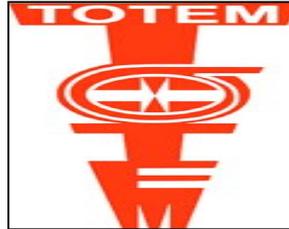




+



**LA PHYSIQUE DIFFRACTIVE DANS LA REGION CENTRALE AVEC
CMS plus TOTEM**

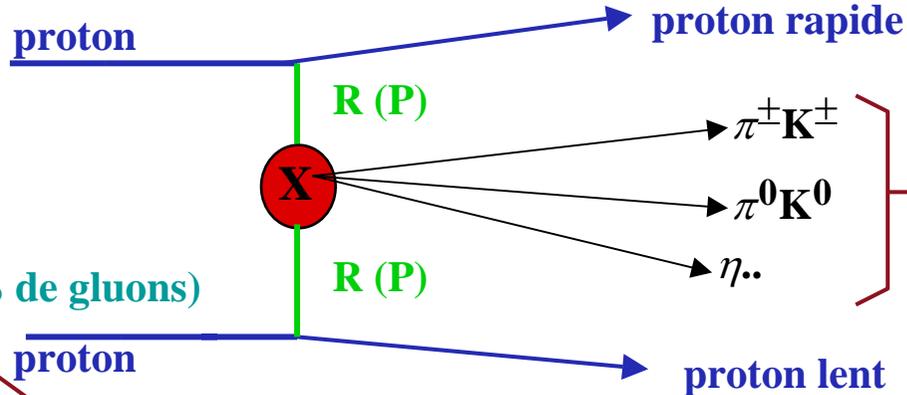
Jean-Paul Guillaud (LAPP)

- I) **1.- Les collisions centrales**
- I) **2.- L'expérience TOTEM**
- I) **3.- L'intérêt de DPE à haute énergie**
- II) **4.- La détection d'un Higgs exclusif**
- II) **5.- La recherche de glueballs**
- III) **6.- Conclusion**

Les collisions **centrales** $pp \rightarrow pXp$: les **DPE**

Les particules échangées peuvent être des

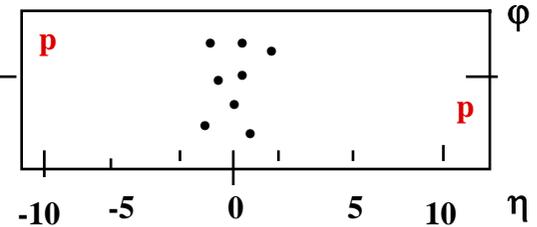
- Reggeons (R) ou des
- Pomérons (P) (composés à 90% de gluons)



Les échanges PP sont appelés DPE

La particule **X** est appelée centrale (sa pseudorapidité est proche de 0) :

- X** peut être :
- le Higgs
 - un glueball (les **DPE** sont des « usines à gluons »)
 - un mélange Higgs-Radion (si le Radion existe)
- (le Radion est un effet des dimensions supplémentaires de l'espace-temps)



Pour mesurer les **DPE**, on doit mesurer

- les produits de désintégration de **X** avec les **détecteurs de CMS**
- les protons (lent et rapide) avec les **détecteurs de TOTEM**

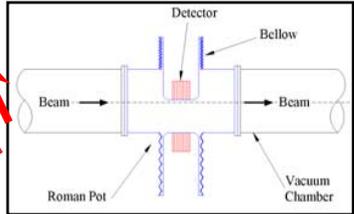
L'EXPERIENCE TOTEM



QuickTime™ et un décompresseur TIFF (LZW) sont requis pour visionner cette image.

