

Violation de CP dépendante du temps dans les désintégrations du méson B neutre en trois corps sans charme

Simon Sitt, LPNHE Paris

Directeur: Eli Ben-Haim

Outline

- Introduction: violation de CP
- Expérience Babar: principe de mesure
- Motivation d'étudier $B^0 \rightarrow 3P$ (sans charme)
- **Analyse: $B^0 \rightarrow 3K_s^0$**
- Résumé et perspectives

Violation de CP – Idee générale

S'il y a une différence entre les amplitudes de transition

$$A : |i\rangle \rightarrow |f\rangle$$

$$\bar{A} : |\bar{i}\rangle \rightarrow |\bar{f}\rangle$$

avec $CP|i\rangle = |\bar{i}\rangle$

$$CP|f\rangle = |\bar{f}\rangle$$

il y a violation de CP.

si $a \neq b$

$$A = q e^{i\alpha}$$

$$\bar{A} = b e^{i\beta}$$

$\alpha \neq \beta$

violation de
CP directe

intervient dans la
violation de CP dans
le mélange

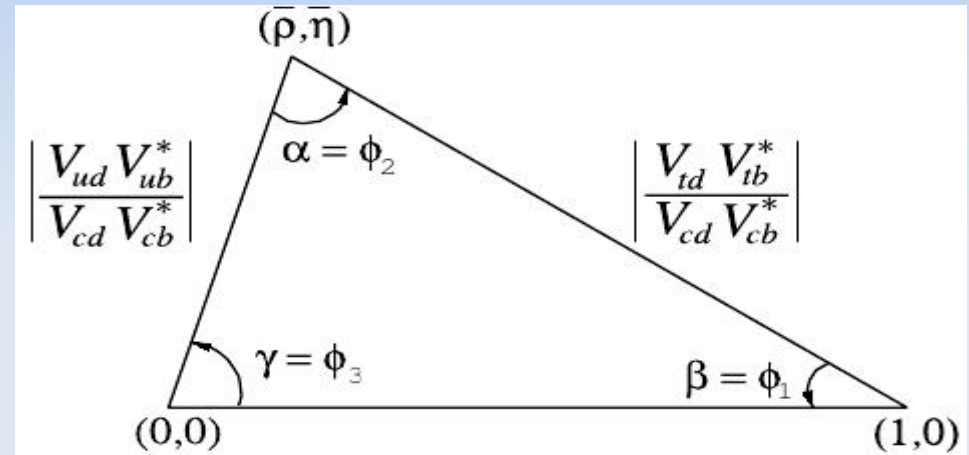
Matrice CKM source de violation de CP

Dans le MS les états propres de l'interaction forte ne sont pas états propres de l'interaction faible \longrightarrow il y a une matrice de mélange, la matrice CKM

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

Unitarité

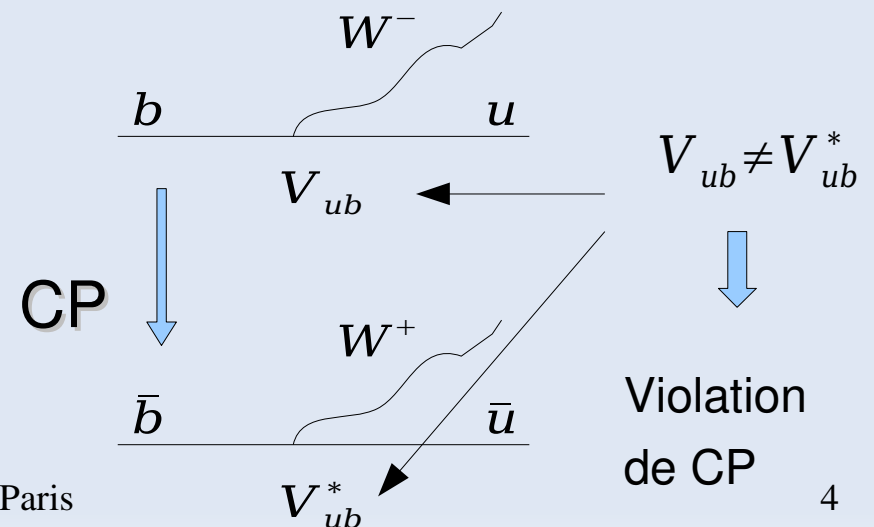
$$V_{ud} V_{ub}^* + V_{cd} V_{cb}^* + V_{td} V_{tb}^* = 0$$



$$\begin{pmatrix} 1 - \lambda^2/2 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda & 1 - \lambda^2/2 & A\lambda^2 \\ A\lambda^3(1 - \rho - i\eta) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix}$$

