


# Compte Rendu de ICHEP'04 morceaux choisis

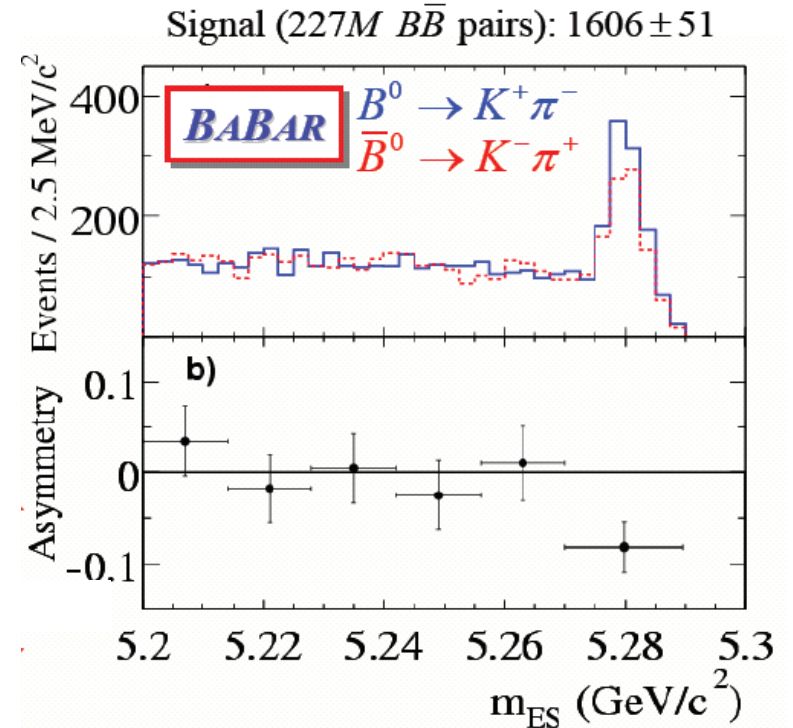
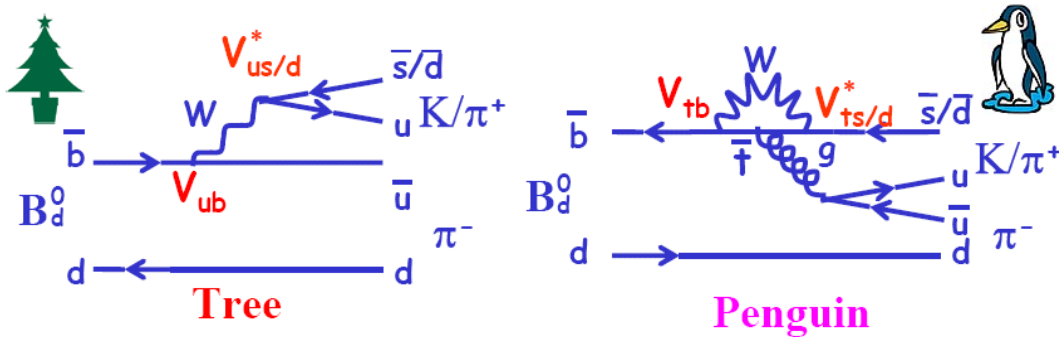
## Physique du B :

- $B \rightarrow K\pi$
- $\sin(2\beta) : b \rightarrow ccs$  et  $b \rightarrow sss$
- $\sin(2\alpha) : B \rightarrow \pi\pi, \pi\rho, \rho\rho$
- $\gamma$
- Ajustement du triangle d'unitarité
- Au Tevatron

## Le reste...

# Physique du B

  $B^0 \rightarrow K^+\pi^-$  : violation directe de CP

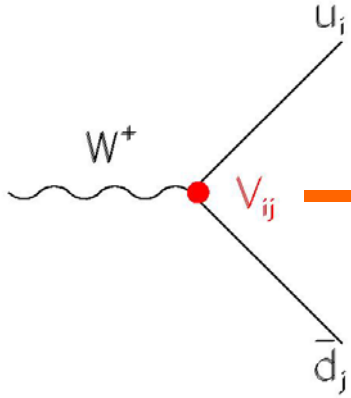


⇒ "Simple" : compter  $n1 = N(B^0 \rightarrow K^+\pi^-)$  et  $n2 = N(B^0 \rightarrow K^-\pi^+)$

$$A_{CP} = (n2 - n1)/(n2 + n1) = -0.114 \pm 0.020 (5.7\sigma, \text{BaBar} + \text{Belle})$$

- ⇒ Première observation non ambiguë de  $\phi$  directe dans les B
- ⇒ Exclusion des modèles *B-SuperWeak* (où  $\phi$  seulement dans mélange)
- ⇒ Une première anomalie à surveiller : dans  $B^+ \rightarrow K^+\pi^0$  /  $B^- \rightarrow K^-\pi^0$  la même asymétrie est attendue... Mais  $A_{CP} = 0.049 \pm 0.04$

