



LHCb analyses : bilan et perspectives à 3 ans

vladimir v. Gligorov

LPNHE Biennale, 4 Octobre 2016

Le bilan des dernières années

Finalisé

Model-independent measurement of mixing parameters in $D^0 \rightarrow K_S \pi^+ \pi^-$ decays

Observation of two new Ξ_b^- baryon resonances

Measurement of the properties of the Ξ_b^{*0} baryon

Angular analysis of the $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ decay using 3 fb^{-1} of integrated luminosity

Search for structure in the $B_s^0 \pi^\pm$ invariant mass spectrum

En cours

Search for baryon number violation in Ξ_b decays

Measurement of the ratio $R_{K^*} = \mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-) / \mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} e^+ e^-)$

Search for the LFV decay $B \rightarrow K e \mu$

Search for the LFV decay $B \rightarrow K \tau \mu$

Measurement of time-dependent CP violation in $B_s \rightarrow D_s K$

Measurement of effective lifetimes in $B \rightarrow hh$ decays

Measurement of the D^0 lifetime from $K\pi$ decays

Measurement of branching fractions of $B \rightarrow K_S hh$ decays

Dalitz plot analysis of $B \rightarrow K_S hh$ decays

Le bilan des dernières années

Finalisé

Model-independent measurement of mixing parameters in $D_s^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ decays

Observation of two new Ξ_b^- baryon resonances

Measurement of the properties of the Ξ_b^- baryon

Angular analysis of the $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ decay

Search for structure in the $B_s^0 \pi^\pm$ invariant-mass spectrum

En cours

Search for baryon number non-conservation in Ξ_b^- decays

Measurement of the ratio $\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-)/\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} e^+ e^-)$

Search for LFV decay $B \rightarrow K e \mu$

Search for LFV decay $B \rightarrow K \tau \mu$

Measurement of time-dependent CP violation in $B_s \rightarrow D_s K$

Measurement of effective lifetimes in $B \rightarrow hh$ decays

Measurement of the D^0 lifetime from $K\pi$ decays

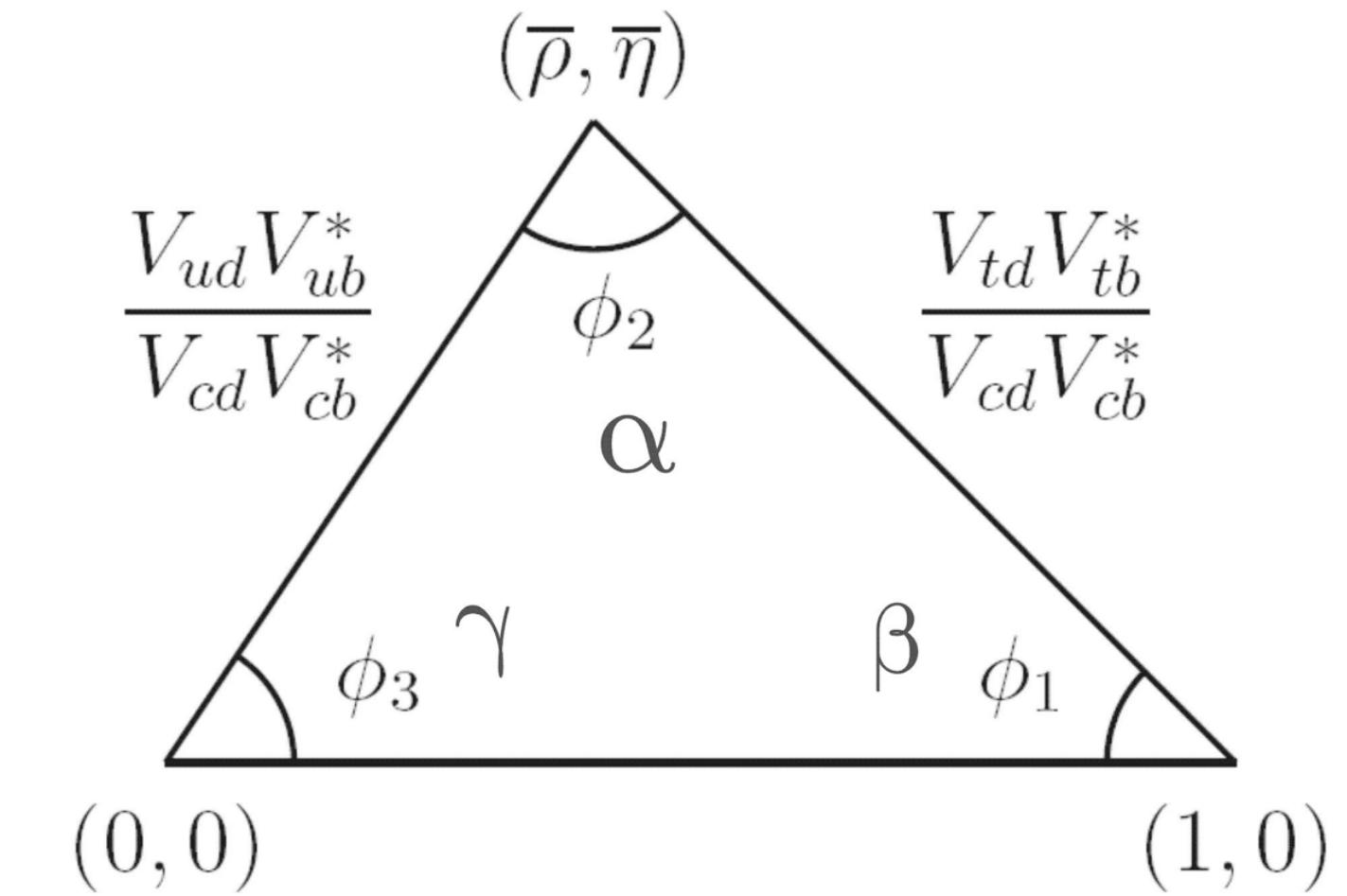
Measurement of branching fractions of $B \rightarrow K_S hh$ decays

Dalitz plot analysis of $B \rightarrow K_S hh$ decays

Comparez avec ~2.5 analyses/an pour LHCB

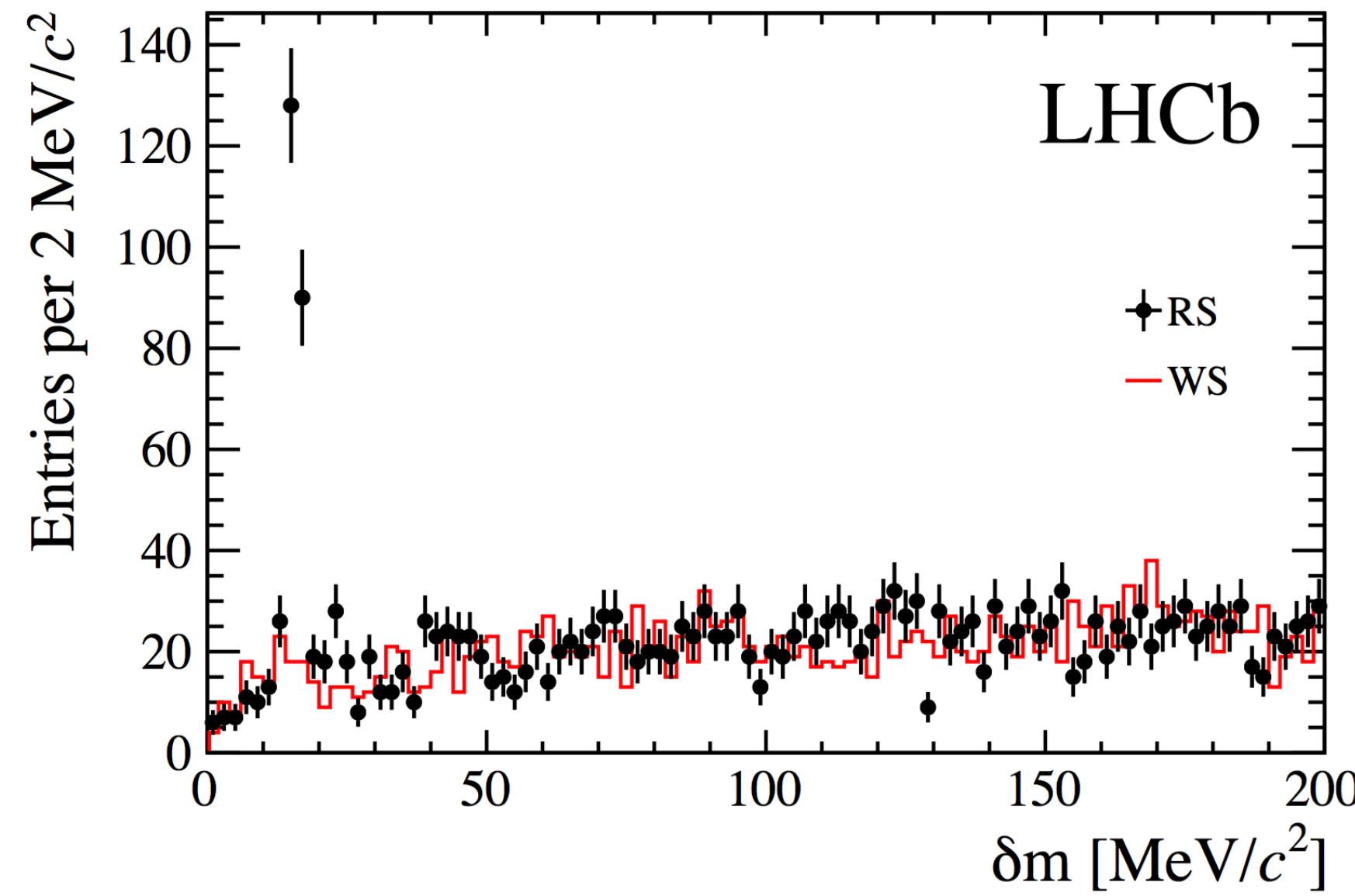
Les pôles d'analyses dans la groupe

Le triangle CKM ($K_s HH$, $D_s K$, $B \rightarrow hh$)

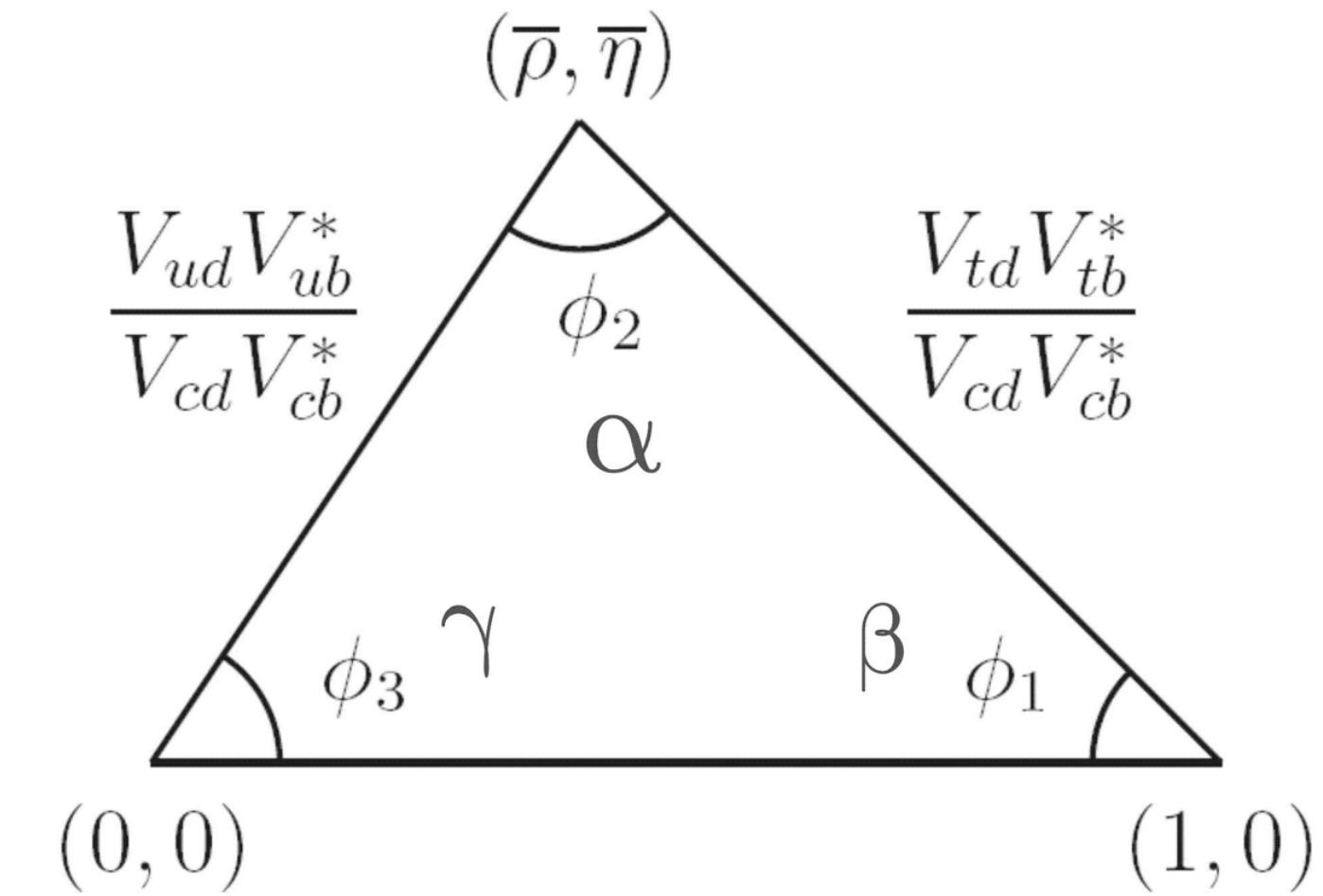


Les pôles d'analyses dans la groupe

Spectroscopie et al (Baryons, $B_s\pi$)

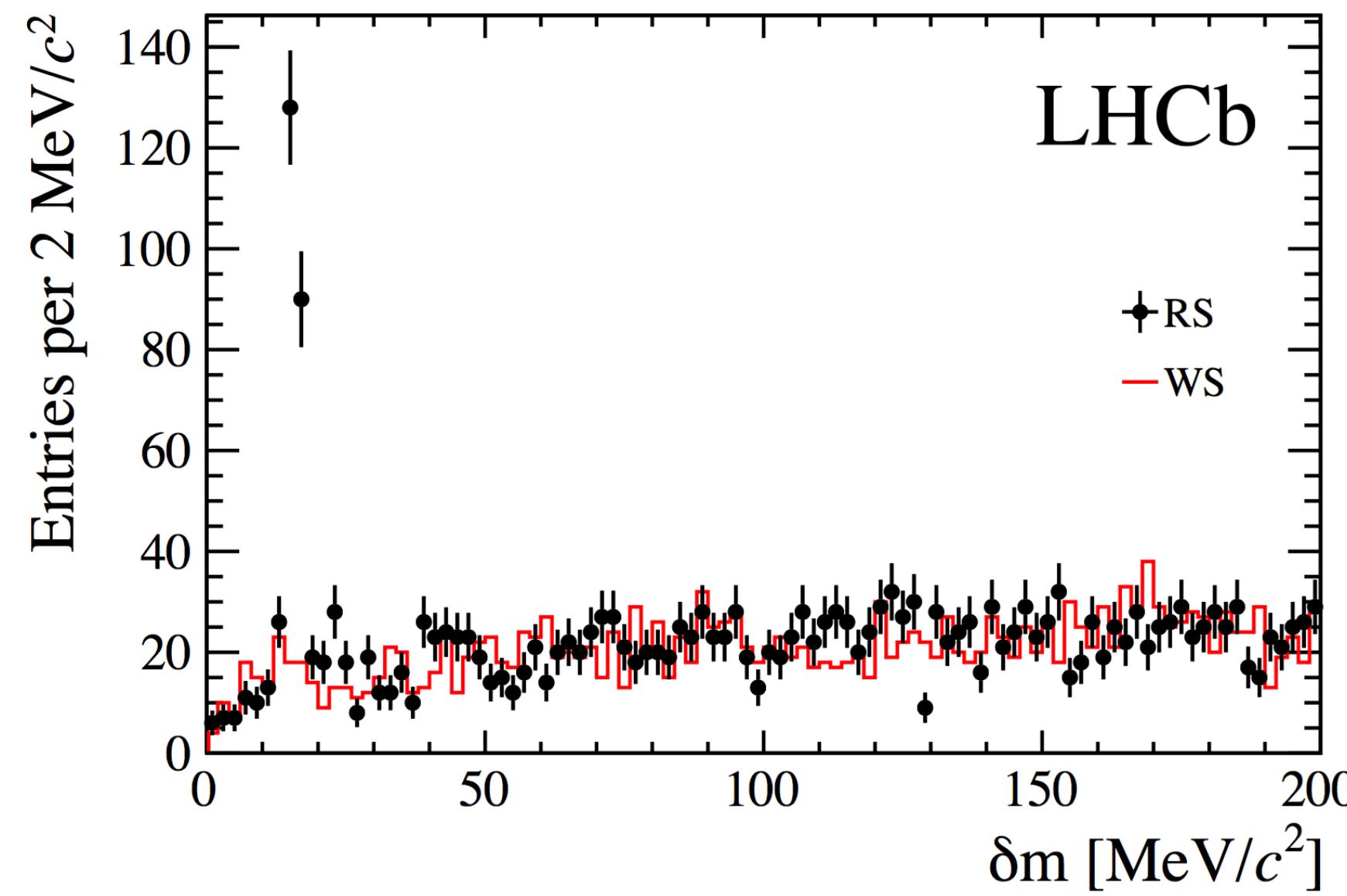


Le triangle CKM ($K_s HH$, $D_s K$, $B \rightarrow hh$)

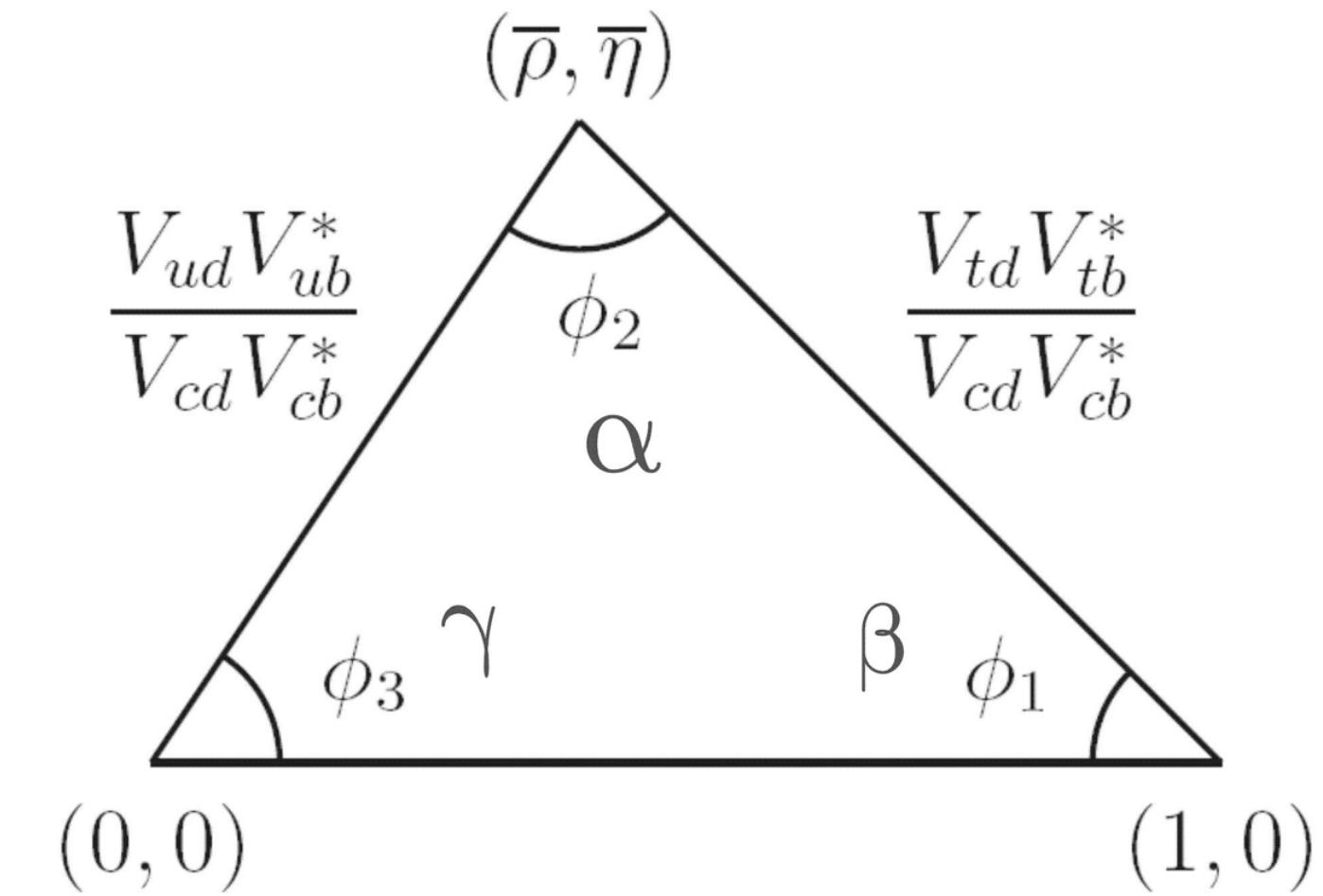


Les pôles d'analyses dans la groupe

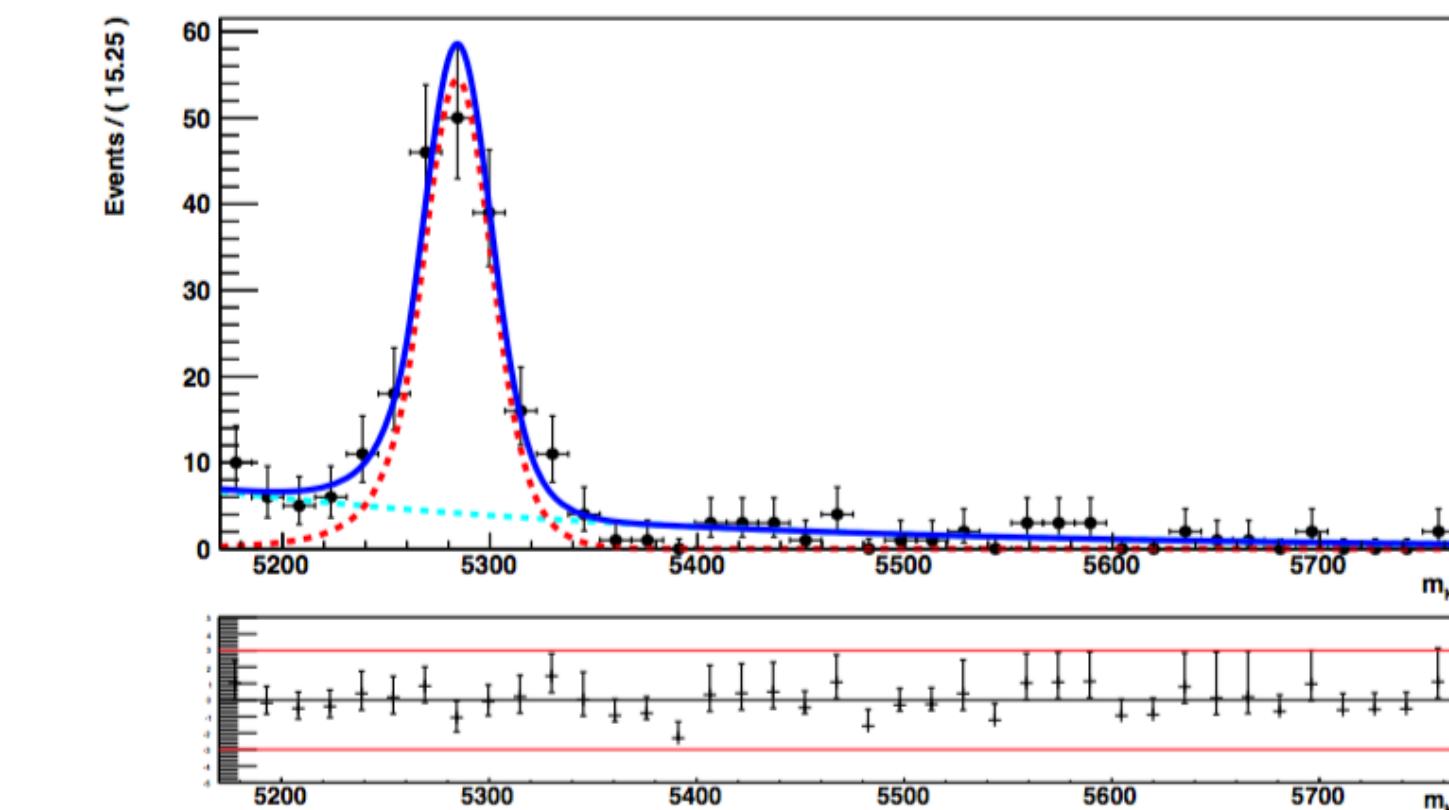
Spectroscopie et al (Baryons, $B_s\pi$)