element complexe est seule source de violation de CP dans MS

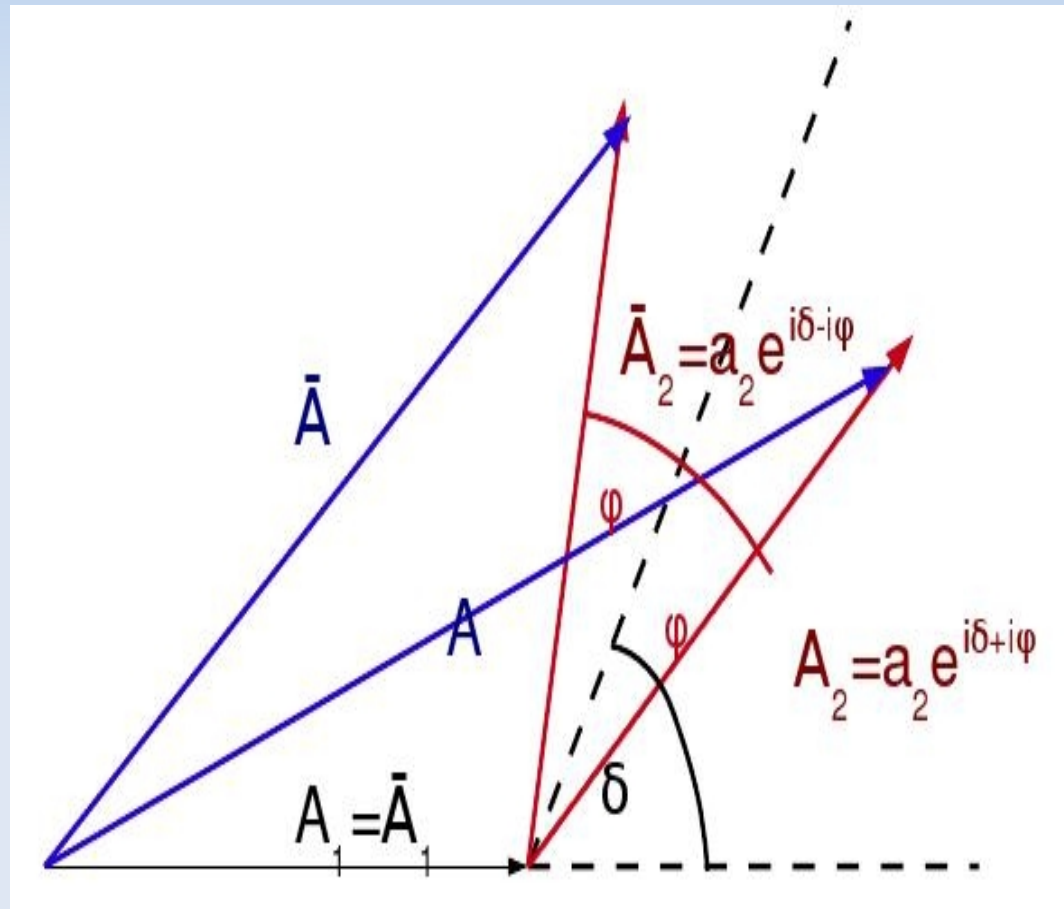
Simon Sitt LPNHE Paris



Mesure par comptage

- Violation de CP directe peut être mesurée par un comptage d'évènements
- L'amplitude est la somme de plusieurs diagrammes (ici deux)
- Une amplitude a une phase faible (φ) et (!) une phase forte (δ)

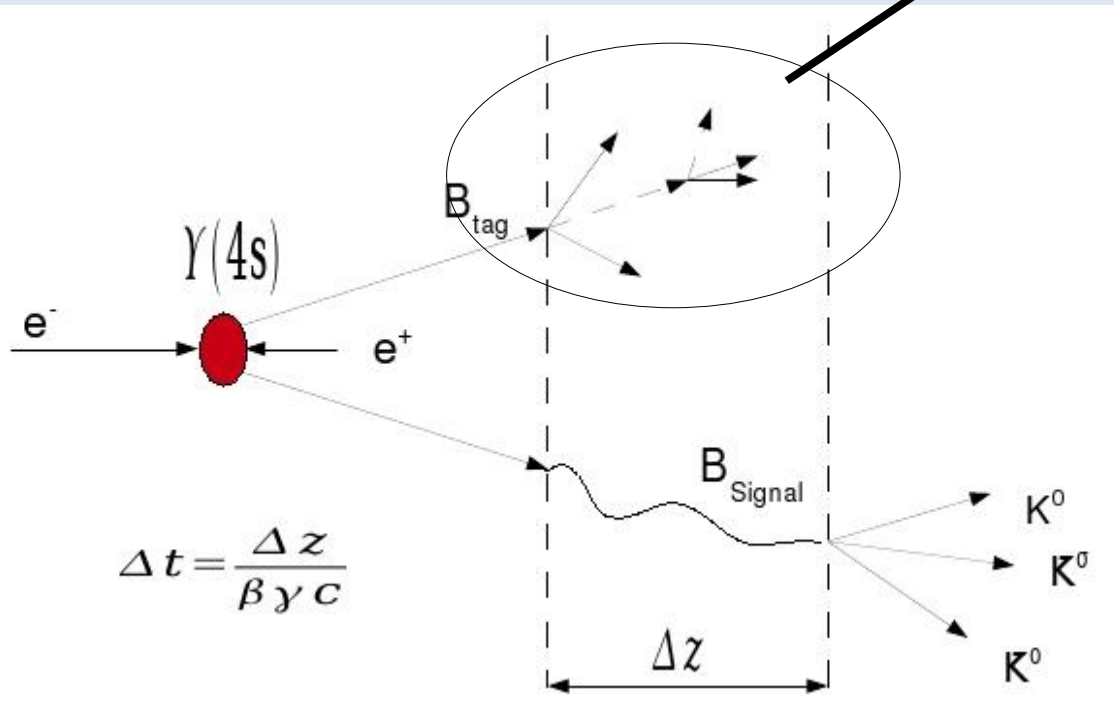
$$|A| = |A_1 + A_2| \neq |\bar{A}| = |\bar{A}_1 + \bar{A}_2|$$



Mesures(t) a Babar

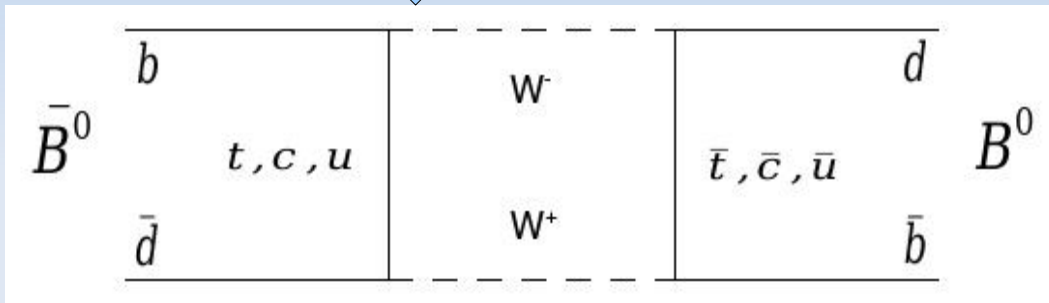
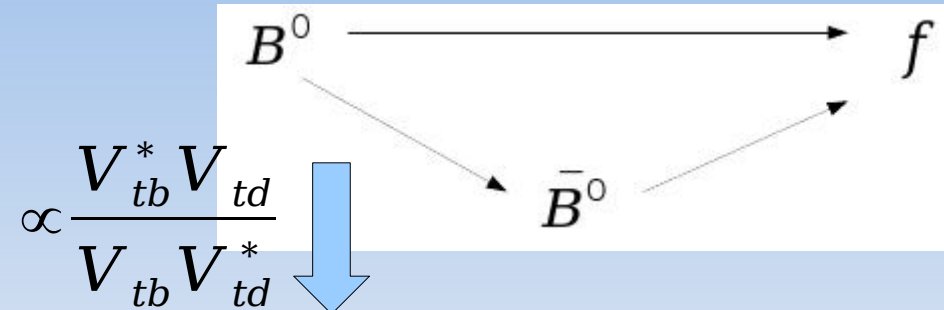
- Babar : collisions asymétriques entre electrons (9GeV)et positrons (3,1GeV)

