

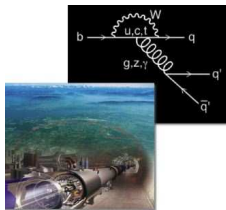
BILAN et PERSPECTIVES

Physique des Particules

Biennale 2007 du LPNHE

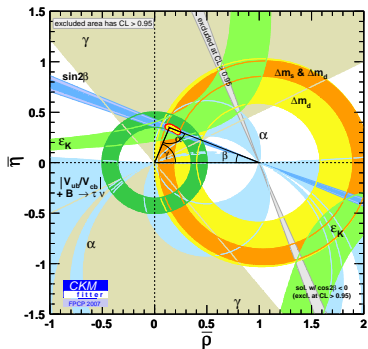
Théorie

<http://lpnhe-theorie.in2p3.fr>



LHCb

La Physique du B dans le Modèle Standard



- Matrice CKM : source de violation de CP dans le Modèle Standard
- Les angles du triangle unitaire

objectif mesurer/contraindre (in)directement un des angles du triangle unitaire

intérêt test essentiel du Modèle Standard
possible expérimentalement avec le LHCb (statistique)

moyen Factorisation QCD fondée sur HQET, Réseau, Perturbation Chirale,
Diagramme de Dalitz dans les désintégrations du
 $B \rightarrow \pi\pi K(\rho^0 K, f_0 K, K^* \pi, \dots), \dots$

PLAN

- 1 Physique des Particules au LPNHE
 - Théorie
 - LHCb
 - Morceaux choisis
- 2 Interaction Théorie-Expérience
 - Canal $B \rightarrow \pi\pi K$
- 3 Perspectives
 - Théorie
 - LHCb

PLAN

1 Physique des Particules au LPNHE

- Théorie
- LHCb
- Morceaux choisis

2 Interaction Théorie-Expérience

- Canal $B \rightarrow \pi\pi K$

3 Perspectives

- Théorie
- LHCb

PLAN

- 1 Physique des Particules au LPNHE
 - Théorie
 - LHCb
 - Morceaux choisis
- 2 Interaction Théorie-Expérience
 - Canal $B \rightarrow \pi\pi K$
- 3 Perspectives
 - Théorie
 - LHCb

Le groupe de théorie au LPNHE

- **Thématiques actuelles**
 - Interactions électrofaible et forte dans le Modèle Standard
 - Interactions hadroniques au RHIC et au LHC
- **Membres du groupe**

Permanents :

Josette Durin, CNRS
Basarab Nicolescu, CNRS
Benoît Loiseau, CNRS

Bénévoles :

Michel Lacombe, Prof.
Pierre Gauron, CNRS
Robert Vinh Mau, Prof.

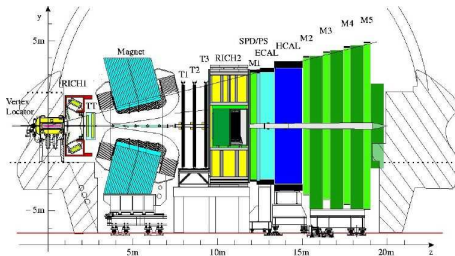
Post Doc :

Bruno El-Bennich

Visiteurs réguliers :

Jean-Pierre Dedonder, Prof.
Olivier Leitner

Le groupe du LHCb au LPNHE



● Thématiques actuelles

- Software
PID, Reconstruction, Physique
- Pas de construction d'appareillage
- 1 Thèse $B \rightarrow \pi\pi K$

● Membres du groupe

Permanents :