Le triangle CKM ($K_s HH$, $D_s K$, $B \rightarrow hh$)



Les processus rare (sll, LFV, BNV)



(a) [11.0, 11.75]

Les pôles d'analyses dans la groupe

Spectr

Entries per $2 \text{ MeV}/c^2$

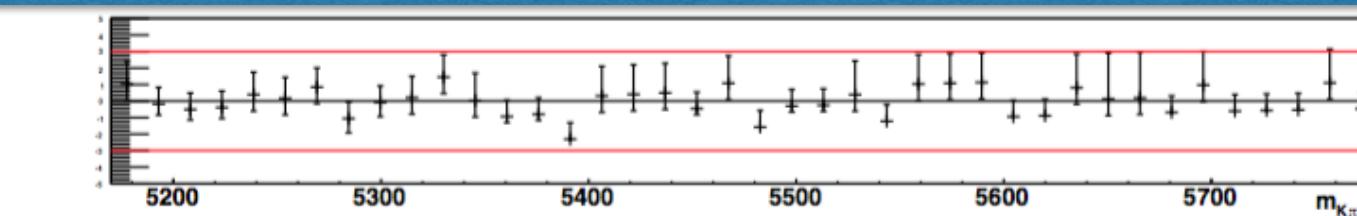
140
120
100
80
60
40
20
0

La stratégie : mettre la plus grande partie de l'effort dans les analyses "core" de LHCb

Cela veut dire le triangle CKM et les processus rares.

En parallèle, on tire profit des investissements historiques dans des analyses "hadroniques" (spectroscopie)

Dans les années à venir, on va maintenir cette approche ainsi que pôles d'intérêt, tout en se focalisant sur des analyses où on peut vraiment "make a difference".

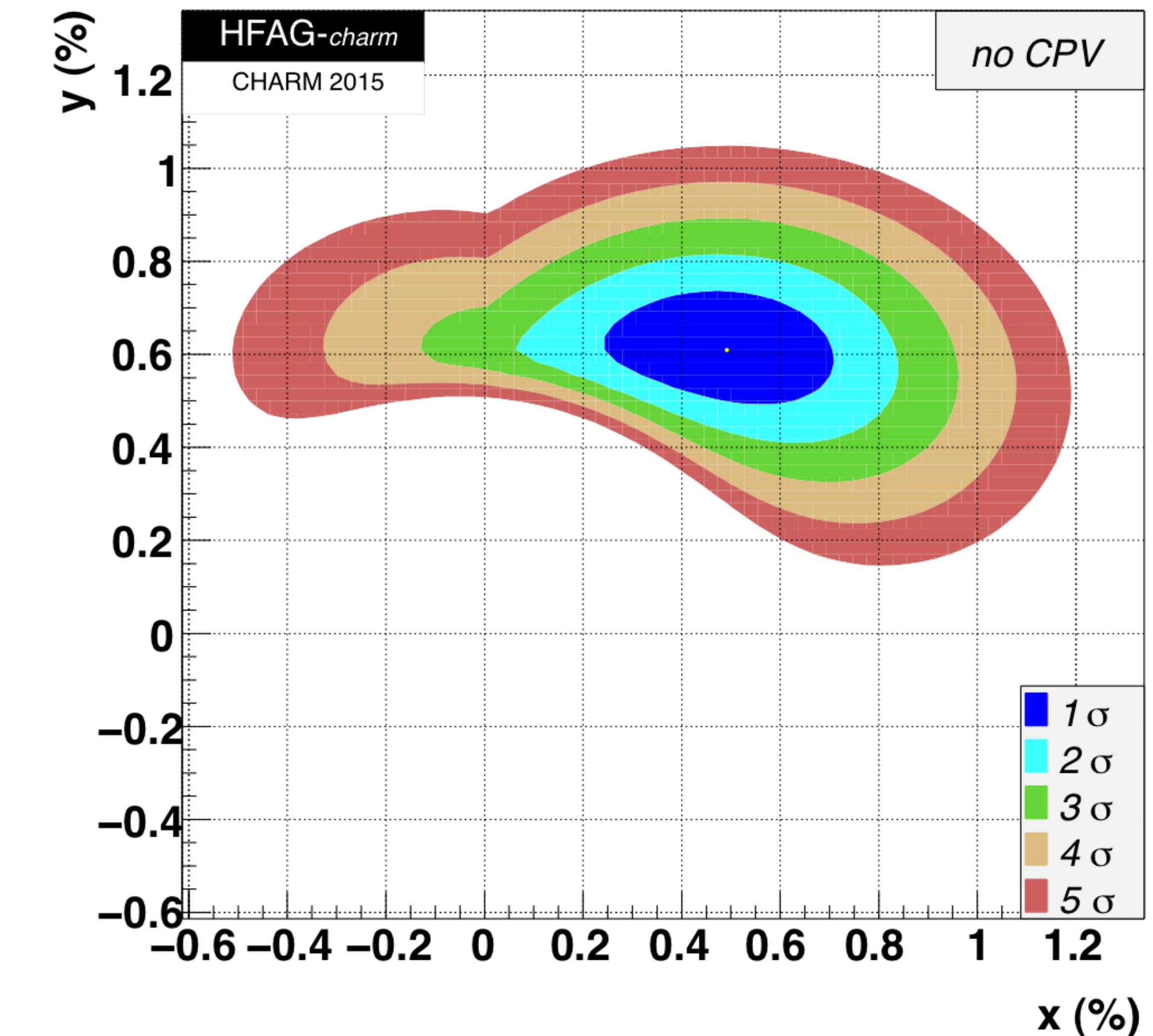


(a) [11.0, 11.75]

Analyses finalisées

Model-independent measurement of mixing parameters in $D^0 \rightarrow K_S\pi^+\pi^-$ decays

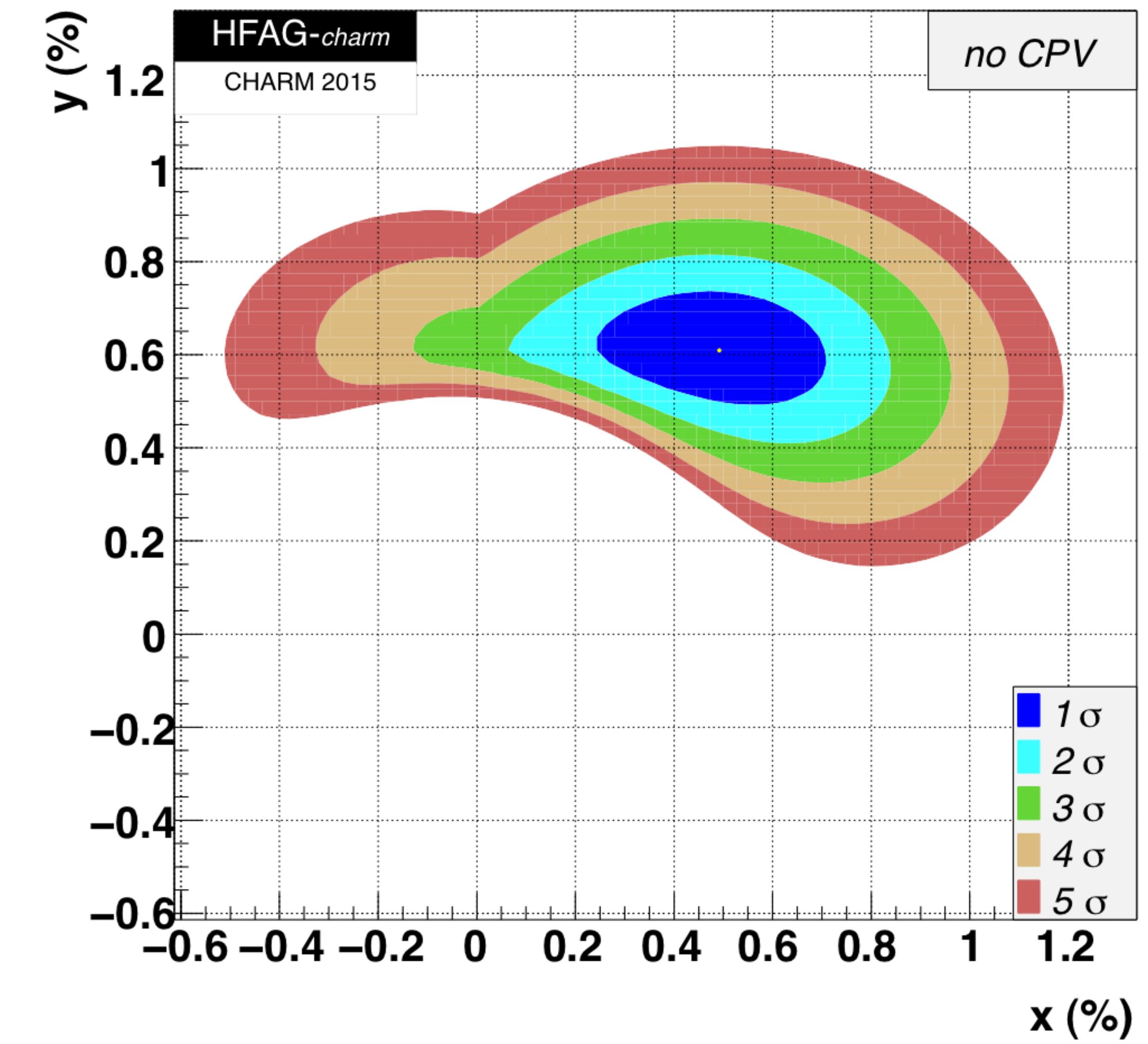
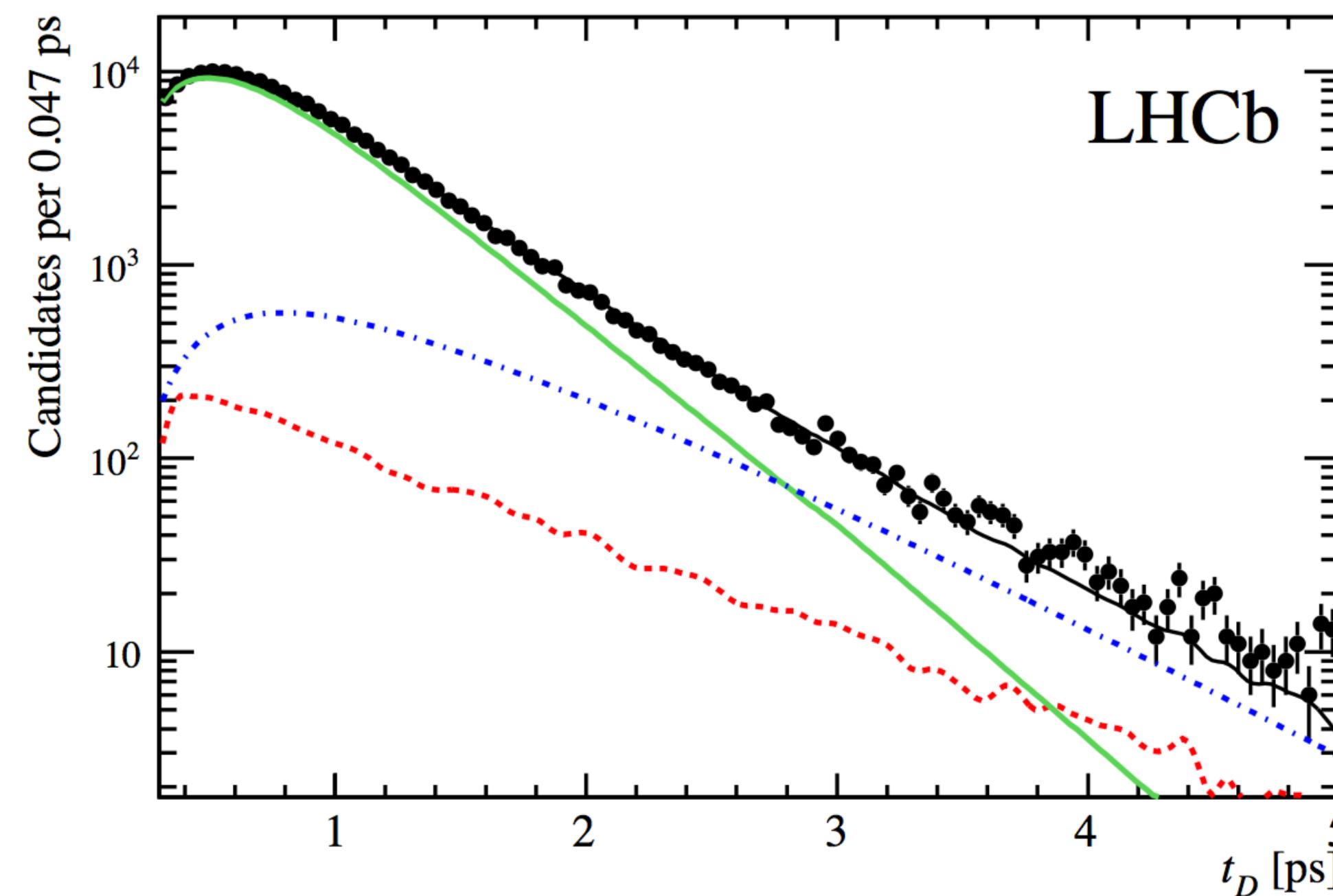
Le mode clé pour mesurer directement
les paramètres x/y du D^0 mixing



Model-independent measurement of mixing parameters in $D^0 \rightarrow K_S\pi^+\pi^-$ decays

Le mode clé pour mesurer directement les paramètres x/y du D^0 mixing

Pour ça il faut mesurer l'évolution des mesons D^0 et anti- D^0 en fonction du temps de désintégration

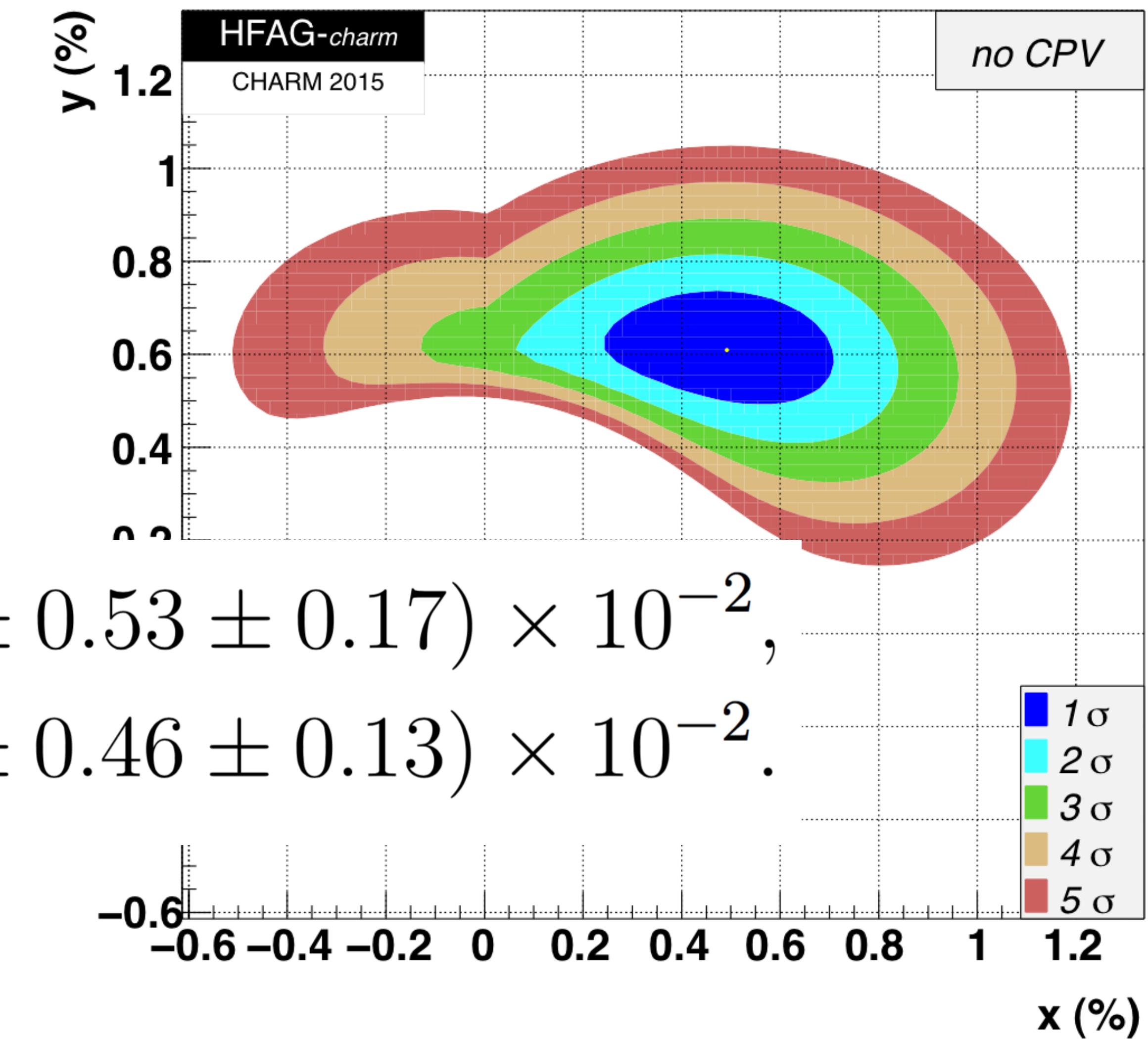
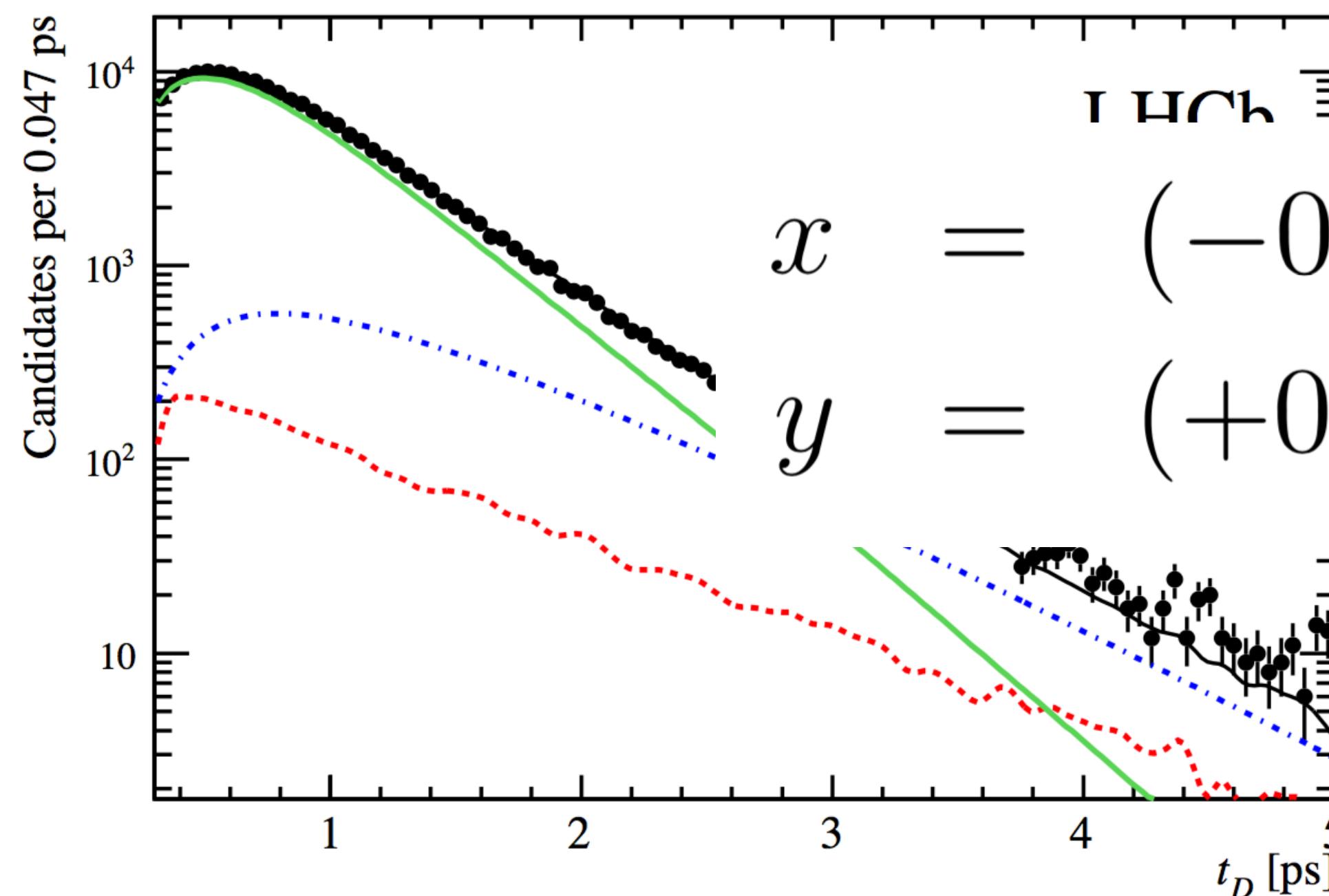


Model-independent measurement of mixing parameters in $D^0 \rightarrow K_S\pi^+\pi^-$ decays

Le mode clé pour mesurer directement les paramètres x/y du D^0 mixing

Pour ça il faut mesurer l'évolution des mesons D^0 et anti- D^0 en fonction du temps de désintégration

Résultats toujours pas compétitifs avec Belle/Babar mais seulement 1 fb^{-1} des données : preuve de concept!