**Horizontal Roman Pot
(1 dét. dans le plan horizontal)**

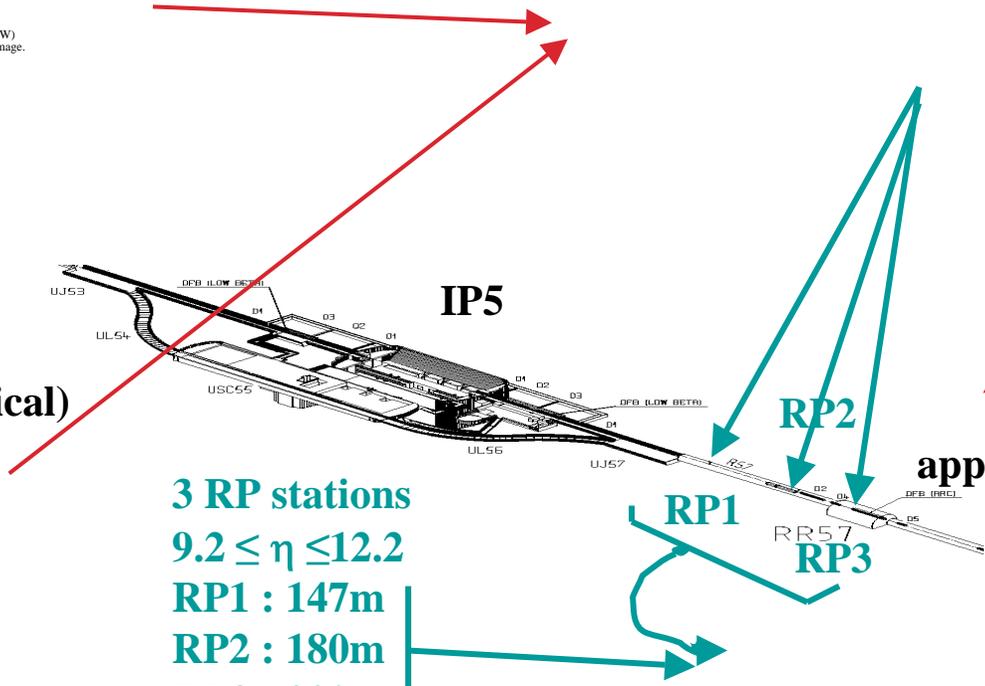
Une RP station = 2 unités
dans chaque unité
Il y a 2 Roman Pots
- 1 Vertical
- 1 Horizontal
⇒ 6 dét. /station
détail d'un pot :



approche du faisceau : 10σ

QuickTime™ et un décompresseur TIFF (LZW) sont requis pour visionner cette image.

QuickTime™ et un décompresseur TIFF (LZW) sont requis pour visionner cette image.



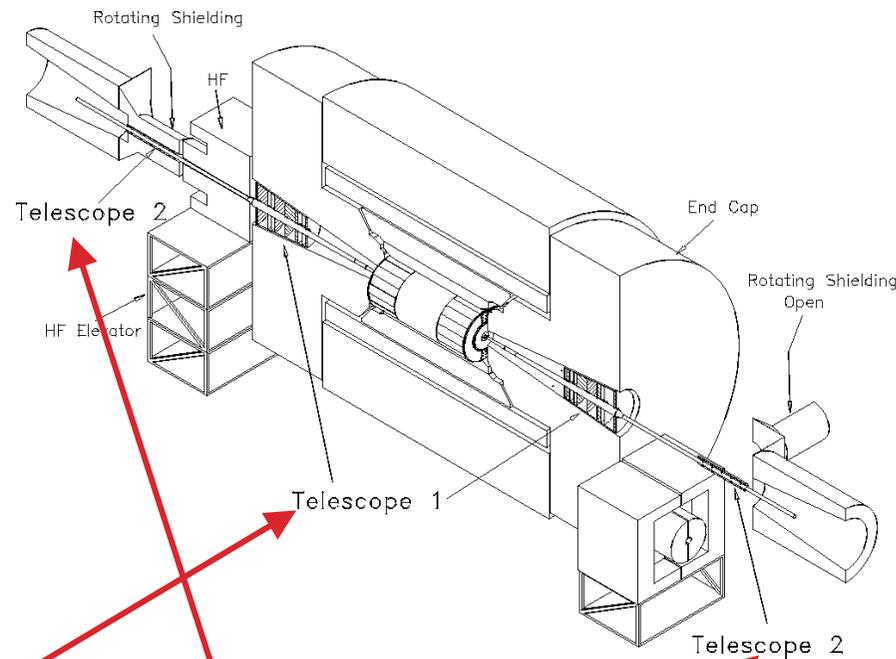
**Vertical Roman Pot
(2 dét. dans le plan vertical)**