# Le Triangle d'Unitarité et ses angles



$V_{ckm}$  unitaire  $\sim$

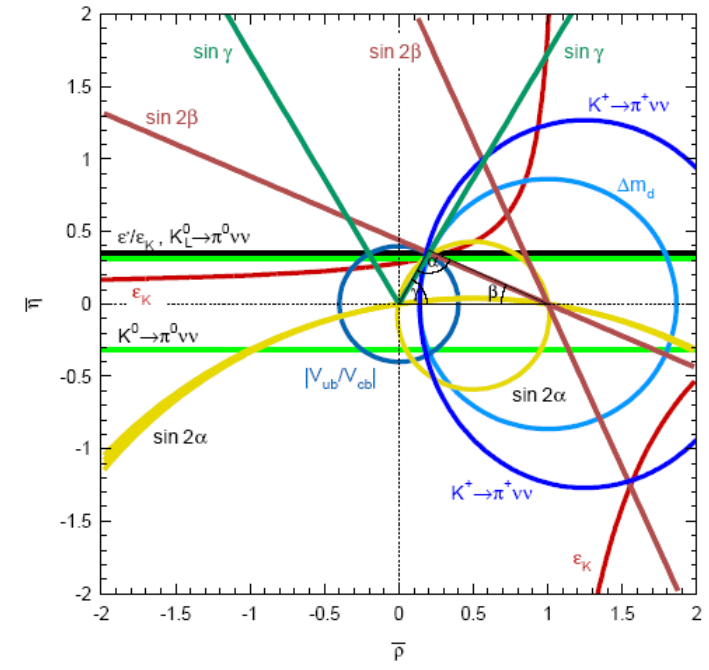
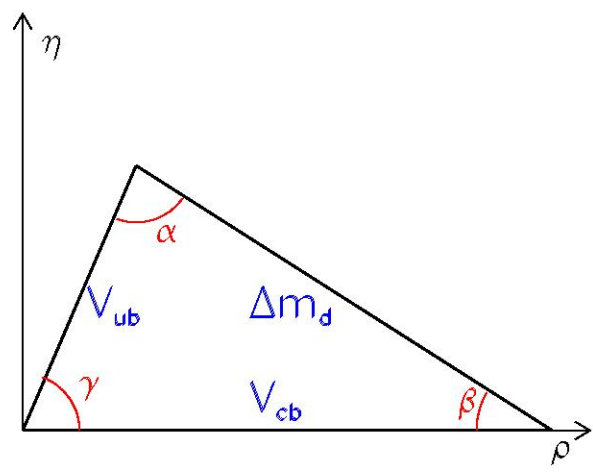
$$\begin{pmatrix} 1-\lambda^2 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda & 1-\lambda^2 & A\lambda^2 \\ A\lambda^3(1 - \rho - i\eta) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix}$$

$\lambda \sim 0.22$ ,  $\sim$  angle de Cabibbo

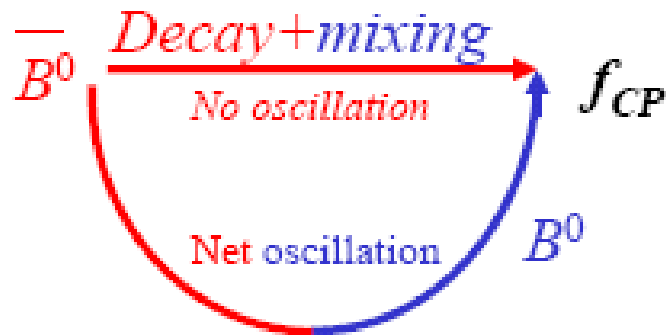
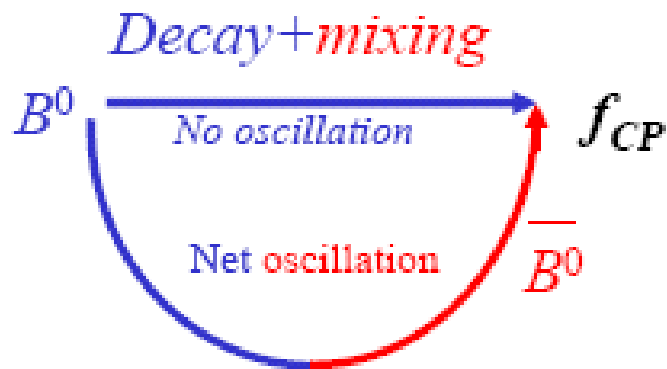
~~CP~~

Unitarité :  $V^\dagger V = 1 \Rightarrow$  1<sup>ère</sup> et 3<sup>ème</sup> colonnes :  $V_{ud}V_{ub}^* + V_{cd}V_{cb}^* + V_{td}V_{tb}^* = 0$

$\Rightarrow$  un (LE) triangle dans le plan  $(\rho, \eta)$



### 3. Time dependent



$$\Gamma(B_{phys}^0(t) \rightarrow f_{CP})$$

$\neq$

$$\Gamma(\bar{B}_{phys}^0(t) \rightarrow f_{CP})$$

Define CP Asymmetry as:

$$A_{f_{CP}}(t) = \frac{\Gamma(\bar{B}_{phys}^0(t) \rightarrow f_{CP}) - \Gamma(B_{phys}^0(t) \rightarrow f_{CP})}{\Gamma(\bar{B}_{phys}^0(t) \rightarrow f_{CP}) + \Gamma(B_{phys}^0(t) \rightarrow f_{CP})}$$

$$A_{f_{CP}} = -C_{f_{CP}} \cos(\Delta mt) + S_{f_{CP}} \sin(\Delta mt)$$

$$\lambda_{f_{CP}} = \frac{q}{p} \frac{\bar{A}_{f_{CP}}}{A_{f_{CP}}} \quad \text{Amplitude ratio}$$

$\approx e^{-2i\beta}$

CP parameter

$$C_{f_{CP}} = \frac{1 - |\lambda_{f_{CP}}|^2}{1 + |\lambda_{f_{CP}}|^2}$$

$$S_{f_{CP}} = \frac{-2 \text{Im} \lambda_{f_{CP}}}{1 + |\lambda_{f_{CP}}|^2}$$

For single amplitude

$$= 0$$

$$= -\text{Im} \lambda_{f_{CP}}$$

$$C_{f_{CP}} \neq 0 \text{ implies Direct CP Violation}$$

➤  $\sin(2\beta)$

Attente du MS : valeurs très similaires (pas nécessairement égales !) dans ccs ( $\sin(2\beta)$ ) et sss (" $\sin(2\beta)$ ")

o b  $\rightarrow$  ccs : aux arbres, en particulier le "canal en Or"  $B \rightarrow J/\psi K_s$

$$\sin(2\beta) = 0.726 \pm 0.037$$
$$\cos(2\beta) < 0 \text{ exclu à } 87\% \text{ CL}$$