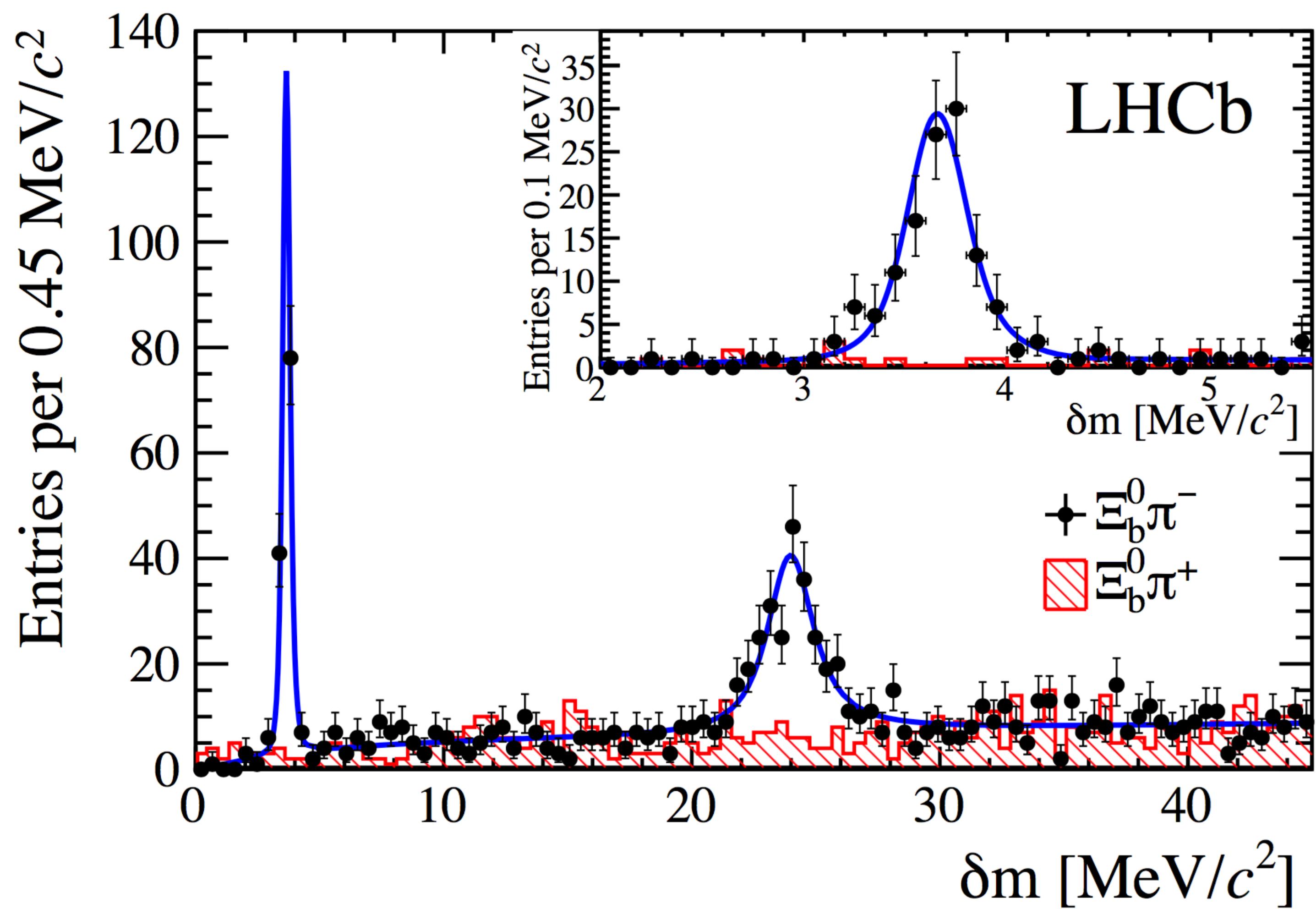


Observation of Two New Ξ_b^- Baryon Resonances

R. Aaij *et al.* (LHCb Collaboration)

Phys. Rev. Lett. **114**, 062004 – Published 10 February 2015

Physics See Synopsis: [Two New Particles Enter the Fold](#)



Observation of Two New Ξ_b^- Baryon Resonances

R. Aaij *et al.* (LHCb Collaboration)

Phys. Rev. Lett. **114**, 062004 – Published 10 February 2015

Physics See Synopsis: [Two New Particles Enter the Fold](#)

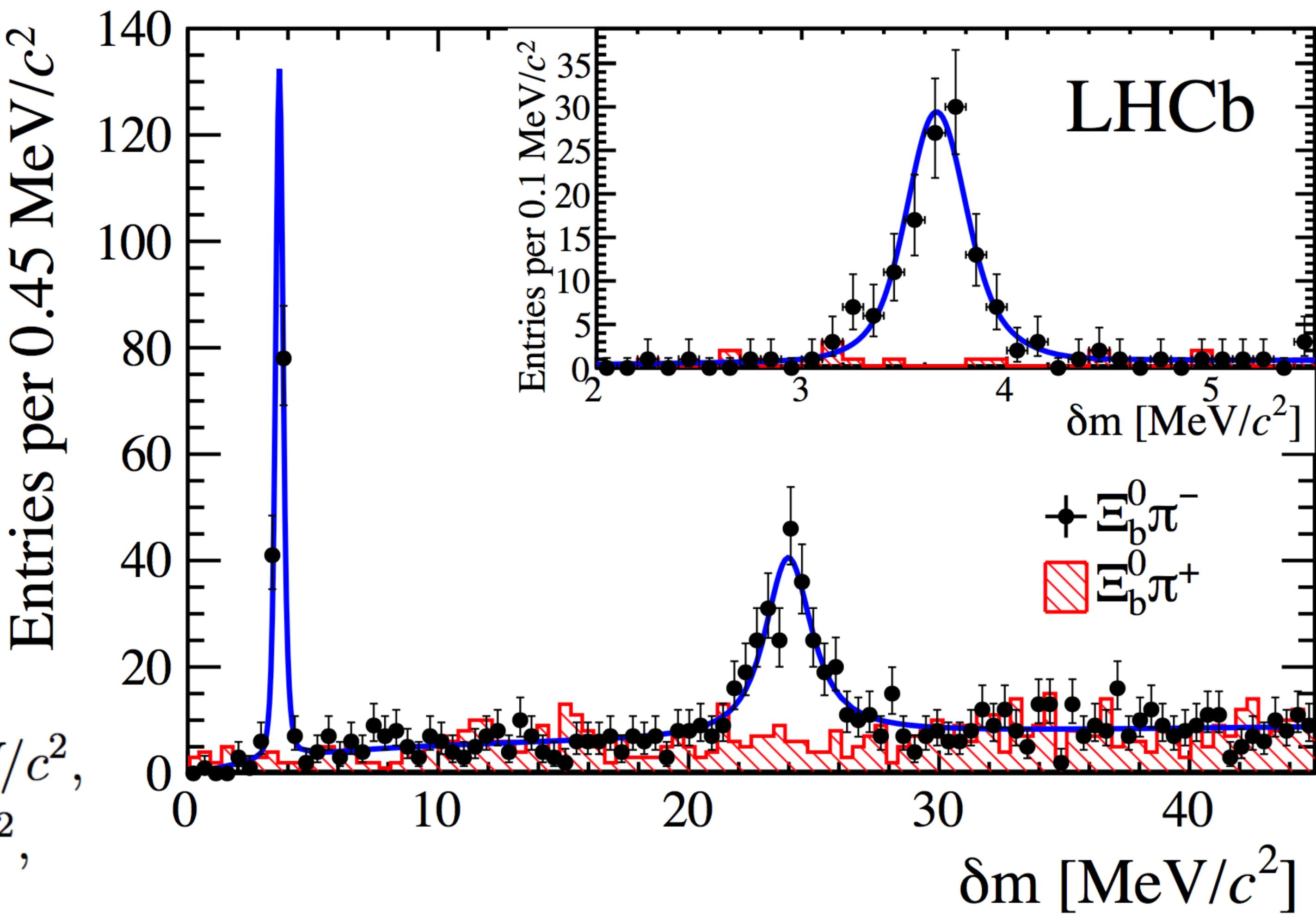


$$\delta m(\Xi_b^{\prime -}) = 3.653 \pm 0.018 \pm 0.006 \text{ MeV}/c^2,$$

$$\delta m(\Xi_b^{*-}) = 23.96 \pm 0.12 \pm 0.06 \text{ MeV}/c^2,$$

$$\Gamma(\Xi_b^{*-}) = 1.65 \pm 0.31 \pm 0.10 \text{ MeV},$$

$$\Gamma(\Xi_b^{\prime -}) < 0.08 \text{ MeV at 95\% CL}.$$



Measurement of the properties of the Ξ_b^{*0} baryon

Analyse partenaire, meilleures mesures de masse et largeur du Ξ_b^{*0}

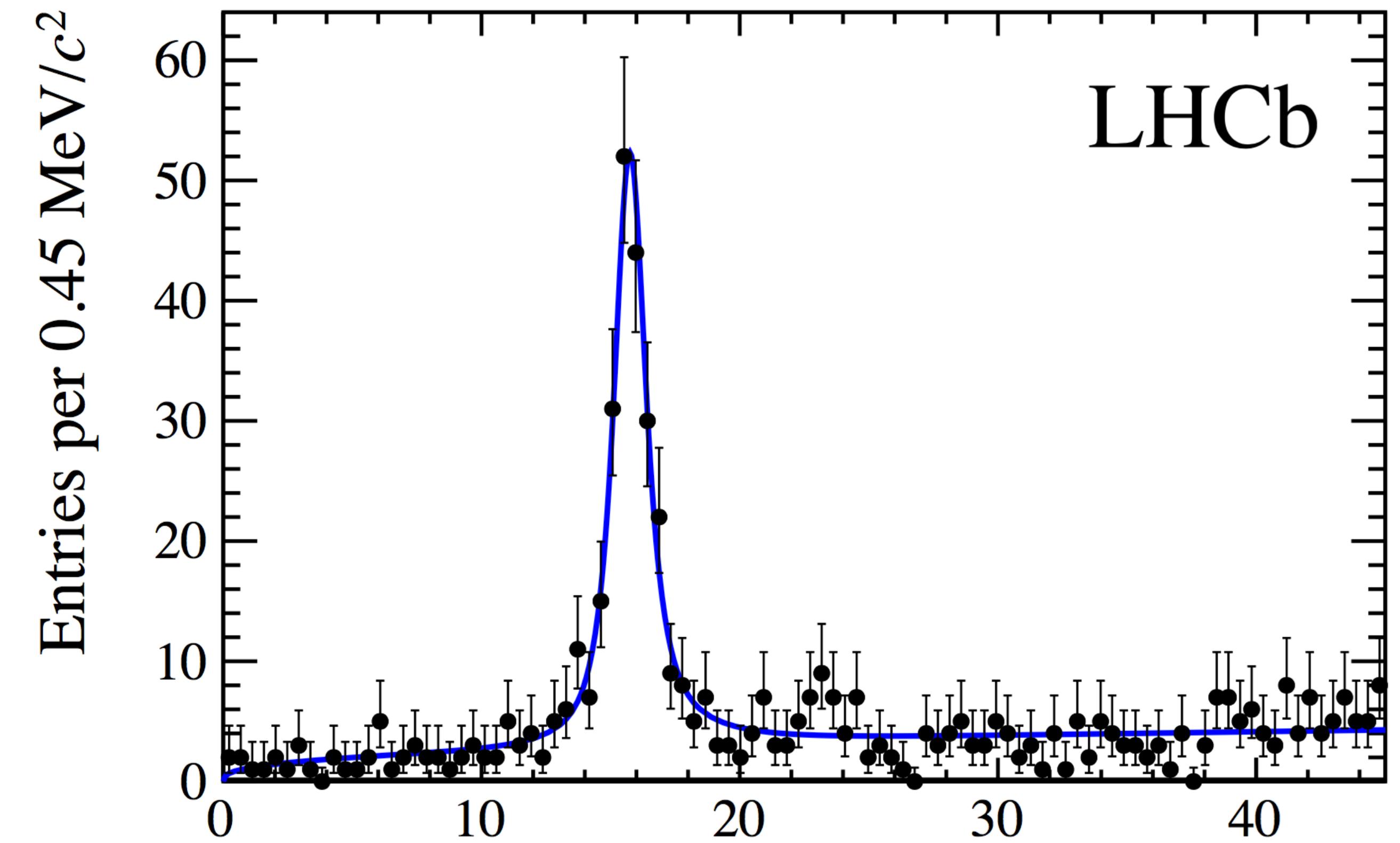
Aussi la première mesure de "isospin splitting" de système Ξ_b^*

Un bon exemple où la groupe profite d'expérience avec des analyses hadroniques!

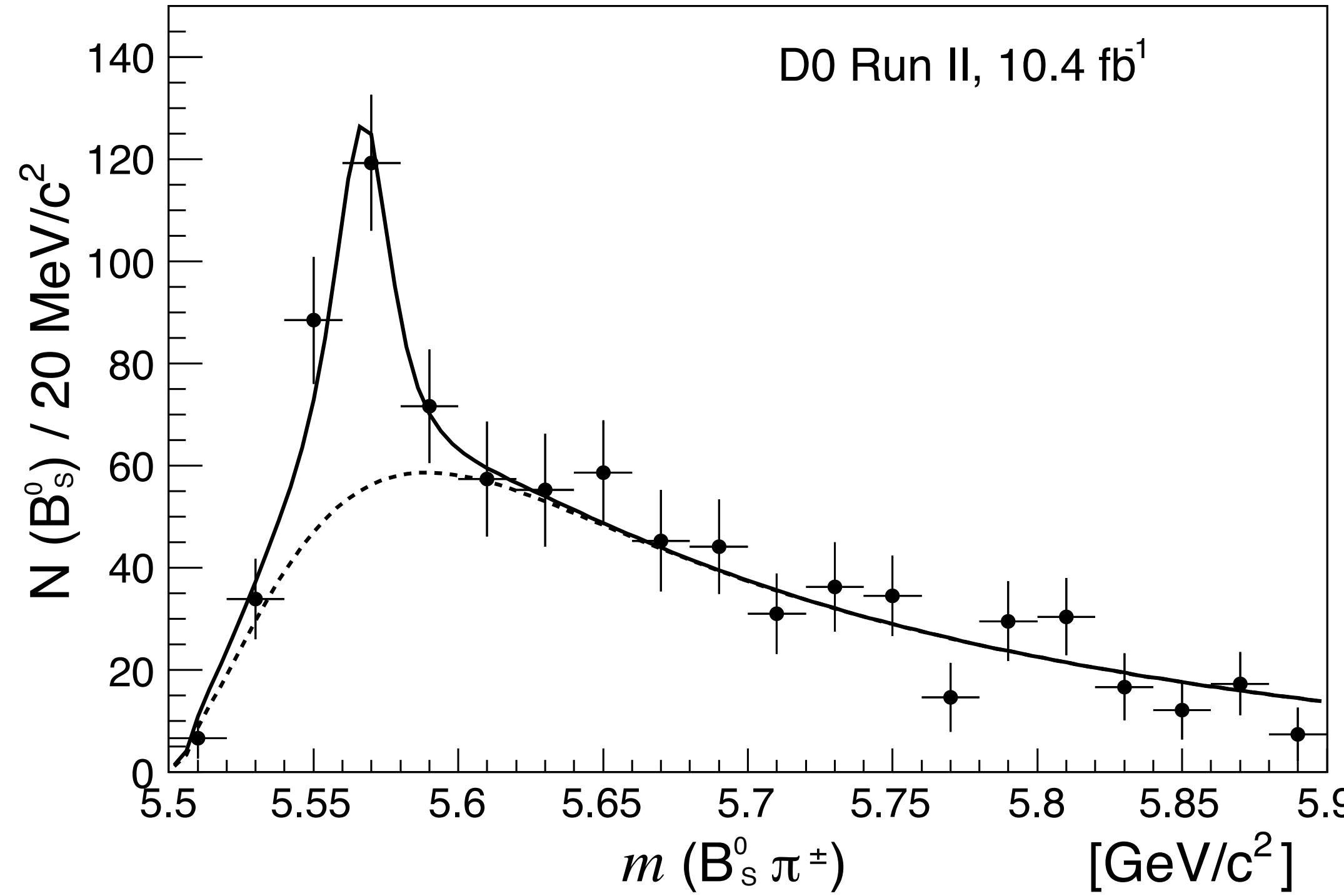
$$m(\Xi_b^{*0}) - m(\Xi_b^-) - m(\pi^+) = 15.727 \pm 0.068 \pm 0.023 \text{ MeV}/c^2,$$

$$\Gamma(\Xi_b^{*0}) = 0.90 \pm 0.16 \pm 0.08 \text{ MeV}.$$

$$\begin{aligned} m(\Xi_b^{*-}) - m(\Xi_b^{*0}) &= \delta m(\Xi_b^{*-}) - \delta m(\Xi_b^{*0}) - [m(\Xi_b^-) - m(\Xi_b^0)] \\ &= 2.31 \pm 0.62 \pm 0.24 \text{ MeV}/c^2. \end{aligned}$$

