

Effets de nouvelle physique dans les transitions $b \rightarrow s$ et étiquetage des saveurs auprès de l'expérience LHCb

Julien Babel

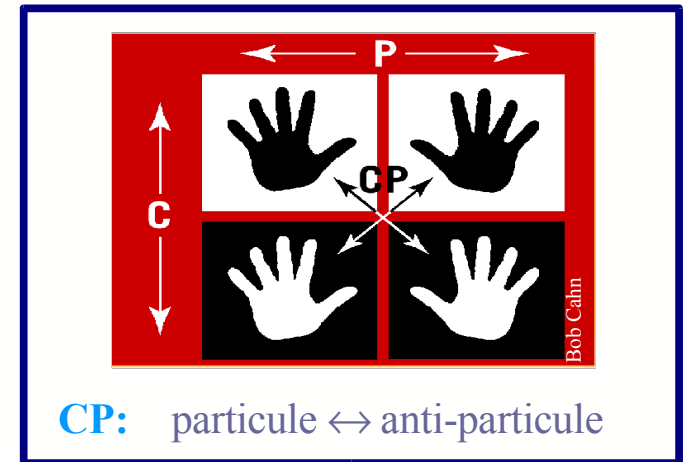
Plan de l'exposé

1. Introduction à la violation de CP
2. Effets de nouvelle physique dans les transitions $b \rightarrow s$
3. Étiquetage des saveurs auprès de l'expérience LHCb
4. Conclusion et perspectives

Introduction à la violation de CP

(A)symétrie CP

- 3 symétries discrètes fondamentales
 - C** conjugaison de charge
 - P** parité spatiale
 - T** parité temporelle
- C**, **P** sont maximalelement violées par l'interaction faible
- En 1964, mise en évidence de la violation de **CP** dans le domaine des Kaons neutres
- Le modèle standard rend compte de cette asymétrie



Mélange des quarks et matrice CKM

- Passage des états propres de l'interaction faible aux états propres de masse via la matrice CKM

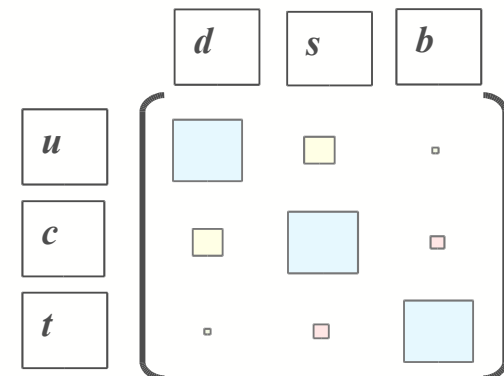
$$V_{CKM} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix}$$

Mélange des quarks et matrice CKM

- Passage des états propres de l'interaction faible aux états propres de masse via la matrice CKM

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

- ^x Forte hiérarchie
(visible avec la paramétrisation de Wolfenstein)



Mélange des quarks et matrice CKM

- Passage des états propres de l'interaction faible aux états propres de masse via la matrice CKM

$$V_{CKM} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & |V_{ub}|e^{-i\gamma} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ |V_{td}|e^{-i\beta} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix}$$

- × Forte hiérarchie
(directement visible avec la paramétrisation de Wolfenstein)
- × Matrice **complexe** et unitaire
 V_{ub} et V_{td} sont complexes, les autres sont réels
- × **Violation de CP dans le modèle standard**

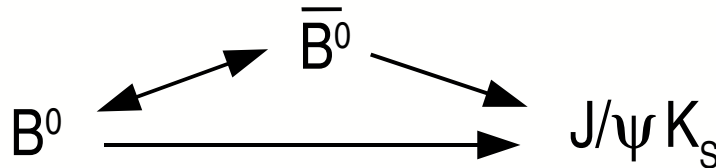
Asymétrie CP dépendante du temps

- On définit l'asymétrie CP dépendante du temps pour une transition $B \rightarrow f$

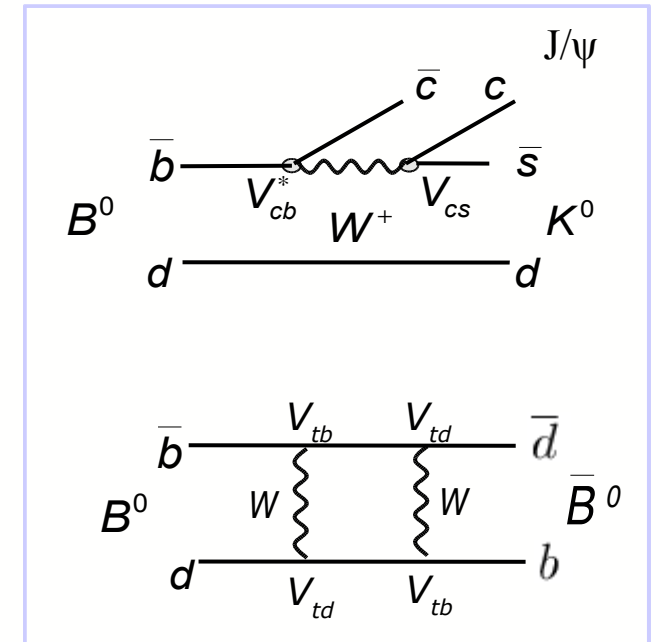
$$\mathcal{A}_{CP}(t) \equiv \frac{\Gamma(B \rightarrow f) - \Gamma(\bar{B} \rightarrow \bar{f})}{\Gamma(B \rightarrow f) + \Gamma(\bar{B} \rightarrow \bar{f})}(t)$$

CP

- Exemple: $B_d \rightarrow J/\psi K_S$
 - Interférence entre la désintégration et le mélange $B - \bar{B}$



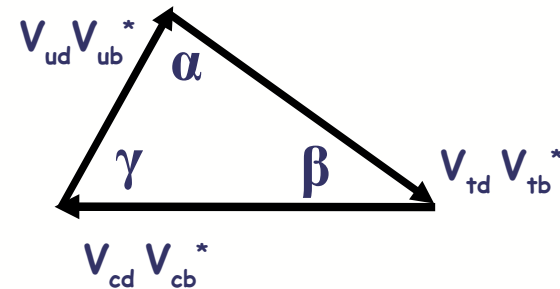
$$\mathcal{A}_{CP}(B_d \rightarrow J/\psi K_S) \propto \sin 2\beta \sin \Delta m_d t$$



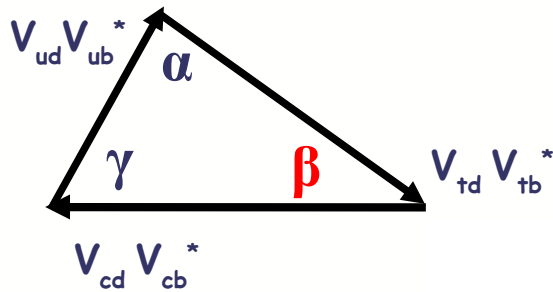
Le triangle d'unitarité

- On utilise une propriété de la matrice CKM afin de tester le modèle standard et rechercher des déviations
 - Matrice 3 x 3 complexe : 6 relations d'unitarité correspondant à 6 triangles dans le plan complexe
 - 4 triangles quasiment plats de par la hiérarchie entre les couplages
 - 2 presque identiques
 - On étudie

$$V_{ud} V_{ub}^* + V_{cd} V_{cb}^* + V_{td} V_{tb}^* = 0$$



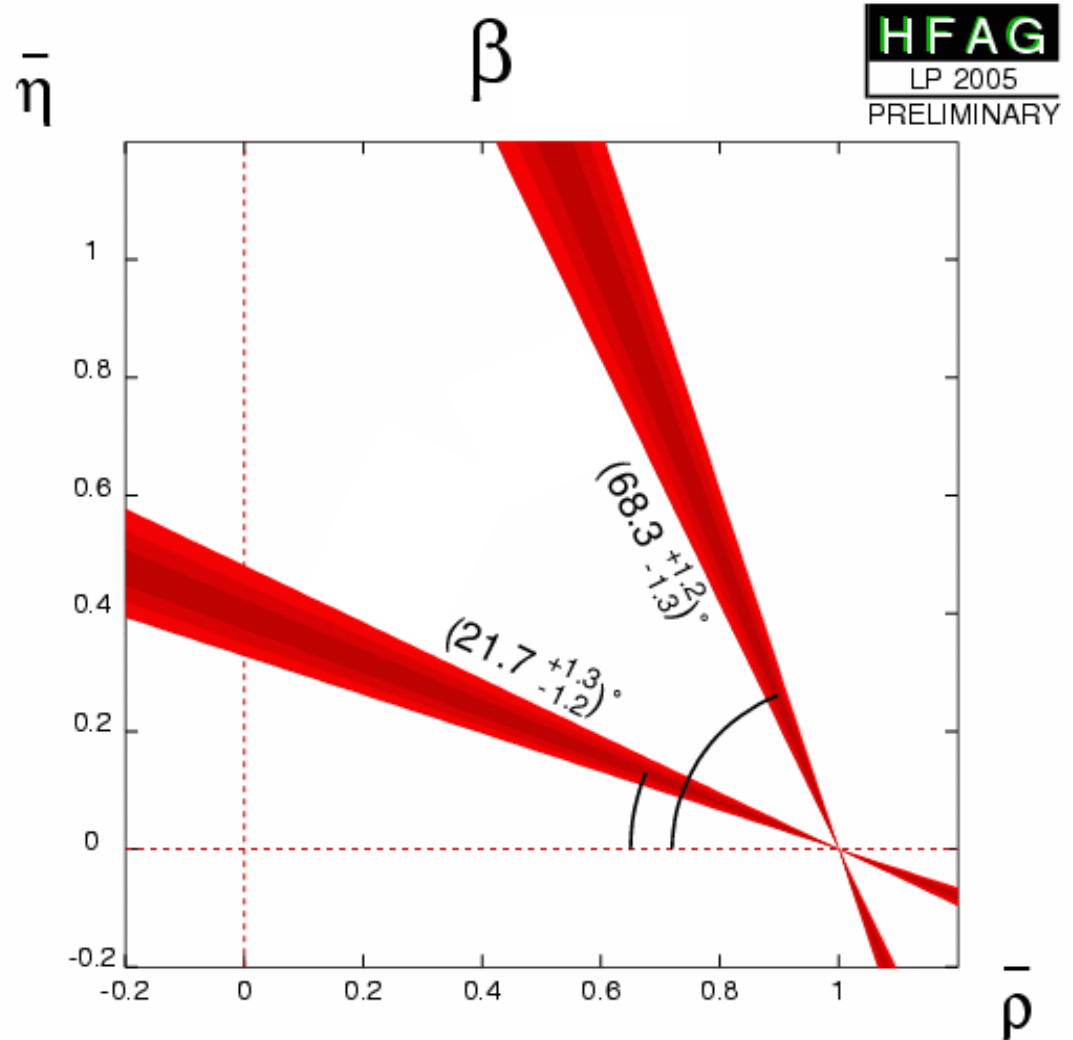
Contrainte sur l'angle β dans le plan complexe



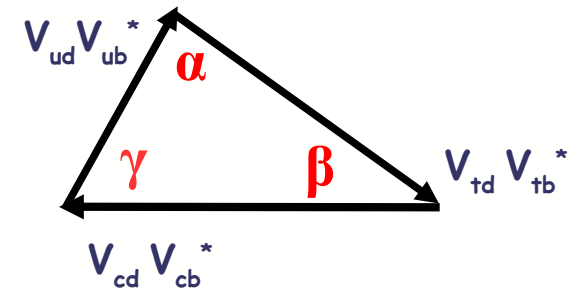
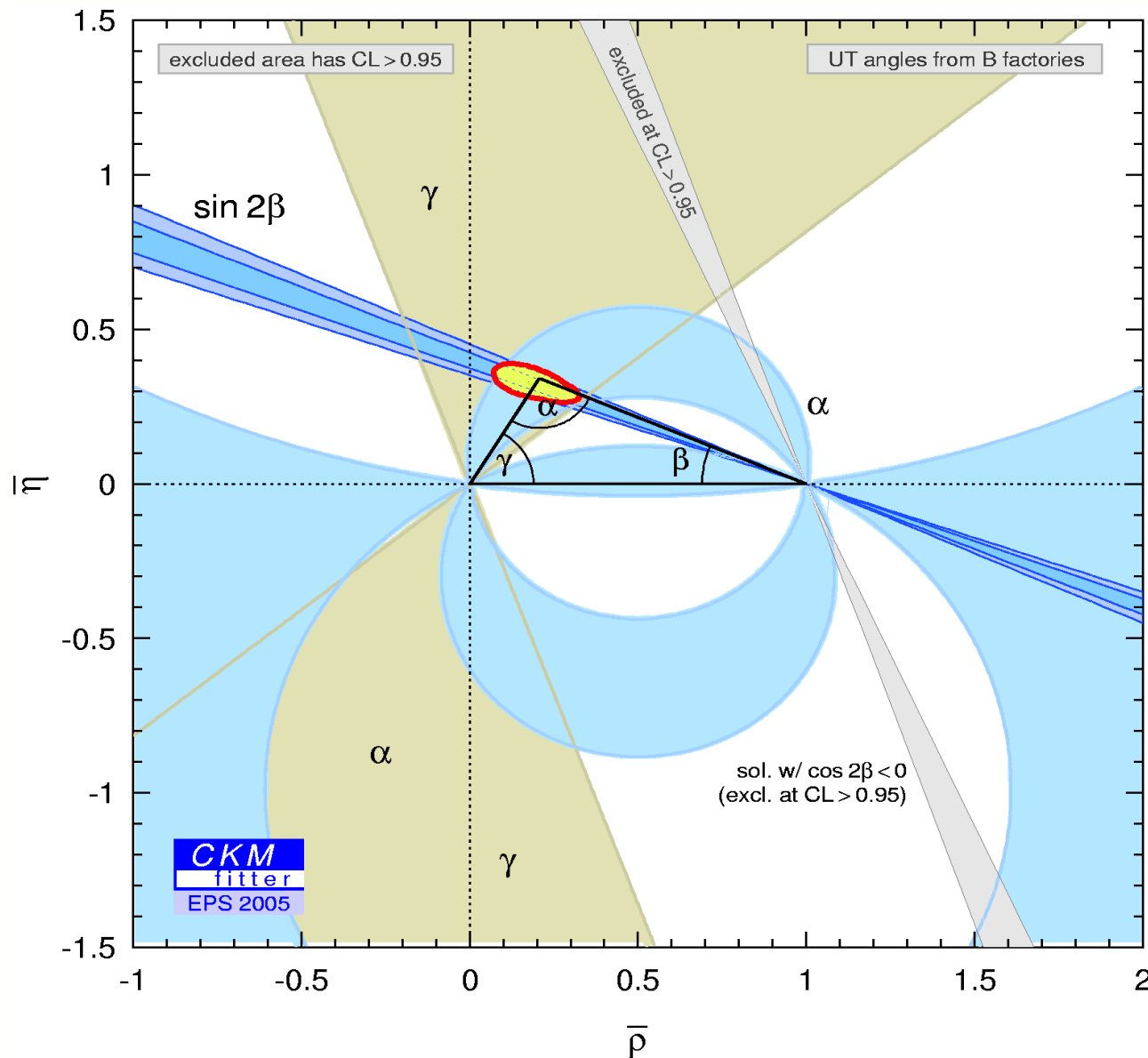
- Les désintégrations $b \rightarrow c\bar{c}s$ (charmonium) mesurent $\sin 2\beta$