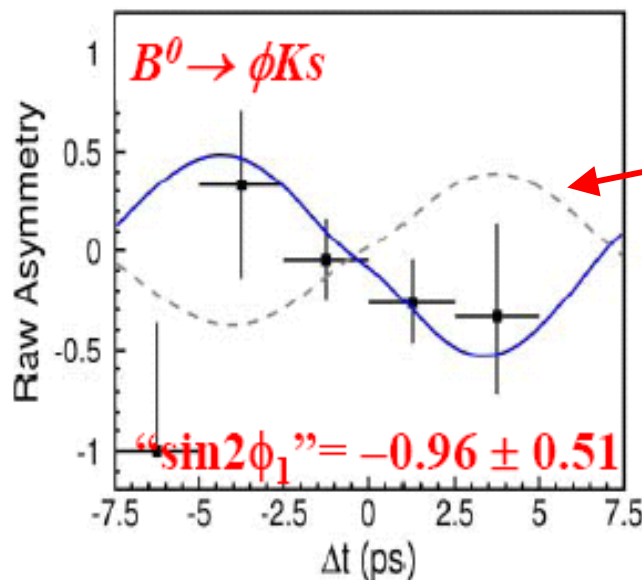
(analyse angulaire  $J/\psi K^*(K\pi^0)$ )

o b  $\rightarrow$  sss, dds : les pingouins, en particulier  $B \rightarrow \phi K_s$

petit rappel : en 2003, BaBar : " $\sin(2\beta)$ " =  $0.47 \pm 0.35 \sim \sin(2\beta)_{WA}$

Belle : " $\sin(2\beta)$ " =  $-0.96 \pm 0.51$

$\sim 3.5\sigma$  de  $\sin(2\beta)_{WA}$



⇒ Intéressant : comme diag. en boucle contribution Nouvelle Physique peut être comparable à MS

⇒ besoin de plus de données plus de canaux à étudier ...

⇒  $b \rightarrow sss : B \rightarrow \phi K_s, \eta' K_s, f_0 K_s, \omega K_s, K^+ K^- K_s$

( $K^+ K^-$  en dehors du  $\phi$  + analyse angulaire pour contenu CP)

$b \rightarrow dds : B \rightarrow \pi^0 K_s$  difficile (pas de trace provenant directement du B)

- $B \rightarrow \phi K_s$  : la mise à jour de Belle : " $\sin(2\beta)$ " =  $0.06 \pm 0.34$  à partir de  
" $\sin(2\beta)$ " =  $-0.68 \pm 0.46$  (re-analyse, ~ mêmes données, 152M BB)  
" $\sin(2\beta)$ " =  $0.78 \pm 0.45$  (nouveau VDet, 122M BB)

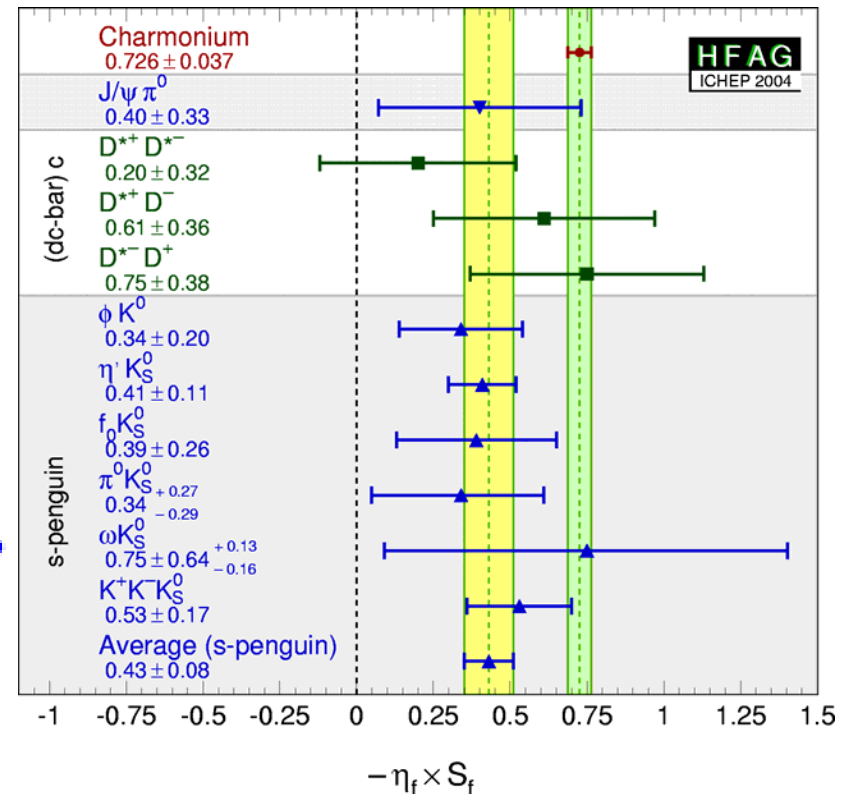
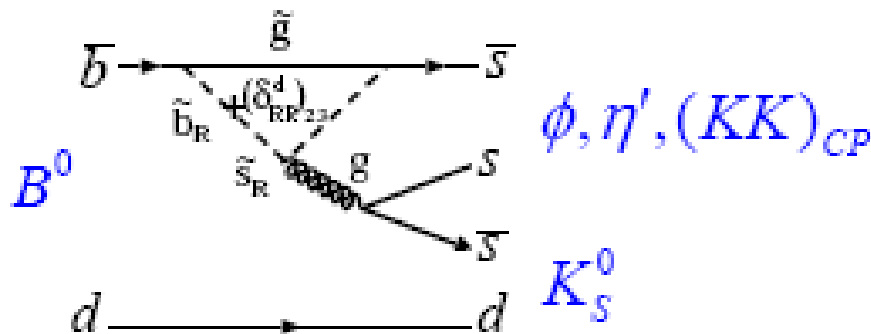
• Les résultats :

**$\sin(2\beta) - \langle \sin(2\beta) \rangle \sim 0.30 \pm 0.08$**

⇒  $3.5\sigma$  ( $2.7\sigma$  BaBar +  $2.4\sigma$  Belle)

⇒ si confirmé, **PAS** nécessairement  $3.5\sigma$  pour Nouvelle Physique !

⇒ à surveiller...