- 3 RP stations
- $9.2 \leq \eta \leq 12.2$
- RP1 : 147m
- RP2 : 180m
- RP3 : 220m

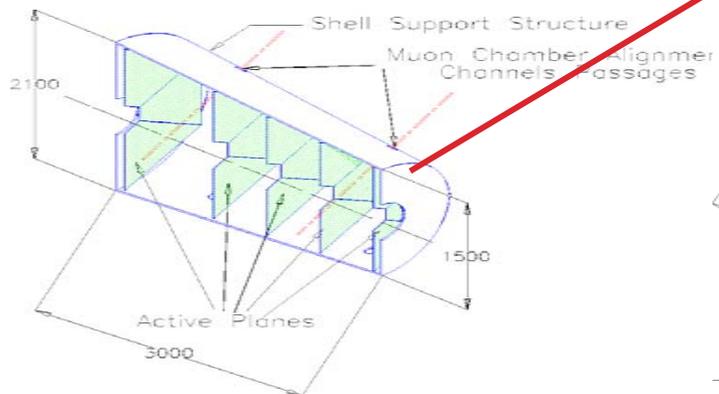
QuickTime™ et un décompresseur TIFF (LZW) sont requis pour visionner cette image.

de chaque côté de IP5 → 6 RP stations

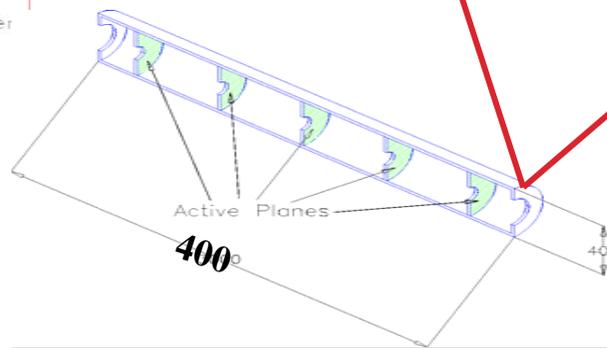
Insertion de TOTEM dans CMS



T1 : $3.1 \leq \eta \leq 4.7$



Jean-Paul Guillaud



journées CMS-France mai 2004

**T2 : $5.3 \leq \eta \leq 6.7$
(avant CASTOR)**

Pourquoi les échanges **DPE** sont-ils intéressants au LHC ?

1.- La théorie prévoit que la variation des différents couples d'échange avec l'énergie est :

$$\begin{aligned} \sigma(RR) &\sim s^{-1} \\ \sigma(RP) &\sim s^{-0.5} \\ \sigma(PP) &\sim s^{0.08} \end{aligned}$$

⇐S.N. Ganguli and D.P. Roy P.R. 67 (1980) 203.

⇐G. Schuler and T. Sjöstrand P.R. D49 (1994) 2257

2.- Expérimentalement on a 2 points :

$$\frac{\sigma_{RR} + \sigma_{RP}}{\sigma_{PP}} \sim 1$$

WA102 ($\sqrt{s} = 28 \text{ GeV}$)

$$\frac{\sigma_{RR} + \sigma_{RP}}{\sigma_{PP}} \sim 0.05$$

UA8 ($\sqrt{s} = 630 \text{ GeV}$)

$$\frac{\sigma_{RR} + \sigma_{RP}}{\sigma_{PP}} \sim 0.001$$

LHC

On peut espérer au LHC un DPE pur!