$$\sin 2\beta = 0.687 \pm 0.032 \quad (\text{moyenne HFAG LP'05})$$

- C'est actuellement la contrainte la plus forte dans le plan complexe



Contraintes sur les 3 angles



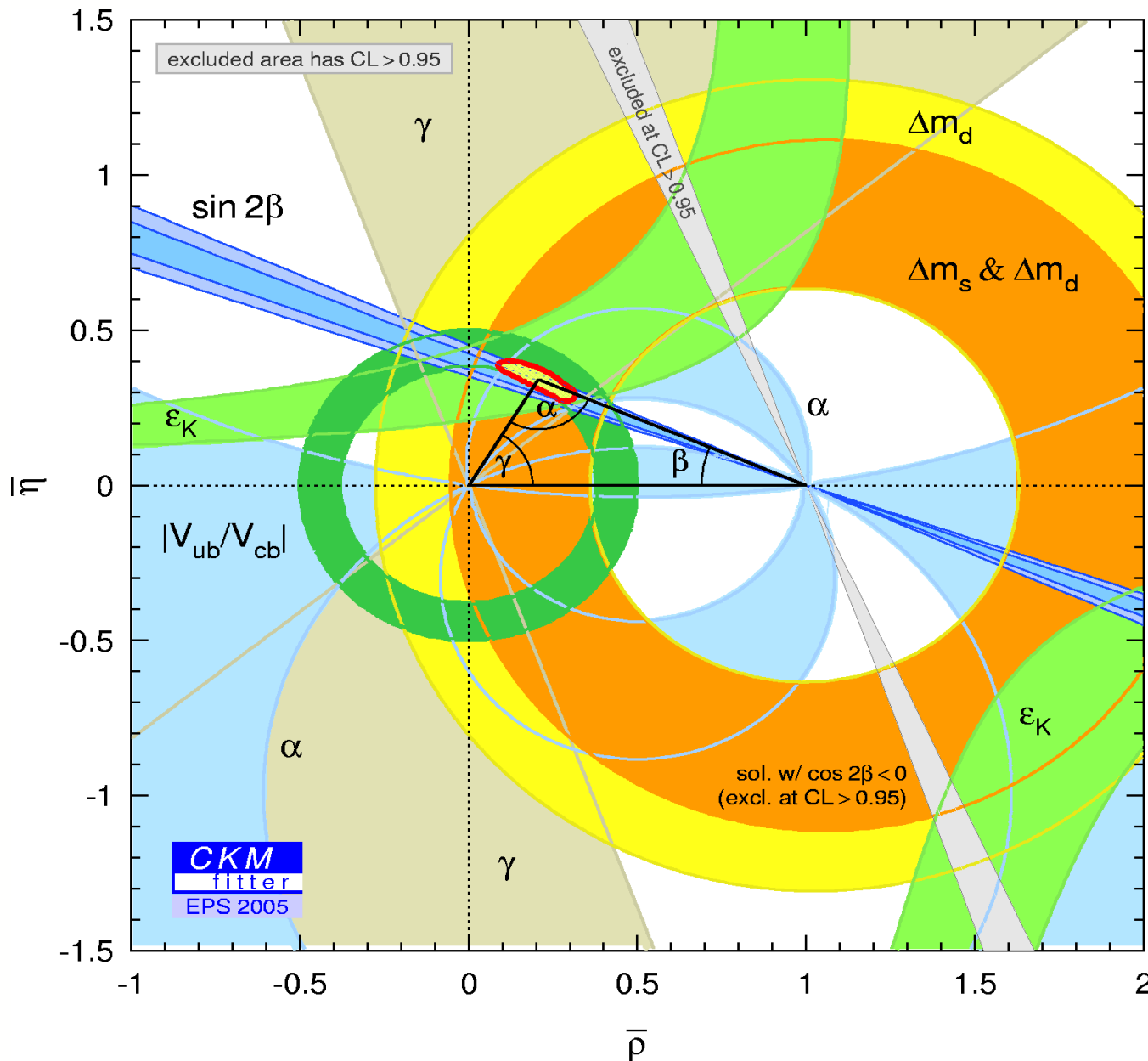
Mesures extraites du fit global

$$\alpha = (99^{+12}_{-9})^\circ$$

$$\beta = (21.7^{+1.3}_{-1.2})^\circ$$

$$\gamma = (70^{+12}_{-14})^\circ$$

Statut actuel du triangle d'unitarité



Accord impressionnant

Contraintes sur le sommet du triangle:

$$\bar{\rho} = 0.207^{+0.036}_{-0.043}$$

$$\bar{\eta} = 0.340^{+0.023}_{-0.023}$$

Effets de nouvelle physique dans les transitions $b \rightarrow s$

Les transitions $b \rightarrow s \bar{q} q$

- Ces 2 types de transitions donnent accès à une même phase faible

$$\mathcal{A}_{CP}(B_d \rightarrow J/\psi K_S) \propto \sin 2\beta$$

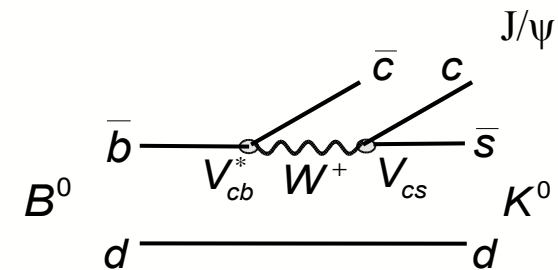
$$\mathcal{A}_{CP}(B_d \rightarrow \phi K_S) \propto \sin 2\beta$$

- Dans le cadre du modèle standard

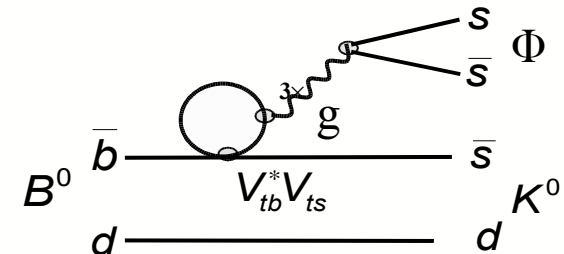
$$\sin 2\beta_{\text{charmonium}} = \sin 2\beta_{\text{s-pingouins}}$$

- Les transitions de type pingouin sont plus sensibles à la nouvelle physique

$b \rightarrow c\bar{c}s$:



$b \rightarrow s\bar{s}s$:



Pas de phase faible dans la désintégration
(à l'ordre dominant)

Les transitions $b \rightarrow s \bar{q} q$

- Ces 2 types de transitions donnent accès à une même phase faible

$$\mathcal{A}_{CP}(B_d \rightarrow J/\psi K_S) \propto \sin 2\beta$$

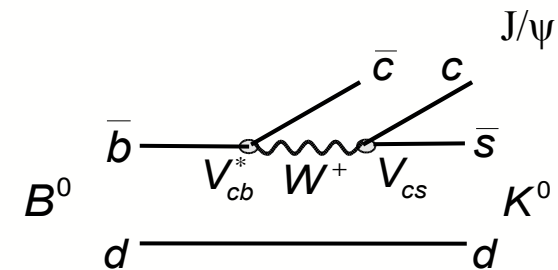
$$\mathcal{A}_{CP}(B_d \rightarrow \phi K_S) \propto \sin 2\beta$$

- Dans le cadre du modèle standard

$$\sin 2\beta_{\text{charmonium}} \stackrel{?}{=} \sin 2\beta_{\text{s-pingouins}}$$

- Les transitions de type pingouin sont plus sensibles à la nouvelle physique

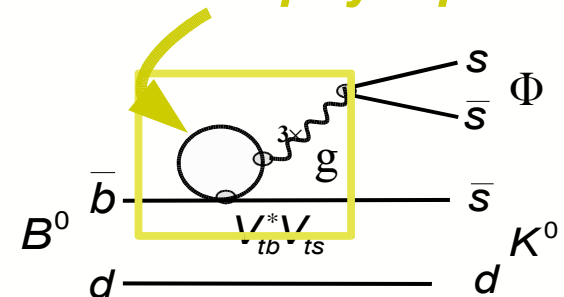
$b \rightarrow c\bar{c}s$:



$b \rightarrow sss$:



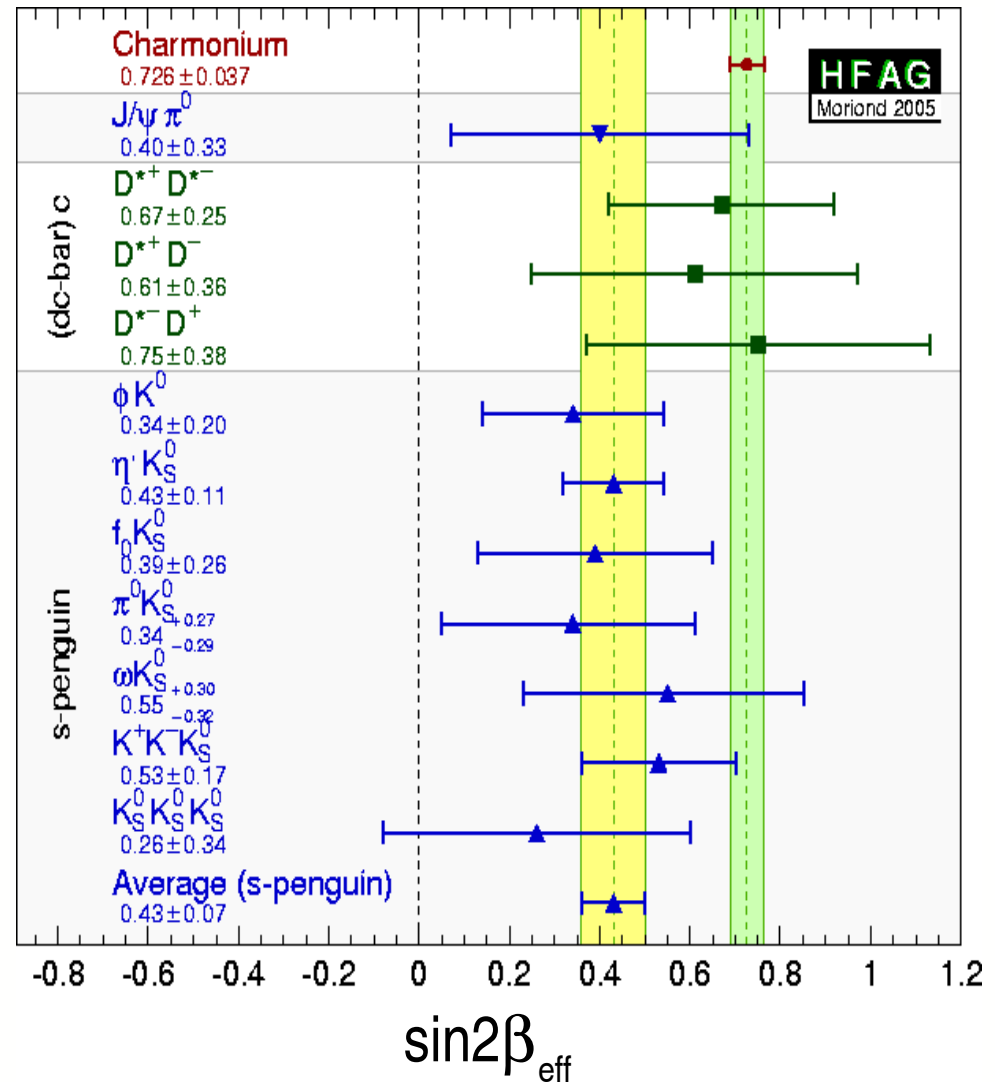
Nouvelle physique ?



Pas de phase faible dans la désintégration
(à l'ordre dominant)

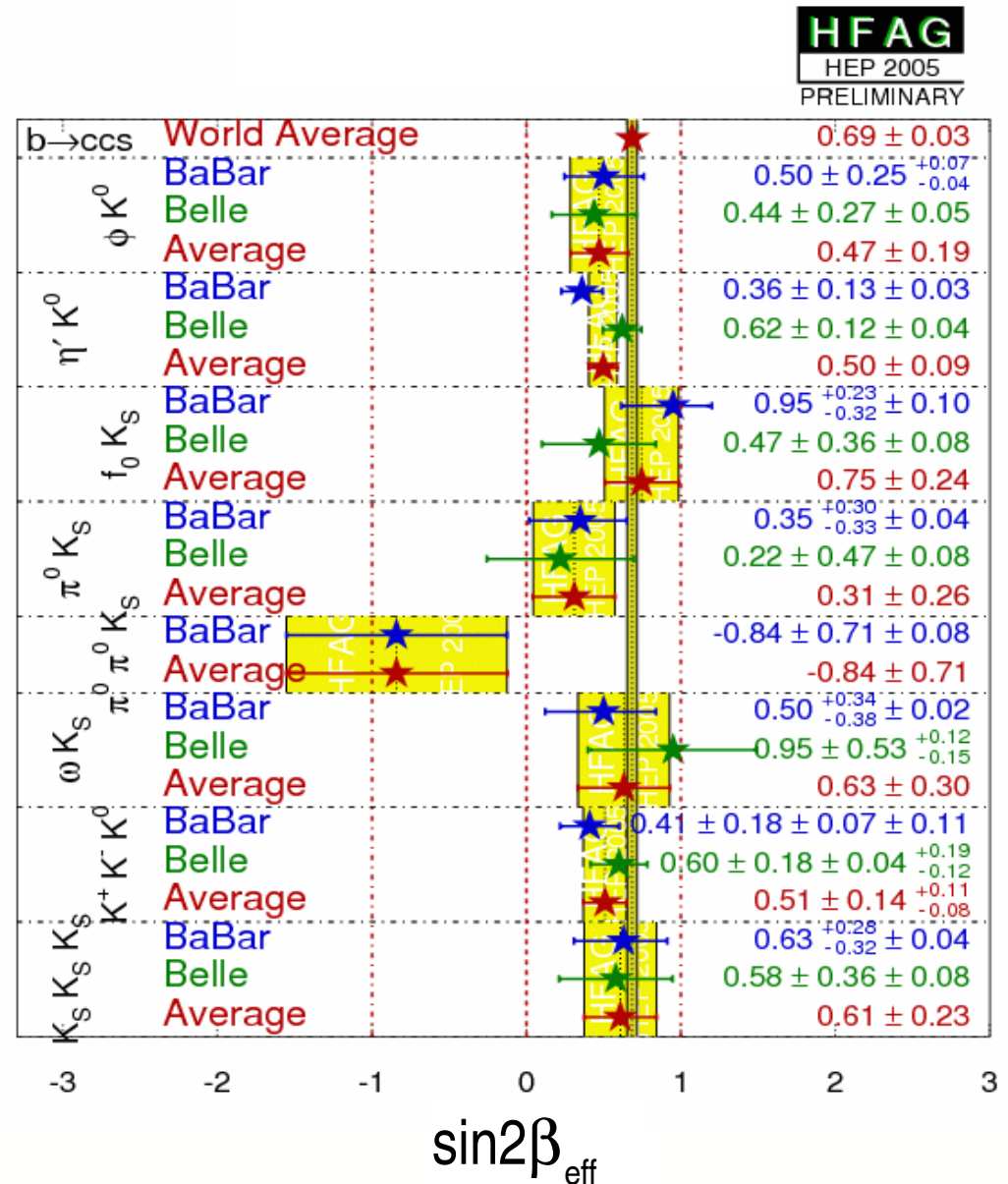
Mesures de $\sin 2\beta$

- Statut **avant** LP'2005
 - $\sin 2\beta$ [charmonium] = 0.726 ± 0.036
 - Déviation de 3.8σ des modes s-pingouins par rapport à la valeur des modes charmonium (en négligeant les incertitudes théoriques)
 - Nouvelle physique ?
- Calcul des corrections d'une classe de modèles de nouvelle physique: Z-pingouins



Mesures de $\sin 2\beta$

- Évolution des mesures
- Statut **après** LP'2005
 - $\sin 2\beta$ [charmonium] = 0.69 ± 0.03
 - Déviation de $\sim 1\sigma$
 - Encore de la place pour la nouvelle physique ?