- Bonne identification de particules nécessaire (séparation entre π et K par détecteur de lumière Cherenkov)
- Bonne reconstruction du vertex par detecteur en silicium
- Systeme cohérent de $B^0 \bar{B}^0$ jusqu'au moment d'étiquétage



Mésos neutres (1)

- Un état final f accessible a la fois au B^0 et au \bar{B}^0 .
- Il y a interférence entre B^0 et \bar{B}^0
- Méasure intégrée sur le temps ne contient pas d'information sur la phase (si seulement une voie de désintégration)
- Accès a la phase par la forme de l'amplitude dépendante du temps



- Violation de CP dans l'interférence entre amplitudes avec et sans mélange

Mésons neutres (2)

- L'asymétrie dépendante du temps dans le système de mésons B neutres:

$$A_f = \frac{\Gamma(\bar{B}^0(t) \rightarrow f) - \Gamma(B^0(t) \rightarrow f)}{\Gamma(\bar{B}^0(t) \rightarrow f) + \Gamma(B^0(t) \rightarrow f)} = S_f \sin(\Delta m t) - C_f \cos(\Delta m t)$$

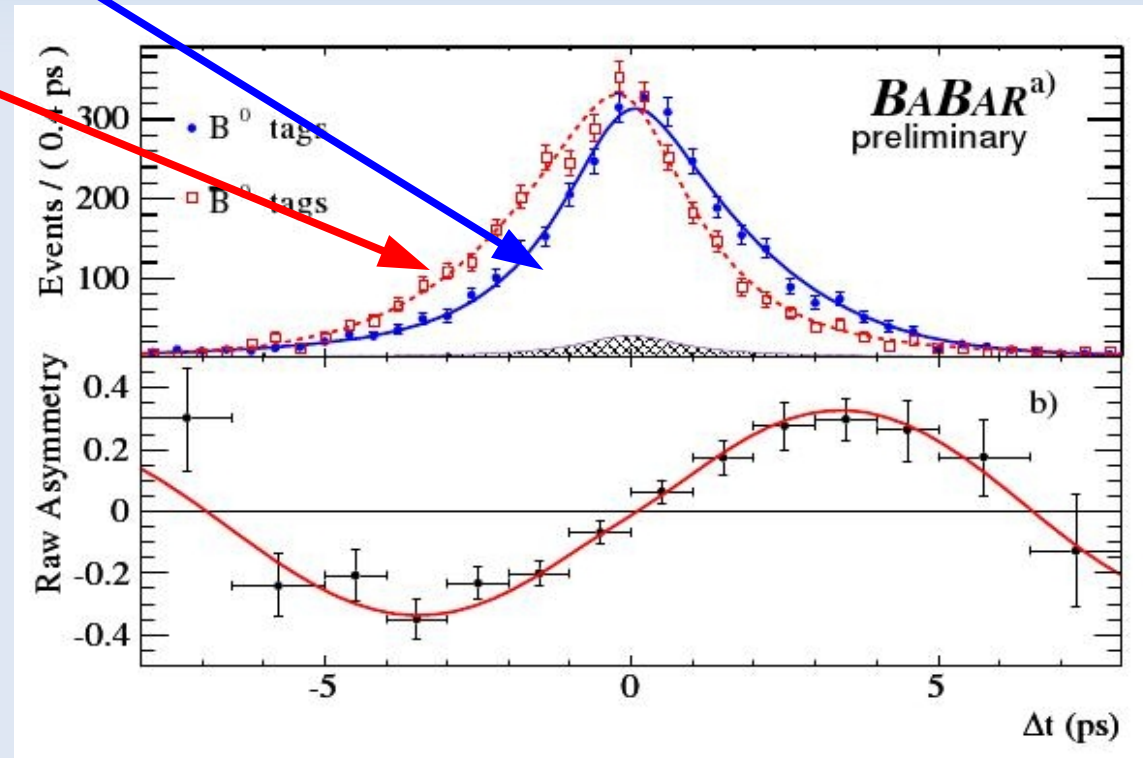
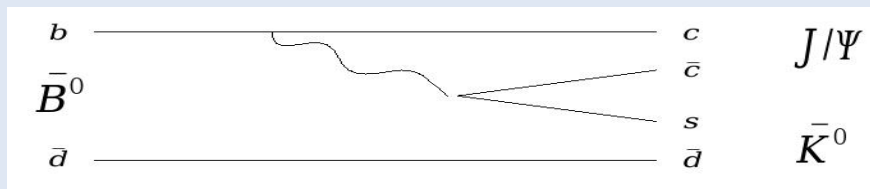
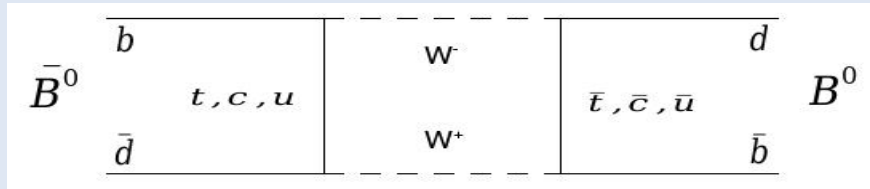
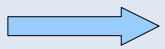