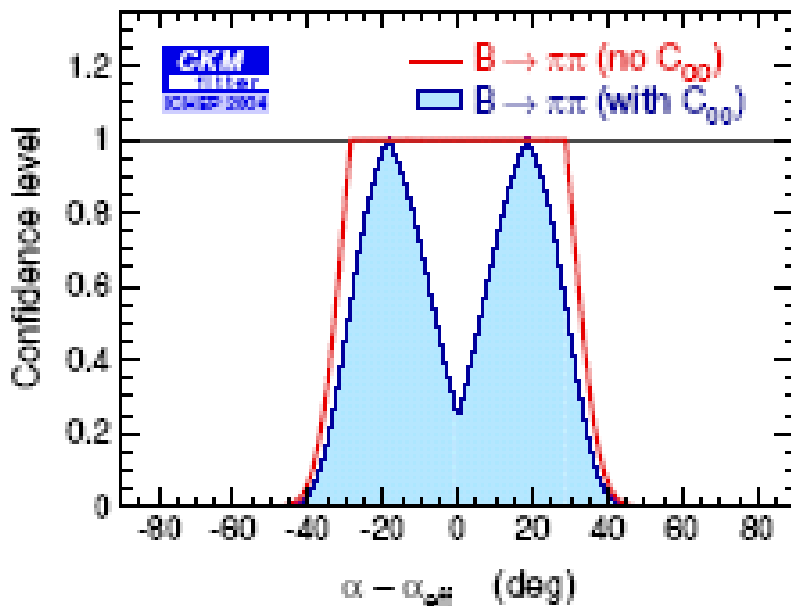


➤  $\sin(2\alpha)$  (en fait,  $\pi - \beta - \gamma$ )

même technique (asymétrie dépendant du temps) ... **MAIS**

- ✓ désintégrations rares  $B \rightarrow \pi\pi, \pi\rho, \rho\rho$
- ✓ **et surtout** les pingouins **P** peuvent polluer l'interprétation  
( $\Rightarrow$  2 amplitudes avec différentes phases faibles)

- $B \rightarrow \pi^+\pi^-$  : si **P = 0**,  $S_{\pi\pi} = \sin(2\alpha)$ ; sinon  $S_{\pi\pi} = \sin(2\alpha_{\text{eff}})$   
mesure de  $B \rightarrow \pi^0\pi^0$  et  $A_{\text{CP}}(B \rightarrow \pi^0\pi^0) = 0.28 \pm 0.39 \Rightarrow \alpha - \alpha_{\text{eff}} < 35^\circ$



malheureusement (?),  
"désaccord" BaBar / Belle

$S_{\pi\pi} = -0.30 \pm 0.17$	$-1.00 + 0.22$
$C_{\pi\pi} = -0.09 \pm 0.15$	$-0.58 \pm 0.17$

$>3.2\sigma$   $\mathcal{CP}$  directe  
(avant  $B \rightarrow K\pi$ )

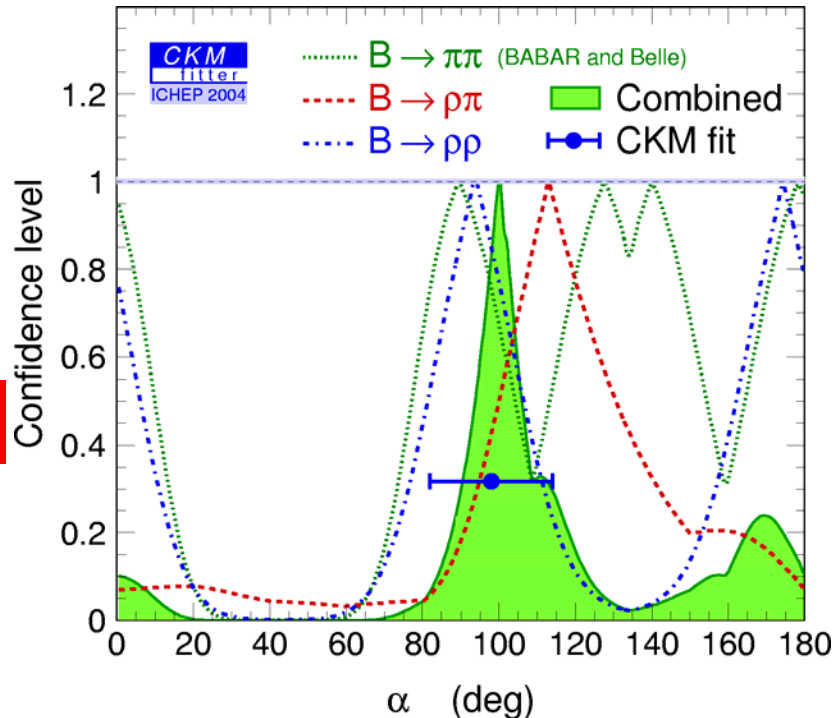
Plus de stat. nécessaire pour trancher...

- $B \rightarrow \rho^+\rho^-$  : état final plus compliqué + mélange CP  
**MAIS** pollution des pingouins plus faible ( $\text{Br}(B \rightarrow \rho^0\rho^0) < 1.1 \cdot 10^{-6}$ )  
 $\Rightarrow$  BaBar :  $\alpha = 96 \pm 11 \pm 11^\circ$
- $B \rightarrow \rho\pi$  : Pas état propre CP, bcp plus compliqué que  $\pi^+\pi^-$   
 Nouvel indice de CP directe  
 BaBar + Belle  $A_{\pi^-\rho^+} = -0.48 \pm 0.15$  (+  $A_{\pi^+\rho^-} = 3.6\sigma$ )

Analyse par "Dalitz Plot" (BaBar)

$$\alpha = 113^{+27}_{-17} \pm 6^\circ$$

$\Rightarrow$  Combinaison :



$$\alpha = 100 \pm 12^\circ$$

Meilleur que  
détermination indirecte !

$$\alpha = 98 \pm 16^\circ$$



➤  $\gamma$  : phase entre  $b \rightarrow c$  et  $b \rightarrow u$ , bcp de méthodes

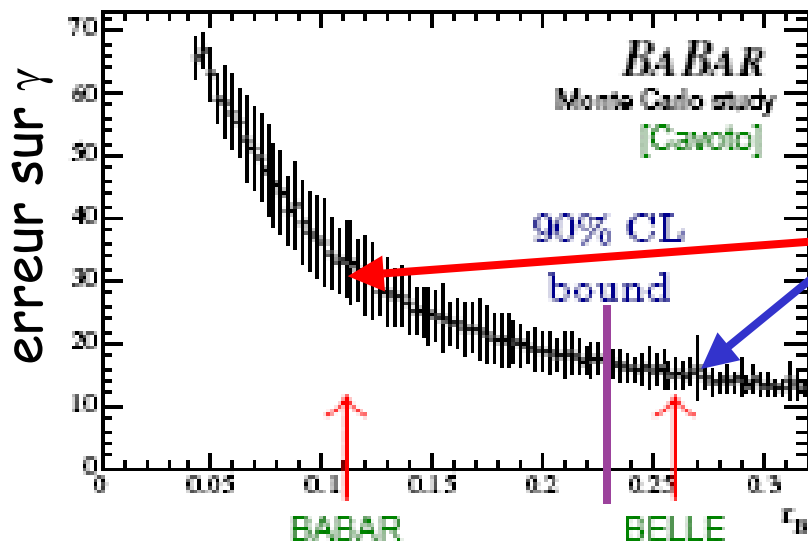
⇒ e.g. mesurer l'interférence entre

$$A_1(B^- \rightarrow D^0 K^-)(b \rightarrow c) \text{ et } A_2(B^- \rightarrow \overline{D^0} K^-)(b \rightarrow u)$$