Z-pingouins non-standard

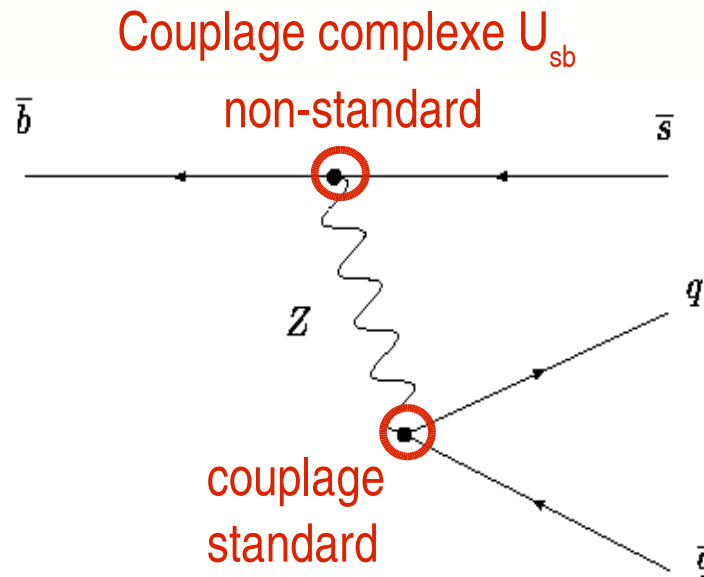
G.Hiller et al. hep-ph/0503151

D.Atwood, G.Hiller hep-ph/0307251

N.G.Deshpande et al. hep-ph/0311332

■ Contributions non-standard aux transitions $b \rightarrow s\bar{q}q$

• Échange d'un Z^0



• Origine possible:

- Théorie de grande unification
- 4^{eme} génération de fermions impliquant une matrice CKM 4 x 4
- Relation de corrélation entre les différents modes si le modèle est cohérent (mêmes couplages sZb impliqués dans chaque mode)

Effets dans les désintégrations

$$B_d \rightarrow K_S(q\bar{q})$$

- Pour chaque amplitude, on propose la paramétrisation suivante ($V_{ub}V_{us}^* \rightarrow 0$)

$$\begin{aligned} \mathcal{A}(MK_S) &= \boxed{V_{tb}V_{ts}^*T_{SM}} + \boxed{U_{sb}^L P_Z^L + U_{sb}^R P_Z^R} \\ \bar{\mathcal{A}}(MK_S) &= \boxed{V_{tb}V_{ts}^*T_{SM}} + \boxed{U_{sb}^{L*} P_Z^L + U_{sb}^{R*} P_Z^R} \end{aligned}$$

Partie standard
Partie non-standard violant CP

- Relation exacte entre les observables et les couplages non-standards pour chaque mode (exemple donné pour $U_{sb}^R=0$)

$$|U_{sb}^L|^2 \sin^2 \phi_Z = \Delta_{MK_S} \frac{\mathcal{BR}(MK_S)}{|P_Z(MK_S)|^2} \frac{1}{(p_M/8\pi m_{B_d}^2 \Gamma_{B_d})}$$

- Avec $\Delta_{MK_S} \equiv \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{1 - C_{MK_S}^2} \cos(2\beta_{SM} - 2\beta_{MK_S}) \right]$
- $P_Z(MK_S)$ est estimée en utilisant l'hypothèse de factorisation (amplitude dominante contrairement à T_{SM})

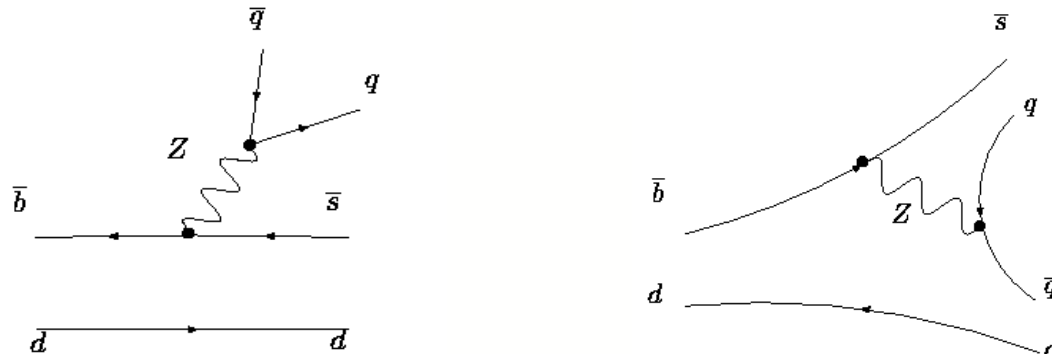
Estimation des amplitudes non-standard P_Z

$$\mathcal{H}_{eff}^Z = -\frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{tb} V_{ts}^* \sum_{i=1 \dots 10, 7\gamma, 8g} (C_i^Z \mathcal{O}_i + C_i'^Z \mathcal{O}_i')$$

- Seuls les coefficients de Wilson sont affectés par la nouvelle physique
- Au niveau des «arbres», l'amplitude s'écrit

$$P_Z = \frac{G_F}{\sqrt{2}} [\bar{s} U_{sb}^L \gamma_\mu (1 - \gamma_5) b + \bar{s} U_{sb}^R \gamma_\mu (1 + \gamma_5) b] [\bar{q} \gamma_\mu (Z_V + \gamma_5 Z_A) q]$$

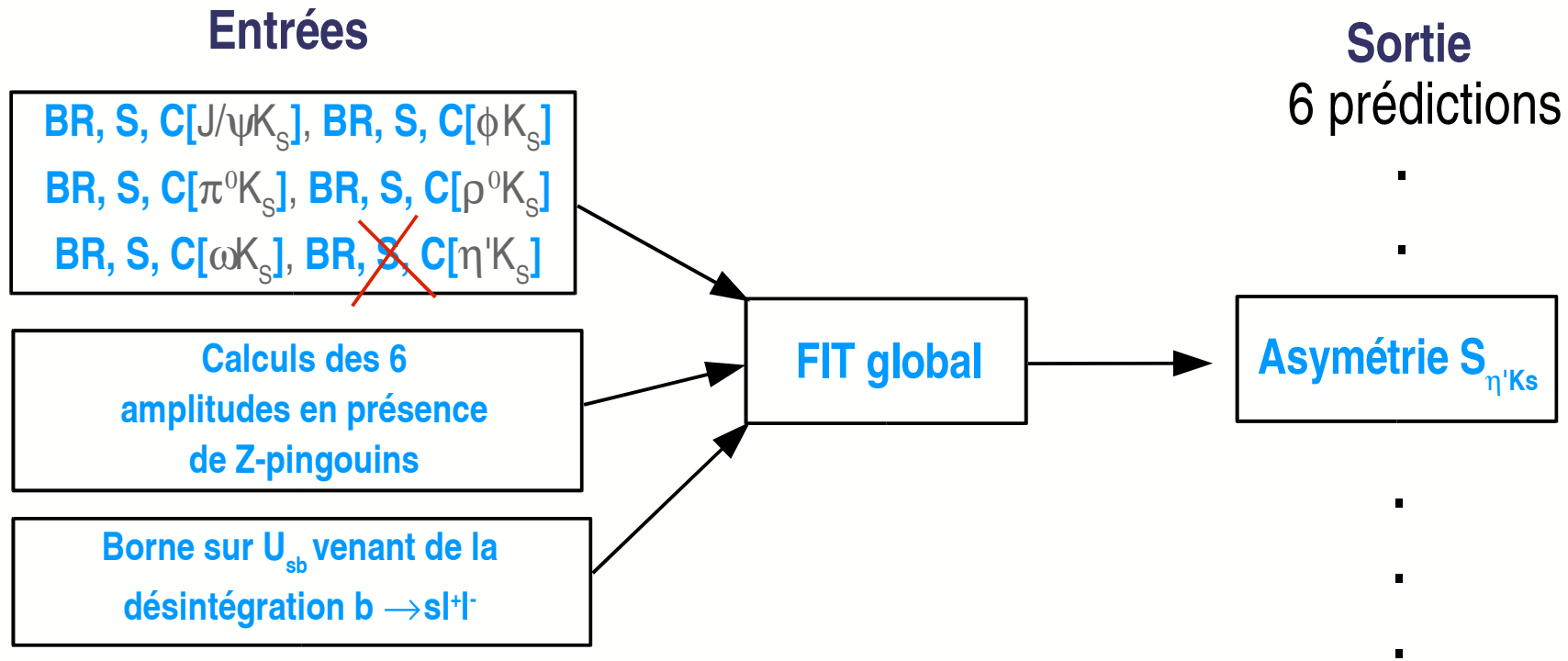
correspondant aux diagrammes



- Calcul des amplitudes $J/\Psi K_S, \phi K_S, \eta' K_S, \pi^0 K_S, \rho^0 K_S, \omega K_S$

Objectif de notre analyse

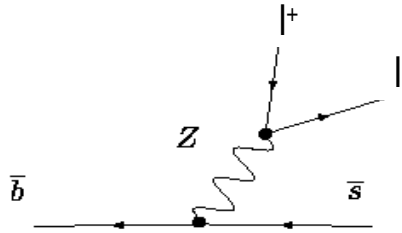
- Analyse complète de 6 modes $B \rightarrow K_s(q\bar{q})$ sous forme d'un fit global
 - Pour chaque mode, on veut donner l'asymétrie CP corrigée par la présence de ces couplages sZb non-standard



- Pas de biais entre la prédiction et la mesure
- Prédiction pour l'asymétrie du mode $\rho^0 K_s$ non mesurée actuellement

Désintégration inclusive $b \rightarrow s l^+ l^-$

- Les Z-pingouins peuvent aussi contribuer à la désintégration inclusive du type $B \rightarrow X_s l^+ l^-$



- Laboratoire idéal pour la recherche de phénomènes FCNC non-standards
 - Calculs théoriques plus précis que pour le cas exclusif
 - erreur théorique: $\sim 20\%$ pour l'inclusive
 $\sim 45\%$ pour les exclusives
 - Les mesures deviennent de plus en plus précises



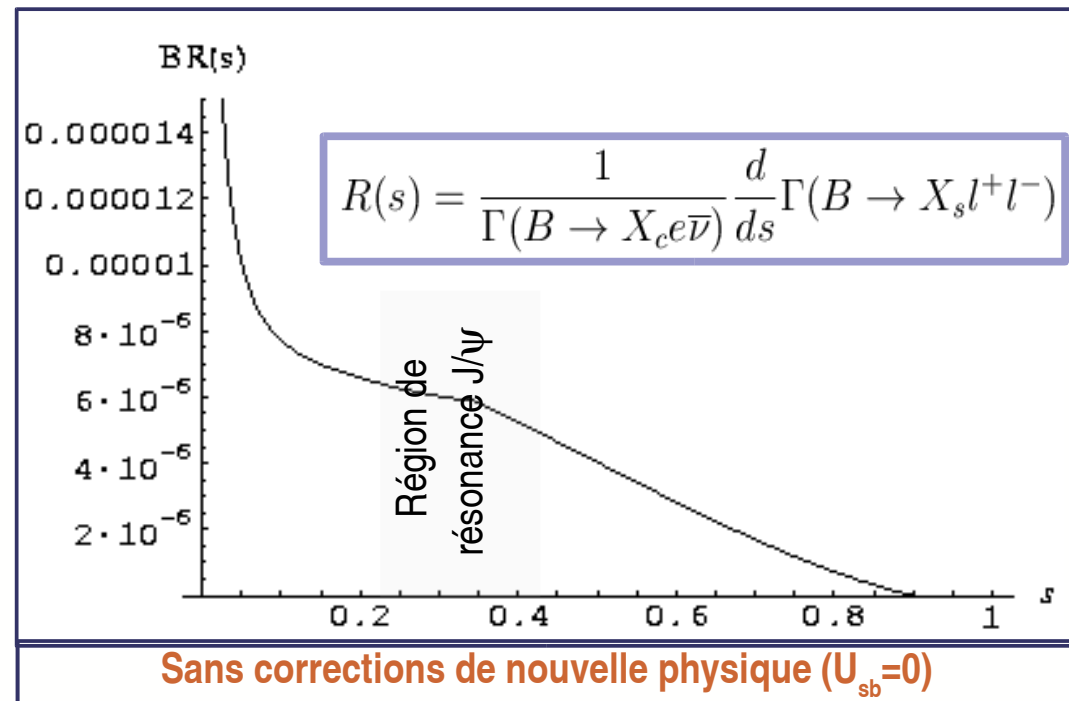
- borne sur les couplages non-standards sZb
- nécessité de la prendre correctement en compte (prise en compte de toutes les corrections)

$B \rightarrow X_s l^+ l^-$ standard

- Calcul numérique du rapport de branchement différentiel normalisée $BR(s)$:
 - Prise en compte des corrections QCD et HQET
 - $s \equiv (p_{l^+} + p_{l^-})^2 / m_b^2$
- $BR(B \rightarrow X_s l^+ l^-)$ après intégration dans la fenêtre $s \in [\frac{4m_\mu^2}{m_b^2}, 1]$

Cas standard ($U_{sb}=0$)

	$BR(B \rightarrow X_s l^+ l^-) \times 10^{-6}$
Resultat	4.7 ± 0.8 (cf Ghinculov et al.)
Moyenne HFAG	4.46 ± 0.98