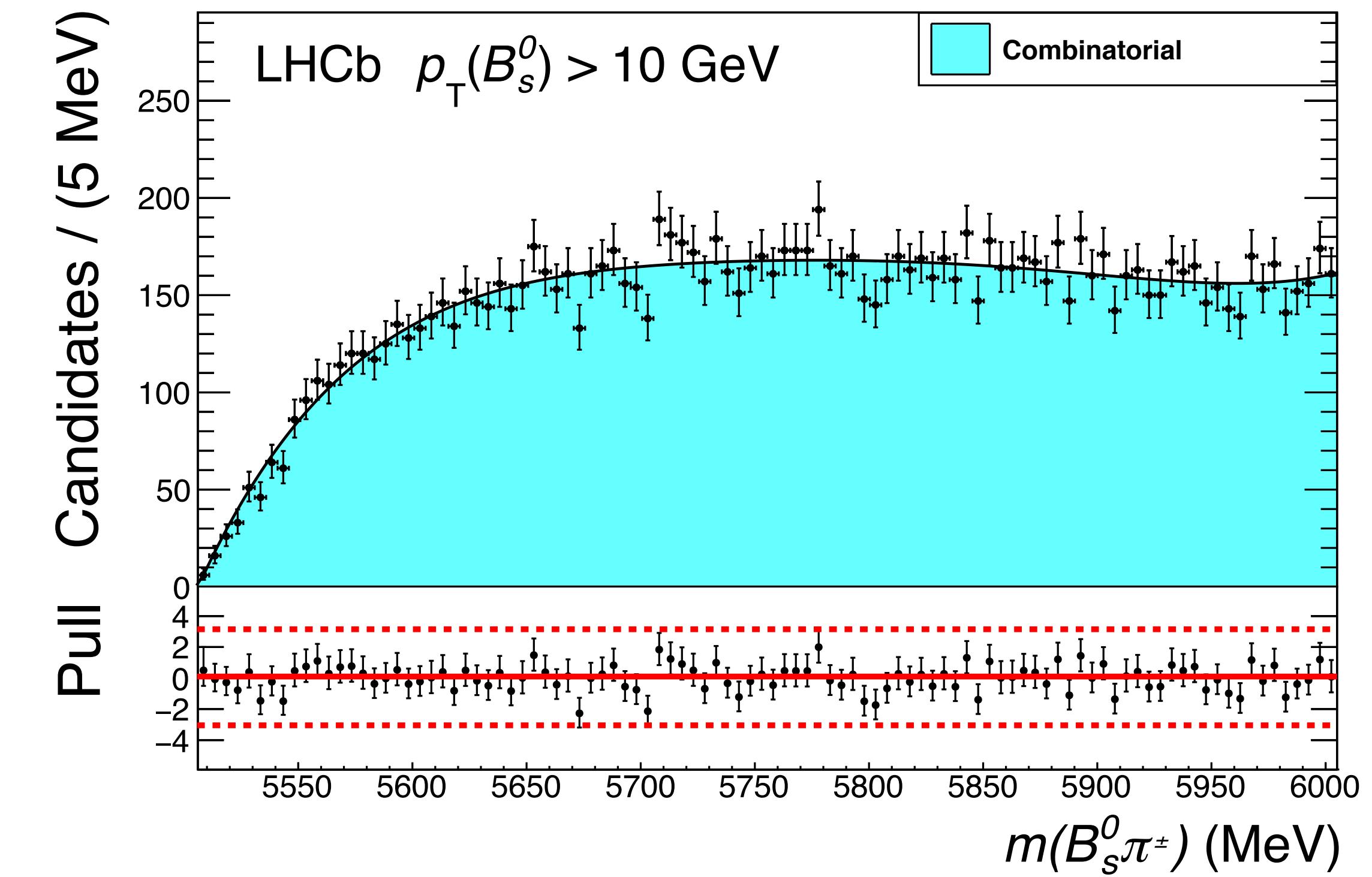
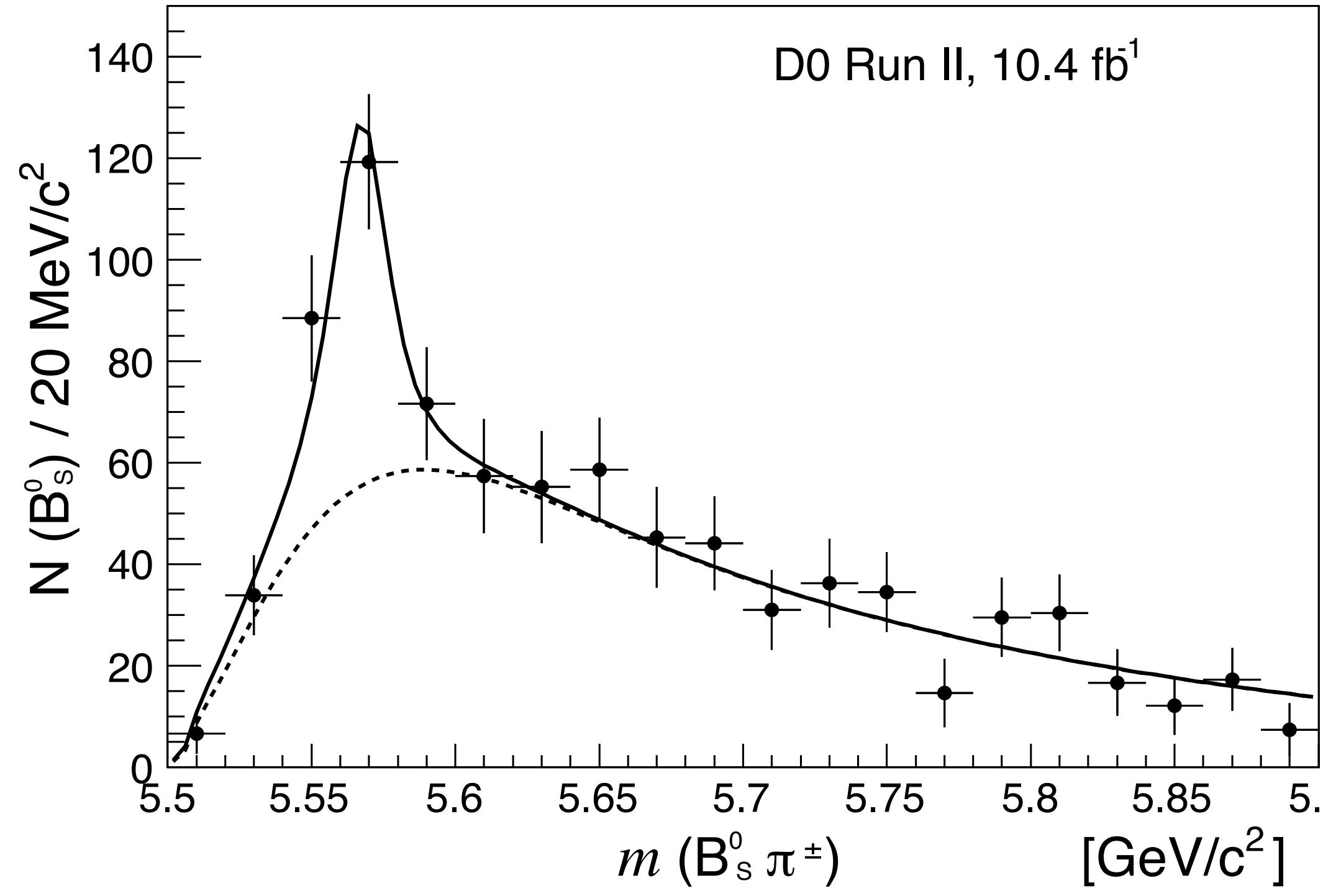


Search for structure in the $B_s^0\pi^\pm$ invariant mass spectrum



Analyse ultra-rapide, commence au moment où je suis arrivé au labo, motivée par le fait que D0 a vu une resonance dans le spectre de $B_s\pi$: un nouveau tetraquark?

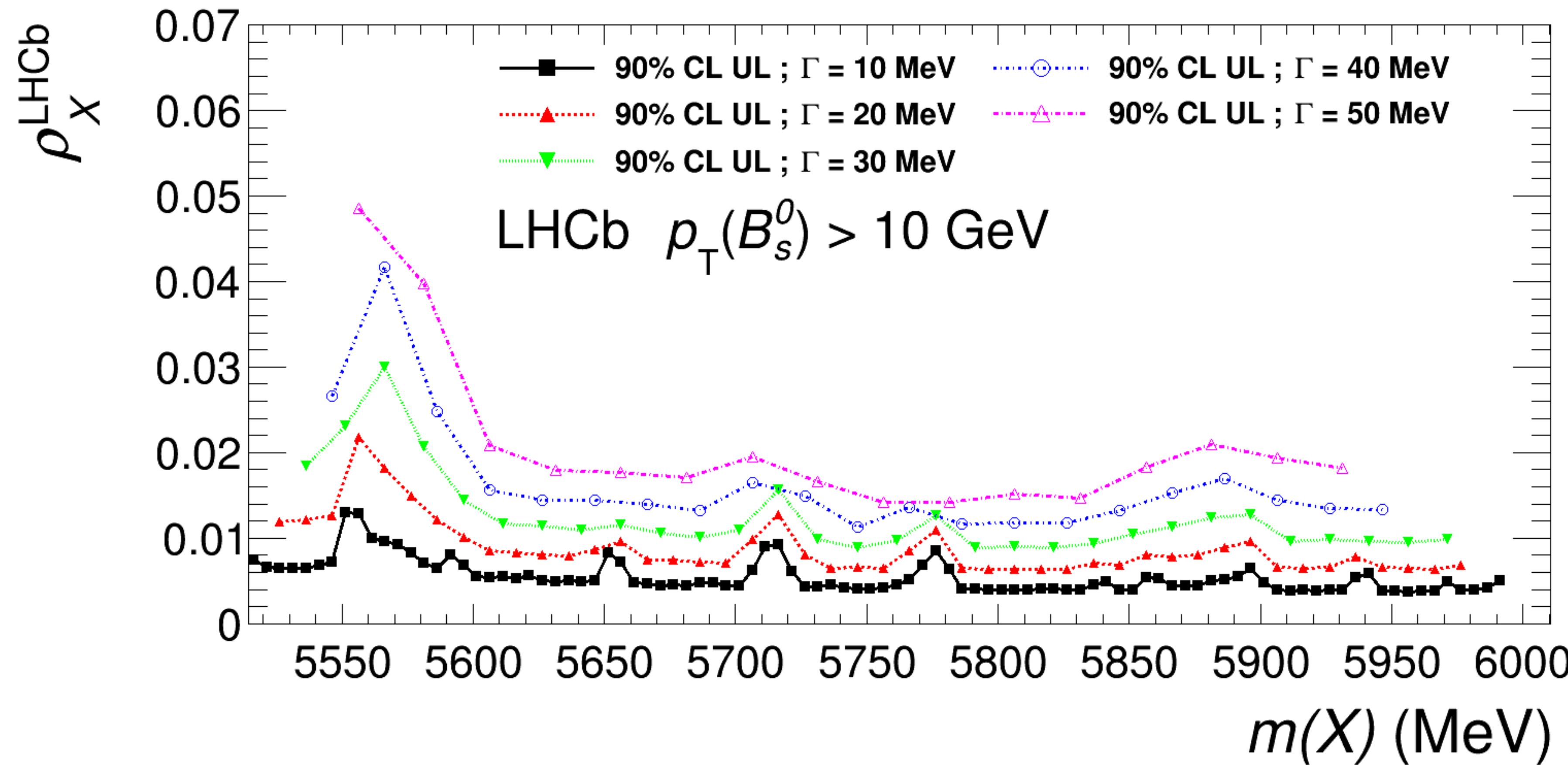
Search for structure in the $B_s^0\pi^\pm$ invariant mass spectrum



Analyse ultra-rapide, commence au moment où je suis arrivé au labo, motivée par le fait que D0 a vu une resonance dans le spectre de $B_s\pi$: un nouveau tetraquark?

Malheureusement on ne voit rien dans les données du LHCb

Search for structure in the $B_s^0\pi^\pm$ invariant mass spectrum



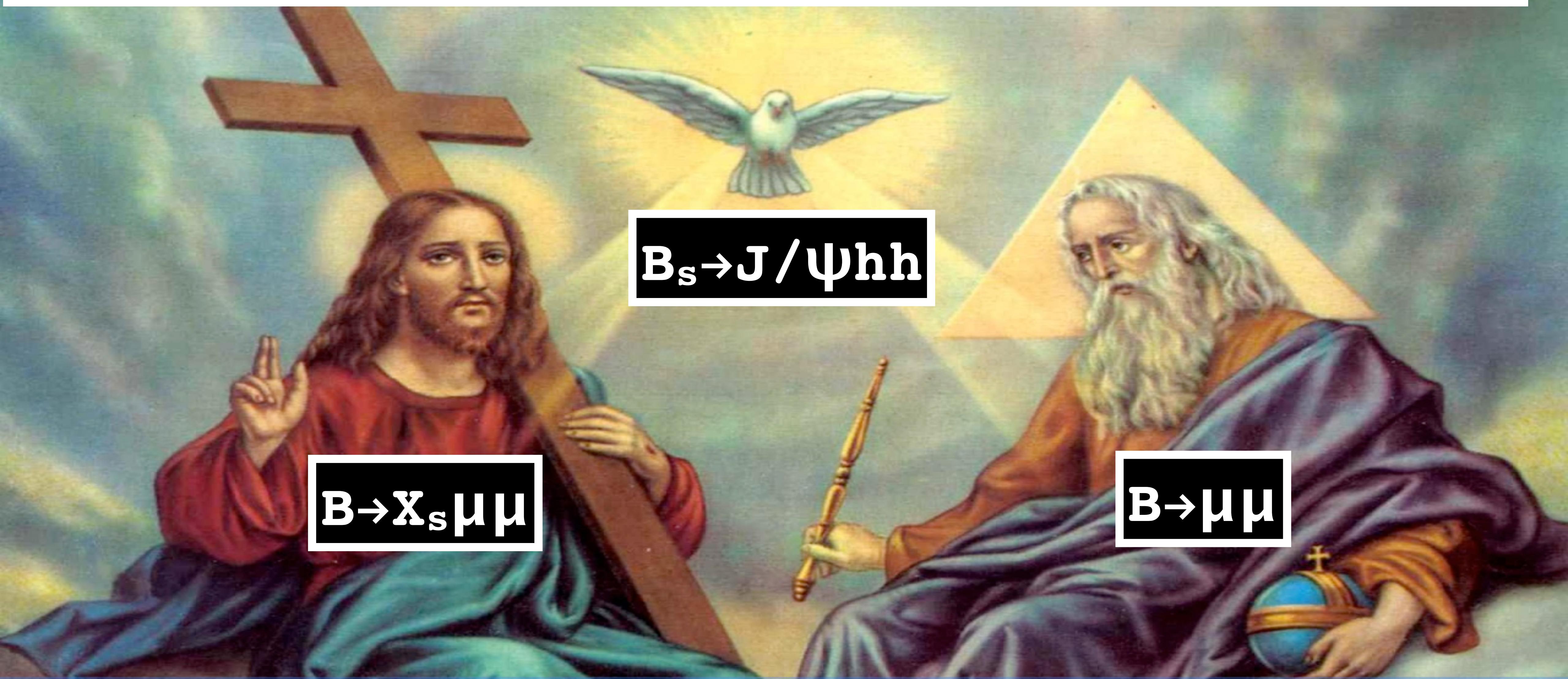
Analyse ultra-rapide, commence au moment où je suis arrivé dans labo, motivée par le fait que D0 a vu une resonance dans le spectre de $B_s\pi$: un nouveau tetraquark?

Malheureusement on voit rien dans les données de LHCb

On a exclu des résonances pour des hypothèses des masses et largeurs différentes.

Angular analysis of the $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ decay using 3 fb^{-1} of integrated luminosity

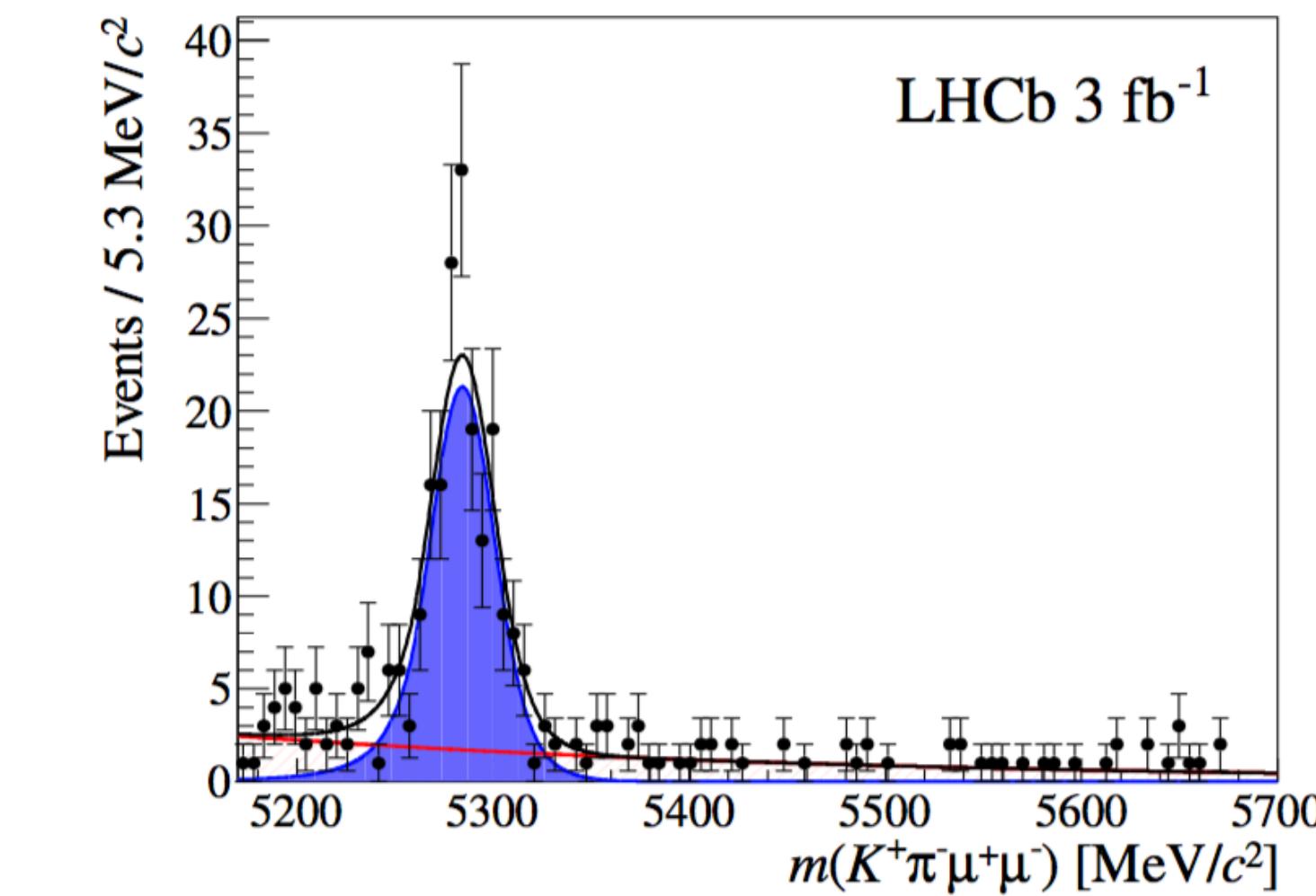
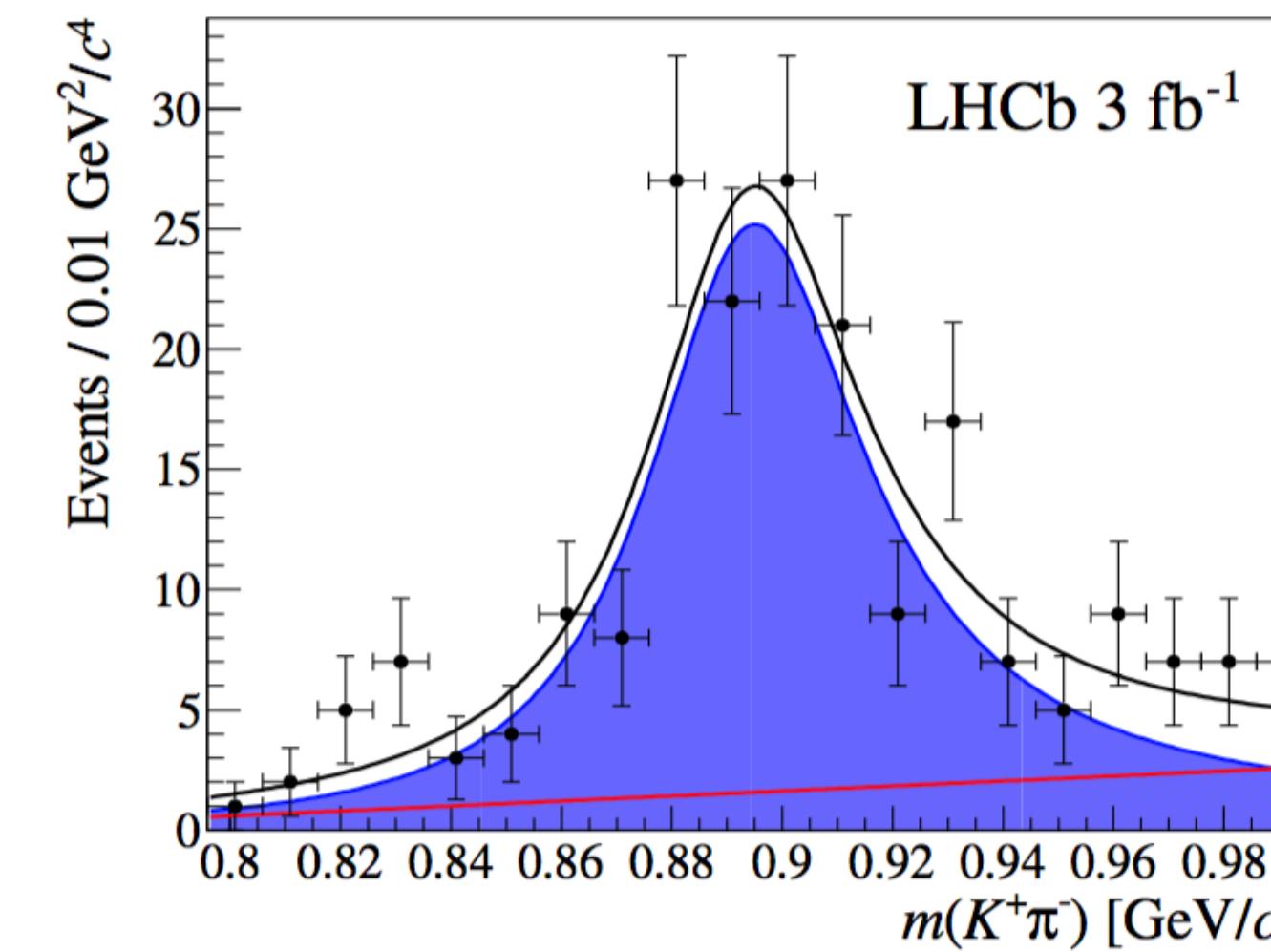
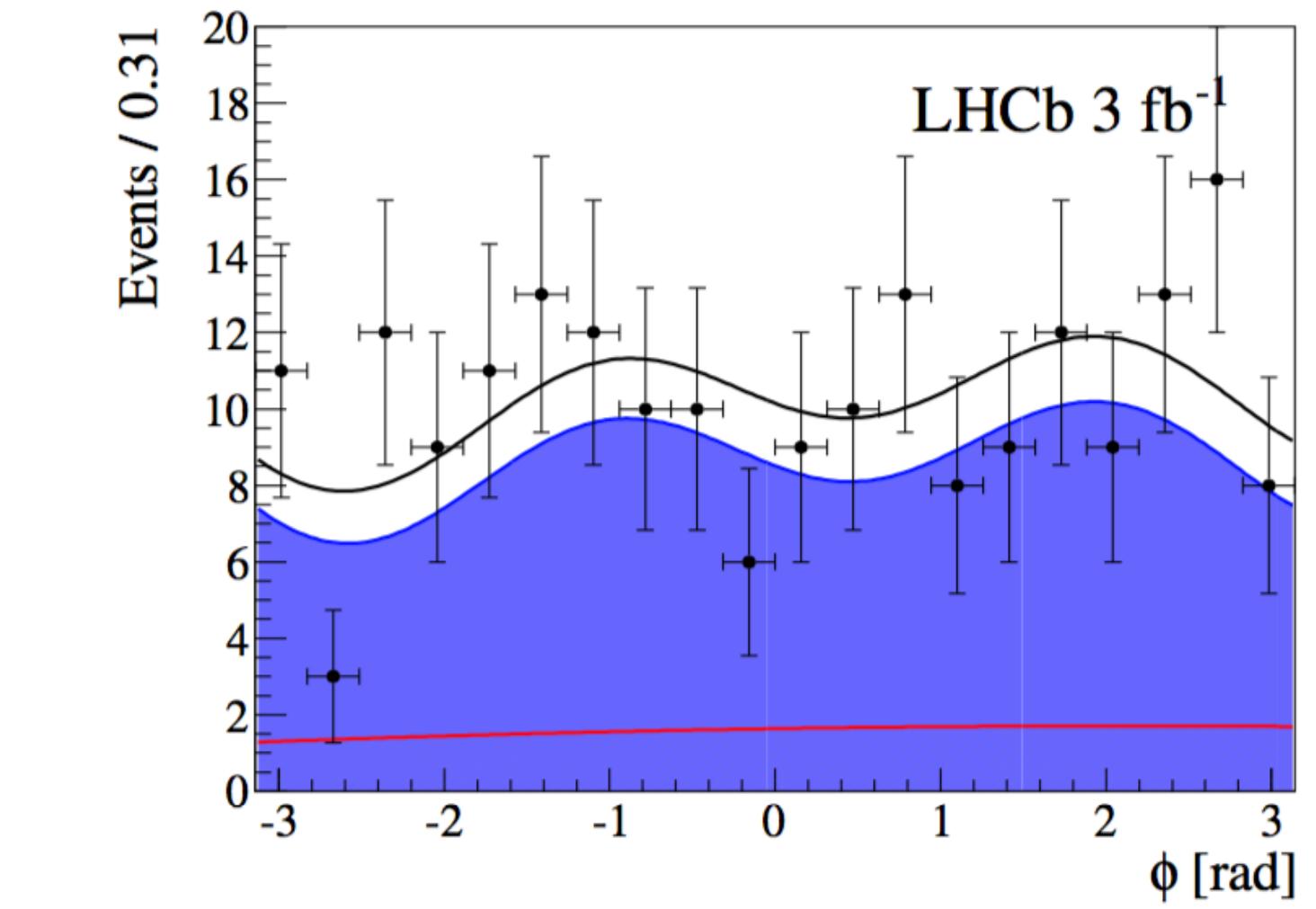
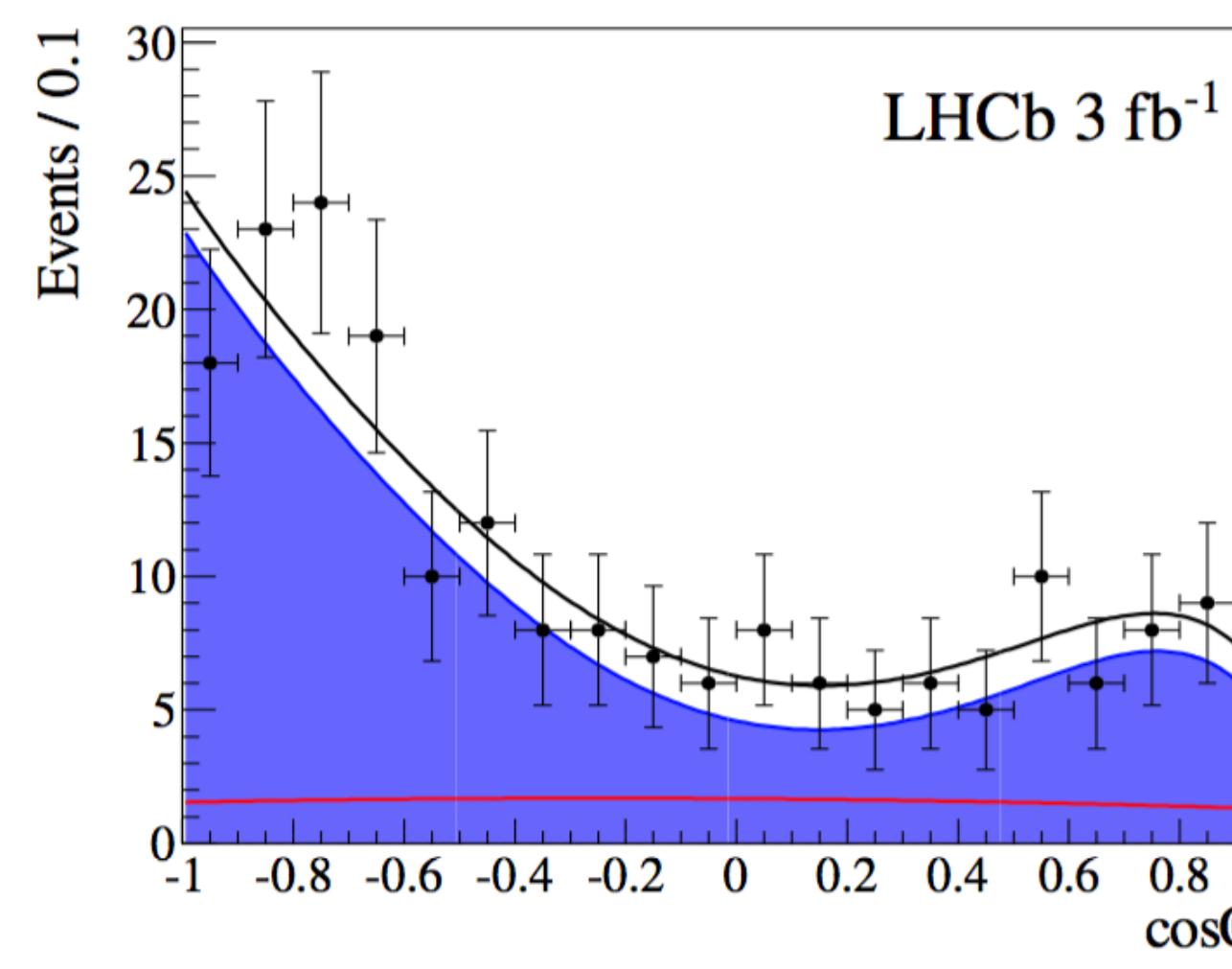
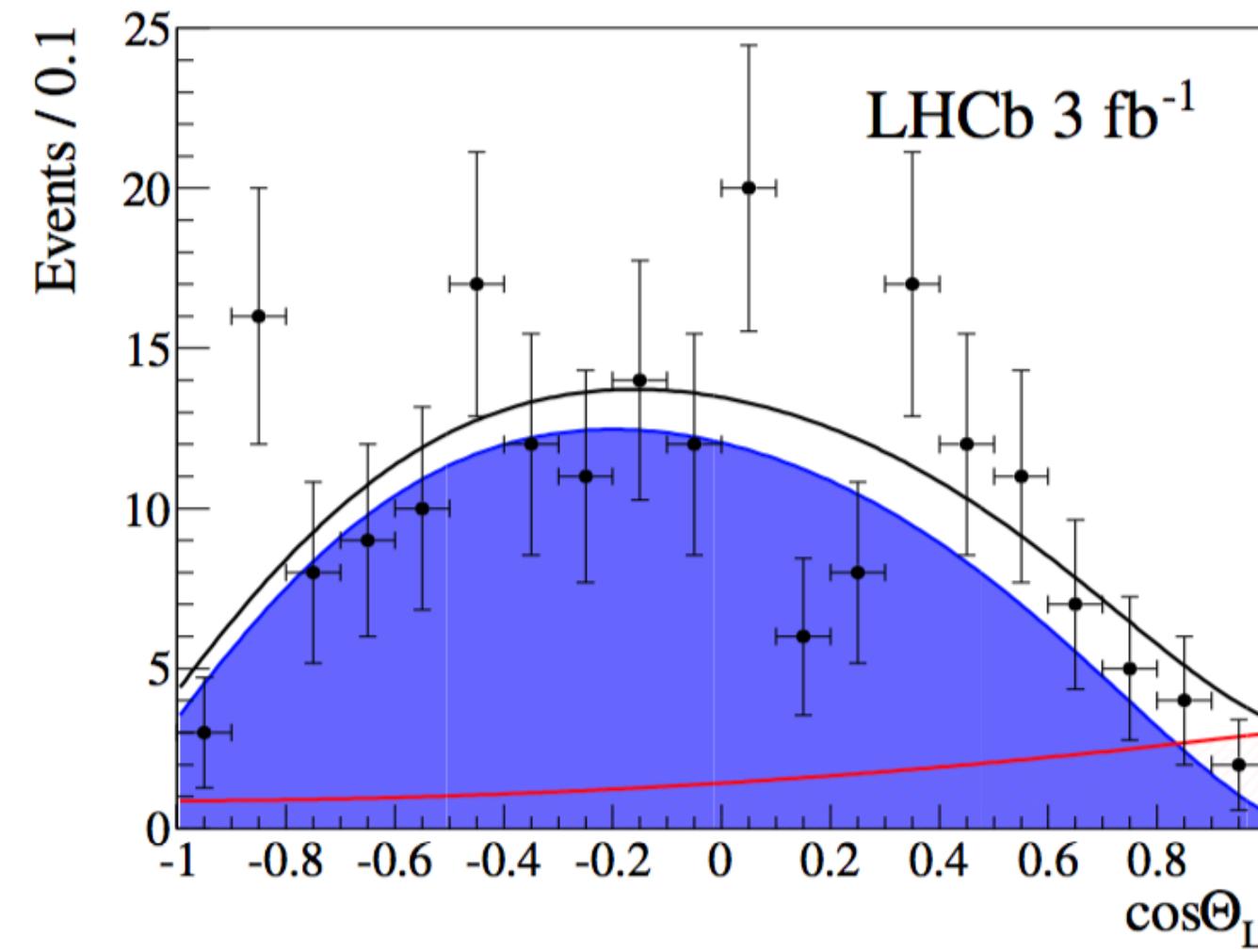
Angular analysis of the $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ decay using 3 fb $^{-1}$ of integrated luminosity