Haute statistique, canal propre

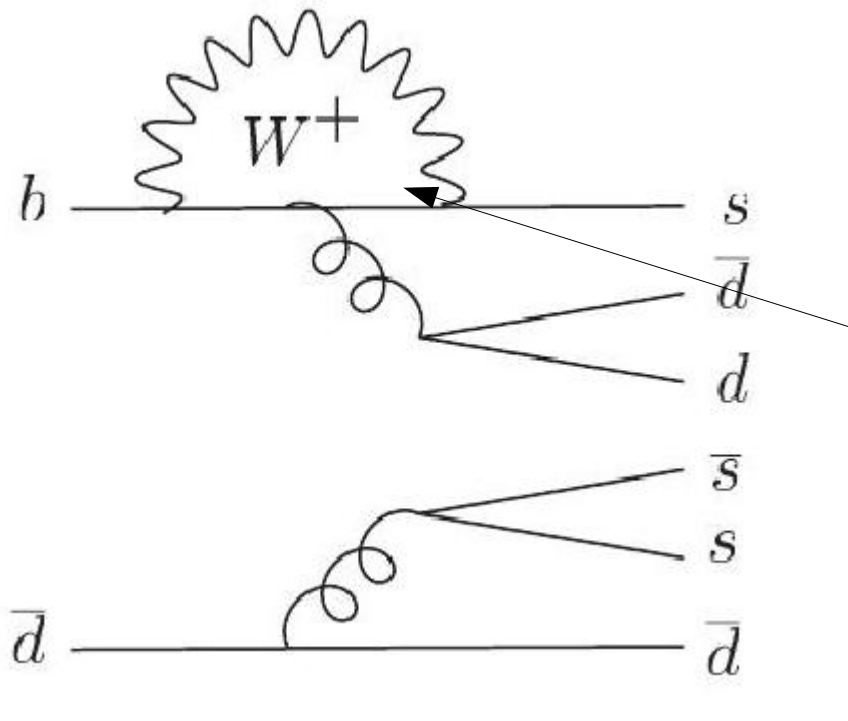
Essentiellement un diagramme contribue

$C=0,$

$S = \sin(2\beta) = 0,691 \pm 0,029 \pm 0,014$



Péngouin sensible a nouvelles particules



- Une transition $b \rightarrow s$ ne peut pas se passer par un diagramme en arbre (à l'ordre le plus bas)

- Même phase faible que $B^0 \rightarrow J/\psi K_S$ prédit par MS
- Une nouvelle particule (squark?) peut circuler dans la boucle
- Une déviation de la valeur de S dans ces modes supprimés peut être signe d'une nouvelle particule

$B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0 K_S^0$ - Introduction

- On mesure S,C et le nombre d'évènements
- Signal:
 - $B^0 \rightarrow K_S^0(\pi^+\pi^-)K_S^0(\pi^+\pi^-)K_S^0(\pi^+\pi^-)$, $B^0 \rightarrow K_S^0(\pi^+\pi^-)K_S^0(\pi^+\pi^-)K_S^0(\pi^0\pi^0)$

Défi : il n'y a pas de traces directes du vertex que l'on a besoin d'obtenir avec précision (analyse Δt)

- Bruit de fond:
 - Évènements $q\bar{q}$, $q\bar{q}b$ (continuum)
 - Évènements avec un B qui ne sont pas signal (Bruit B)

$B^0 \rightarrow K_s^0 K_s^0 K_s^0$ - Aspects techniques 1

Variables discriminantes

Trois variables discriminantes:

$$(1) \quad m_{ES} = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{2}s + p_0 p_B\right)^2}{E_0^2} - p_B^2}$$