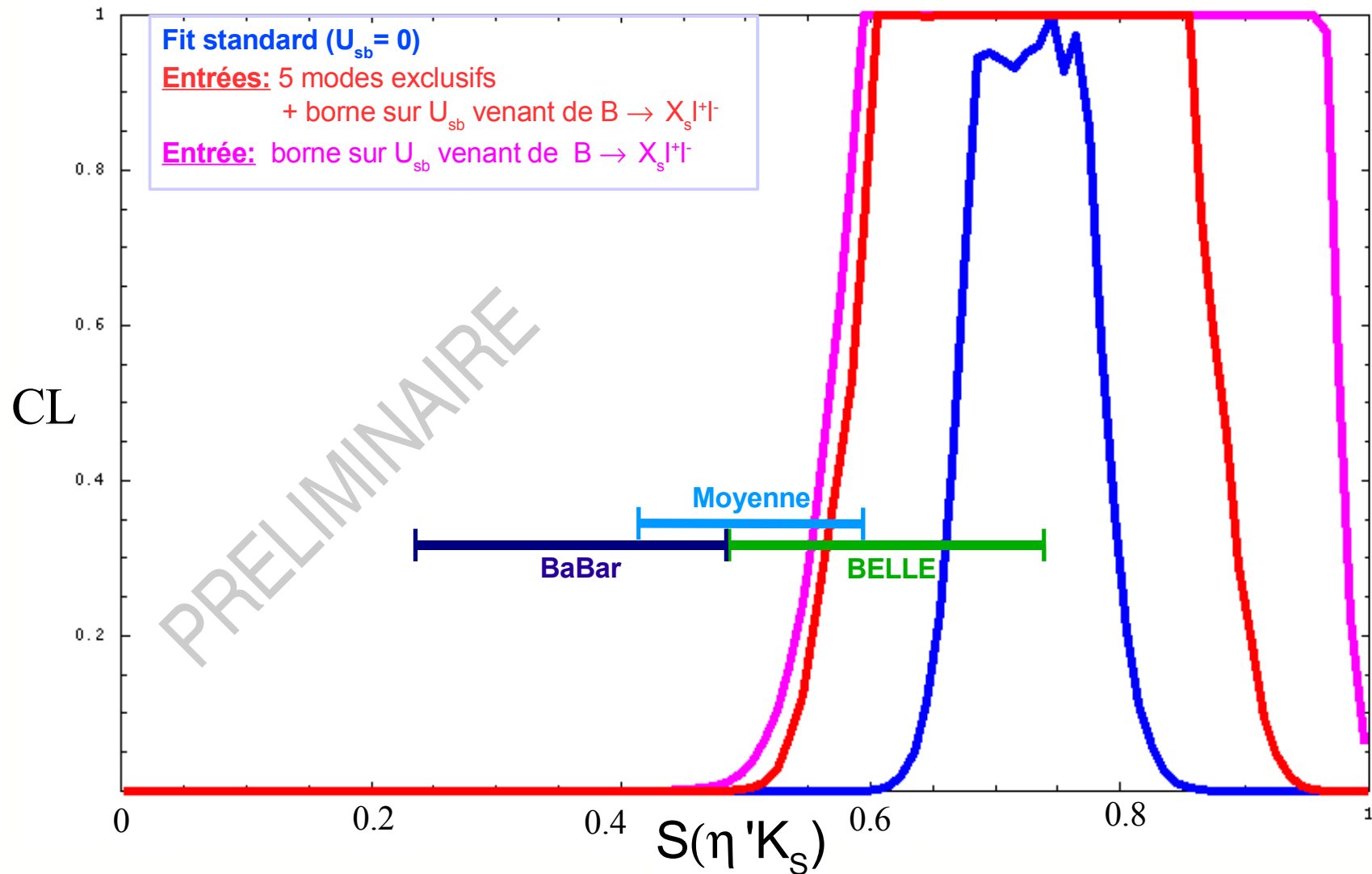


$B \rightarrow X_s l^+ l^-$ non-standard

- Introduction des couplages non-standard U_{sb} dans le calcul de $BR(B \rightarrow X_s l^+ l^-)$
 - Valeur expérimentale (moyenne BaBar/Belle):
 $BR(B \rightarrow X_s l^+ l^-) = (4.46 \pm 0.98) 10^{-6}$
 - Contrainte forte sur les couplages non-standard sZb
 - Construction d'un $\chi^2(U_{sb})$ pris en entrée dans notre analyse globale

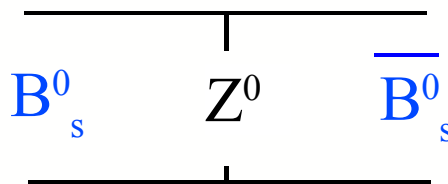
Résultats du fit global:

Asymétrie CP du mode $B_d \rightarrow \eta' K_S$

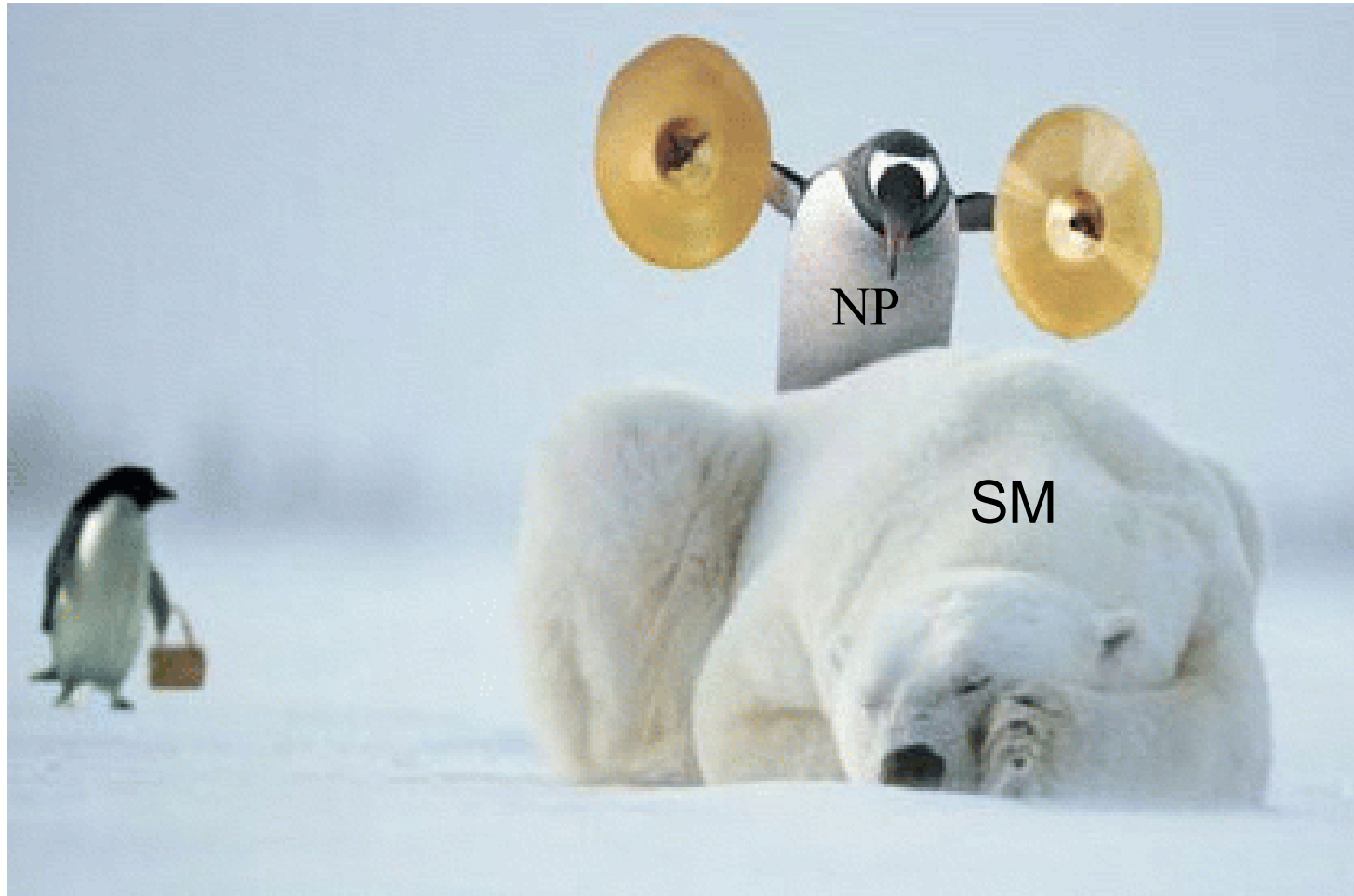


Z-pingouins: conclusions & perspectives

- Analyse de nouvelle physique complexe mettant en jeu
 - un grand nombre de modes donc d'observables ainsi que toutes les corrections relatives au calcul des amplitudes
- On obtient une prédiction de l'asymétrie pour chaque mode corrigée par la présence de ce type de nouvelle physique
 - 6 prédictions à étudier dans leur globalité
 - les couplages sZb non-standards et le modèle standard ne sont pas exclus par les mesures actuelles
 - La désintégration inclusive $B \rightarrow X_s l^+ l^-$ donne une borne forte sur ces couplages et les modes exclusifs apportent une information supplémentaire non triviale
- Une prédiction dans le domaine des B_s peut être donnée
 - Asymétrie $B_s \rightarrow J/\psi \phi$
 - Corrections à Δm_s



A quand le réveil ?

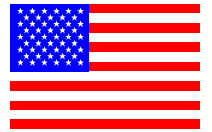


Étiquetage des saveurs auprès de l'expérience LHCb



Brazil

Collaboration LHCb



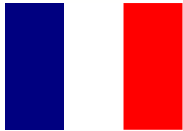
USA



Finland



Ukraine



France



UK



Germany

- Expérience dédiée à l'étude de la violation de CP dans les désintégrations des mésons B et aux désintégrations rares
- Située au CERN, Genève
- Collaboration de 565 physiciens à travers le monde
- Démarrage été 2007



Switzerland



Italy



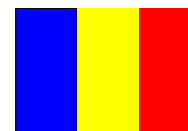
Netherlands



PRC



Poland



Romania



Russia



Spain

Expérience LHCb: objectifs et outils

■ Perspectives physiques:

- Mesure de Δm_s avec une erreur de 0.01 ps^{-1} ($\Delta m_s = 20 \text{ ps}^{-1}$)
 - Mode $B_s \rightarrow D_s^- \pi^+$
 - Observation $> 5\sigma$ si $\Delta m_s < 68 \text{ ps}^{-1}$
- Mesure de l'angle γ à mieux que 5°
- Désintégrations rares: $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$, $B \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$, $B \rightarrow K^* \gamma$, ...
- Mesures d'asymétries dans le domaine du B_s et phase ϕ_s du mélange ($B_s \rightarrow J/\psi \phi$, ...)

■ Outils d'analyse nécessaires:

- Bonne sélection des événements (trigger)
- Bonne résolution temporelle
- Bonne identification des B et \bar{B}

$$\mathcal{A}_{CP}(t) \equiv \frac{\Gamma(B \rightarrow f) - \Gamma(\bar{B} \rightarrow \bar{f})}{\Gamma(B \rightarrow f) + \Gamma(\bar{B} \rightarrow \bar{f})}(t)$$

Expérience LHCb: objectifs et outils

■ Perspectives physiques:

- Mesure de Δm_s avec une erreur de 0.01 ps^{-1} ($\Delta m_s = 20 \text{ ps}^{-1}$)
 - Mode $B_s \rightarrow D_s^- \pi^+$
 - Observation $> 5\sigma$ si $\Delta m_s < 68 \text{ ps}^{-1}$
- Mesure de l'angle γ à mieux que 5°
- Désintégrations rares: $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$, $B \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$, $B \rightarrow K^* \gamma$, ...
- Mesures d'asymétries dans le domaine du B_s et phase ϕ_s du mélange ($B_s \rightarrow J/\psi \phi$, ...)

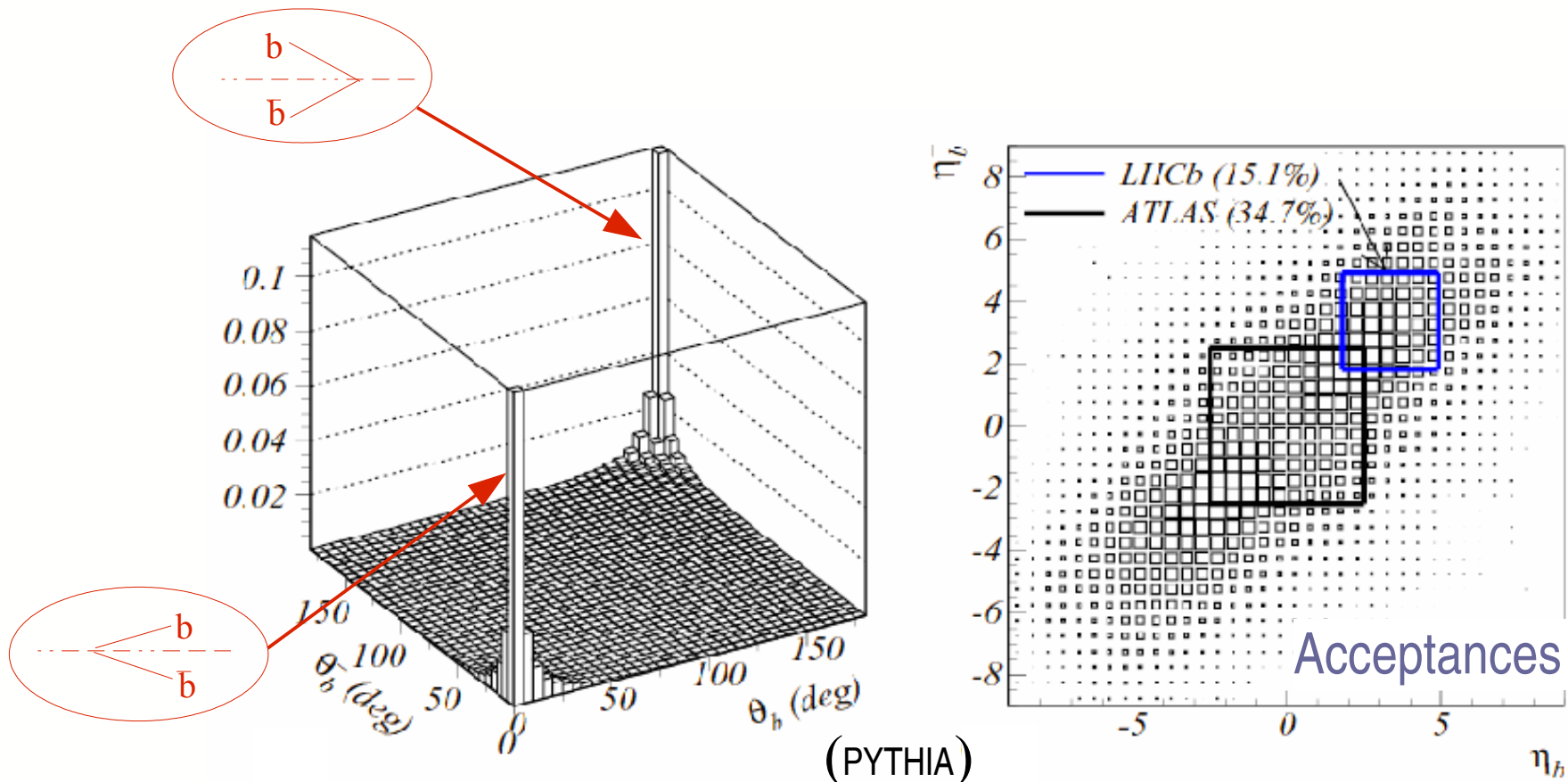
■ Outils d'analyse nécessaires:

- Bonne sélection des événements (trigger)
- Bonne résolution temporelle
- Bonne identification des B et \bar{B}

$$\mathcal{A}_{CP}(t) \equiv \frac{\Gamma(B \rightarrow f) - \Gamma(\bar{B} \rightarrow \bar{f})}{\Gamma(B \rightarrow f) + \Gamma(\bar{B} \rightarrow \bar{f})}(t)$$