(où  $D^0$  et  $\overline{D^0}$  vont dans le même état final)

⇒ pb : 2<sup>ème</sup> amplitude supprimée de couleur

asymétrie CP petite (non mesurable ?) si  $r_B = |A_2/A_1|$  trop petit



Belle :  $r_B = 0.26$

$$\Rightarrow \gamma = 77 \pm 18 \pm 13 \pm 11^\circ$$

BaBar :  $r_B < 0.18$  @ 90%CL (=0.11)

$$\Rightarrow \gamma = 88 \pm 41 \pm 19 \pm 10^\circ$$

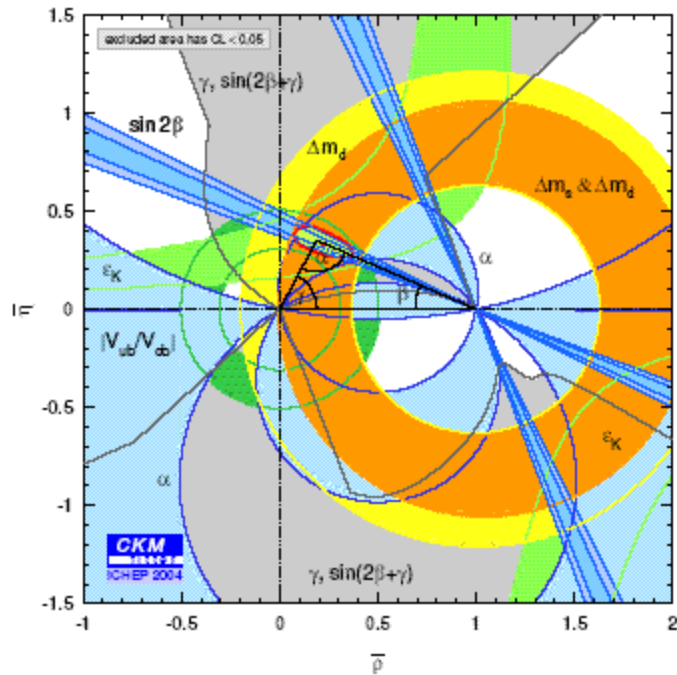
⇒ contrainte faible sur  $\gamma$  ...

"more work and data are needed"



# Le triangle d'unitarité

... devient un peu compliqué à lire



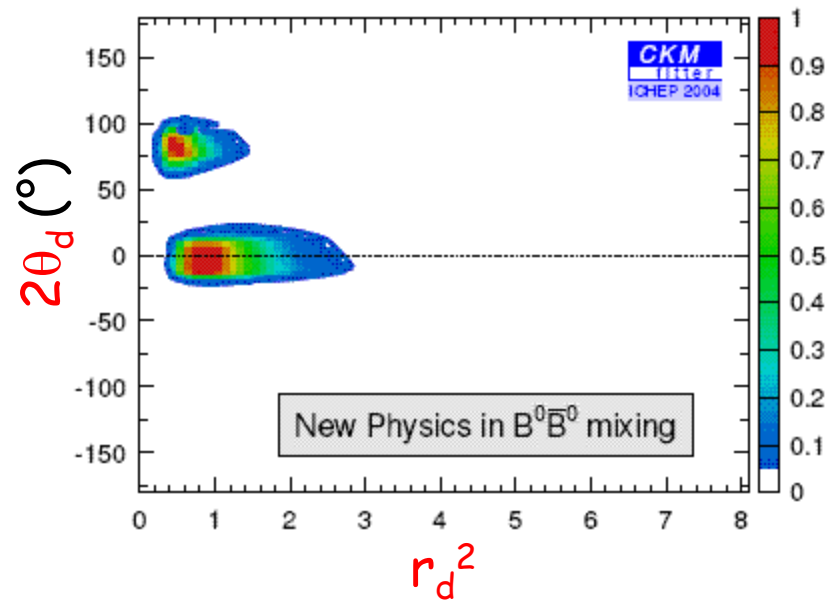
inclusion de  $\alpha, \gamma, 2\beta + \gamma$  :  
 pas encore de gros effet dans le plan  $(\rho, \eta)$ ...  
 (sauf de rendre la figure illisible)

## ➤ Contrainte sur une Nouvelle Physique

... en revanche, **déjà très contraignant**  
 pour les modèles au-delà du MS, e.g.  
 si mélange  $M_{12} \rightarrow M_{12} r_d^2 e^{2i\theta_d}$ ,

$$\Delta m_d \rightarrow r_d^2 \Delta m_d, \quad S_{\psi K} = \sin(2\beta + 2\theta_d)$$

$$S_{\rho\rho} = \sin(2\alpha - 2\theta_d)$$

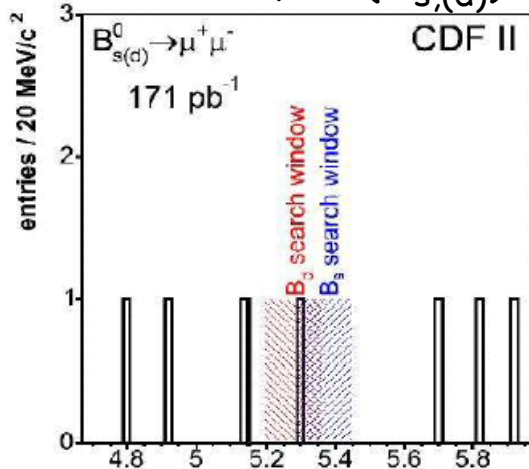


# Au Tevatron

- $B_{s,(d)} \rightarrow \mu^+\mu^-$  : très petit dans MS,  $\sim 3.5 (0.1) 10^{-9}$   
très sensible à Nouvelle Physique, e.g. SUSY, rehaussement  $10^3$  "facile"  
très propre mais...