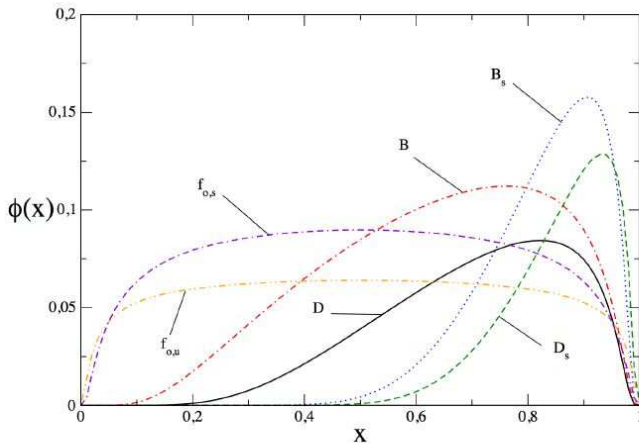
Maurice Benayoun, CNRS
Pascal David, M. de Conf.
Luigi Del Buono, CNRS

Visiteur régulier :

Olivier Leitner

Front de lumière : distributions mésoniques

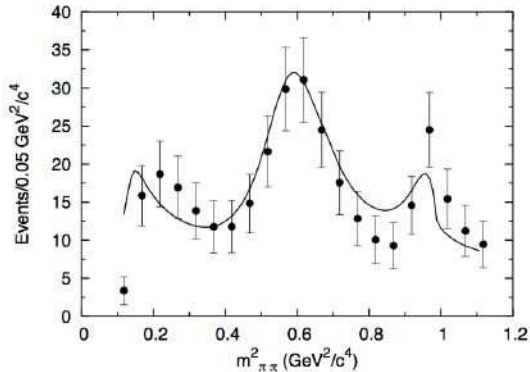
Distributions en x des mésons scalaires et pseudo-scalaires



hep-ph/060906 (ICHEP06)

$$D \rightarrow \pi\pi\pi$$

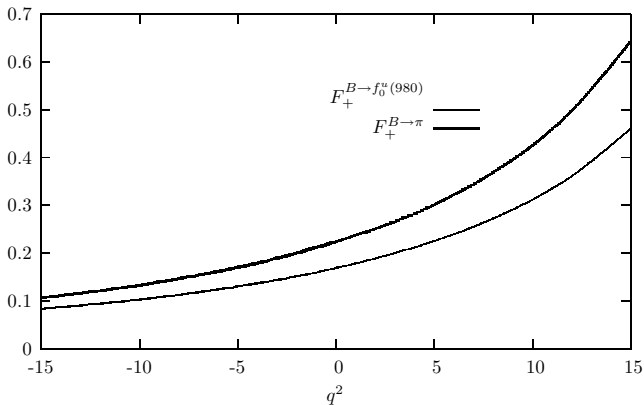
Signature des résonances $\sigma/f_0(600)$, $\rho^0(770)$, $f_0(980)$



arXiv:0705.4677[hep-ph]

Relations de dispersion

Facteurs de forme pseudoscalaire-scalaire



Int.J.Mod.Phys. **A22** : 645-648, 2007

Factorisation de QCD

$$\langle M_1 M_2 | H_{\text{eff}} | B \rangle = \frac{G_F}{\sqrt{2}} V_{CKM} \sum_k C_k(\mu) \langle M_1 M_2 | Q_k(\mu) | B \rangle$$

$G_F = 1.166 \times 10^{-5} \text{ GeV}^{-2}$ constante de Fermi

V_{CKM} = facteur CKM, μ = échelle de renormalisation

$$\langle M_1 M_2 | Q_k(\mu) | B \rangle = \langle M_1 | J_1 | 0 \rangle \langle M_2 | J_2 | B \rangle [r_n \alpha_s^n + O(\Lambda_{QCD}/m_b)]$$

Corrections radiatives : corrections du vertex faible et échange de gluon dur avec le quark spectateur



Hamiltonien faible effectif

Somme d'opérateurs locaux O_i multipliés par des coefficients de courte portée de Wilson $C_i(\mu)$ et des éléments de matrice CKM :