Un des deux points vitaux du groupe, implication de deux permanents et un thésard, responsable de la selection

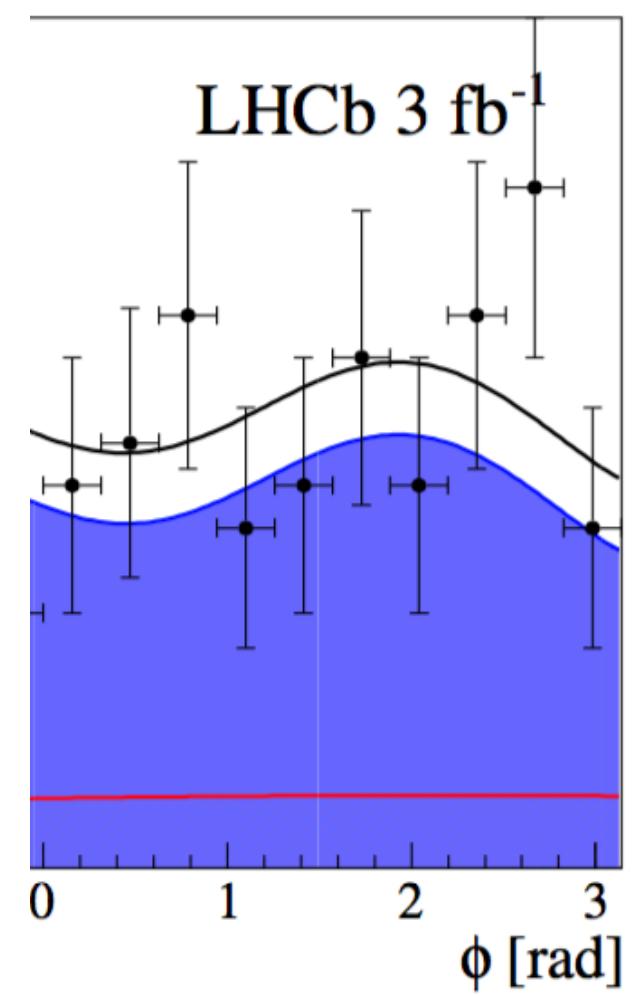
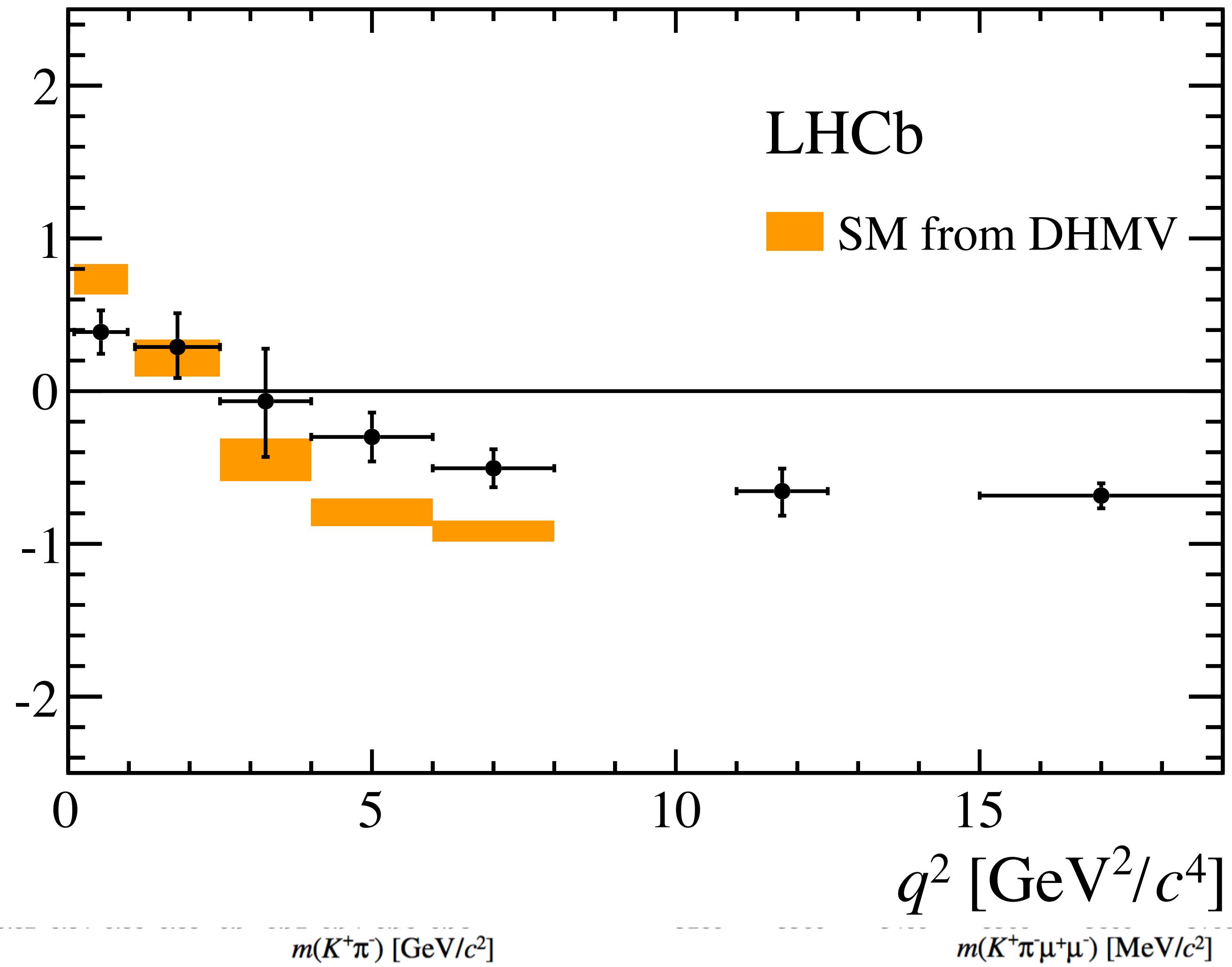
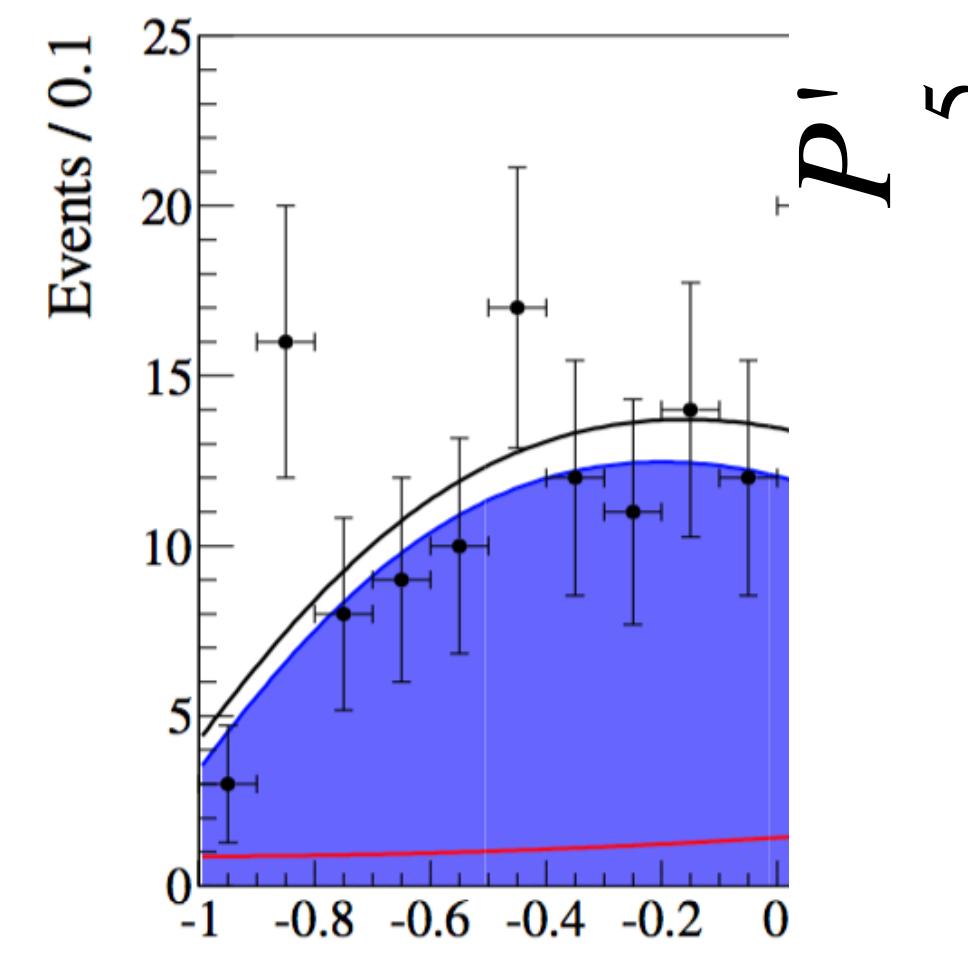
Angular analysis of the $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ decay using 3 fb^{-1} of integrated luminosity

$$1.1 < q^2 < 2.5 \text{ GeV}^2/c^4$$



Angular analysis of the $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ decay using 3 fb^{-1} of integrated luminosity

$$1.1 < q^2 < 2.5 \text{ GeV}^2/c^4$$



Analyses en cours

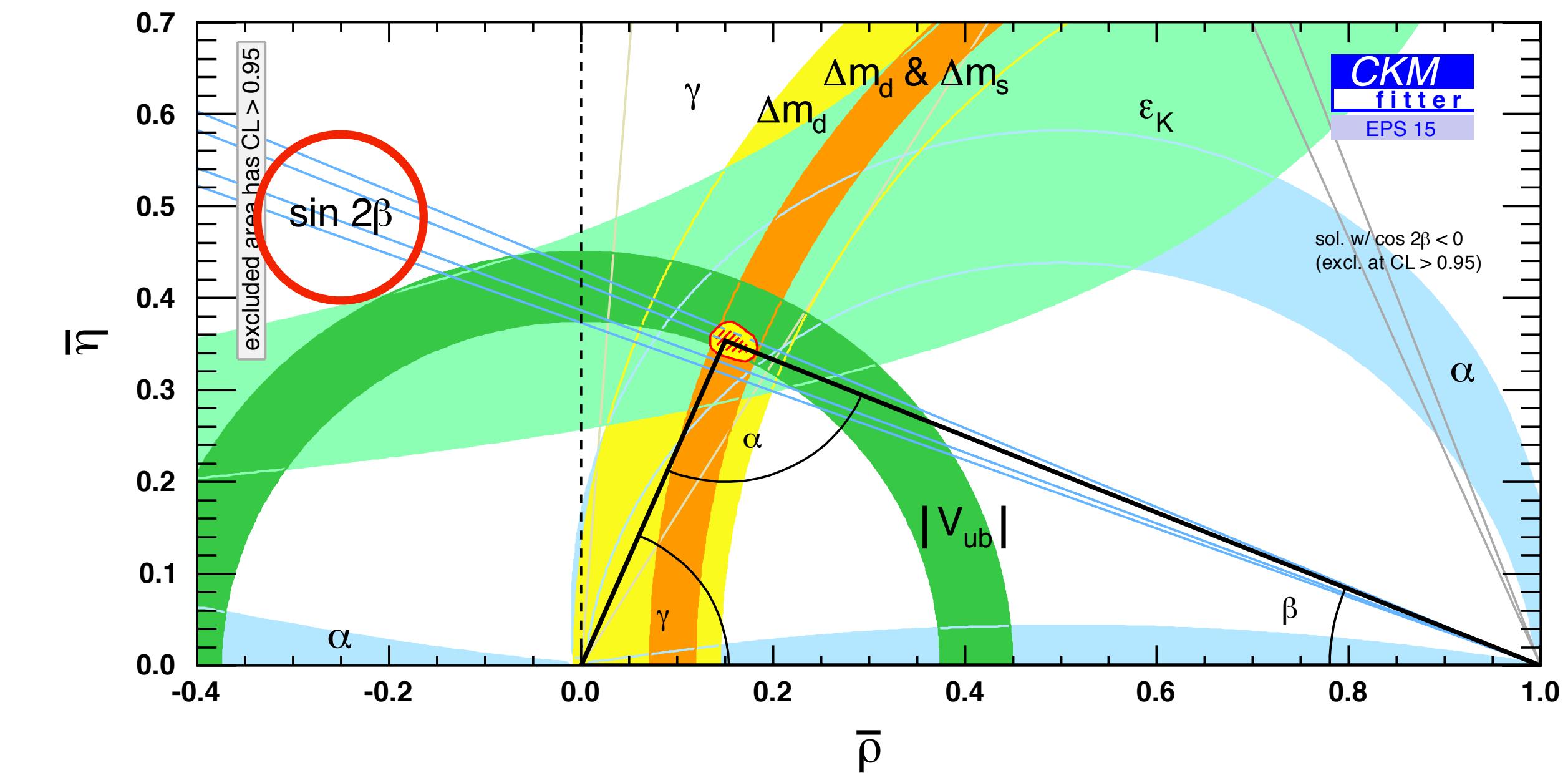
Analyses of $B \rightarrow K_{S} hh$ decays (branching fractions and Dalitz)

Le but final : mesure des angles CKM
 β et β_s avec une analyse Dalitz
dépendante du temps