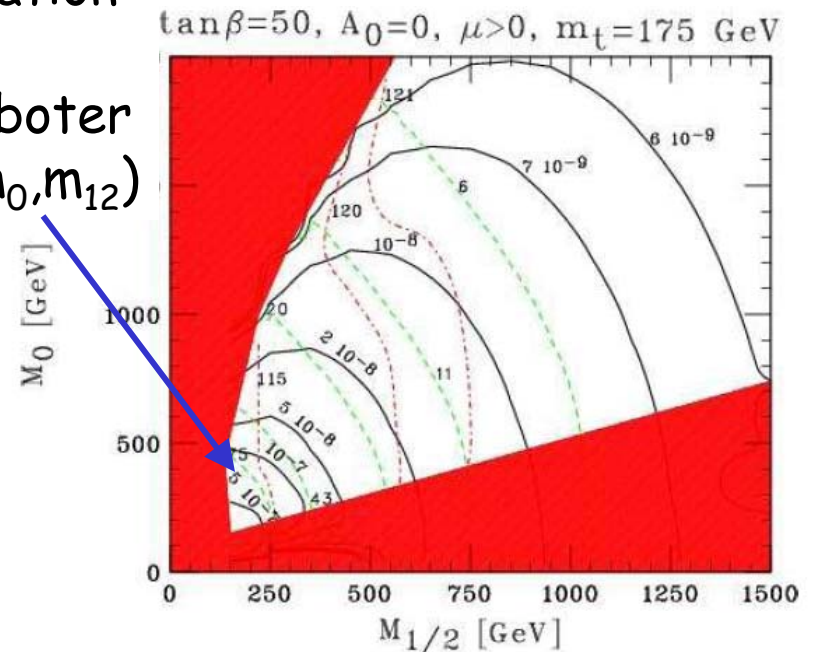
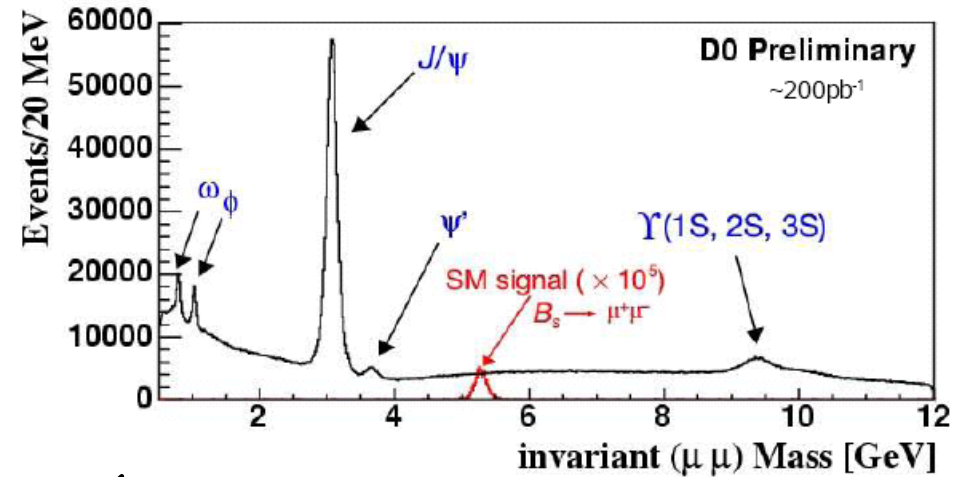
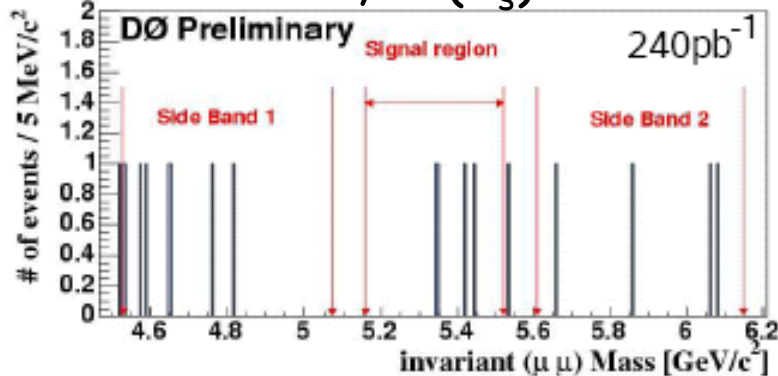
énorme bruit de fond

CDF : 1 evt,  $Br(B_{s,(d)}) < 5.8 (1.5) 10^{-7}$



exemple d'interprétation dans mSugra : commence déjà à raboter les petits ( $m_0, m_{12}$ )