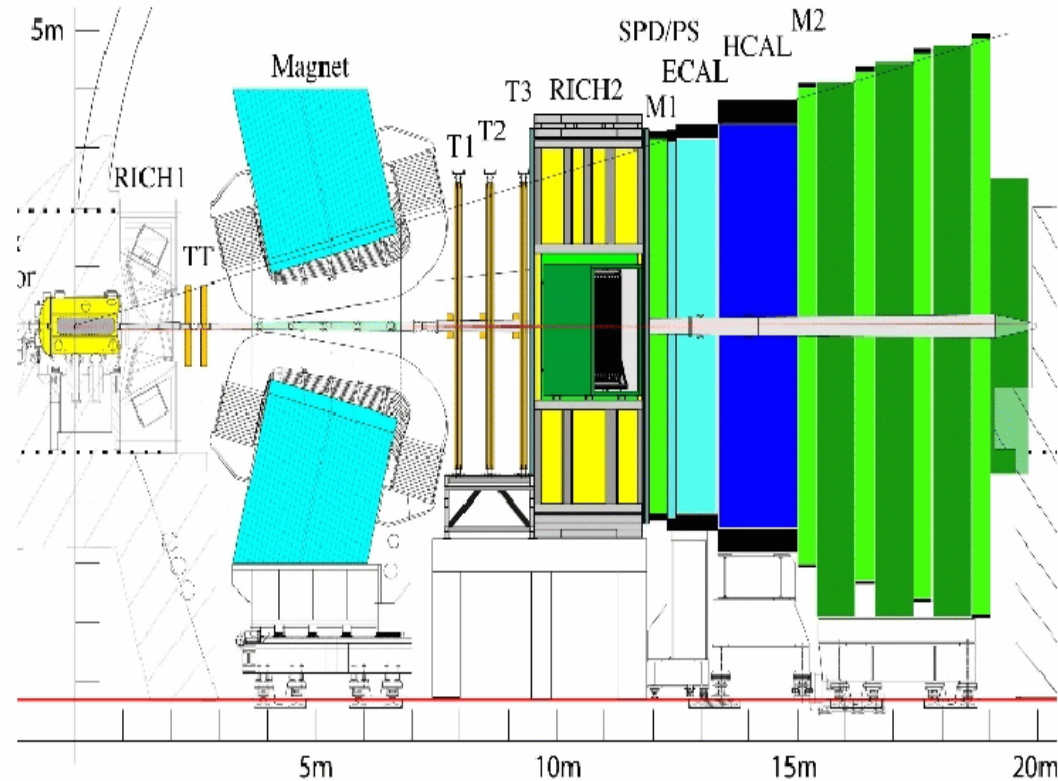
Production des mésons B

- Le collisionneur LHC offre une énergie au centre de masse de 14TeV
- On attend 10^{12} $b\bar{b}$ /année à LHCb
- Production de B_d , B^+ , B_s , B_c , Λ_b , Σ_b , Ξ_b , ...

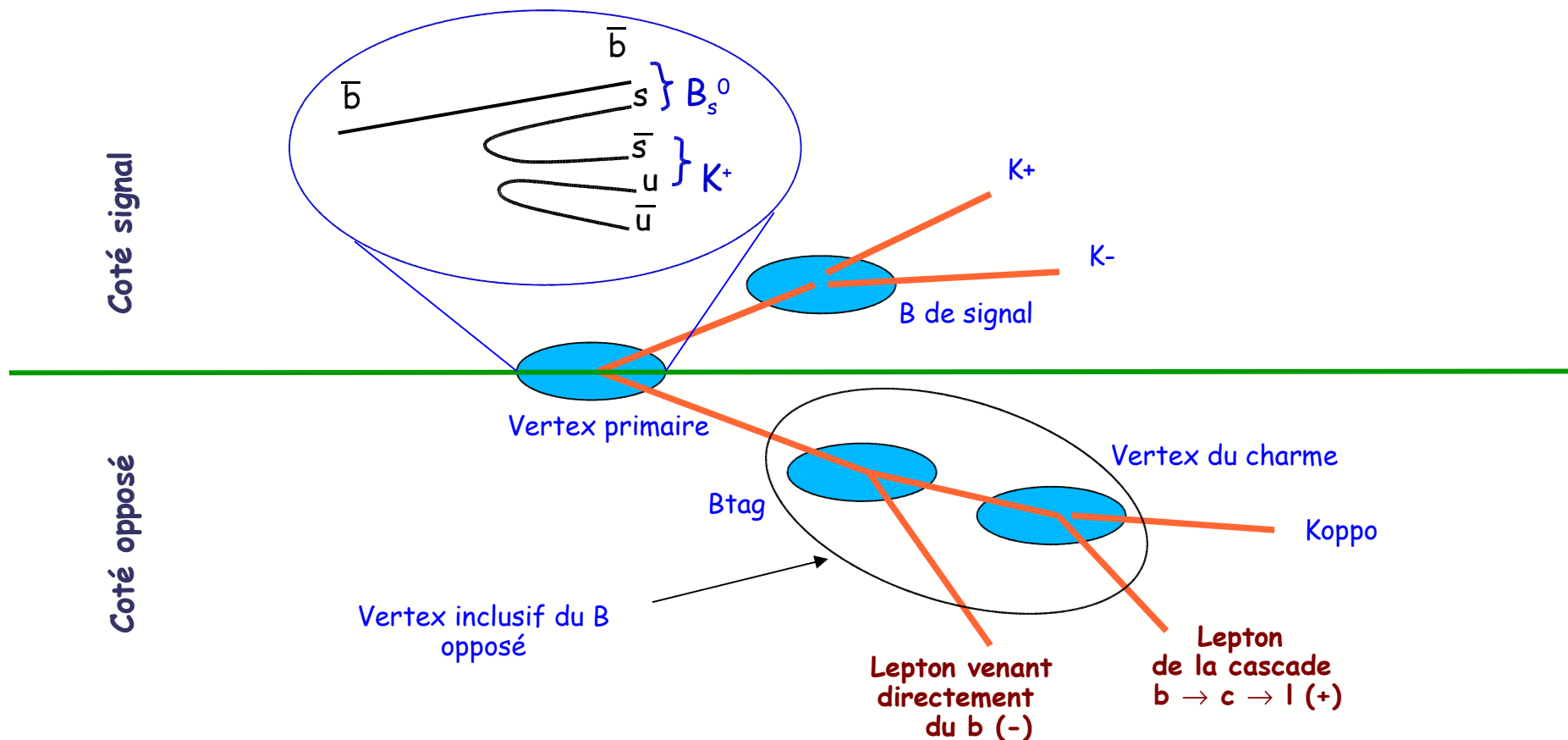


L'expérience LHCb

- Spécialement étudiée pour les désintégrations des mésons B:
 - Précision de $30\text{ }\mu\text{m}$ sur le paramètre d'impact
 - Résolutions:
 - 0.4% sur l'impulsion
 - 40 MeV sur la masse invariante
 - 2 niveaux de Trigger (L0 et HLT) pour réduire la masse de données en entrée
 - 2 RICH pour une séparation $>3\sigma$ entre π -K (fenêtre $3 < p < 80\text{ GeV}$)
 - Bonne reconstruction des μ



Étiqueter un méson B



- Plusieurs méthodes possibles afin d'étiqueter un méson B

Coté opposé: muons, électrons, kaons, charge de vertex

Coté signal: kaons de fragmentation

Principe

- On définit 2 quantités:

- Efficacité d'étiquetage :

$$\epsilon_{\text{tag}} = \frac{N_{\text{Right}} + N_{\text{Wrong}}}{N_{\text{Right}} + N_{\text{Wrong}} + N_{\text{Untagged}}}$$

- Fraction de mauvais étiquetage :

$$\omega = \frac{N_{\text{Wrong}}}{N_{\text{Right}} + N_{\text{Wrong}}}$$

- Erreur sur l'asymétrie CP:

$$\sigma_{\mathcal{A}_{CP}} \propto \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{\text{tag}}}(1 - 2\omega)}$$

Principe

- On définit 2 quantités:

- Efficacité d'étiquetage :

$$\epsilon_{\text{tag}} = \frac{N_{\text{Right}} + N_{\text{Wrong}}}{N_{\text{Right}} + N_{\text{Wrong}} + N_{\text{Untagged}}}$$

- Fraction de mauvais étiquetage :

$$\omega = \frac{N_{\text{Wrong}}}{N_{\text{Right}} + N_{\text{Wrong}}}$$

- Erreur sur l'asymétrie CP:

$$\sigma_{\mathcal{A}_{CP}} \propto \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{\text{tag}}}(1 - 2\omega)}$$

Puissance d'étiquetage à maximiser

- Puissance d'étiquetage totale estimée à partir de 5 estimateurs

Exemple de puissance d'étiquetage

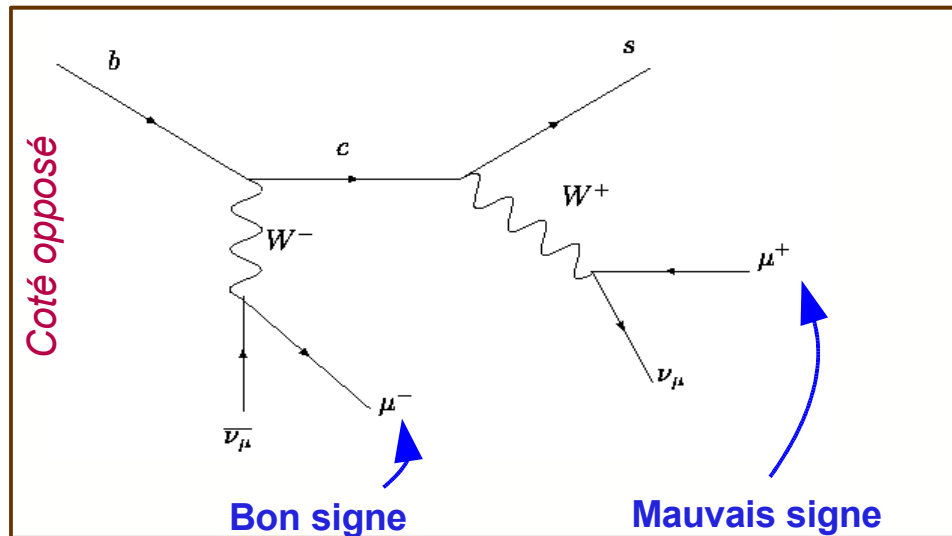
$B_s \rightarrow D_s \pi$	$\epsilon D^2(\%)$
Muon	1.5 ± 0.2
Electron	0.7 ± 0.2
Kaon opp. side	2.5 ± 0.3
Q vertex	0.8 ± 0.2
Kaon same side	3.1 ± 0.4
Combined	7.5 ± 0.5

Séparation des $b \rightarrow I$ et $b \rightarrow c \rightarrow I$

Séparation des leptons (I)

- Actuellement, on suppose que les muons avec $p_T > 1.2 \text{ GeV}$ et $p > 5 \text{ GeV}$ viennent directement d'un B
 - La charge du lepton permet de connaître la saveur du méson B opposé donc du méson B étudié (signal)

- Mais**, $\text{charge}(b \rightarrow l) \neq \text{charge}(b \rightarrow c \rightarrow l)$



$\text{BR}(b \rightarrow l)$	11.12 %
$\text{BR}(b \rightarrow c \rightarrow l)$	8.03 %
$\text{BR}(b \rightarrow \bar{c} \rightarrow l)$	0.13 %
$\text{BR}(c \rightarrow l)$	9.8 %

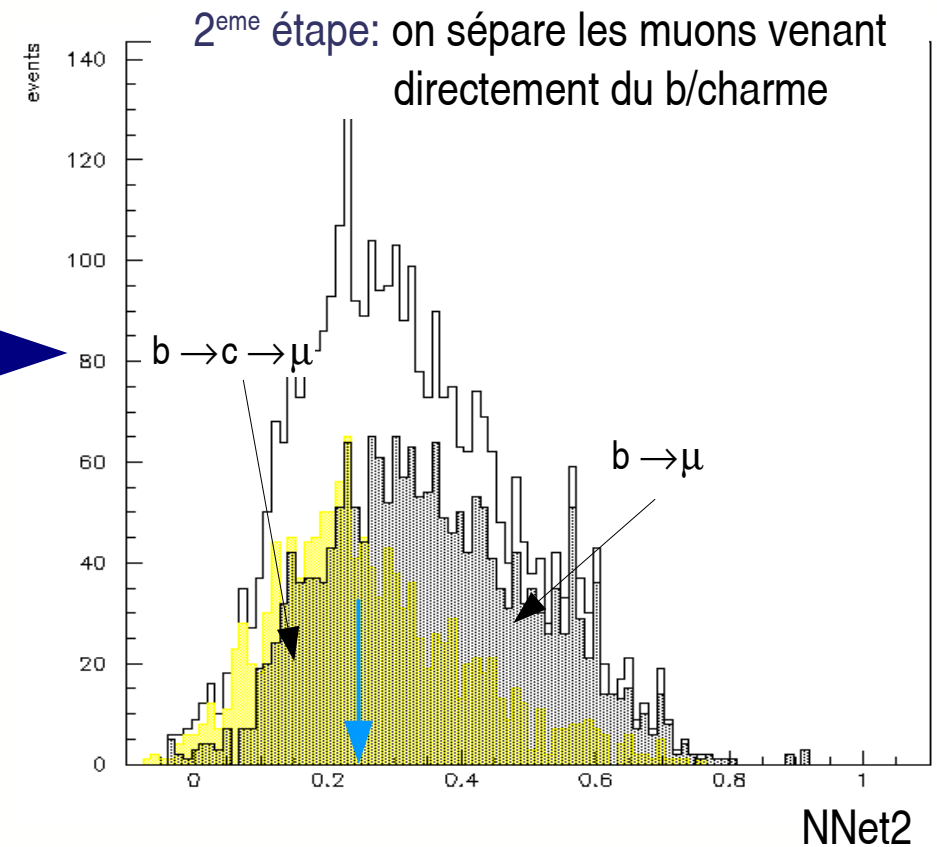
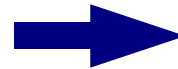
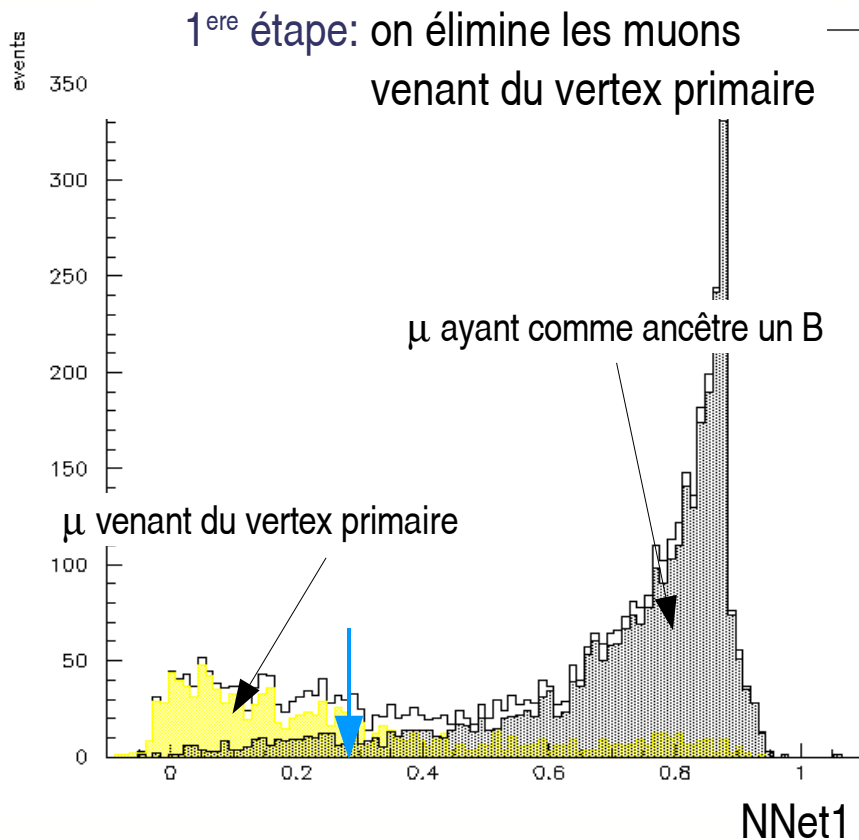
- Avec une connaissance parfaite de l'origine et de la nature de chaque muon



la puissance d'étiquetage pour la catégorie muon peut être améliorée d'un facteur 3