Pour l'instant, il n'y a pas assez
des données pour cela, alors on

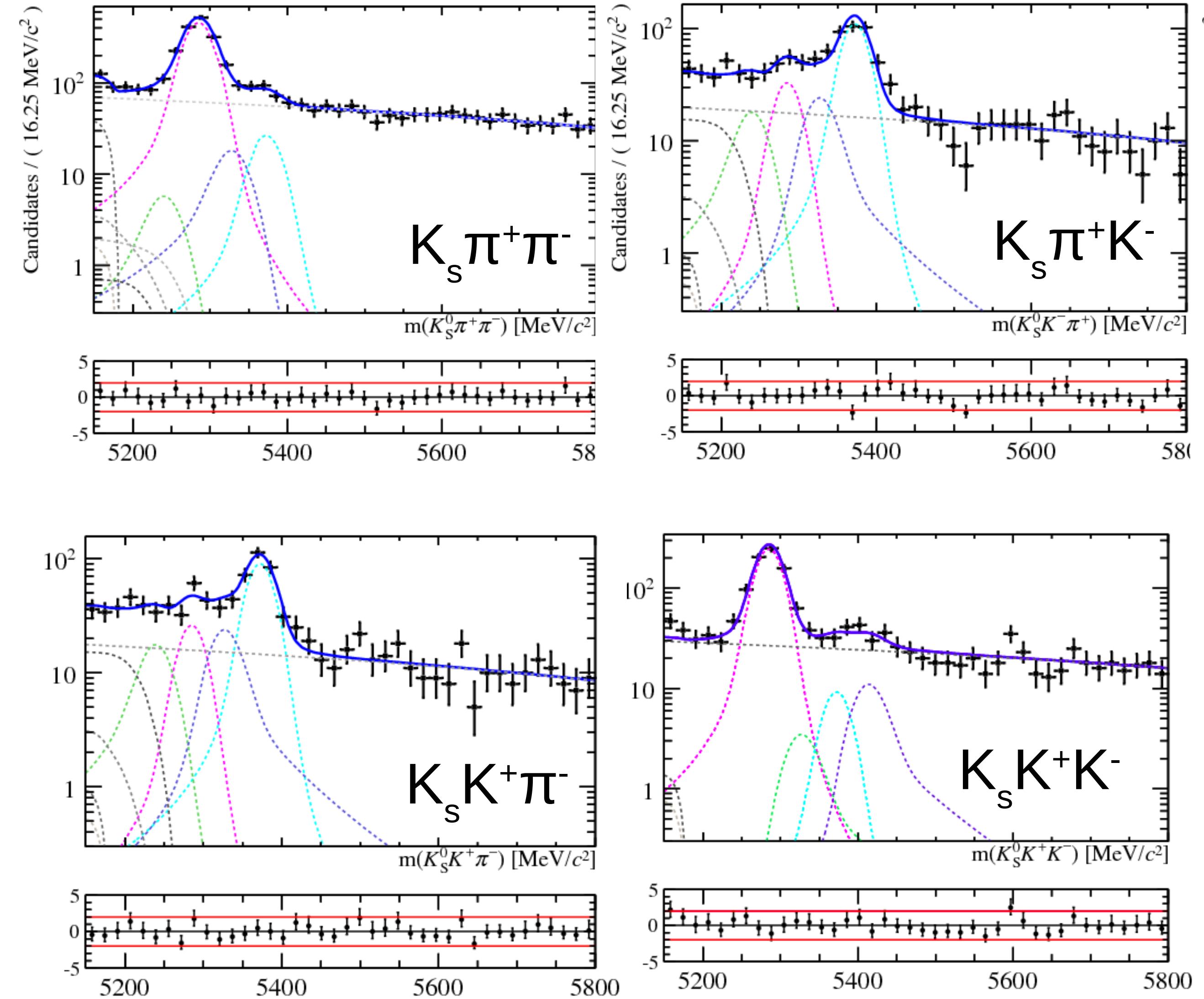
Mesure des rapports d'embranchements

Fait les études de Dalitz plot
intégrée dans le temps de
désintégration



L'autre grand pôle du groupe, thèse de Louis Henry

Branching fraction measurements of $B \rightarrow K_S h h$ decays



Branching fraction measurements of $B \rightarrow K_S h\bar{h}$ decays

$$\frac{\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K_s^0 \pi^+ \pi^-)}{\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K_s^0 \pi^+ \pi^-)} = 0.26 \pm 0.04(\text{stat.}) \pm 0.02(\text{syst.}) \pm 0.01(f_s/f_d),$$

$$\frac{\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K_s^0 K^\pm \pi^\mp)}{\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K_s^0 \pi^+ \pi^-)} = 0.17 \pm 0.02(\text{stat.}) \pm 0.00(\text{syst.}),$$

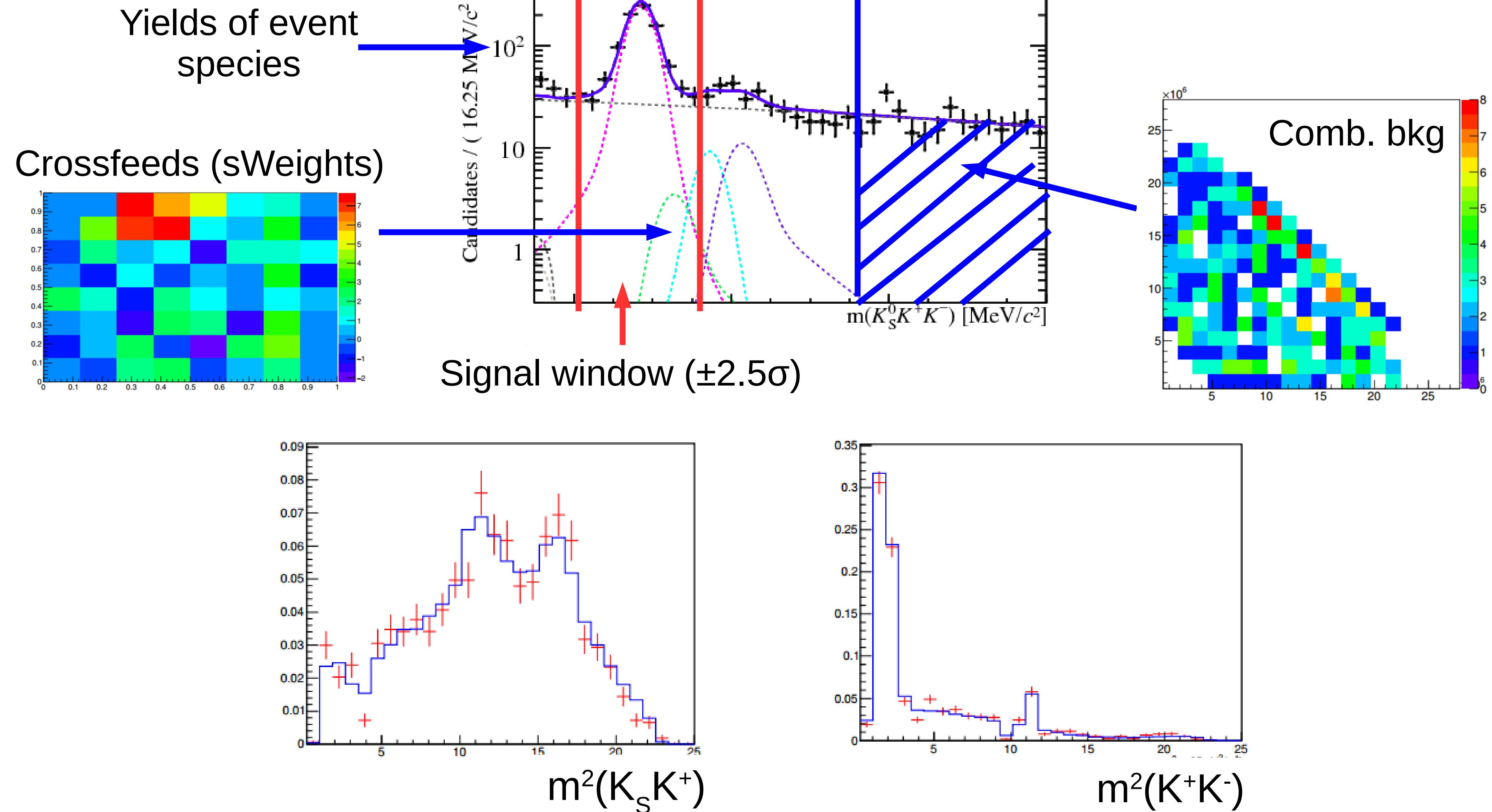
$$\frac{\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K_s^0 K^\pm \pi^\mp)}{\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K_s^0 \pi^+ \pi^-)} = 1.84 \pm 0.07(\text{stat.}) \pm 0.02(\text{syst.}) \pm 0.04(f_s/f_d),$$

$$\frac{\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K_s^0 K^+ K^-)}{\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K_s^0 \pi^+ \pi^-)} = 0.59 \pm 0.02(\text{stat.}) \pm 0.01(\text{syst.}),$$

	2011		2012 pre-June		2012 post-June	
	DD	LL	DD	LL	DD	LL
Significance	2.6σ	0.7σ	0.2σ	1.2σ	2.0σ	1.2σ
Global						3.7σ

First observation of $B_s \rightarrow K_S K^+ K^-$

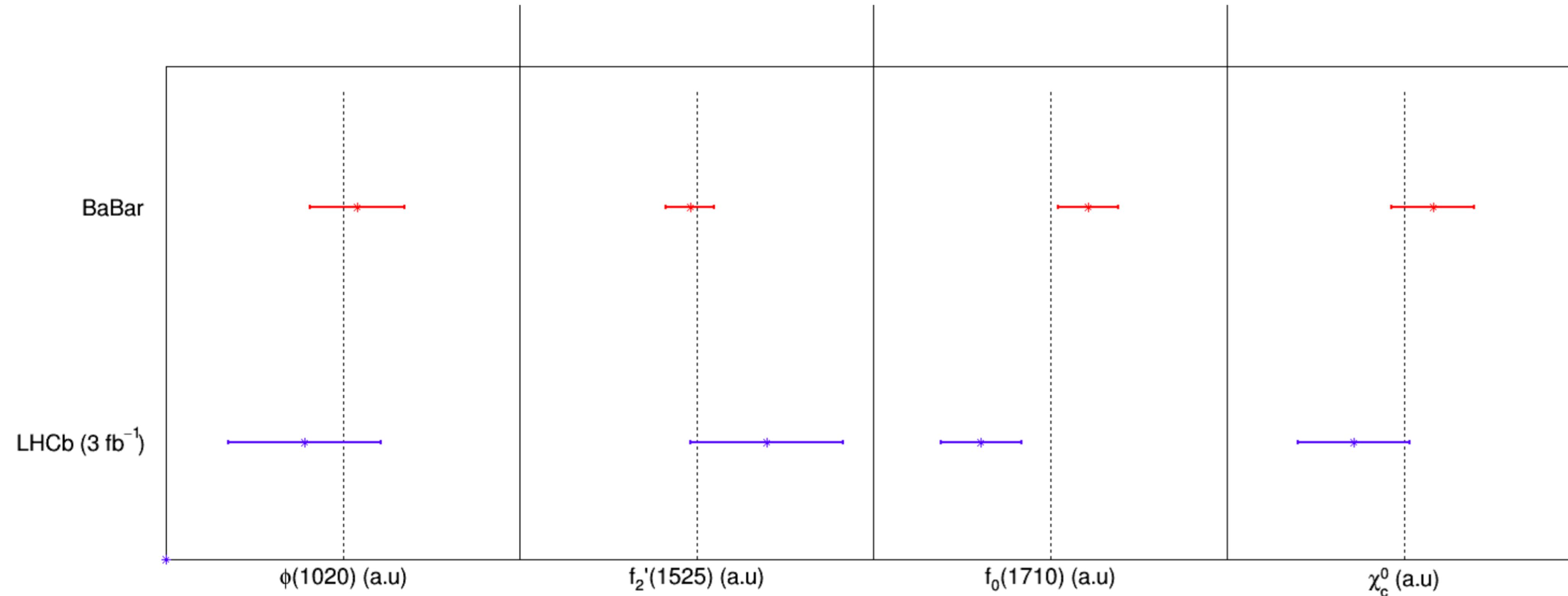
Dalitz plot analysis of $B_s \rightarrow K_s KK$ decays



Dalitz plot analysis of $B_s \rightarrow K_s KK$ decays

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{B}(B^0 \rightarrow K_s^0 (\phi^0 \rightarrow K^+ K^-)) &= (1.63 \pm^{0.2}_{0.3} \text{ (stat)} \pm 0.2 \text{ (syst)} \pm 0.2 \text{ (BF)}) \times 10^{-6}, \\ \mathcal{B}(B^0 \rightarrow K_s^0 \chi_{c0} (\rightarrow K^+ K^-)) &= (0.28 \pm^{0.08}_{0.06} \text{ (stat)} \pm 0.05 \text{ (syst)} \pm 0.04 \text{ (BF)}) \times 10^{-6}, \\ \mathcal{B}(B^0 \rightarrow K_s^0 f_2'(1525) (\rightarrow K^+ K^-)) &= (0.36 \pm 0.16 \text{ (stat)} \pm 0.29 \text{ (syst)} \pm 0.05 \text{ (BF)}) \times 10^{-6}. \\ \mathcal{B}(B^0 \rightarrow K_s^0 f_0(1710) (\rightarrow K^+ K^-)) &= (0.27 \pm 0.22 \text{ (stat)} \pm 0.21 \text{ (syst)} \pm 0.03 \text{ (BF)}) \times 10^{-6}. \end{aligned} \right\}$$

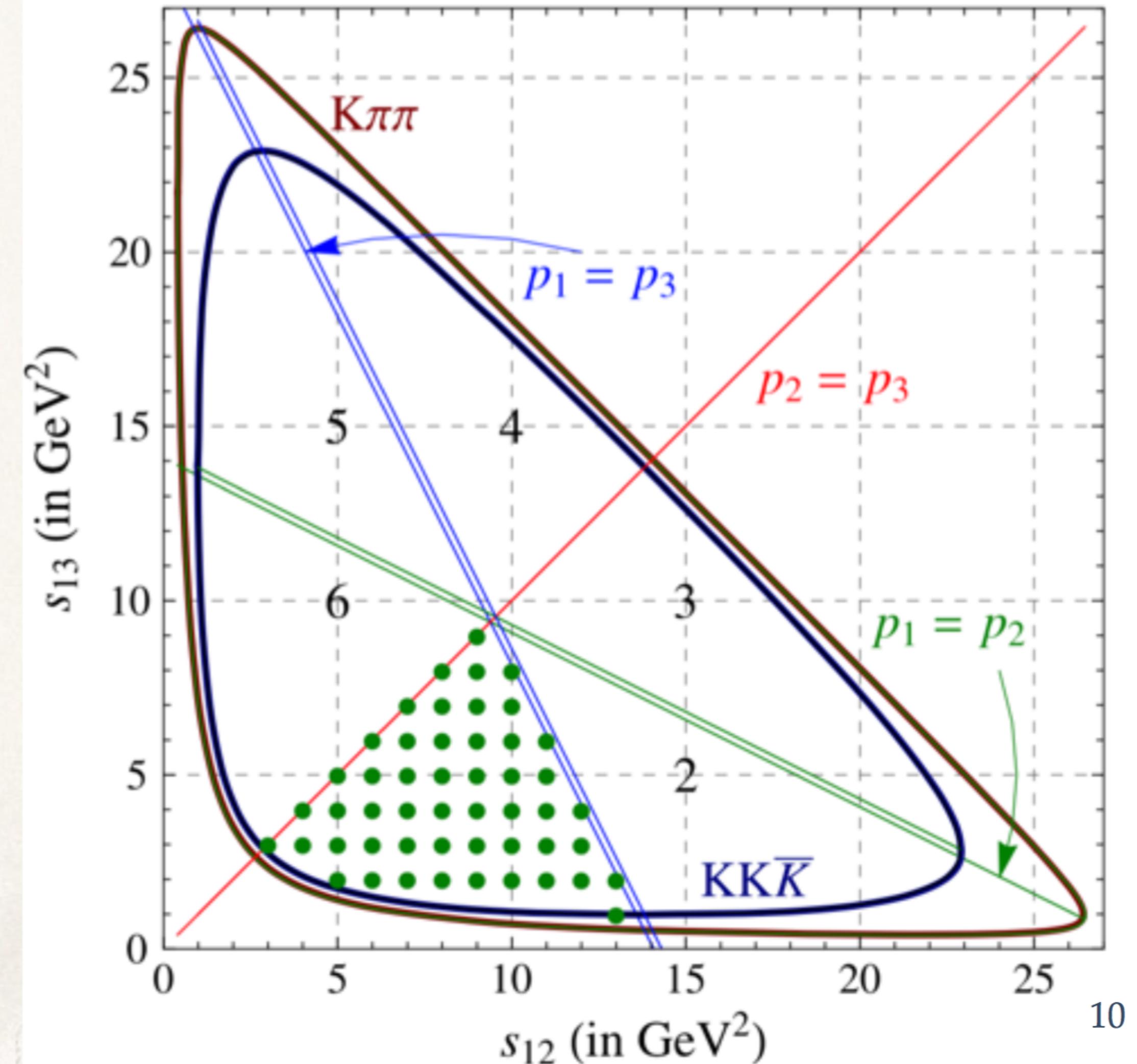
Compatible
with PDG



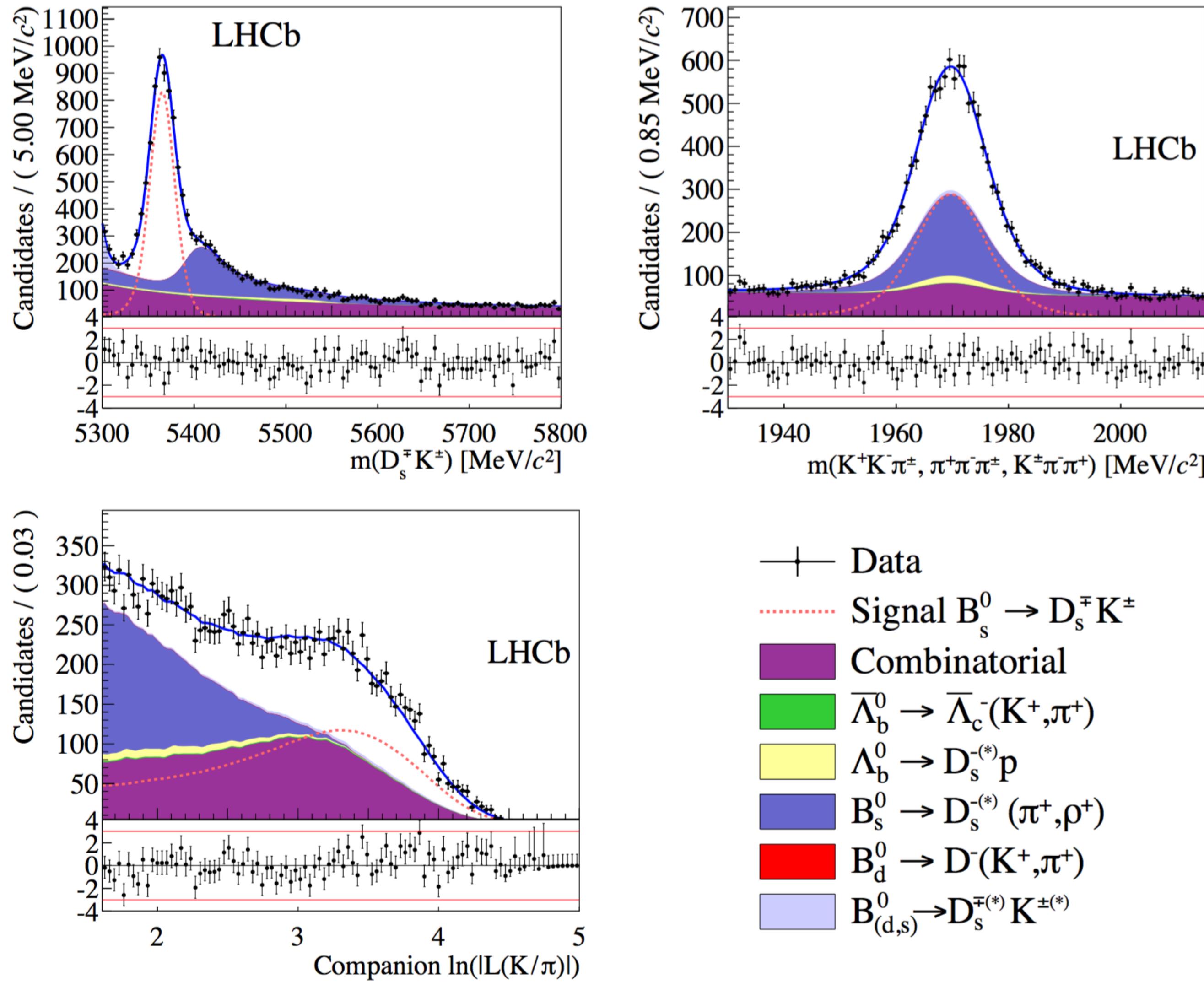
Dalitz plot analysis of $B_s \rightarrow K\bar{K}h h$ decays for measurement of γ

- ✿ Plan de Dalitz symétrisé.
- ✿ Extraction de γ à l'aide d'un fit.
- ✿ **Étude existante** : traitement simplifié (erreurs statistiques uniquement, sans corrélations).
[Phys.Lett. B728 \(2014\) 206-209](#)
- ✿ **Objectif de ce travail** : effectuer l'étude la plus complète possible (inclure les erreurs systématiques, les corrélations entre les points...) et obtenir une incertitude réaliste sur γ .

$$A_{fs} = \frac{1}{\sqrt{6}}(A(s_{12}, s_{13}) + A(s_{13}, s_{12}) + A(s_{12}, s_{23}) + A(s_{23}, s_{12}) + A(s_{23}, s_{13}) + A(s_{13}, s_{23}))$$