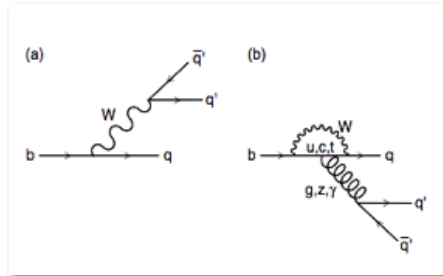
$$\mathcal{H} = \frac{G_F}{\sqrt{2}} \left[V_{ub}V_{us}^*(C_1(\mu)O_1^\mu + C_2(\mu)O_2^\mu) - V_{tb}V_{ts}^* \sum_{i=3}^{10} C_i(\mu)O_i \right]$$

(a) O_1 et O_2 sont les opérateurs gauche du type courant-courant, par exemple :

$$O_1^\mu = \bar{s}_\alpha \gamma_\mu (1 - \gamma_5) u_\alpha \otimes \bar{u}_\beta \gamma_\mu (1 - \gamma_5) b_\beta$$

(b) $O_3 \dots O_{10}$ sont les opérateurs pingouin de QCD et électrofaibles, par exemple :

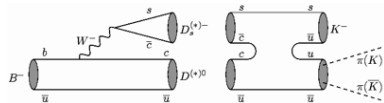
$$O_4 = \bar{s}_\alpha \gamma_\mu (1 - \gamma_5) b_\beta \otimes \sum_{q=u,d,s,c} \bar{q}_\beta \gamma_\mu (1 - \gamma_5) q_\alpha$$



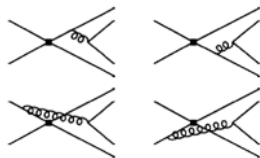
Incertitudes hadroniques dans les amplitudes

- 1 Facteur de forme de transition mal connu pour $F_{B \rightarrow s}(q^2)$
- 2 Contributions non-perturbatives :

- a) Etats intermédiaires $D_s D$



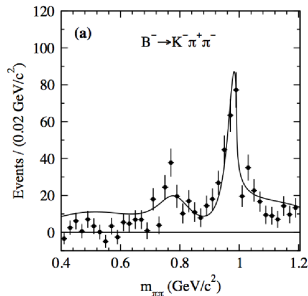
- b) Etats d'annihilation



Les résonances dans $B^\pm \rightarrow \pi^+\pi^-K^\pm$

du quasi deux corps au trois corps ...
 résonance : particule au temps de vie très court

$B^\pm \rightarrow f_0(980)K^\pm,$	$f_0(980) \rightarrow (\pi^+\pi^-)_S$
	$f_0(980) \rightarrow (K^+K^-)_S$
$B^\pm \rightarrow f_0(600)K^\pm,$	$f_0(600) \rightarrow (\pi^+\pi^-)_S$
$B^\pm \rightarrow \rho(770)^0K^\pm,$	$\rho(770)^0 \rightarrow (\pi^+\pi^-)_P$
$B^\pm \rightarrow \omega(782)K^\pm,$	$\omega(782) \rightarrow (\pi^+\pi^-)_P$
$B^\pm \rightarrow K^*(892)^0\pi^\pm,$	$K^*(892)^0 \rightarrow (K^+\pi^-)_P$
$B^\pm \rightarrow K_0^*(1430)^0\pi^\pm,$	$K_0^*(1430)^0 \rightarrow (K^+\pi^-)_S$



Phys. Rev. **D74**,114009 (2006)

Ondes S et P dans $B^- \rightarrow \pi^+\pi^-K^-$

Décomposition en ondes partielles

- $B \rightarrow K_0^*(1430)^0\pi$:

$$\begin{aligned} \langle (K^-\pi^+)_{\text{S}} \pi^- | H_{\text{eff}} | B^- \rangle &= \frac{G_F}{\sqrt{2}} (M_B^2 - m_\pi^2) \frac{m_K^2 - m_\pi^2}{q^2} F_0^{B \rightarrow \pi}(q^2) f_0^{K^-\pi^+}(q^2) \\ &\times \left\{ \lambda_u (a_4^u - a_{10}^u/2) + \lambda_c (a_4^c - a_{10}^c/2) - 2 \frac{q^2}{(m_b - m_d)(m_s - m_d)} \right. \\ &\quad \left. \times [\lambda_u (a_6^u + S_u - a_8^u/2) + \lambda_c (a_6^c + S_c - a_8^c/2)] \right\} \end{aligned}$$