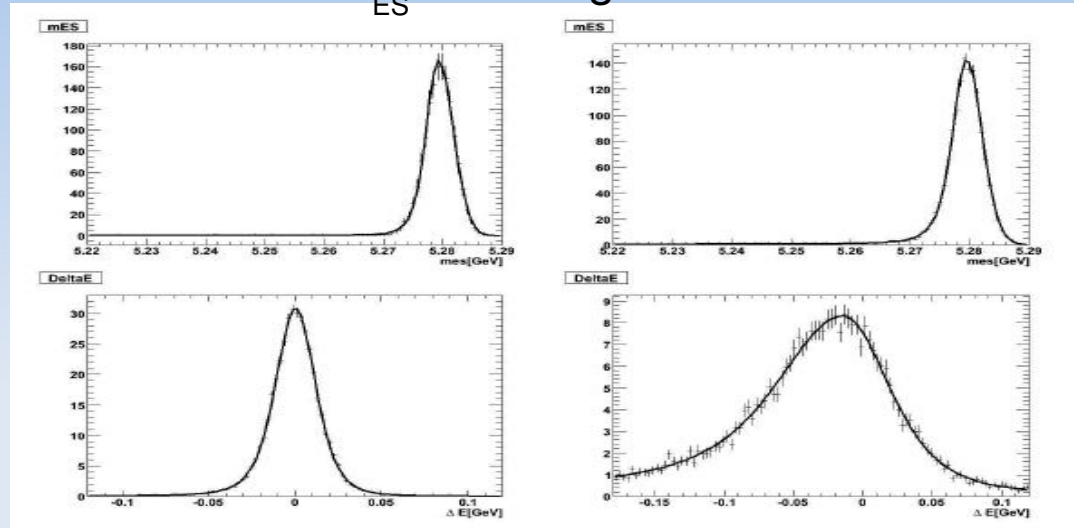
signal : $m_{ES} = m_{B^0}$

$$(2) \quad \Delta E = E_B^* - \frac{1}{2}\sqrt{s}$$

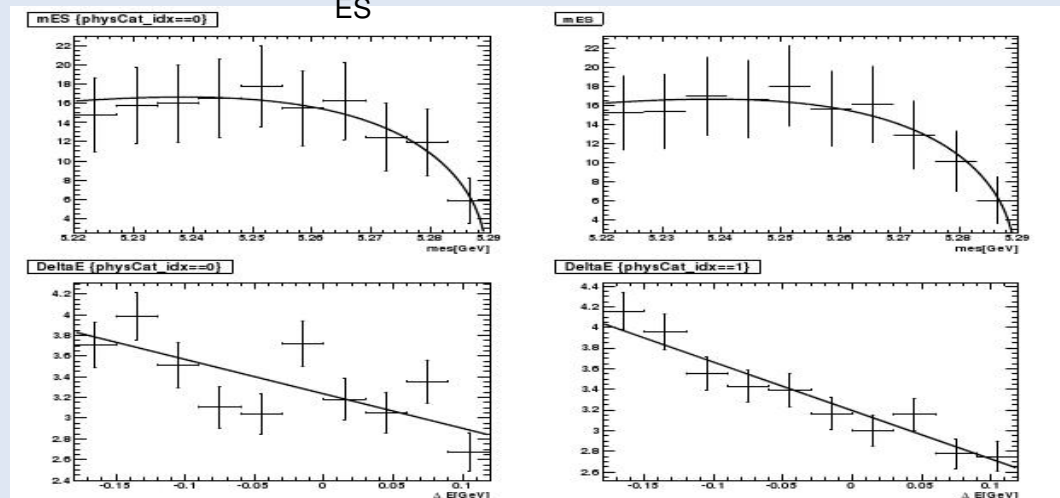
signal : $\Delta E = 0$

(3) Réseau de neurons

m_{ES} et ΔE signal



m_{ES} et ΔE continuum

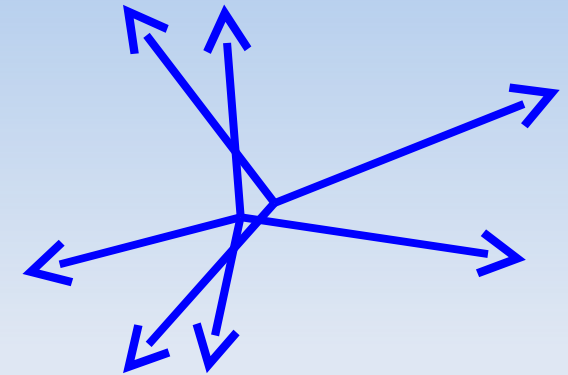


$B^0 \rightarrow K_s^0 K_s^0 K_s^0$ - Aspects techniques 2

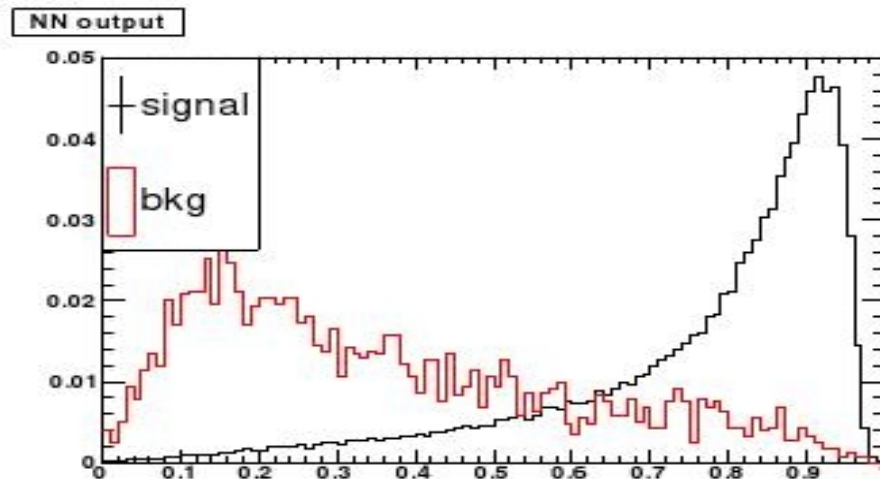
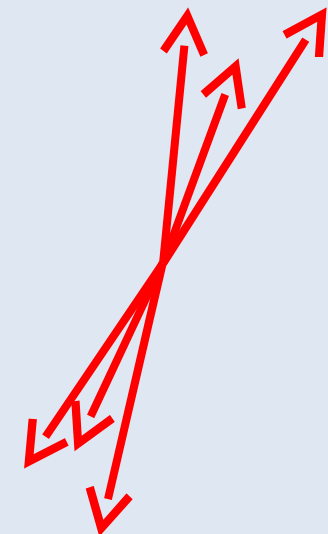
Le reseau de neurons

- On utilise de variables de forme d'évènement pour entrainer le reseau
- La distribution de la variable de sortie discrimine entre signal et bruit continuum

Signal :
sphérique
(B presque
au repos)



Continuum :
jets



La fonction de vraisemblance

fonction de vraisemblance

$$\mathcal{L} = \exp\left(-\sum_j N_j\right) \prod_i \mathcal{L}^i$$

par évènement i

$$\mathcal{L}^i = \sum_j N_j \mathcal{P}_j^i(m_{ES}, \Delta E, \Delta t, \sigma_{\Delta t}, NN; c, p)$$

Espèce j (signal, catégorie de bruit de fond)

$$\mathcal{P}_j^i(m_{ES}, \Delta E, \Delta t, \sigma_{\Delta t}, NN; c, p) = \mathcal{P}_j^i(m_{ES}; p) \cdot \mathcal{P}_j^i(\Delta E; p) \cdot \mathcal{P}_j^i(NN; c, p) \cdot \mathcal{P}_j^i(\Delta t, \sigma_{\Delta t}; c, p, q)$$

Source des distributions (**P**robability **D**ensity **F**unction) :

- Signal: Monte Carlo
- Bruit de fond continuum: sideband, offpeak data
- Bruit de fond B: 5 catégories prises du Monte Carlo

catégorie
d'étiquetage

catégorie
physique

saveur

$B^0 \rightarrow K_s^0 K_s^0 K_s^0$ - Resultats 1

- Avec les resultats de l'ajustement on assigne des poids aux données (on utilise pas l'information sur la variable tracée (sPlot))