Séparation des leptons (II)

- On utilise un réseau de neurones à base de 3 variables discriminantes (p_T , p , paramètre d'impact/vertex primaire)



Séparation des muons: résultats

- Une coupure est appliquée sur chaque réseau de neurone afin de séparer les muons en 3 catégories
 - Chaque réseau est entraîné sur des échantillons différents de celui étudié

	$\epsilon_{\text{tag}}(\%)$	$\omega(\%)$	$\epsilon_{\text{tag}} D^2(\%)$
$b \rightarrow \mu$	7.2 ± 0.2	26.7 ± 1.0	1.57 ± 0.14
$b \rightarrow c \rightarrow \mu$	4.1 ± 0.1	34.8 ± 1.4	0.38 ± 0.07
autre $\rightarrow \mu$	3.3 ± 0.1	43.7 ± 1.6	0.05 ± 0.03

Combiné

2.01 ± 0.16

← +10%

- En utilisant seulement les coupures en p_T et p : $\epsilon_{\text{tag}} D^2(\text{muons}) = 1.84 \pm 0.15 \%$
- **Gain de 10%** pour la catégorie d'étiquetage muon (gain comparable pour la catégorie électron)
- Nous avons étudié une approche de type likelihood et celle-ci offre des résultats similaires

Charges de vertex et de jet

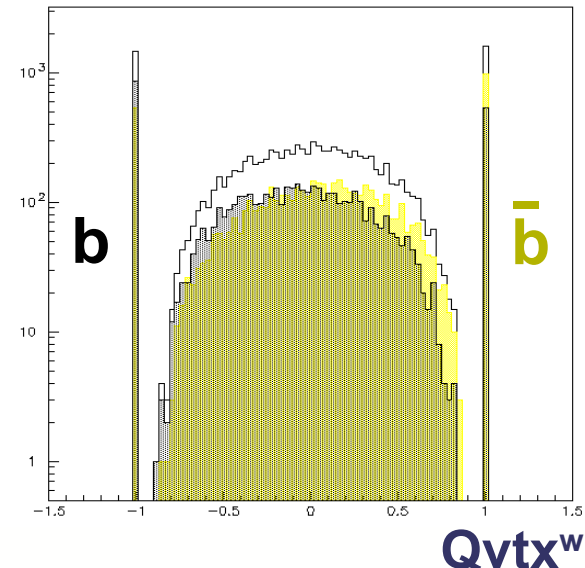
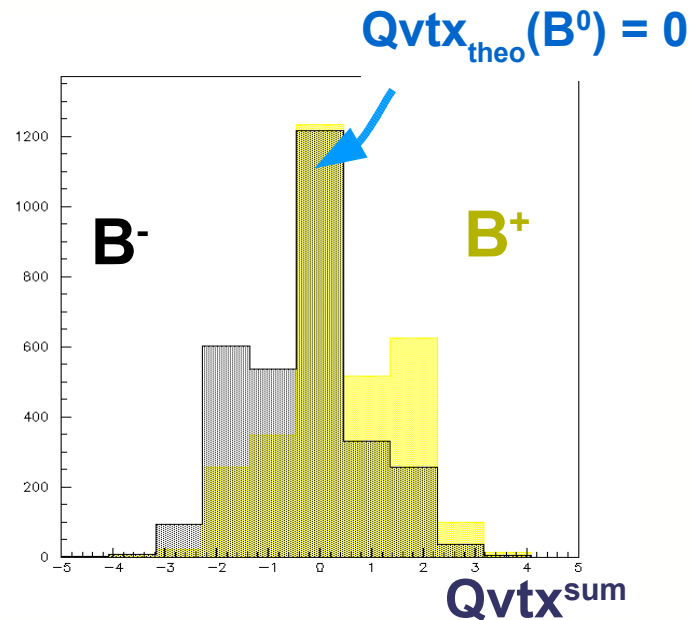
Classification des différentes charges (I)

- 1) Charge de vertex «sommée» : $Q_{vtx}^{sum} \equiv \sum_i Q(i)$

Utilisation des traces associées au vertex secondaire reconstruit de manière inclusive (41% des événements)

- 2) Charge de vertex «pondérée» : $Q_{vtx}^w \equiv \frac{\sum_i p_T^\kappa(i) Q(i)}{\sum_i p_T^\kappa(i)}$

utilisation des traces associées au vertex secondaire



Classification des différentes charges (II)

1) Charge de jet opposée : $Q_{jet} \equiv \frac{\sum_i p_T^\kappa(i) Q(i)}{\sum_i p_T^\kappa(i)}$

«graine»: trace de plus grand p_T

somme pondérée par p_T des traces contenues dans un cône (ϕ, η) autour de la graine avec une condition du type $\sqrt{(\phi_i - \phi_{seed})^2 + (\eta_i - \eta_{seed})^2} < \rho$

2) Charge de jet du côté signal : $Q_{jet} \equiv \frac{\sum_i p_T^\kappa(i) Q(i)}{\sum_i p_T^\kappa(i)}$

«graine»: méson B de signal

somme pondérée par p_T des traces contenues dans un cône (ϕ, η) autour de la graine $\sqrt{(\phi_i - \phi_{seed})^2 + (\eta_i - \eta_{seed})^2} < \rho$

Construction

Basée sur une utilisation exclusive des traces

Q_{vtx}^w :

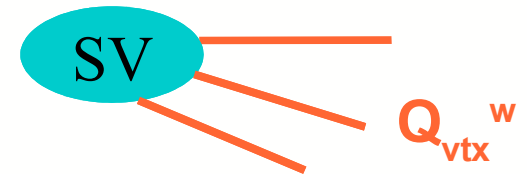
- Traces associées au vertex secondaire par l'algorithme d'étiquetage

$$Q_{vtx}^w \equiv \frac{\sum_i p_T^\kappa(i) Q(i)}{\sum_i p_T^\kappa(i)}$$

- L'ajout de traces de fragmentations à cet estimateur n'apporte pas de meilleurs résultats

Coté signal

Coté opposé



Construction

Basée sur une utilisation exclusive des traces

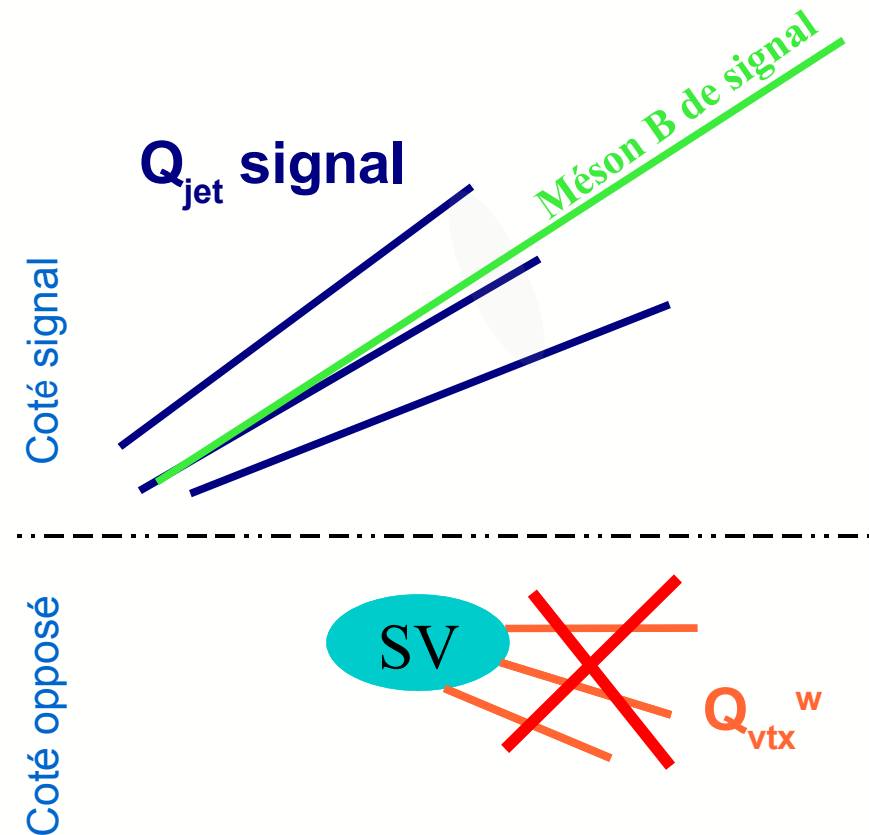
Q_{vtx}^w :

Charge de jet coté signal :

- Le méson B de signal sert de graine
- Utilisation des traces dans un cône

$$\sqrt{(\phi_i - \phi_{\text{seed}})^2 + (\eta_i - \eta_{\text{seed}})^2} < \rho$$

- Pas de traces venant du vertex secondaire



Construction

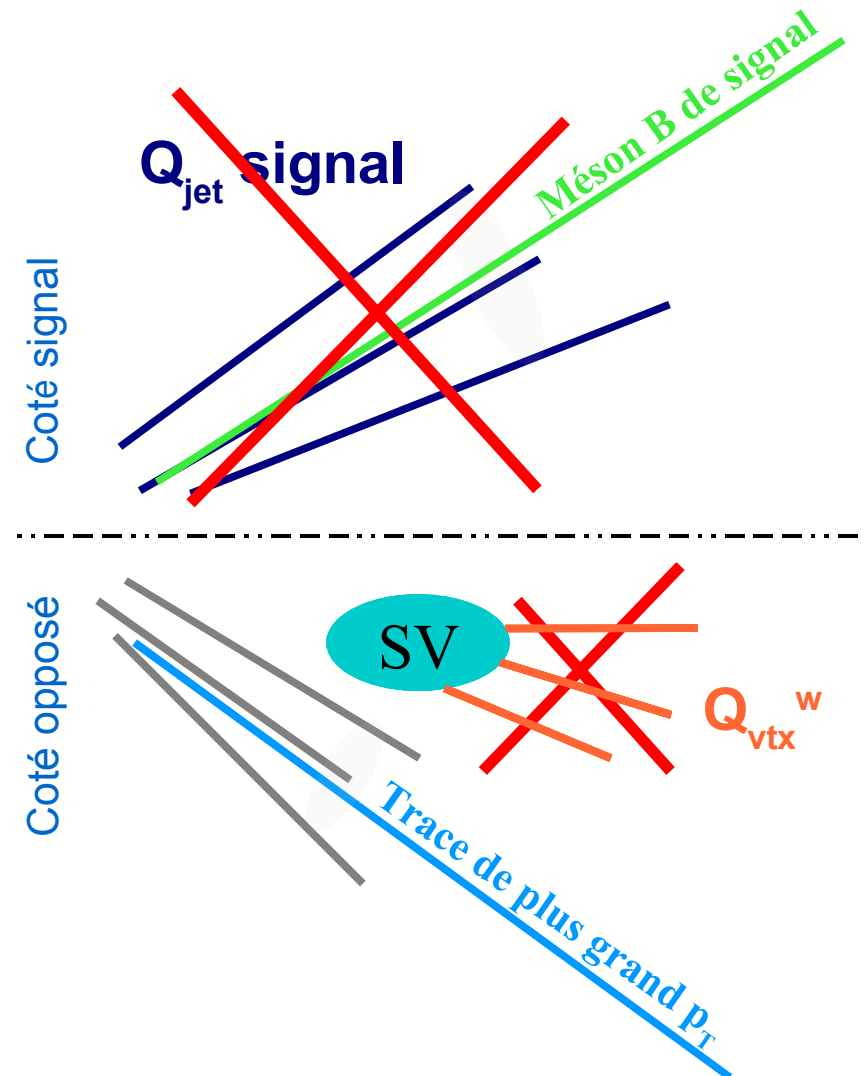
Basée sur une utilisation exclusive des traces

Q_{vtx}^w :

Charge de jet coté signal :

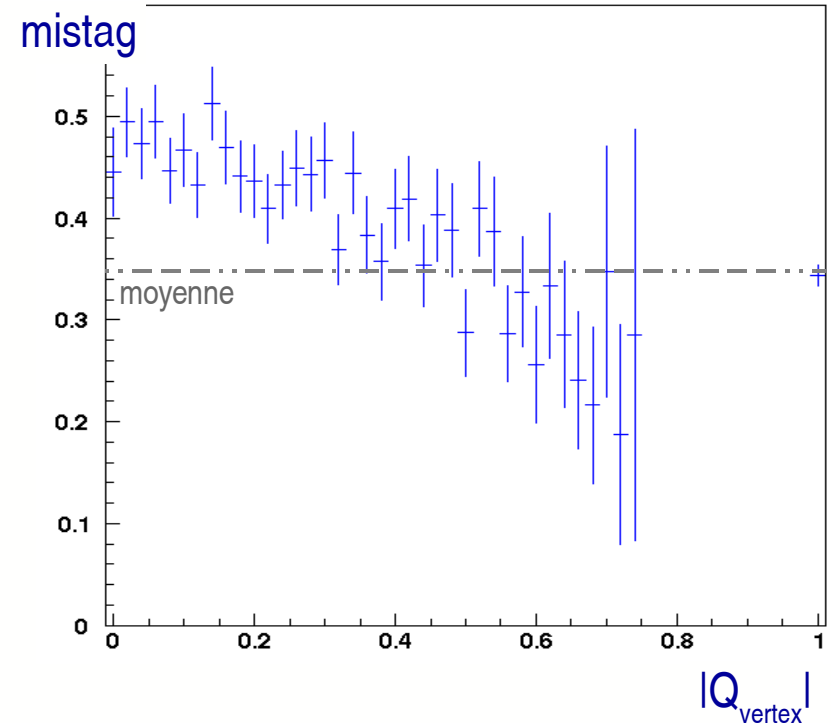
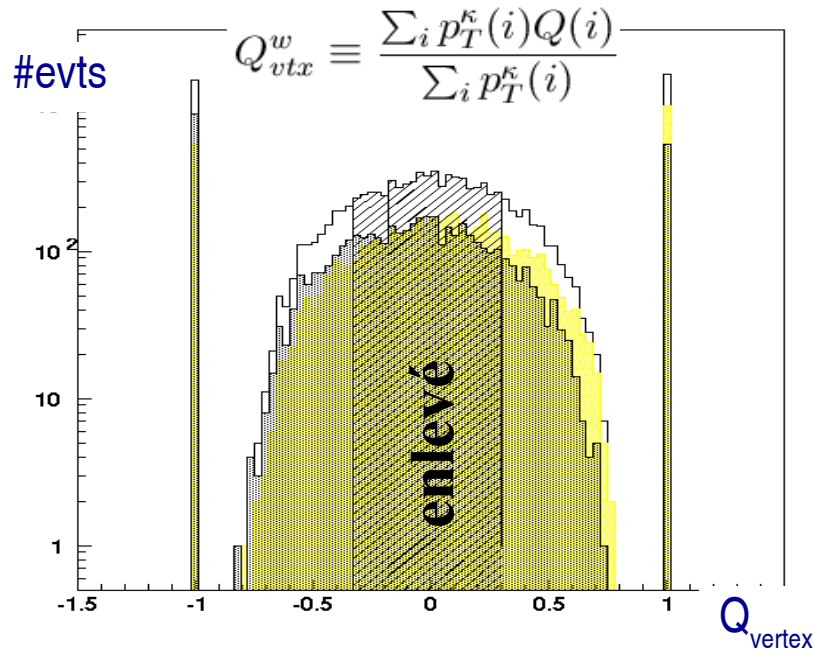
Charge de jet opposée :