- $B \rightarrow K^*(892)^0\pi$:

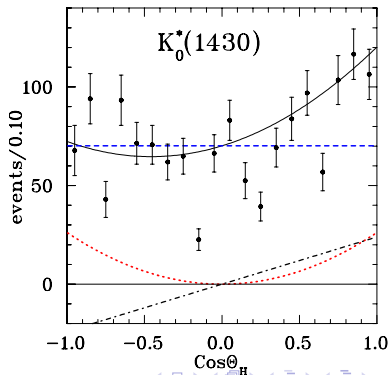
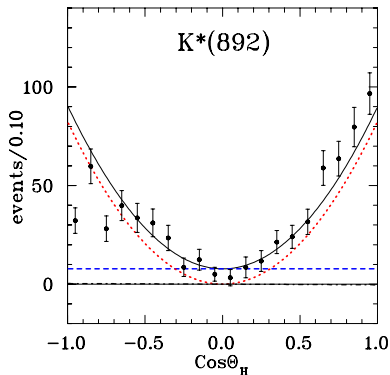
$$\begin{aligned} \langle (K^-\pi^+)_{\text{P}} \pi^- | H_{\text{eff}} | B^- \rangle &= 2\sqrt{2} G_F \mathbf{p}_{\pi^-} \cdot \mathbf{p}_{\pi^+} F_1^{B \rightarrow \pi}(q^2) f_1^{K^-\pi^+}(q^2) \\ &\times \left[\lambda_u \left(a_4^u + P_u - \frac{a_{10}^u}{2} \right) + \lambda_c \left(a_4^c + P_c - \frac{a_{10}^c}{2} \right) \right] \end{aligned}$$

$\left. \begin{matrix} S_u, S_c \\ P_u, P_c \end{matrix} \right\}$ contributions des pingouins charmants

Interférence entre les résonances S et P dans $B \rightarrow \pi\pi K$

$$|M|^2 = |a_s|^2 + 2\text{Re}(a_s a_p^*) p_{\pi^+} p_{\pi^-} \cos \theta + |a_p|^2 p_{\pi^+}^2 + p_{\pi^-}^2 \cos^2 \theta$$

$$\frac{d^2\Gamma}{d\cos\theta dm_{\pi K}} \propto |M|^2$$

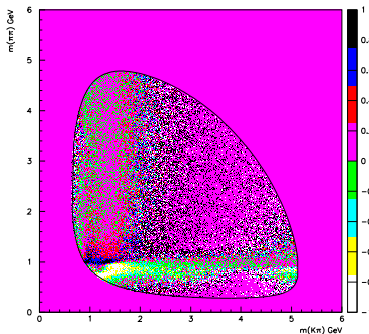


Résonances dans $B \rightarrow \pi\pi K$ via un diagramme de Dalitz

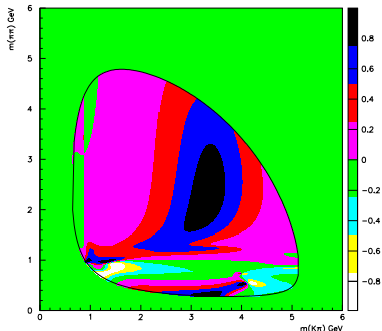
- Asymétrie CP directe

$$B \rightarrow \begin{pmatrix} R\pi \\ RK \end{pmatrix} \rightarrow \pi\pi K$$

Expérience (Monte Carlo)