TOTEM TDR (CERN-LHCC-2004-002)

CMS EOI (CERN-LHCC-2004-003)

objectifs de TOTEM

- être une « stand alone » expérience
- mesurer au début du LHC (à basse luminosité) :
 - La section efficace pp totale à 1 mb (pour la calibration)
 - La section efficace différentielle de -t = 0.001 à 10 GeV²
 - La dissociation diffractive pp → pX

Avec 2 ensembles de chambres (T1 et T2) et 3 stations de pots romains :

RP1, RP2, RP3 :

RP1 pour les grands t,

RP2 pour les petits t,

RP3 (après D2) en combinaison avec

les 2 autres pour séparer ζ et t.

[2 courts runs avec

β* = 1540m

43 bunches → L = 1.6 10²⁸

156 bunches → L = 2.4 10²⁹]

**ce qui va se faire?
(décision LHCC)**

TOTEM = sous-détecteur de CMS
(utilise le DAQ de CMS)

⇒ Un des détecteurs les plus complets
auprès d'un collisionneur de hadrons
(il verra presque toutes les particules
et presque toute l'énergie) → peut faire :

- les très petits x (~ 10⁻⁷)
- les multijets (pp → njets + p)
- les 0⁺⁺ quarkonia (χ_c, χ_b)

proposition

- chercher un glueball (à basse (10²⁸⁻²⁹) luminosité : β* = 1540m)
- déclencher sur le Higgs (à haute (10³³) luminosité : β* = 0.5m)

Comment tout ca peut-il se faire?

PRODUCTION DU HIGGS EXCLUSIF PAR DPE : $pp \Rightarrow pHp$

$$M_H^2 = s \xi_1 \xi_2 \quad \xi_i = \frac{\delta p_i}{p_i} \quad \text{est la perte relative d'impulsion}$$

(mesurée par les détecteurs de TOTEM)

Cette méthode en masse manquante contient les canaux invisibles

Prédictions théoriques pour les sections efficaces :

année	auteurs	m_H (GeV)	σ_H (fb)
1991	Bialas, Landshoff	[100, 400]	100 ÷ 200
1995	Cudell, Hernandez	[100, 400]	1000 ÷ 2000
2000	Kharzeev, Levin	100	10 ÷ 270
2001	Petrov, Ryutin, Godizov	[100, 400]	80 ÷ 140
2002	Khoze, Martin, Ryskin	120	≈ 3
2003	Petrov, Ryutin	[100, 500]	0.2 ÷ 8.5