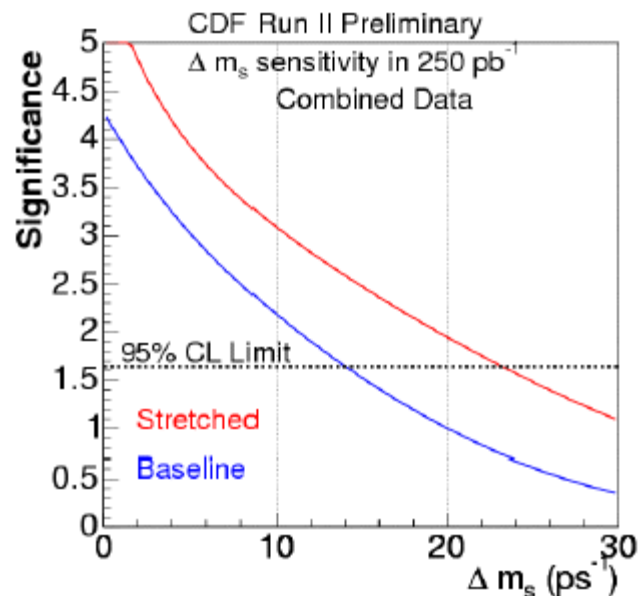
D0 : 4 evts,  $Br(B_s) < 3.8 10^{-7}$



## ➤ $\Delta m_s$ à CDF

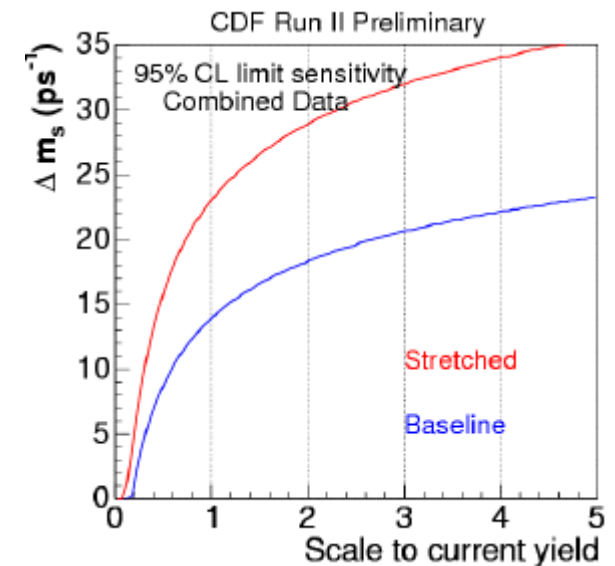
- avec  $\Delta m_d$ , mesure un coté du triangle d'unitarité
- $\Delta m_s \approx 20 \Delta m_d (> 14.5 \text{ ps}^{-1} @ 95\% \text{ CL, ajustement CKM} = 17.8^{+6.7}_{-1.6} \text{ ps}^{-1})$   
 $\Rightarrow$  oscillations très rapides,  
nécessité d'une très bonne résolution sur le temps propre
- pour le moment : seulement étude de sensibilité

données actuelles :



Limite attendue : entre 14 et 24 ps<sup>-1</sup>  
selon le scénario (prudent ou *agressif*)

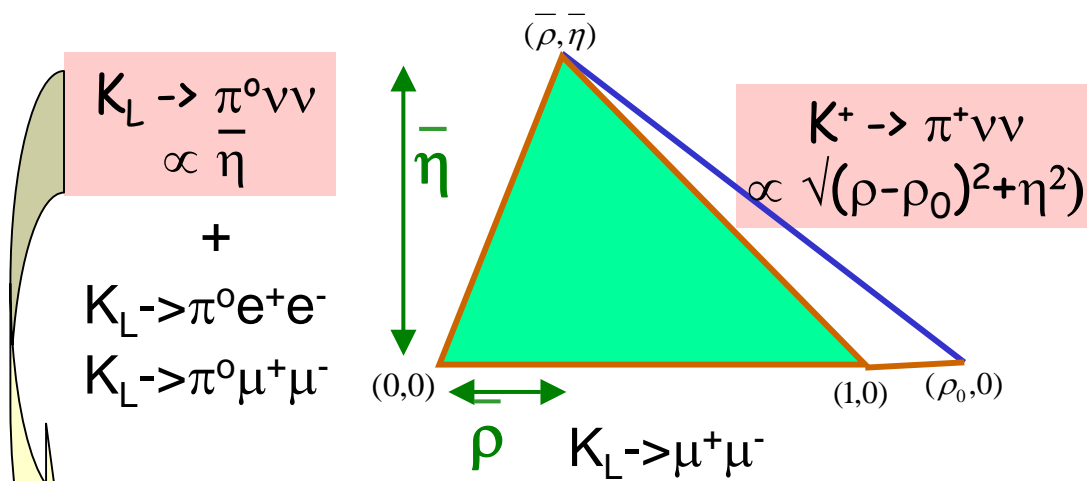
vs  $N_b$  evts



mesure possible si  
 $\Delta m_s \approx MS$   
et performances > prudent

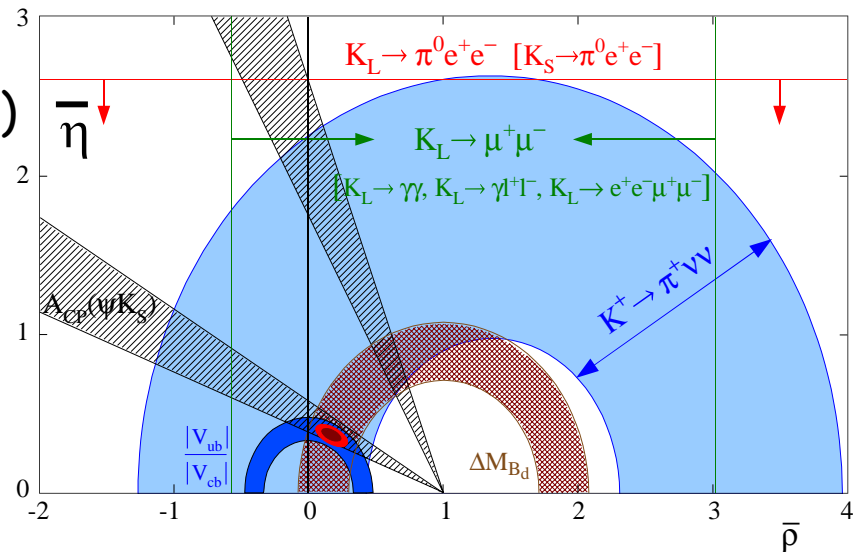
# Un mot sur les K

➤ Tests CKM aussi possibles dans les K, en particulier **désintégrations rares** : Br. faibles mais théoriquement propre



Expérience E949@BNL  
+ 1 événement en 2002  
 $Br = 1.47^{+1.30}_{-0.89} 10^{-10}$   
 $\approx 2 MS$   
 $\Rightarrow$  besoin de plus de stat.