Théorie



Résultats

Théorie

Rapports de branchement moyens $\text{Br} \cdot 10^6$ et asymétries CP directes $A_{CP} \cdot 10^2$

obs.	canal	masse $K\pi$ [GeV]	modèle	$S_U, S_C, P_U, P_C = 0$	Belle	BaBar
Br	$K^*(892)^0 \pi^+$	0.82 – 0.97	6.14	2.32	5.35 ± 0.59	7.46 ± 0.81
A_{CP}	$K^*(892)^0 \pi^+$	0.82 – 0.97	-8.0		-14.9 ± 6.8	6.8 ± 10.4
Br	$K_0^*(1430)^0 \pi^+$	1.0 – 1.76	17.1	7.3	24.9 ± 3.2	27.5 ± 2.2
A_{CP}	$K_0^*(1430)^0 \pi^+$	1.0 – 1.76	5.6		7.6 ± 4.5	-6.4 ± 4.0

LHCb

- Asymétrie CP mesurable
- Asymétrie localement forte
- $\gamma = (58, 2 \pm 3, 2)$ degrés
- Générateur $B \rightarrow \pi\pi K$

Perspectives du groupe théorie

Compréhension des données expérimentales avec le maximum de contraintes théoriques

- Factorisation à 2 et 3 corps dans QCD
- Compréhension des boucles $c\bar{c}$
- Modélisation des diagrammes d'annihilation
- Contraintes sur la phase forte
- Etude de la voie πK dans $B \rightarrow \pi\pi K$ (en cours)
- Désintégrations $B \rightarrow (K\bar{K})_{S+P}K$
- Rôle des résonances
- Etude des expériences au RHIC1 et RHIC2 pour mettre en évidence l'oddéron
- Au-delà du modèle Standard dans la physique des saveurs lourdes
- Boson de Higgs
- Physique du top
- Supersymétrie

Perspectives du groupe théorie

Compréhension des données expérimentales avec le maximum de contraintes théoriques

- Factorisation à 2 et 3 corps dans QCD
- Compréhension des boucles $c\bar{c}$
- Modélisation des diagrammes d'annihilation
- Contraintes sur la phase forte
- Etude de la voie πK dans $B \rightarrow \pi\pi K$ (en cours)
- Désintégrations $B \rightarrow (K\bar{K})_{S+P}K$
- Rôle des résonances
- Etude des expériences au RHIC1 et RHIC2 pour mettre en évidence l'oddéron
- Au-delà du modèle Standard dans la physique des saveurs lourdes
- Boson de Higgs
- Physique du top
- Supersymétrie

Perspectives du groupe théorie

Compréhension des données expérimentales avec le maximum de contraintes théoriques

- Factorisation à 2 et 3 corps dans QCD
- Compréhension des boucles $c\bar{c}$
- Modélisation des diagrammes d'annihilation
- Contraintes sur la phase forte
- Etude de la voie πK dans $B \rightarrow \pi\pi K$ (en cours)
- Désintégrations $B \rightarrow (K\bar{K})_{S+P}K$
- Rôle des résonances
- Etude des expériences au RHIC1 et RHIC2 pour mettre en évidence l'oddéron
- Au-delà du modèle Standard dans la physique des saveurs lourdes
- Boson de Higgs
- Physique du top
- Supersymétrie

Les perspectives du groupe LHCb

- PID : extension du logiciel à RICH1
- Améliorer l'analyse $B^\pm \rightarrow \pi^+ \pi^- K^\pm$
- Nouvelle approche des diagrammes de Dalitz
- Etude préliminaire sur $B^\pm \rightarrow \eta' K^\pm$

LPNHE

Expérience

- ATLAS
- BABAR
- CDF
- D ϕ
- LHCb
- ...



Théorie

- Violation de CP
- Boson de Higgs
- Physique du top
- Supersymétrie
- ...

"Si le chercheur abordait les choses sans la moindre idée préconçue, comment pourrait-il, dans l'incroyable complexité de tout ce que fournit l'expérience, isoler des faits bruts assez simples pour qu'apparaisse la loi à laquelle ils obéissent ?"

Albert Einstein, Induction et déduction en physique.