- La trace de plus grand p_T sert de graine
- Utilisation des traces autour de la graine avec la condition
$$\sqrt{(\phi_i - \phi_{\text{seed}})^2 + (\eta_i - \eta_{\text{seed}})^2} < \rho$$
- Pas de traces du vertex secondaire ainsi que de la jet charge coté signal



Optimisation et résultats: charge de vertex pondérée

- Optimisation faite par rapport à 2 paramètres: κ et une coupure sur la partie centrale non-discriminante



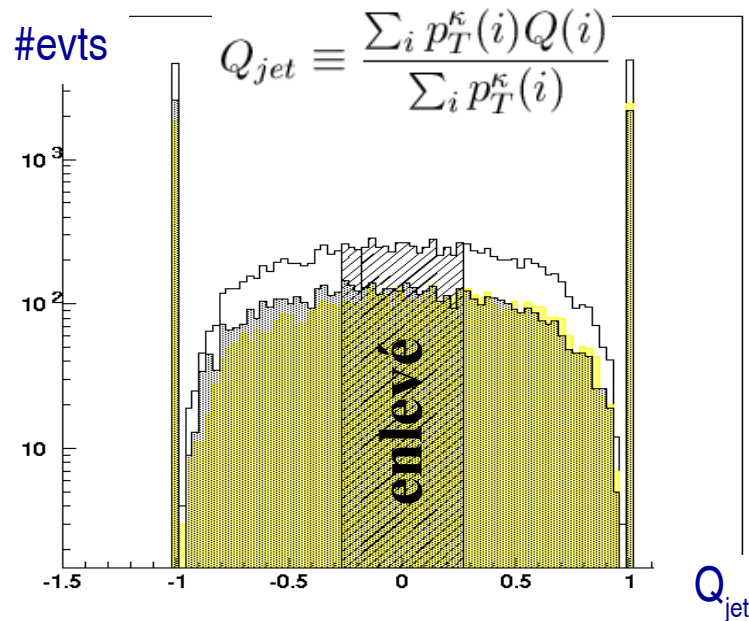
Pour tous les événements :

ε (%)	24.1 ± 0.2	charge de vertex sommée utilisée précédemment
ω (%)	35.8 ± 0.7	
εD^2 (%)	1.94 ± 0.20	1.39 ± 0.18

+ 40%

Optimisation et résultats: charge de jet coté signal

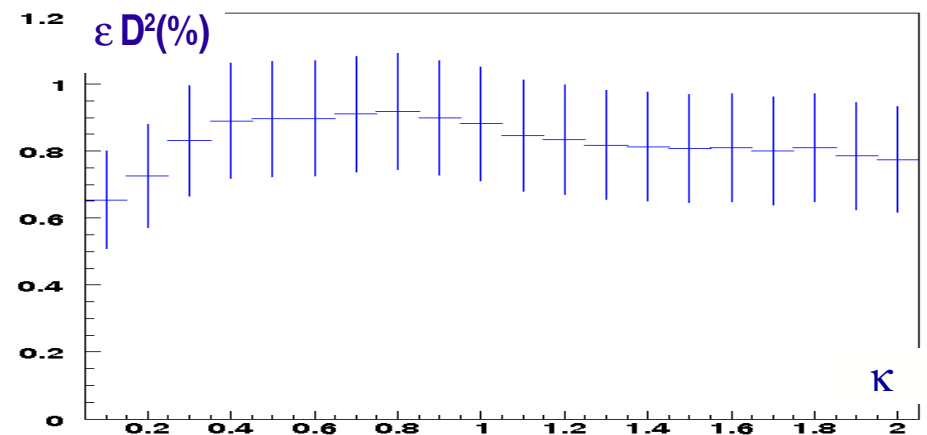
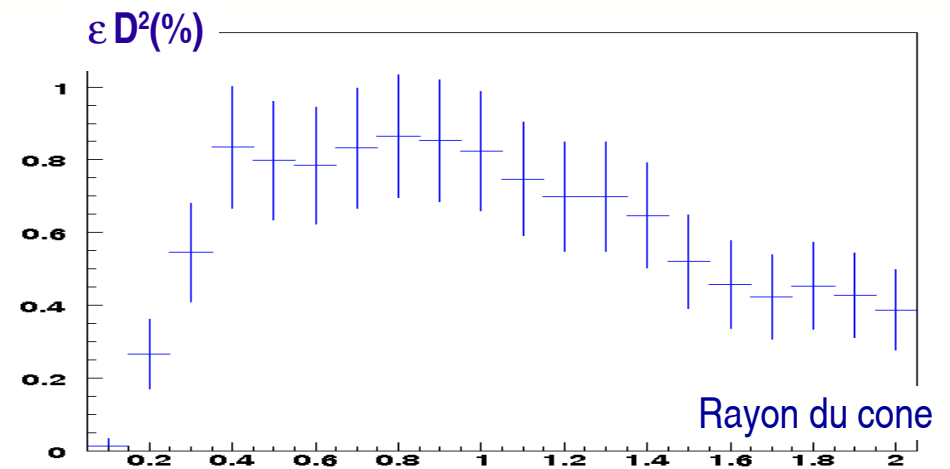
- Optimisation faite par rapport à 3 paramètres: κ , une coupure sur la partie centrale non-discriminante et le rayon du jet



Pour tous les événements :

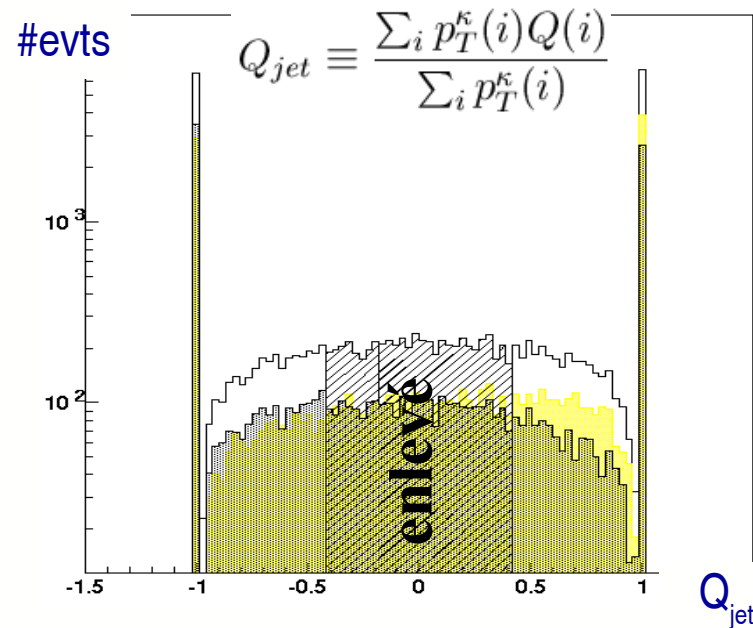
ε (%)	65.1 ± 0.3
ω (%)	44.5 ± 0.5
εD^2 (%)	0.91 ± 0.15

Nouvelle contribution



Optimisation et résultats: charge de jet coté opposé

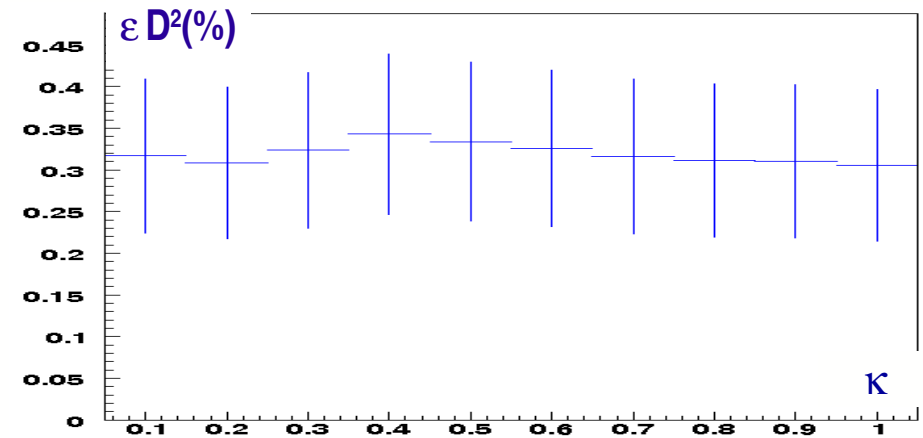
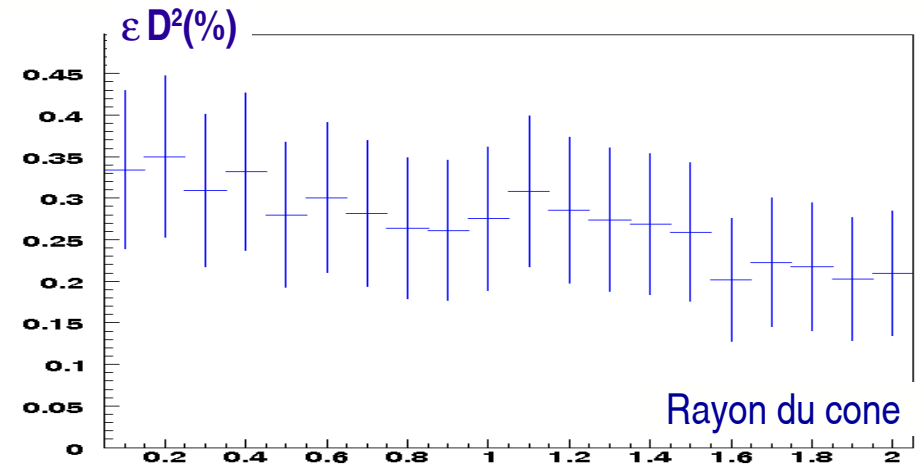
- Optimisation faite par rapport à 3 paramètres: κ , une coupure sur la partie centrale non-discriminante et le rayon du jet



Pour tous les événements :

ε (%)	57.8 ± 0.3
ω (%)	46.2 ± 0.5
εD^2 (%)	0.34 ± 0.09

Nouvelle contribution



Combinaison

- Corrélation avec les autres estimateurs (e, μ , Kaons, π) à prendre en compte lors de la combinaison finale
 - Charge de vertex pondérée corrélée aux muons et aux électrons opposés
 - $\varepsilon D^2(Q_{\text{vertex}}) = 1.94\% \rightarrow 1.35\%$ sans μ/e dans la construction
 - + 30 % par rapport à la précédente charge de vertex: $\varepsilon D^2(Q_{\text{vertex}}) = 1.02\%$
 - Charge de jet coté signal **fortement** corrélée aux kaons(pions) de fragmentation
 - $\varepsilon D^2(Q_{\text{jet}}) = 0.94\% \rightarrow 0.20\%$ sans kaons/pions dans la construction

Combinaison

- Corrélation avec les autres estimateurs (e, μ , Kaons, π) à prendre en compte lors de la combinaison finale
 - Charge de vertex pondérée corrélée aux muons et aux électrons opposés
 - $\varepsilon D^2(Q_{\text{vertex}}) = 1.94\% \rightarrow 1.35\%$ sans μ/e dans la construction
 - + 30 % par rapport à la précédente charge de vertex: $\varepsilon D^2(Q_{\text{vertex}}) = 1.02\%$
 - Charge de jet coté signal **fortement** corrélée aux kaons(pions) de fragmentation
 - $\varepsilon D^2(Q_{\text{jet}}) = 0.94\% \rightarrow 0.20\%$ sans kaons/pions dans la construction
- En utilisant les 3 charges de manière exclusive, on obtient une puissance d'étiquetage de **$2.8 \pm 0.2\%$**
 - $\varepsilon D^2(\text{kaon de fragmentation}) \sim 3.1 \%$
 - Disponible sans identification des particules
 - Permet des vérifications croisées

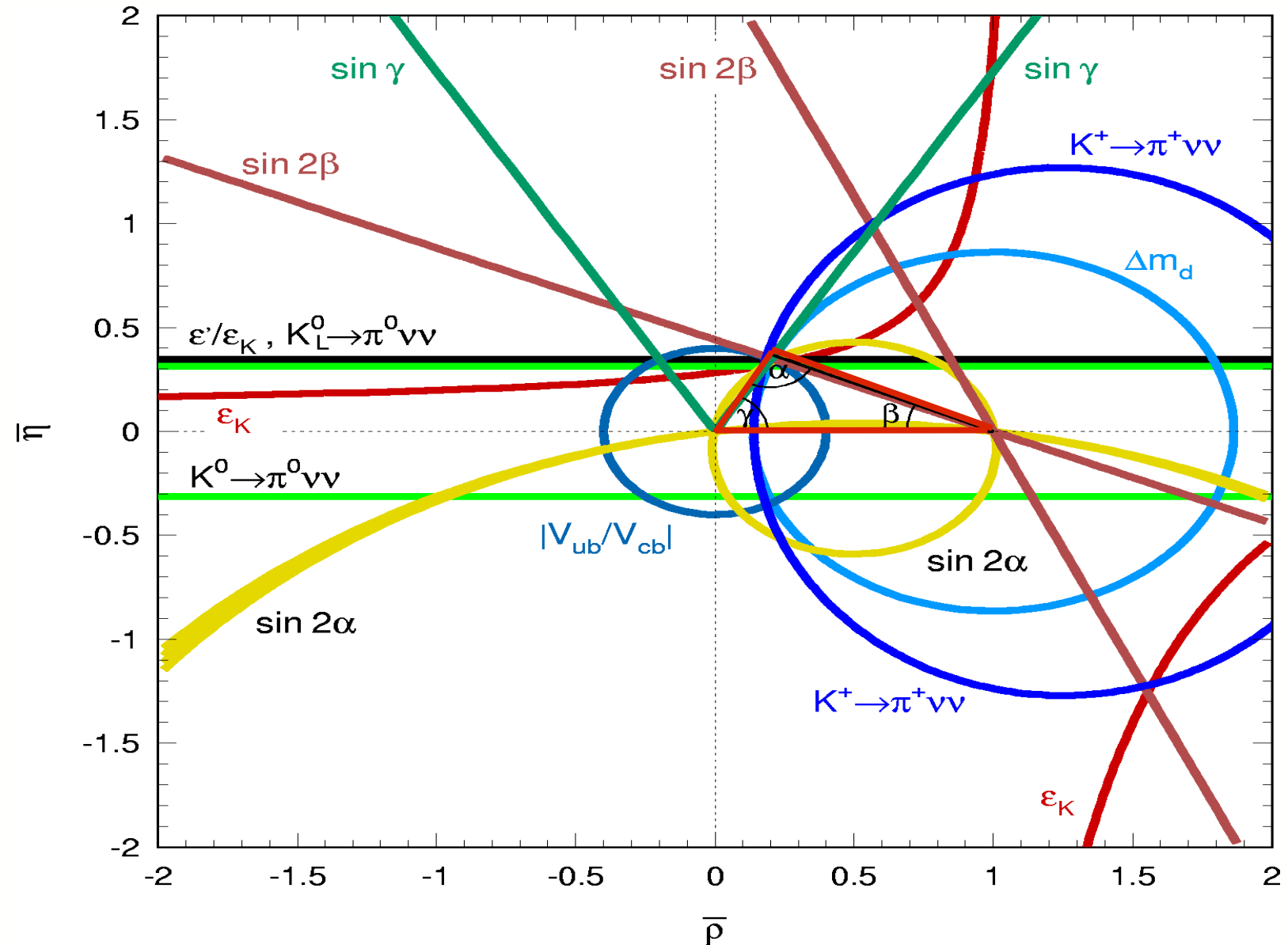
Étiquetage des saveurs: Conclusions & perspectives

- La séparation des leptons permet un **gain de 10%** pour $\varepsilon D^2(\mu, e)$
 - 2 méthodes étudiées pour un même résultat : réseau de neurones et likelihood
 - Améliorations possibles mais complexes
- Étude des charges:
 - La charge de vertex pondérée sera utilisée dans le code officiel d'étiquetage de LHCb
 - **Gain de 40%** par rapport à l'estimateur précédent
 - Corrélations à étudier
 - La charge de jet du côté signal sera implémentée en prenant en compte les corrélations
 - Les **3 charges** seront disponibles pour des études sans identifications des particules avec une **puissance d'étiquetage de 2.8%**
 - Estimer la fraction de mauvais étiquetage et l'efficacité de ces charges avec de vraies données ?