Mesure directe de  $\eta$ , LE paramètre  $\phi$   
"Facile" à estimer dans le MS  $\sim 2.6 \cdot 10^{-11}$   
Très difficile à mesurer :  $Br < 5.9 \cdot 10^{-7}$  (KTeV)  
Avenir proche  $\sim 4 \cdot 10^{-10}$  (E391a)  
Sensibilité MS et au delà :  
KOPIO (>2006)/E391(~2009)

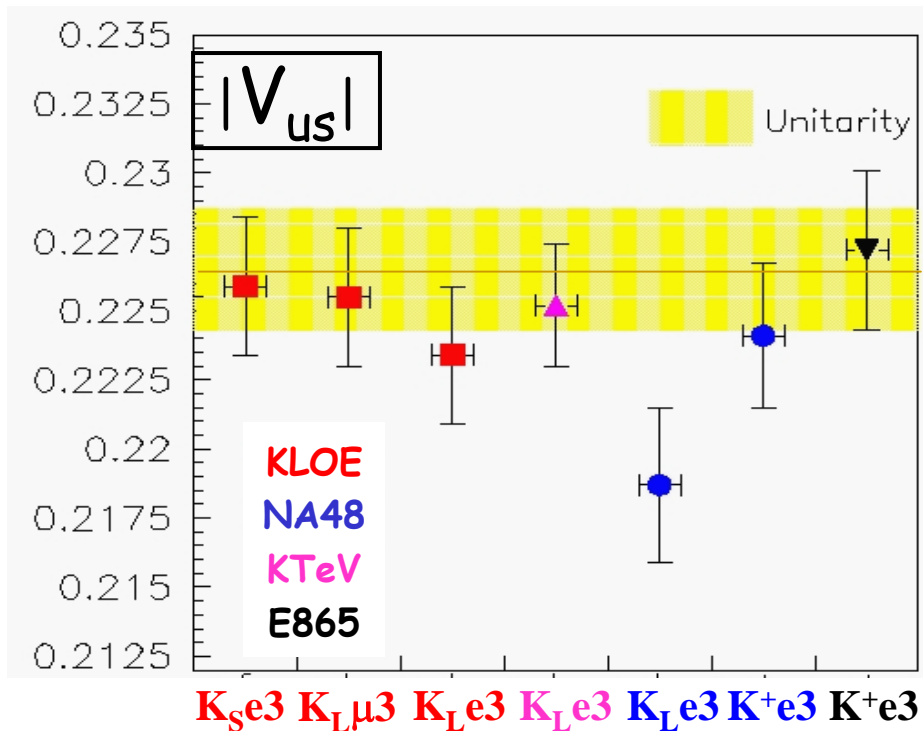


➤ Une petite anomalie résolue

Unitarité de  $V_{ckm} \Rightarrow |V_{ud}|^2 + |V_{us}|^2 + |V_{ub}|^2 = 1$  ;

PDG 2002 : si  $V_{ud}$  OK,  $|V_{us}| - |V_{us}|_{\text{unitarité}} \approx 2.5\sigma$

Après 2002, nouvelles mesures de désintégration KI3 :  $K \rightarrow \pi l \nu$   
à E865, KTeV, NA48, KLOE



Unitarité restaurée :

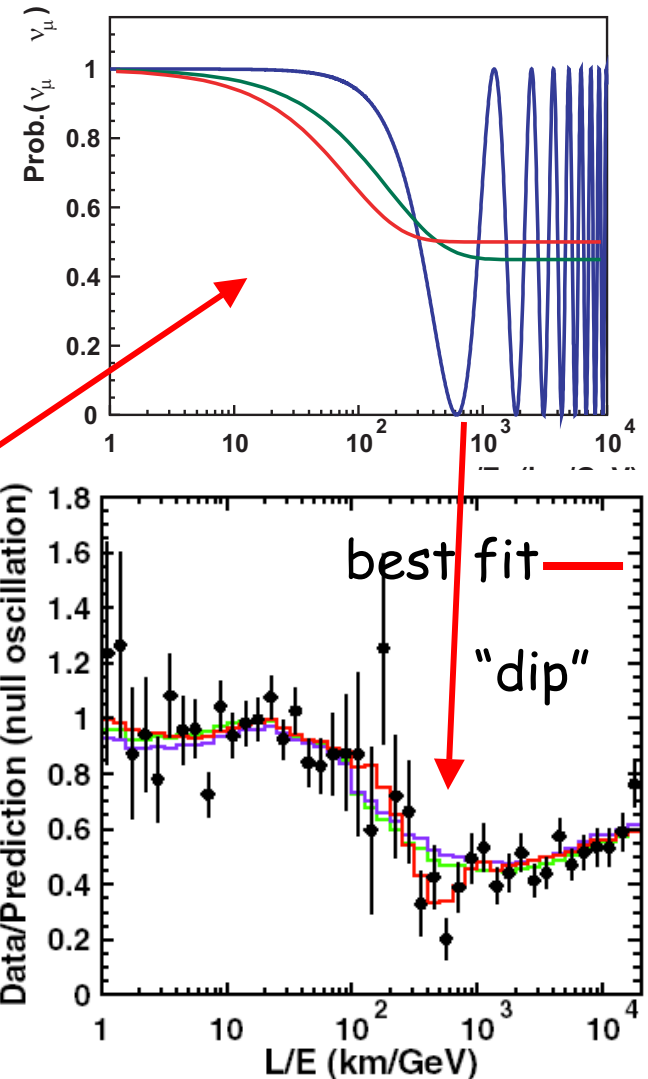
$$|V_{ud}|^2 + |V_{us}|^2 + |V_{ub}|^2 = 0.9997 \pm 0.0014$$

# Neutrinos

- "rien" de révolutionnaire :
  - ⇒ oscillations toujours plus robustes
  - ⇒ estimation affinée des paramètres
- manquent toujours :
  - $\sin^2(2\theta_{13}) < 0.09$  @ 90%CL: avenir "proche"  
bcp. d'expériences proposées  
(e.g. Double-Chooz en France)
  - $\text{sign}(\Delta m^2_{32})$  : hiérarchie normale ou inversée ?
  - $\delta$ , phase CP : avenir lointain...
  - masse absolue : NEMO, ...
- Un résultat TRÈS important :
  - observation de la structure des oscillations**

$$P(\nu_l \rightarrow \nu_l) = 1 - \sin^2(2\theta) \sin^2(1.27 \Delta m^2 (\text{eV}^2) L(\text{km}) / E(\text{GeV}))$$

Sélection des evts avec bonne mesure de L/E  
à SuperK, KamLand : \* permet d'exclure des modèles alternatifs aux oscillations  
\* amélioration de la mesure de  $\Delta m^2$



Decay rejected at 3.4σ  
2 decoherence rejected at 3.8σ