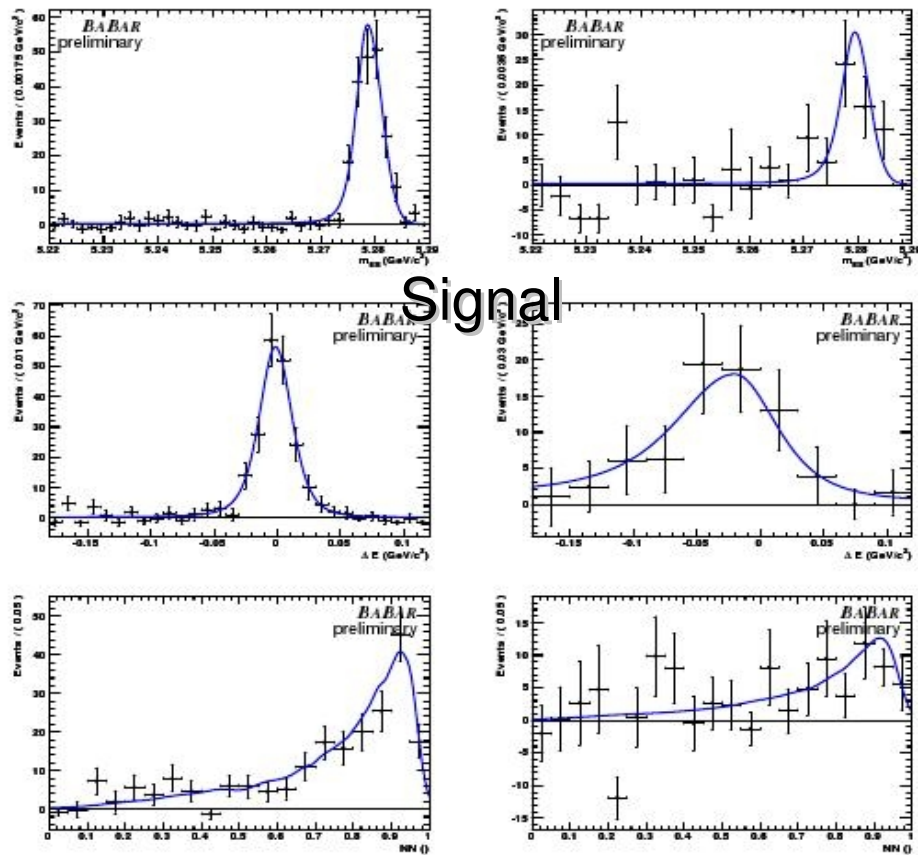


Figure 9: Signal sPlots for $B^0 \rightarrow 3K_s^0(\pi^+\pi^-)$ (left) and $B^0 \rightarrow 2K_s^0(\pi^+\pi^-)K_s^0(\pi^0\pi^0)$ (right). Plots are for m_{ES} (top), ΔE (middle) and NN (bottom)

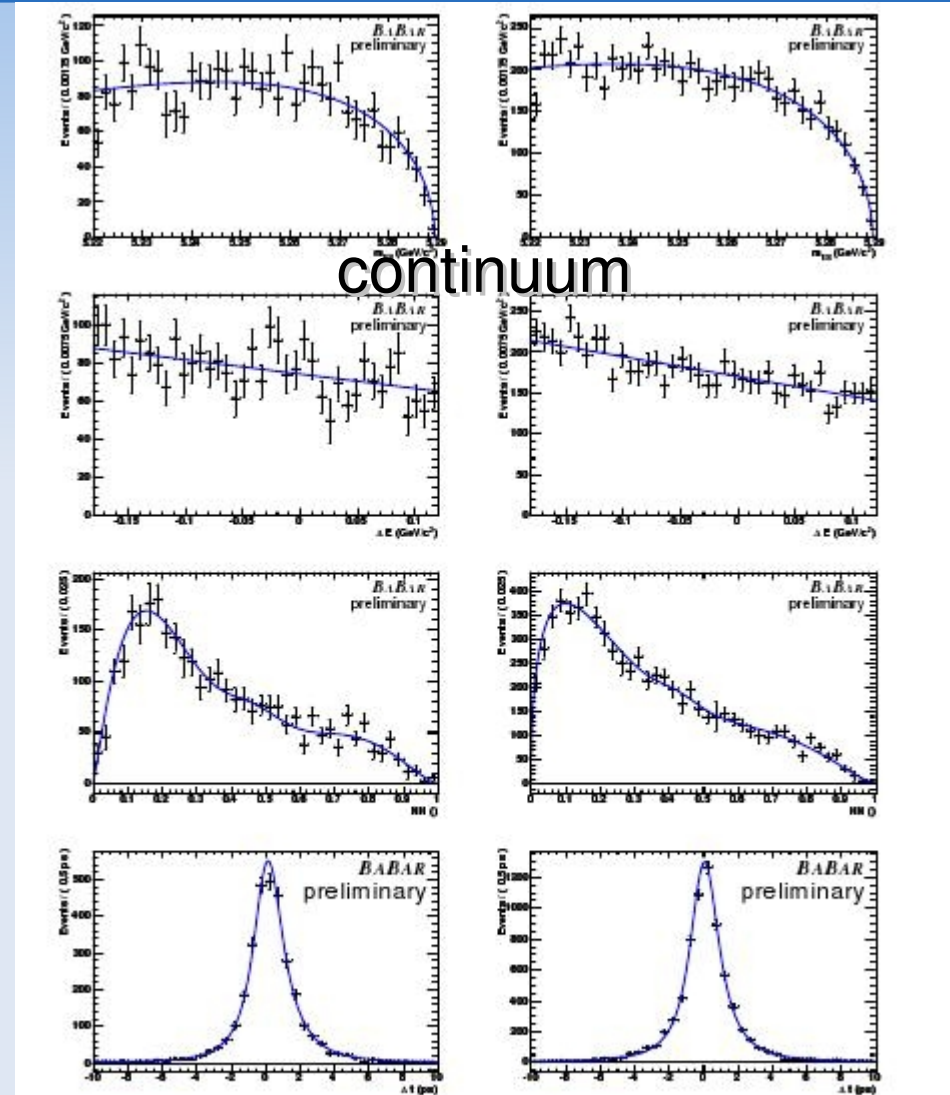


Figure 10: Continuum sPlots for $B^0 \rightarrow 3K_s^0(\pi^+\pi^-)$ (left) and $B^0 \rightarrow 2K_s^0(\pi^+\pi^-)K_s^0(\pi^0\pi^0)$ (right). Plots are for m_{ES} (top), ΔE (middle), NN (lower middle) and Δt (bottom)

$B^0 \rightarrow K_s^0 K_s^0 K_s^0$ - Resultats 2

$$S = -0.90^{+0.2}_{-0.18} (stat) {}^{+0.04}_{-0.03} (sys) \quad C = -0.16 \pm 0.17 (stat) \pm 0.03 (sys)$$