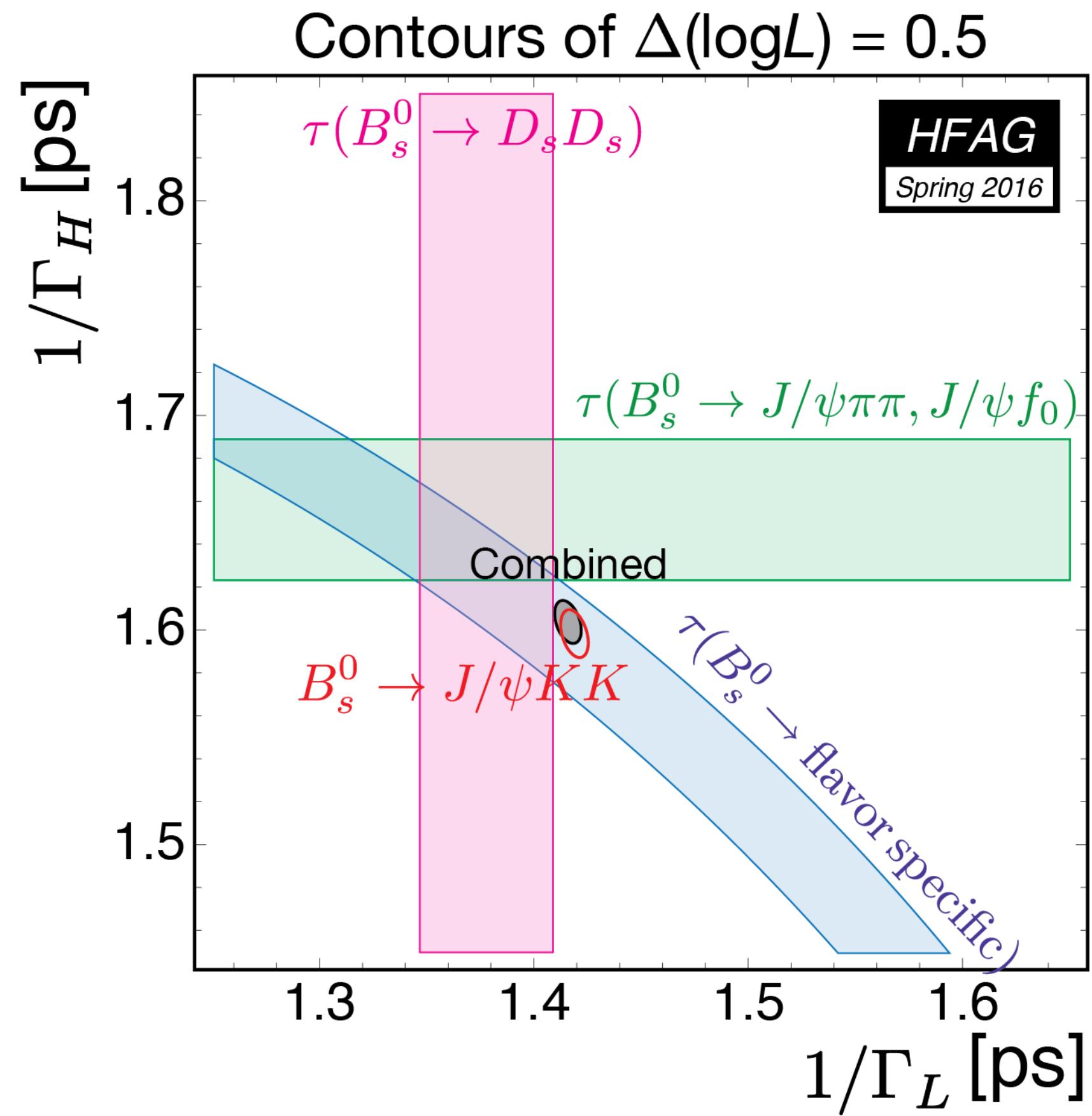


Measurement of time-dependent CP violation in $B_s \rightarrow D_s K$

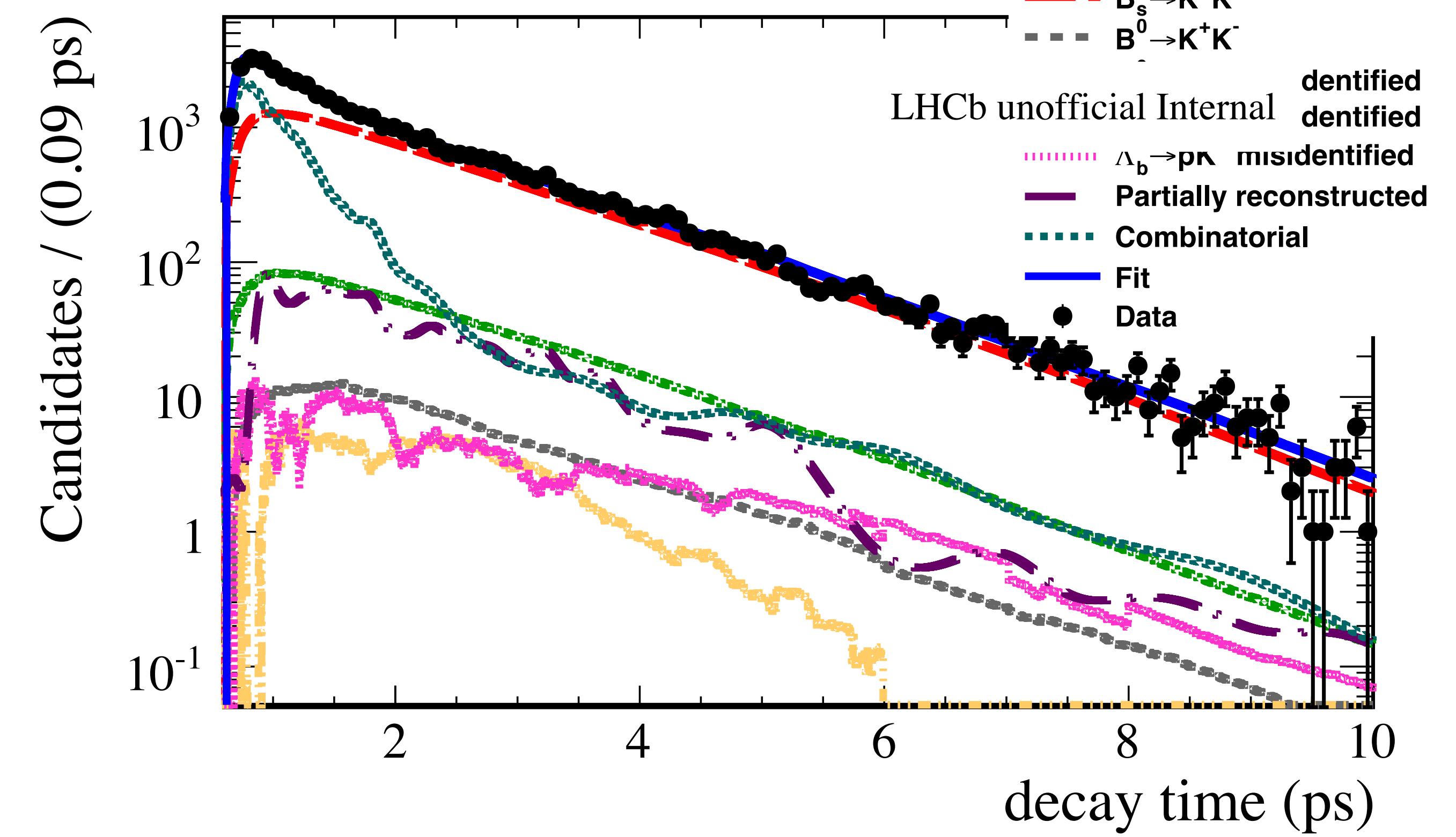
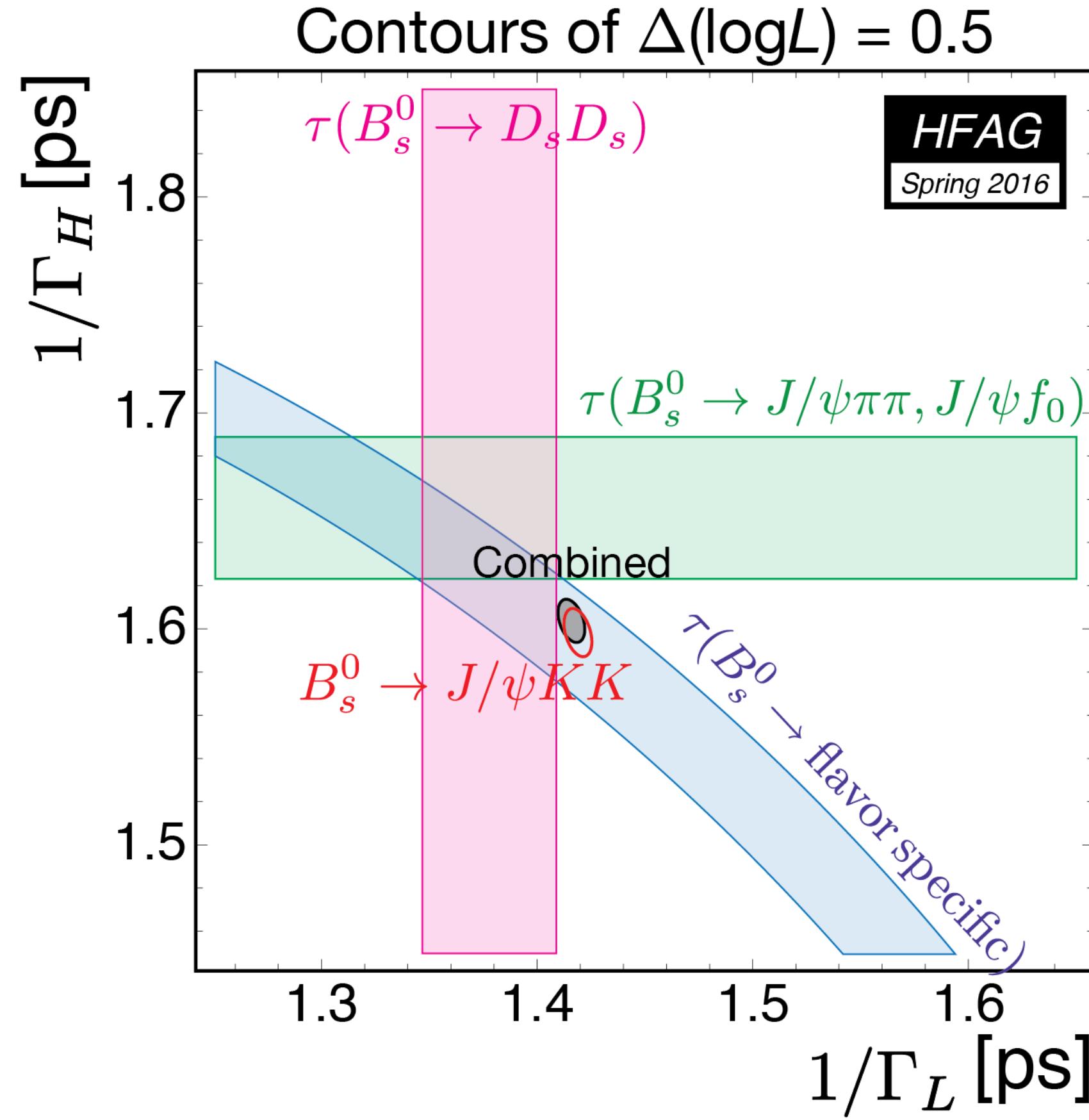


Une autre des grandes analyses de LHCb (depuis le “technical proposal” de ‘98), complémentaire avec $K_s HH$ comme une mesure de triangle CKM. En train de finaliser l’analyse de Run I, où la sensibilité à l’angle CKM gamma va être environ $\sim 16^\circ$

Measurement of effective lifetimes in $B \rightarrow hh$ decays



Measurement of effective lifetimes in $B \rightarrow hh$ decays



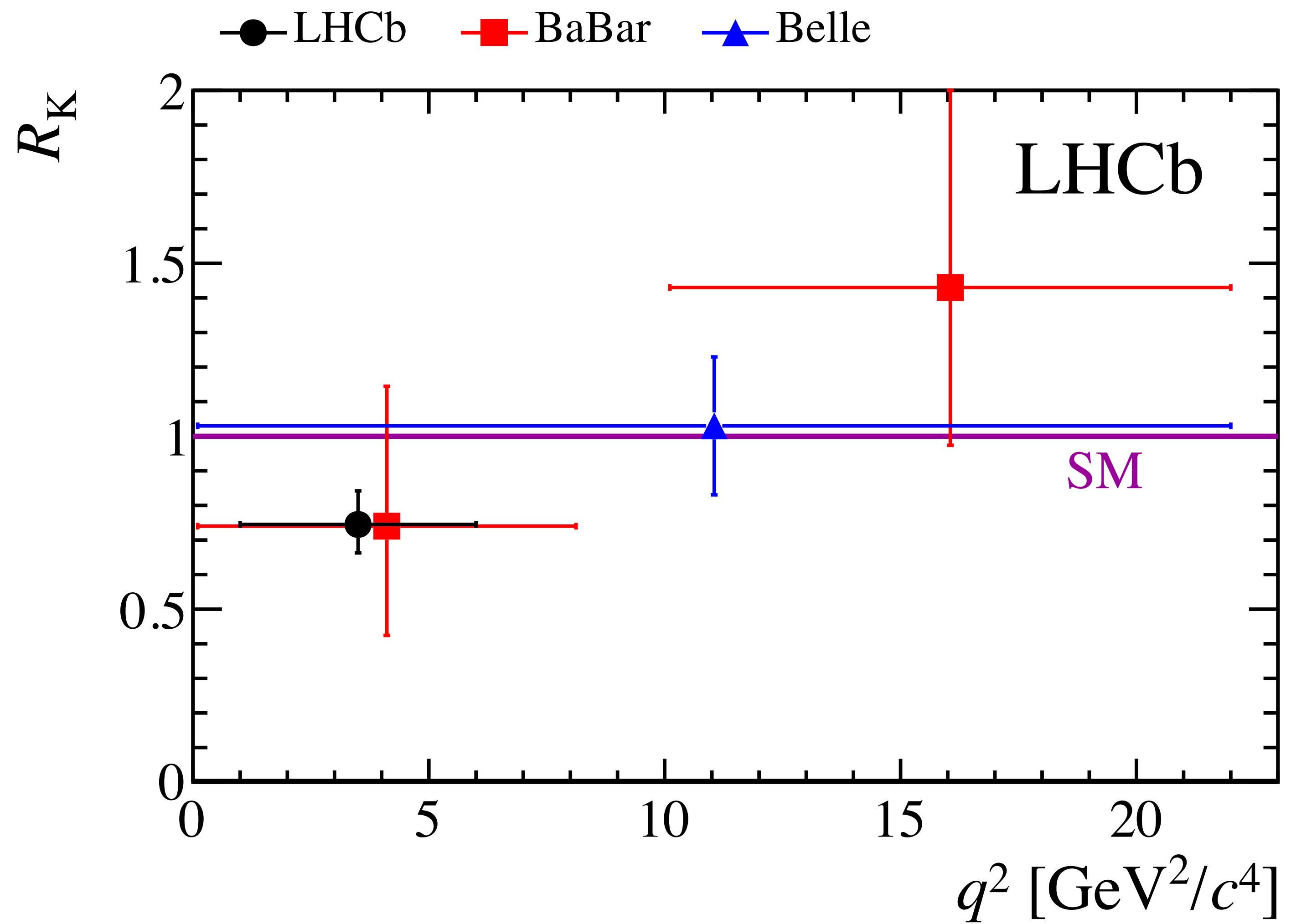
On finalise la mesure des temps de désintégration du B^0 , B_s^0 , et Λ_b avec les données du Run I. Pour Run II on a des nouvelles "lifetime-unbiased" selections dans le trigger qui vont beaucoup simplifier les prochains updates.

Measurement of the ratio $R_{K^*} = \mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-)/\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} e^+ e^-)$

Nouvelle physique ou fluctuation?

Pour comprendre, il faut faire des mesures complémentaires dans tous les transitions $b \rightarrow s l l$

La première est R_{K^*} avec les données du Run I, une grande travail de groupe.



$$R_K = \frac{\mathcal{BR}(B^+ \rightarrow K^+ \mu^+ \mu^-)}{\mathcal{BR}(B^+ \rightarrow K^+ e^+ e^-)} = 0.745 \quad {}^{+0.090}_{-0.074} \quad (\text{stat}) \pm 0.036 (\text{syst})$$

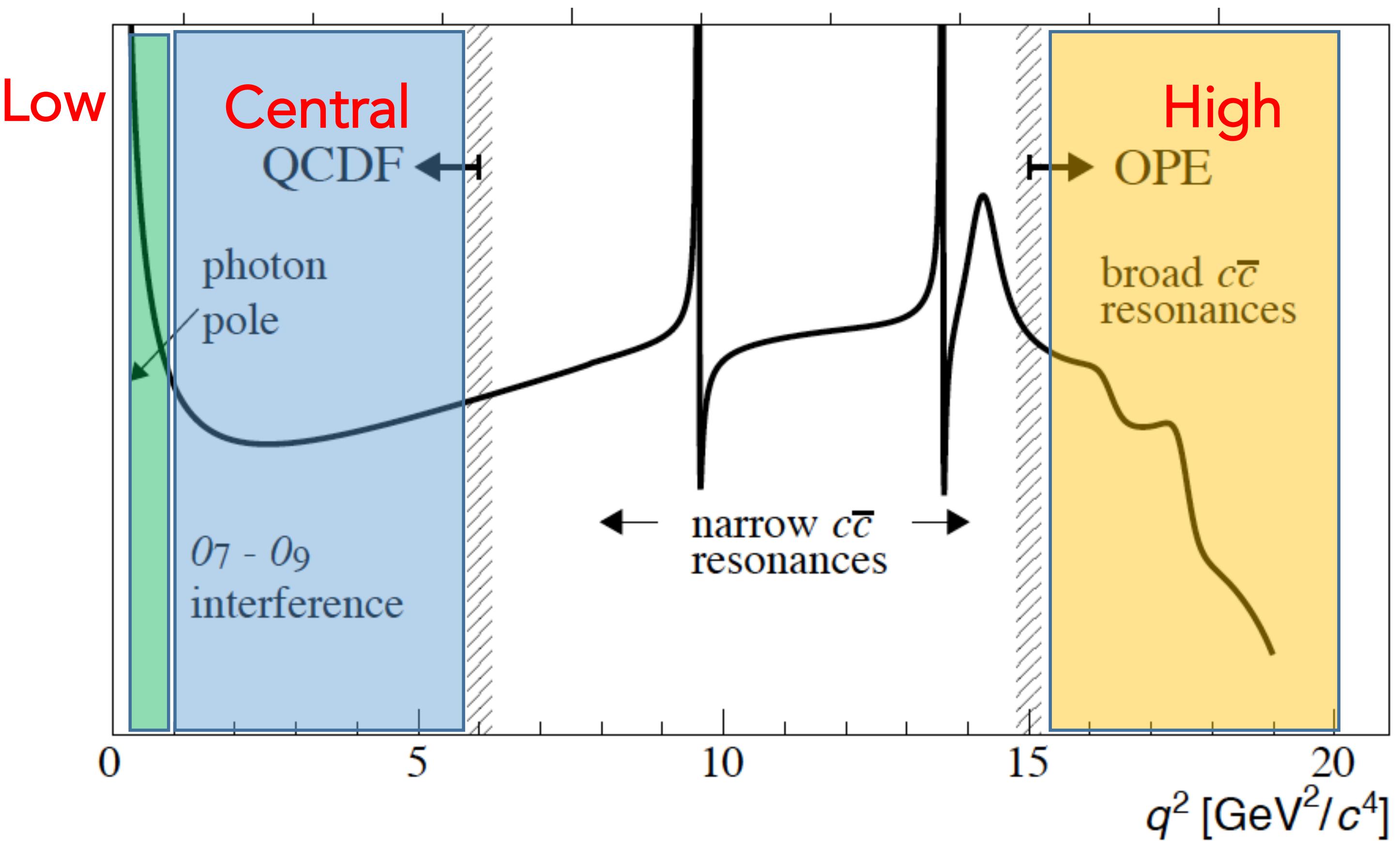
Measurement of the ratio $R_{K^*} = \mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-)/\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} e^+ e^-)$

Nouvelle physique ou fluctuation?

Pour comprendre, il faut faire des mesures complémentaires dans tous les transitions $b \rightarrow sll$

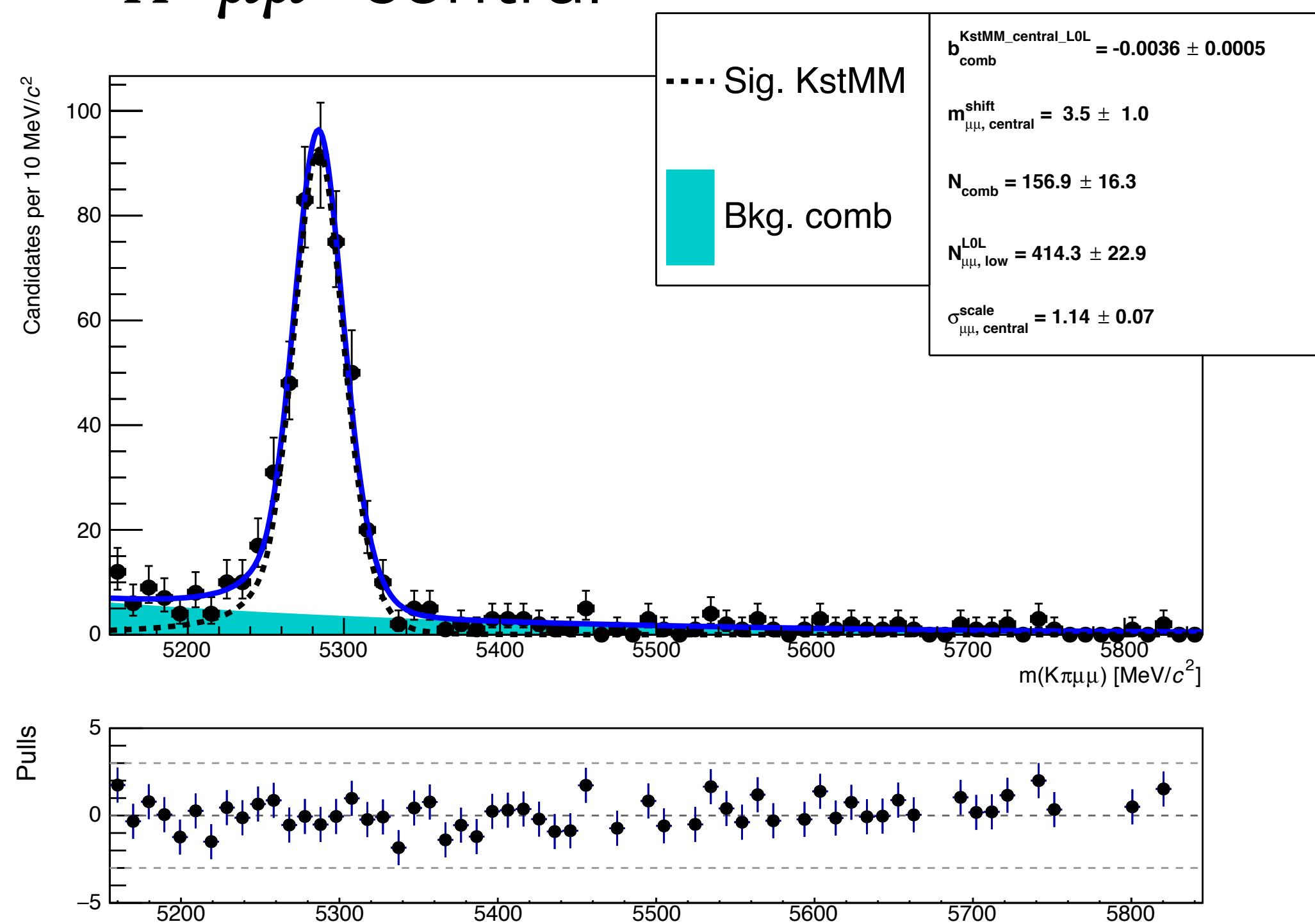
La première est R_{K^*} avec les données du Run I, une grande travail de groupe.

