_U}$$

$$\omega = \frac{N_W}{N_R + N_W}$$

$$\epsilon_{\text{tag}} = \frac{N_R + N_W}{N_R + N_W + N_U}$$



- Production associée $b\bar{b}$ en LHCb
- Corrélation angulaire forte entre les B_s
- Corrélation entre les impulsions des B_{tag} et B_{sig}

Physics Parameters	Value	Reference
$\Delta\Gamma_s$	0.049 [ps^{-1}]	PDG 2008
Γ_s	0.680 [ps^{-1}]	PDG 2008
ΔM_s	17.77 [ps^{-1}]	PDG 2008
$2\beta_s$	0.0368	SM
R_0	0.56	Phys. Rev. D 76, 031102(R) (2007)
R_\perp	0.233	Phys. Rev. D 76, 031102(R) (2007)
$\delta_{ }$	-2.93 [rad]	Phys. Rev. D 76, 031102(R) (2007)
δ_\perp	2.91 [rad]	Phys. Rev. D 76, 031102(R) (2007)

worse B/S worse prompt tagging efficiency
 (~400 toys)

Parameter	Value	Sensitivity ¹	Pull Mean	Pull RMS
$2\beta_s$	0.038 ± 0.002	0.034 ± 0.0014	-0.03 ± 0.04	0.93 ± 0.03
$\Delta\Gamma$	0.049 ± 0.021	0.0091 ± 0.0004	-0.007 ± 0.05	1.08 ± 0.05
Γ	0.6801 ± 0.0002	0.0031 ± 0.0001	0.07 ± 0.06	1.07 ± 0.05
δ_1	2.652 ± 0.006	0.12 ± 0.005	0.03 ± 0.033	0.7 ± 0.02
δ_2	2.912 ± 0.004	0.114 ± 0.004	0.08 ± 0.03	0.6 ± 0.02
R_\perp	0.233 ± 0.001	0.005 ± 0.0006	-0.04 ± 0.03	0.6 ± 0.02
R_0	0.561 ± 0.001	0.0031 ± 0.0001	-0.04 ± 0.05	0.96 ± 0.03

- $B/S^{\text{prompt}} = 4$, $\varepsilon_{\text{tag}}^{\text{prompt}} = 0.60$

- $B/S^{\text{long-lived}} = 0.7$, $\varepsilon_{\text{tag}}^{\text{Long-lived}} = 0.62$