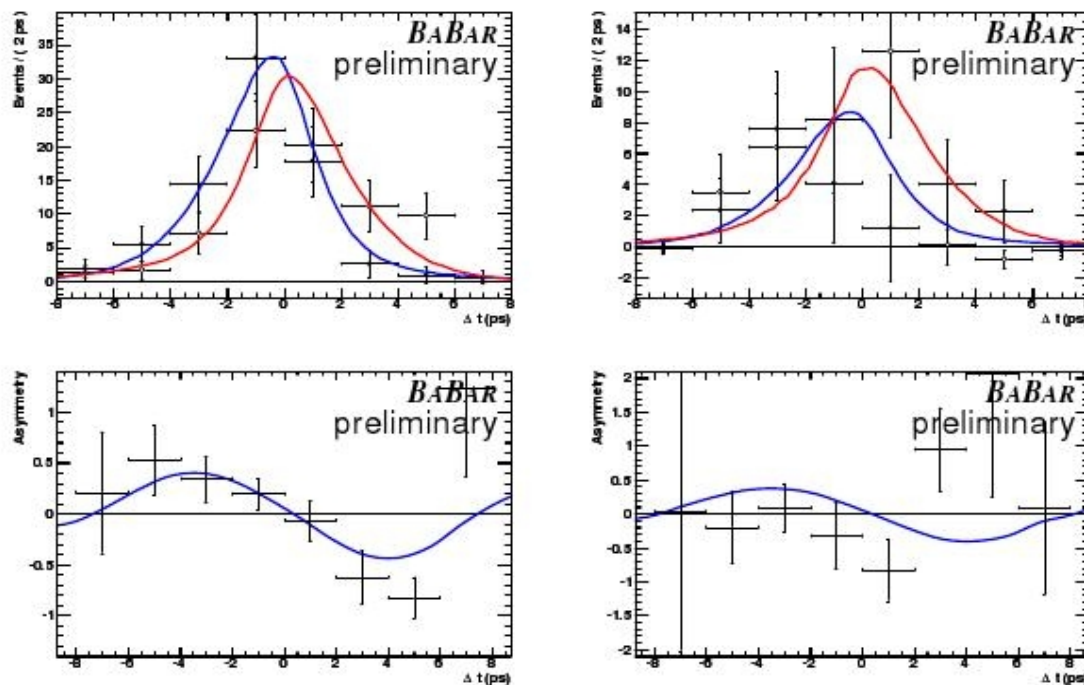
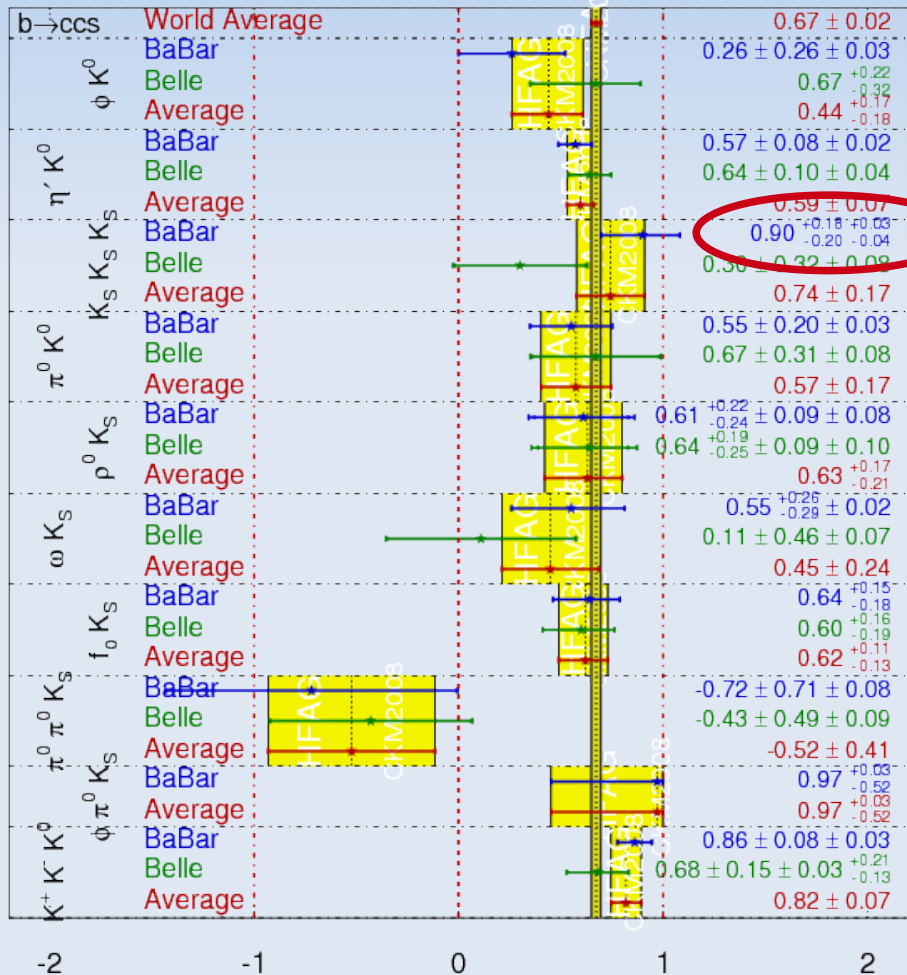


Figure 11: sPlots Δt (blue line, black dots: tag= B^0 ; red line, white dots: tag= \bar{B}^0) and asymmetry for $B^0 \rightarrow 3K_s^0(\pi^+\pi^-)$ (left) and $B^0 \rightarrow 2K_s^0(\pi^+\pi^-)K_s^0(\pi^0\pi^0)$ (right). The asymmetry plots are for the combined fit result for both submodes. The superimposed PDF shapes are taken from toy MC.

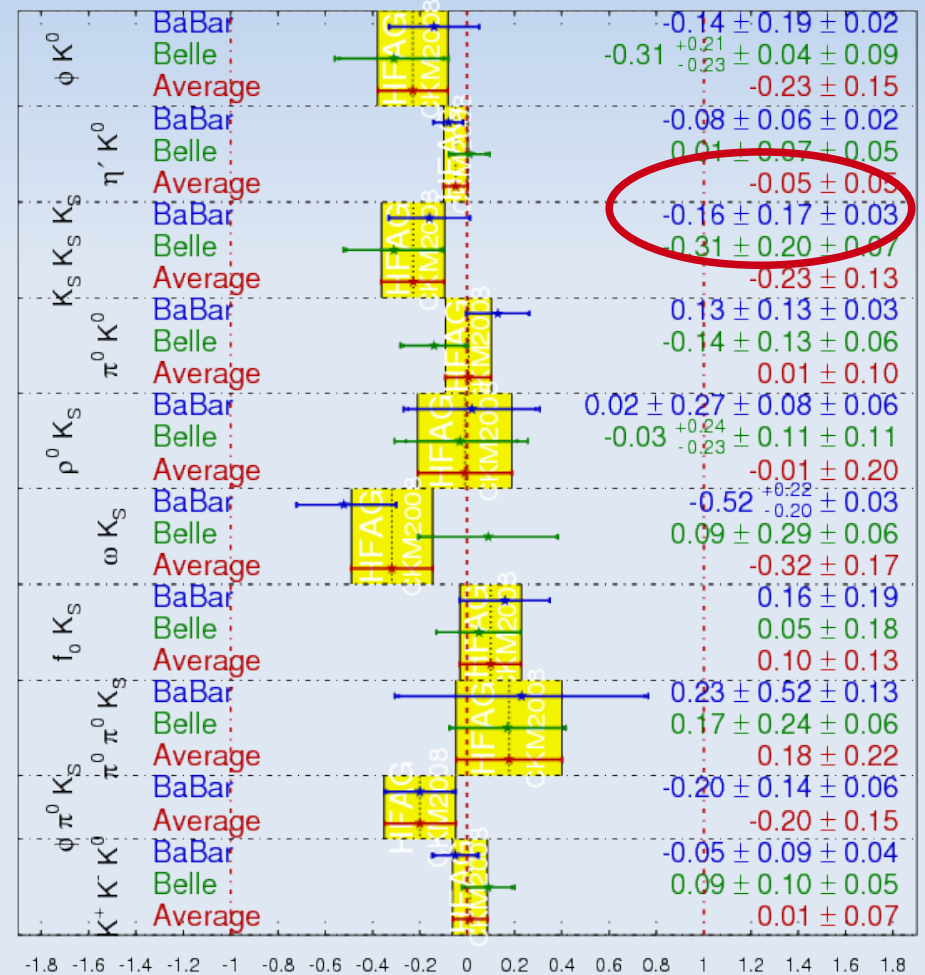
- Dominé par l'erreur statistique
- Dans un écart-type de la prédiction du modèle standard