On va mesurer R_{K^*} dans trois régions de q^2 : proche du pôle de photon, centrale, et proche de la limite cinématique du K^{*0}

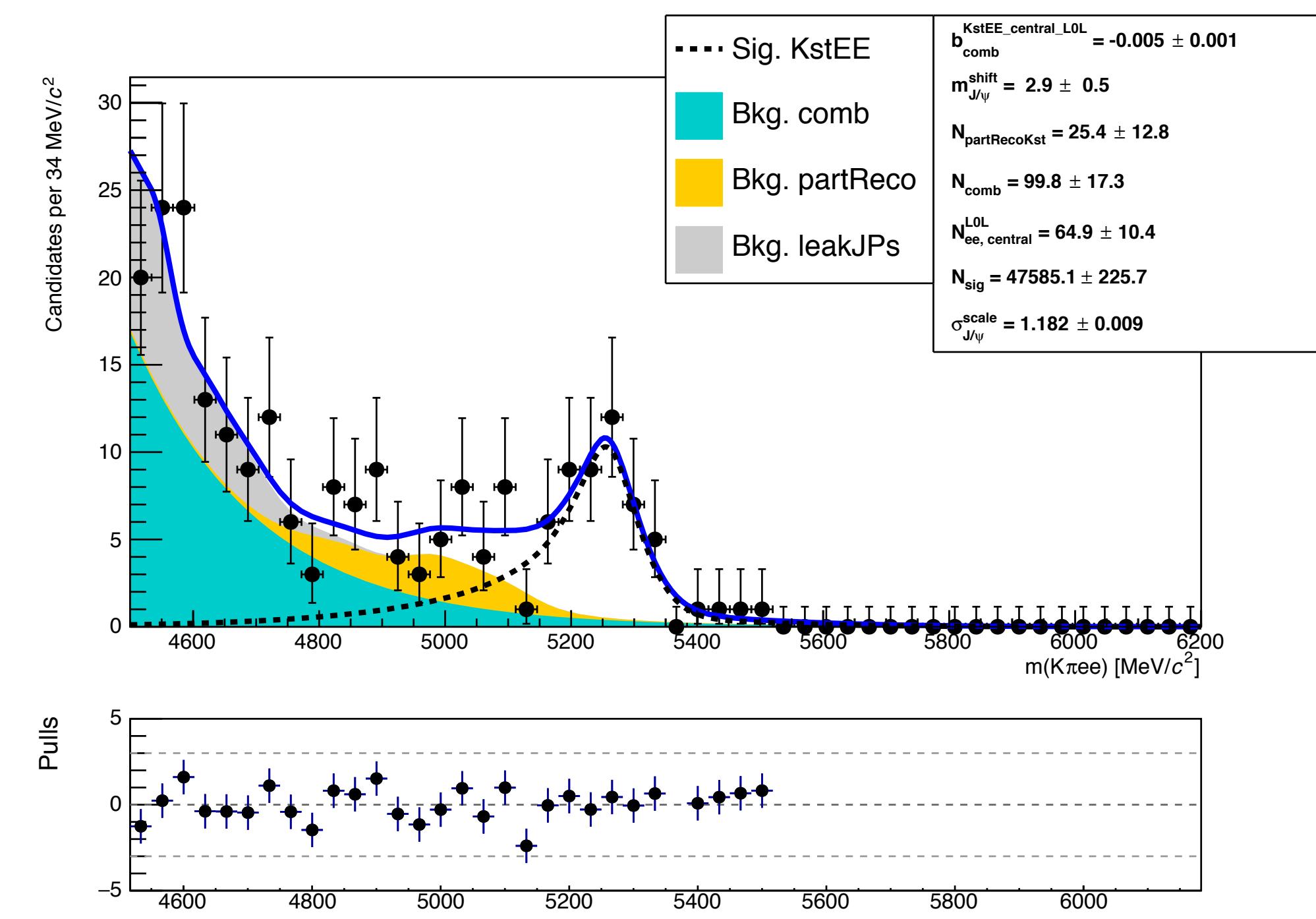


Measurement of the ratio $R_{K^*} = \mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-)/\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} e^+ e^-)$

$K^* \mu\mu$ central



$K^* ee$ central – LOE

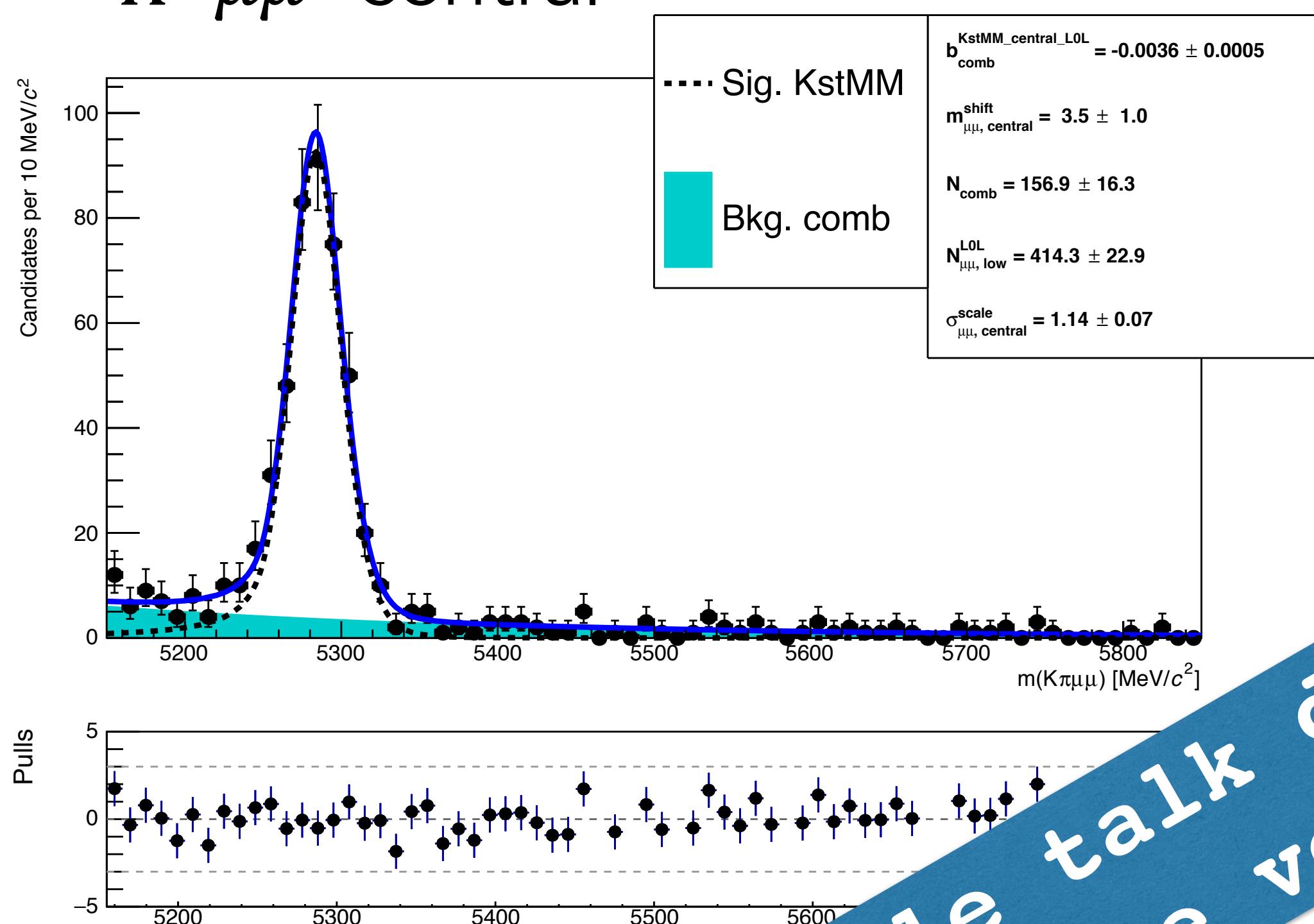


La sélection et le programme d'ajustement sont finalisés depuis un certain temps, maintenant on essaye de finaliser les corrections d'efficacité.

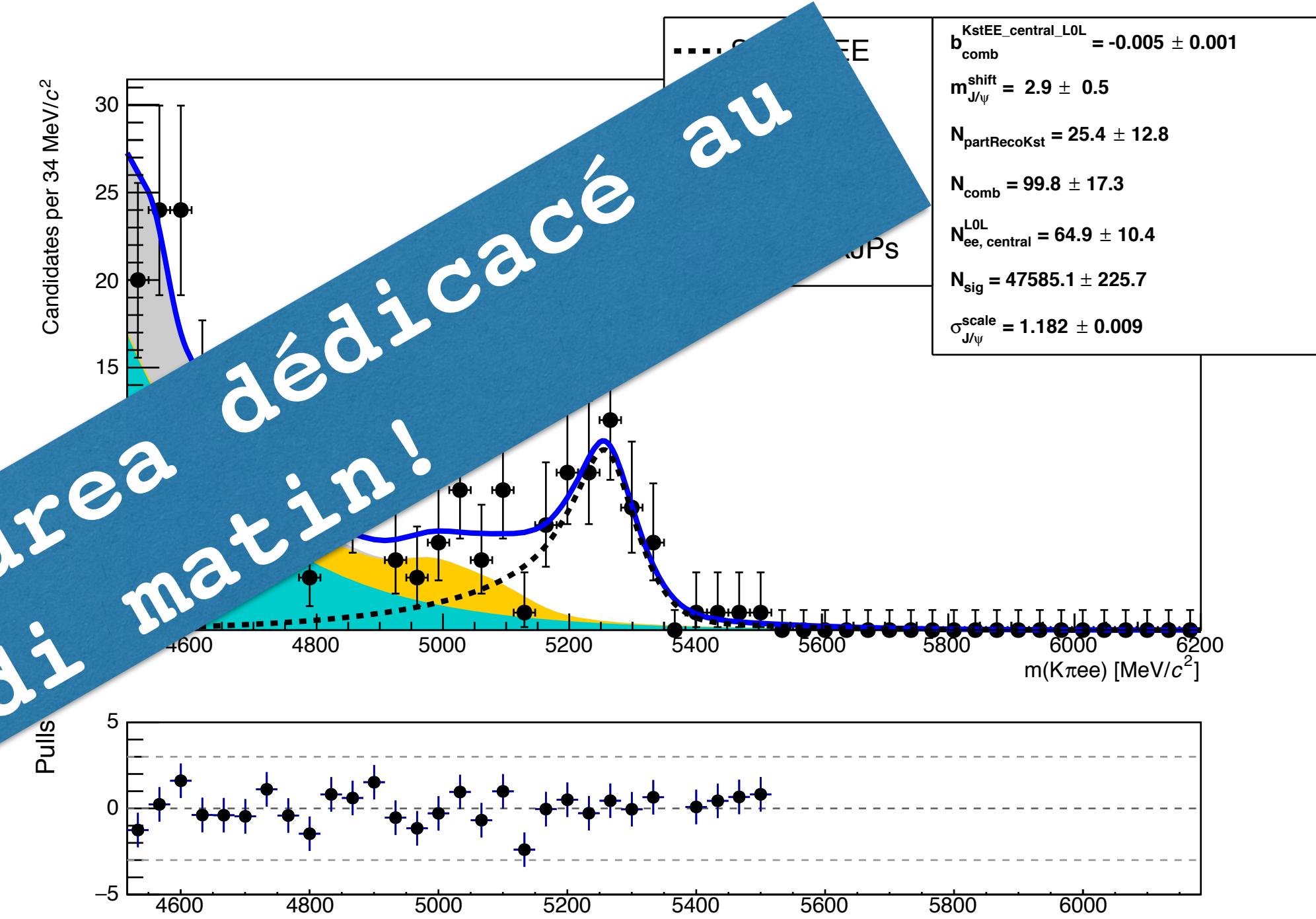
On fait aussi des analyses complémentaire : mesures de lepton flavour violation. On a commencé avec $K\mu\mu$ qui est le plus sensible (trois traces, moins combinatoire vu que y'a q'un hadron parmi eux)

Measurement of the ratio $R_{K^*} = \mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-)/\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^{*0} e^+ e^-)$

$K^* \mu\mu$ central



$K^* ee$ central - LOE



La sélection et la liste d'ajustement sont finalisés depuis un certain temps, mais on essaye de finaliser les corrections d'efficacité.

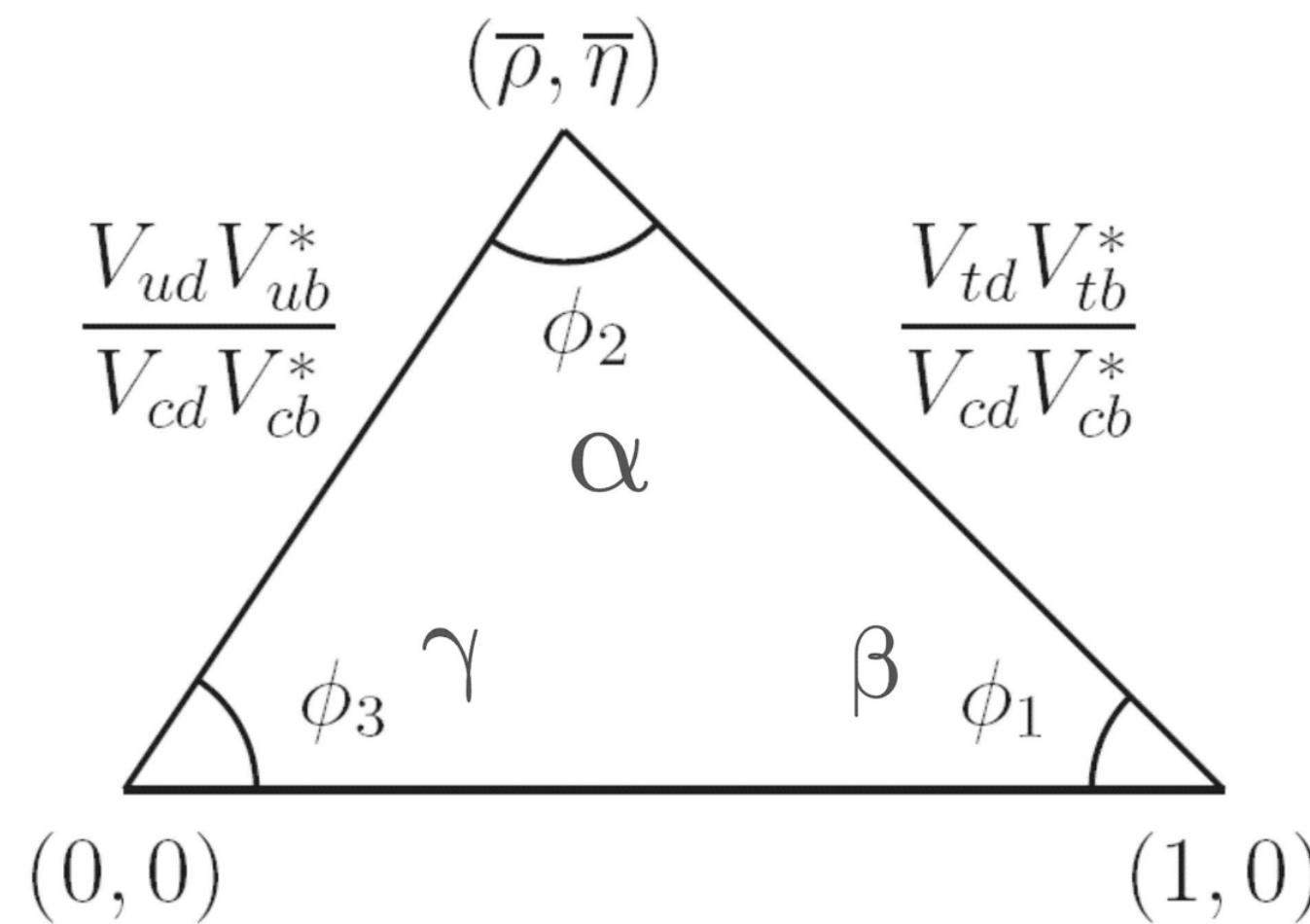
On fait aussi des analyses complémentaires : mesures de lepton flavour violation. On a commencé avec $K\pi\mu$ qui est le plus sensible (trois traces, moins combinatoire vu que y'a qu'un hadron parmi eux)

Voir aussi le talk de Andrea B-KTH le vendredi matin!

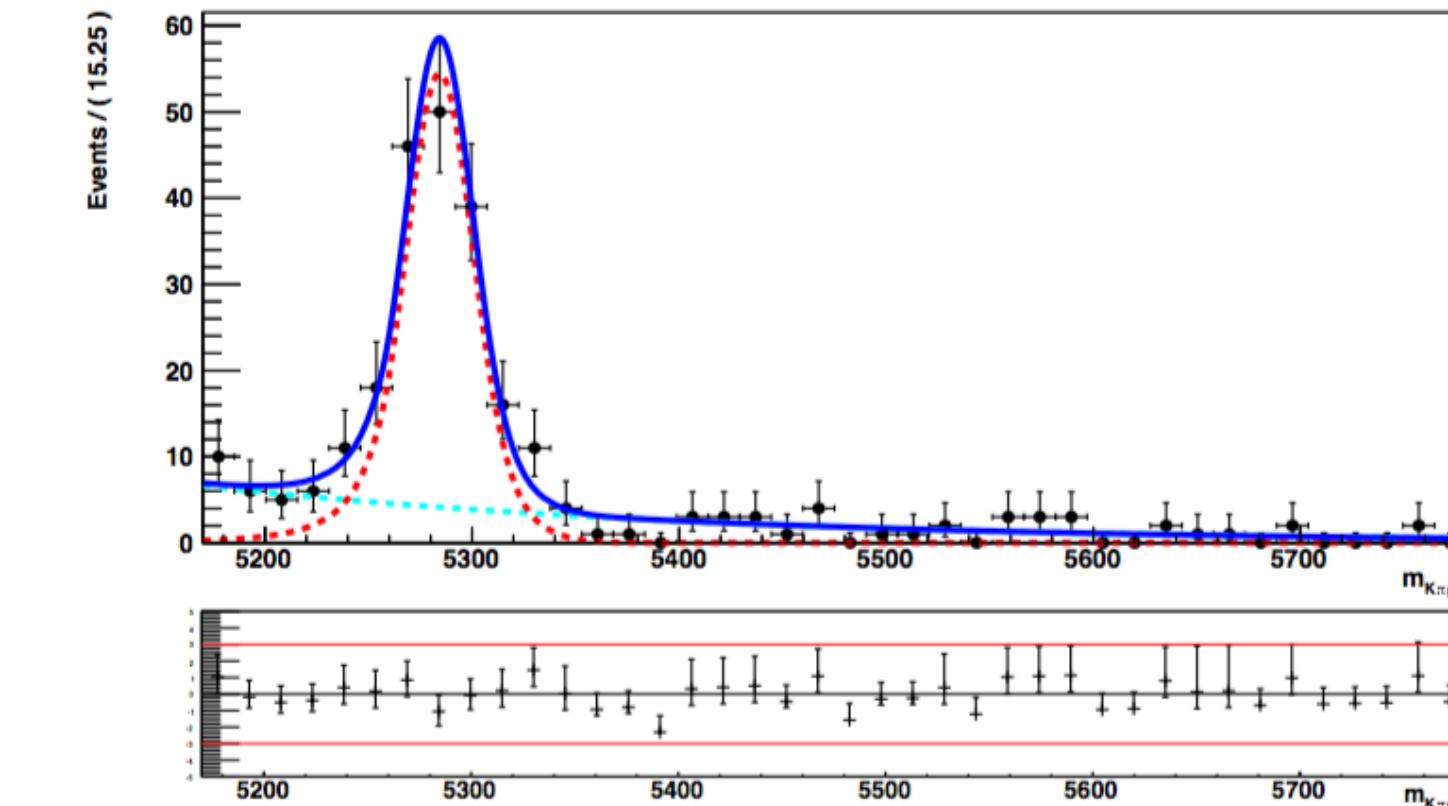
Perspectives à 3 ans

Les priorités resteront les mêmes

Le triangle CKM ($K_s HH$, $D_s K$, $B \rightarrow hh$)



Les processus rare (sll, LFV, BNV)



(a) [11.0, 11.75]

Les priorités resteront les mêmes

Le

3 ans ça veut dire le fin de Run II

Les premières analyses time-dependent du $K_s HH$ vont devenir possibles, dans le secteur B_d et B_s (SNV)

On va continuer les études de lepton universality et lepton flavour violation. Peut être c'est le moment d'essayer faire une analyse globale de lepton universality dans les transitions $b \rightarrow s l l$