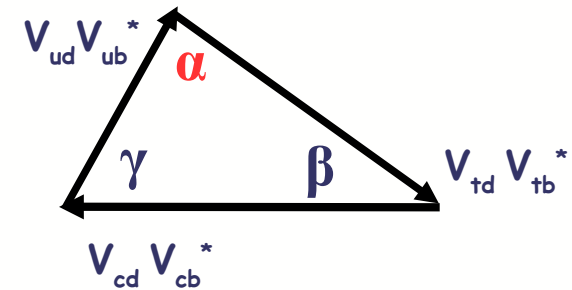
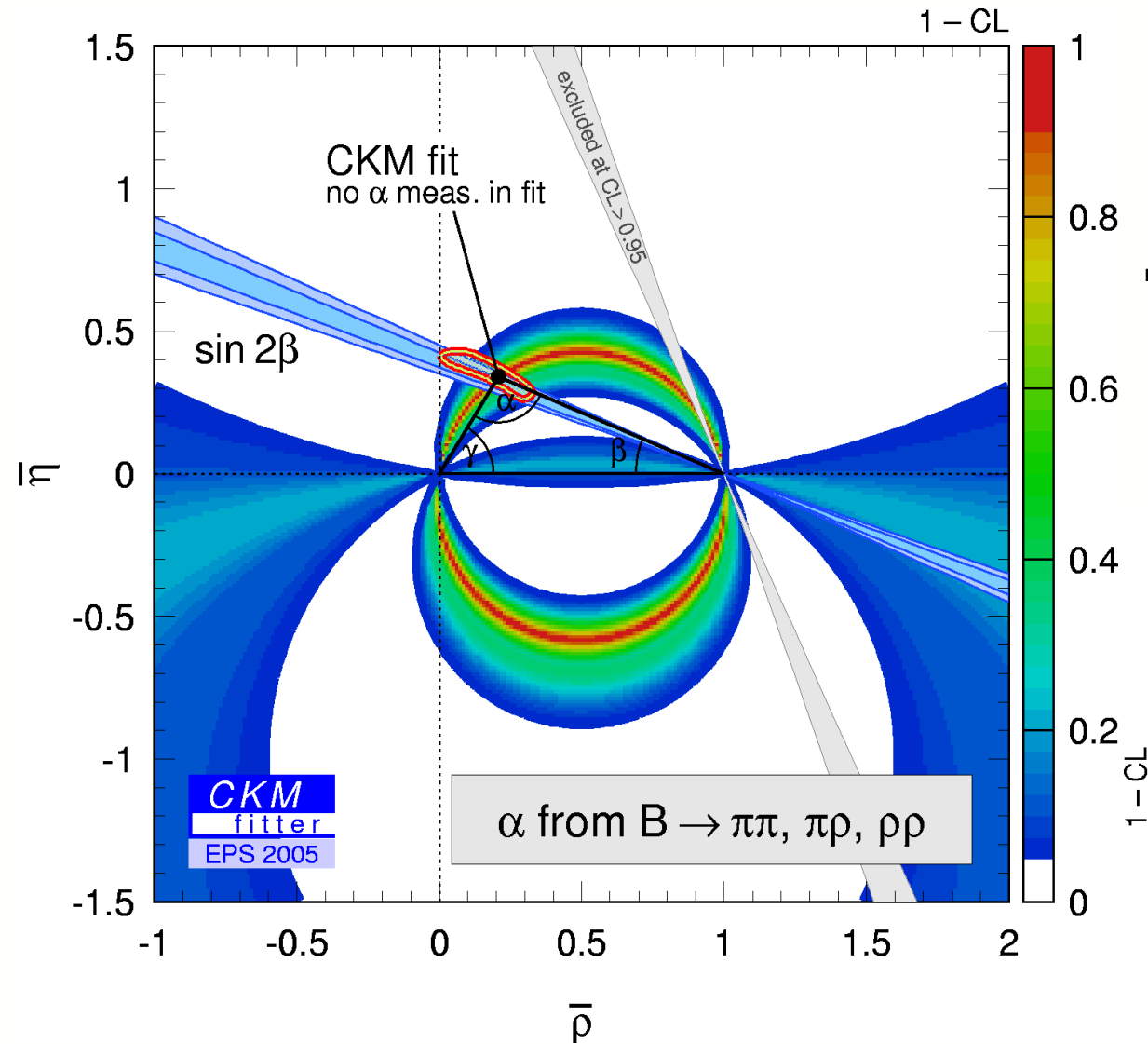
Backup

Le triangle d'unitarité

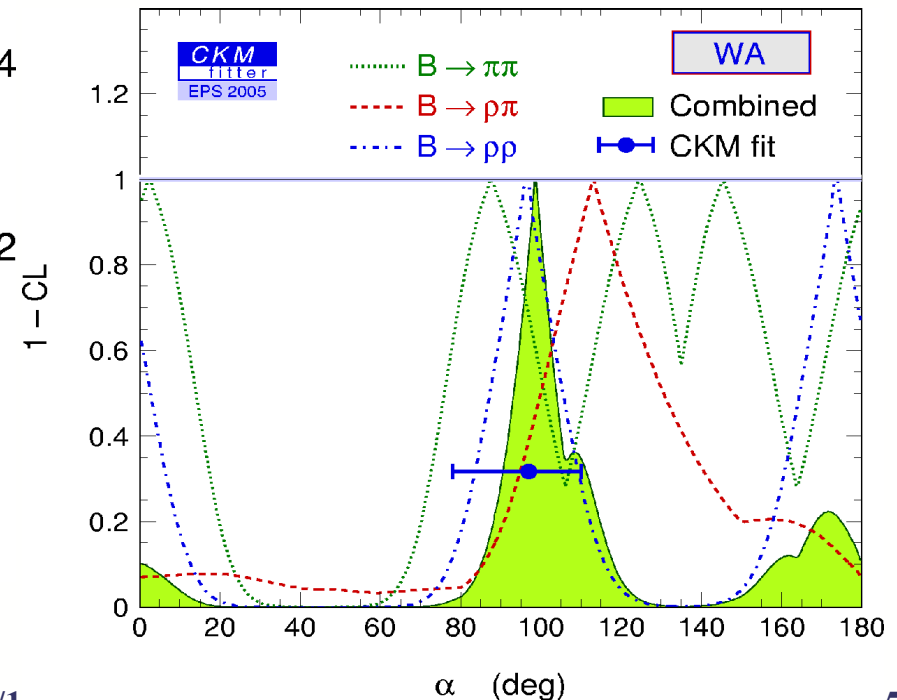
$$V_{ud}V_{ub}^* + V_{cd}V_{cb}^* + V_{td}V_{tb}^* = 0$$



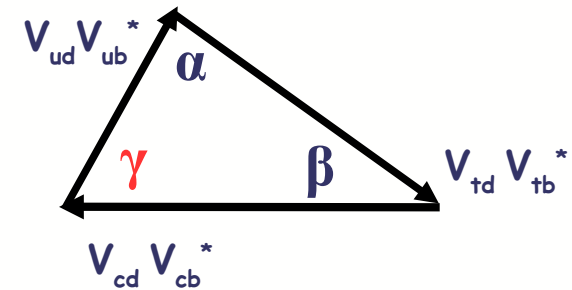
Contrainte sur l'angle α



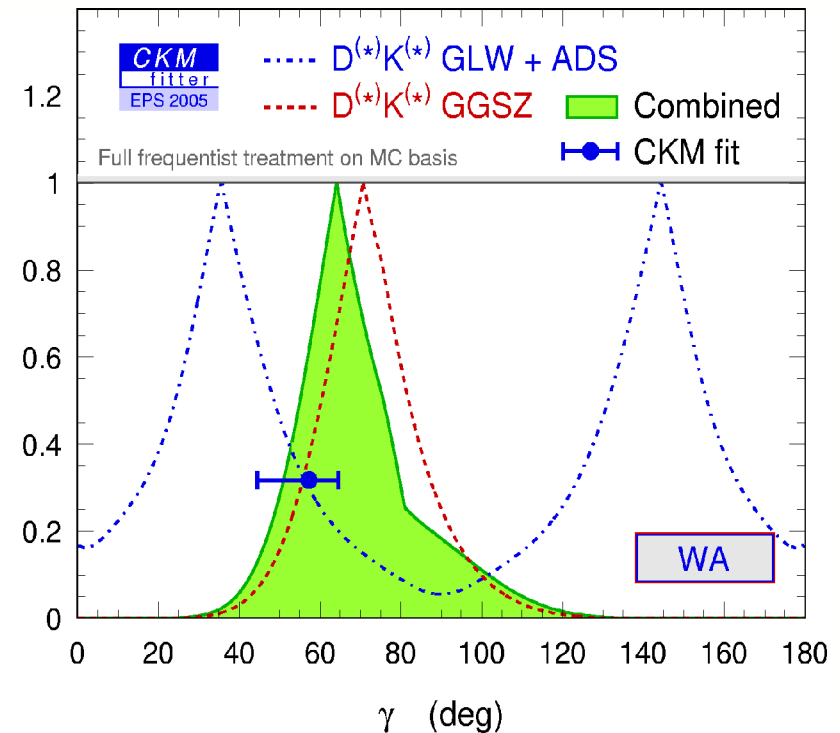
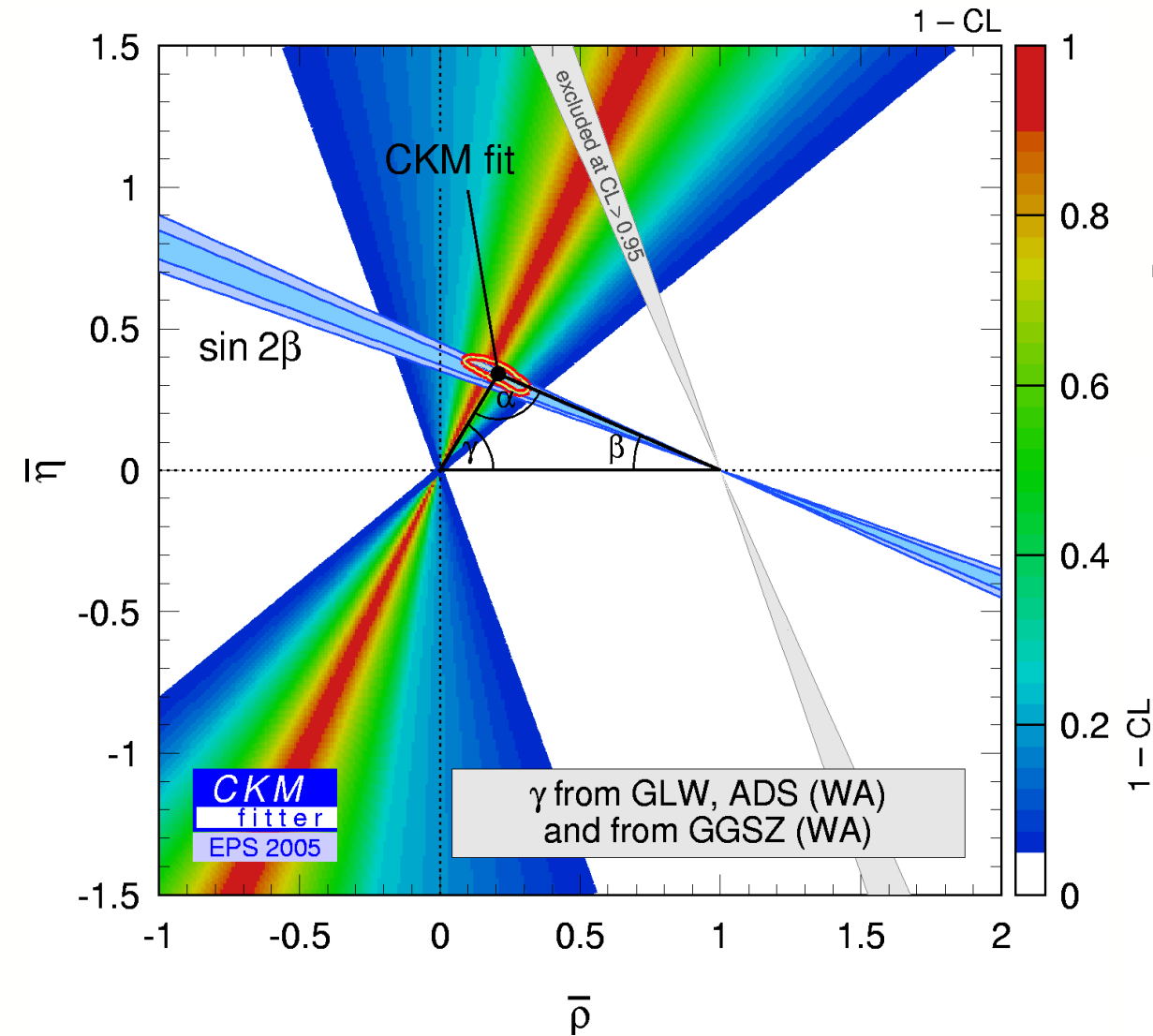
- L'angle α est accessible via différents modes ($B_d \rightarrow \rho\pi, \pi\pi, \rho\rho$) en supposant une symétrie $u \leftrightarrow d$ ^{SU(2)}



Contrainte sur l'angle γ



- La mesure de γ est un défi actuel mais est déjà contraint par des analyses complexes



Asymétrie CP du mode $B_d \rightarrow \eta' K_S$

- 3 scénarios possibles suivant la place de la mesure :