$B^0 \rightarrow K_s^0 K_s^0 K_s^0$ - Resultats 3

$\sin(2\beta^{\text{eff}}) \equiv \sin(2\phi_1^{\text{eff}})$ **HFAG**
CKM2008
PRELIMINARY

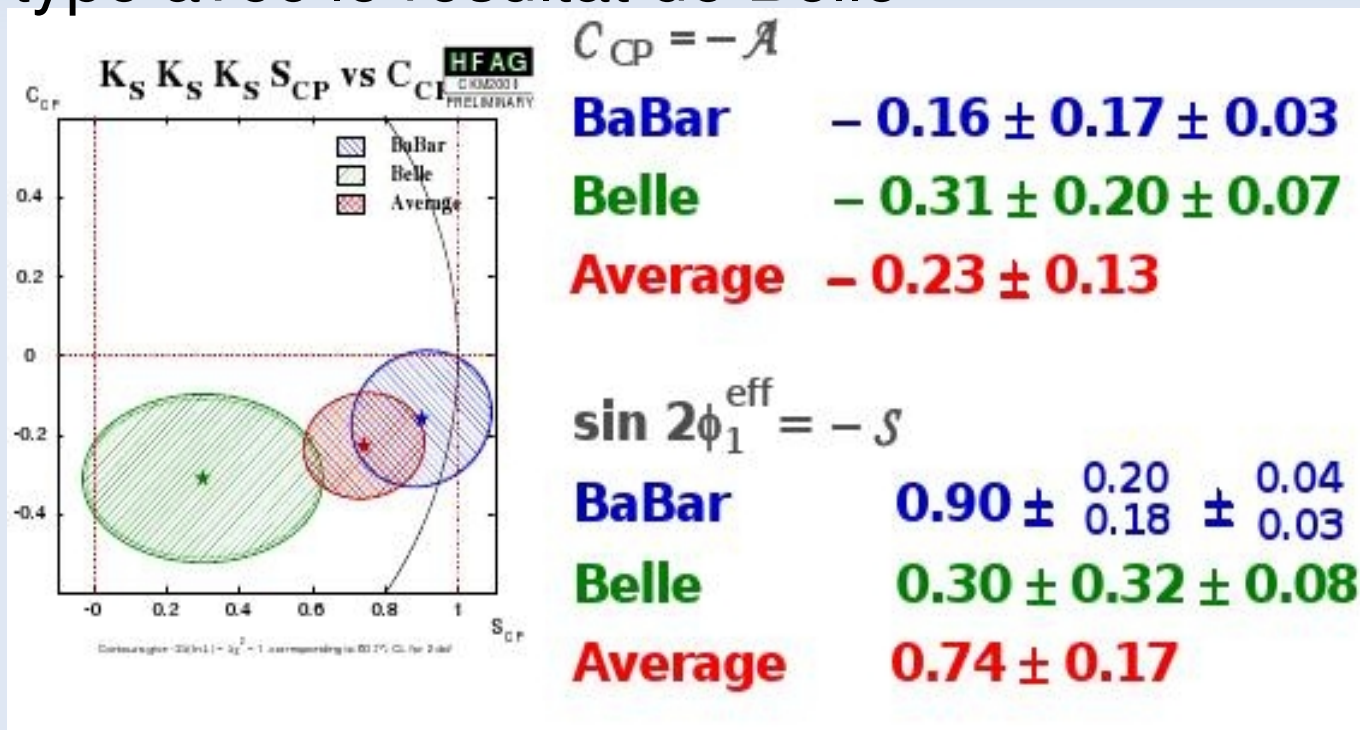


$C_f = -A_f$ **HFAG**
CKM2008
PRELIMINARY



$B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0 K_S^0$ - Resultats 4

- Le resultat a été présenté au workshop CKM a Rome
- Notre resultat est compatible dans un peu plus qu'un écart-type avec le resultat de Belle



Perspectives analyse

- Etudes plus détaillées des erreurs systématiques
- Etude de faisabilité, et éventuellement réalisation, d'une analyse de Dalitz pour extraire le rapport d'embranchement de $B^0 \rightarrow f^0(K_s^0 K_s^0) K_s^0$
- Publication

Perspectives thèse

- En plus de cette analyse: Tâches de service
 - Etude de l'efficacité de reconstruction de π^0 dans Babar
 - Etude de l'effect de la radiation sur le decteur de vertex en silicium
- Mesurer le rapport d'embranchement de $B^0 \rightarrow K^+ K^- \pi^0$

Resumé

- Analyse $B^0 \rightarrow K_s^0 K_s^0 K_s^0$ avec resultats préliminaires:
 $S = -0.90_{-0.18}^{+0.2} (stat)_{-0.03}^{+0.04} (sys)$
 $C = -0.16 \pm 0.17 (stat) \pm 0.03 (sys)$
- Resultat en accord avec le MS
- Tâches de services en cours
- Nouvelle analyse à commencer l'année prochaine ($B^0 \rightarrow K^+ K^- \pi^0$)

Backup