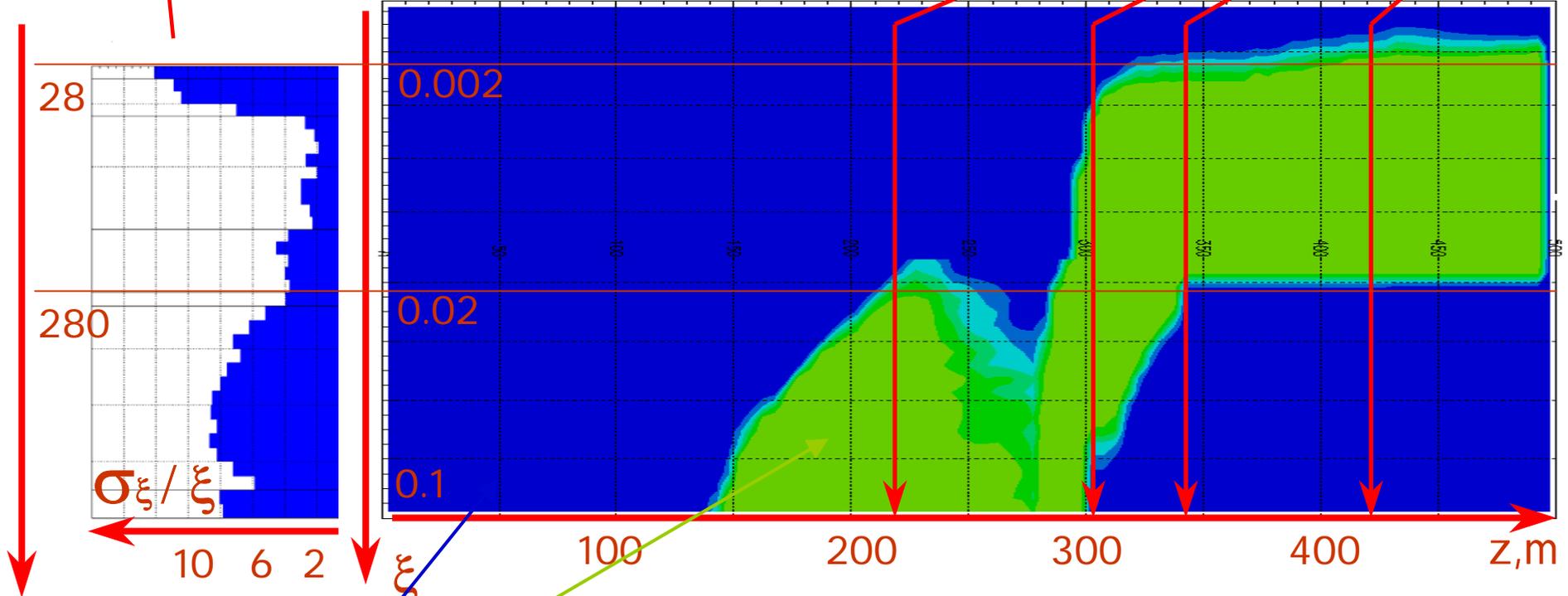
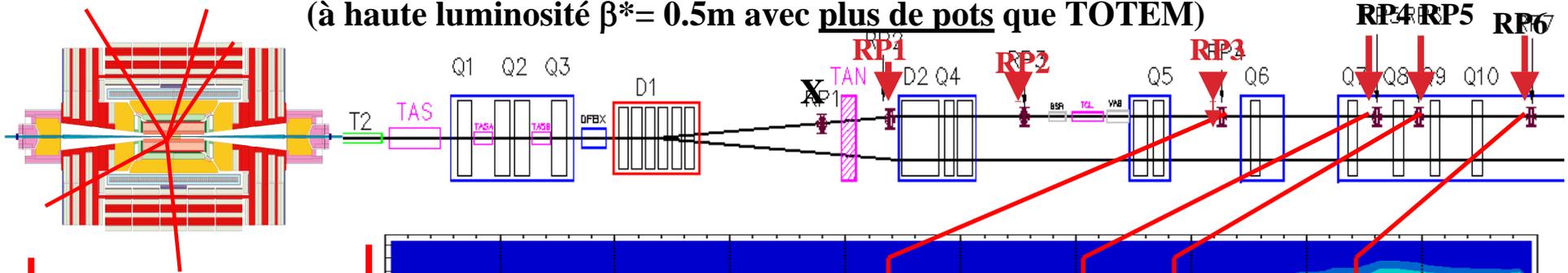
Si $\sigma_H = 100 \text{ fb}$, à une luminosité de $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$, cela donne plus de 3000 Higgs /an

Si $\sigma_H = 3 \text{ fb}$, 1 an à cette luminosité, cela donne une observation du Higgs à 3σ en $pp \rightarrow pHp$, $H \rightarrow b\bar{b}$

(De Roeck et al, Eur. Phys. J. C25 (2002) 391.)

Exemple de ce que pourrait être un dispositif expérimental pour mesurer le Higgs

(à haute luminosité $\beta^* = 0.5m$ avec plus de pots que TOTEM)

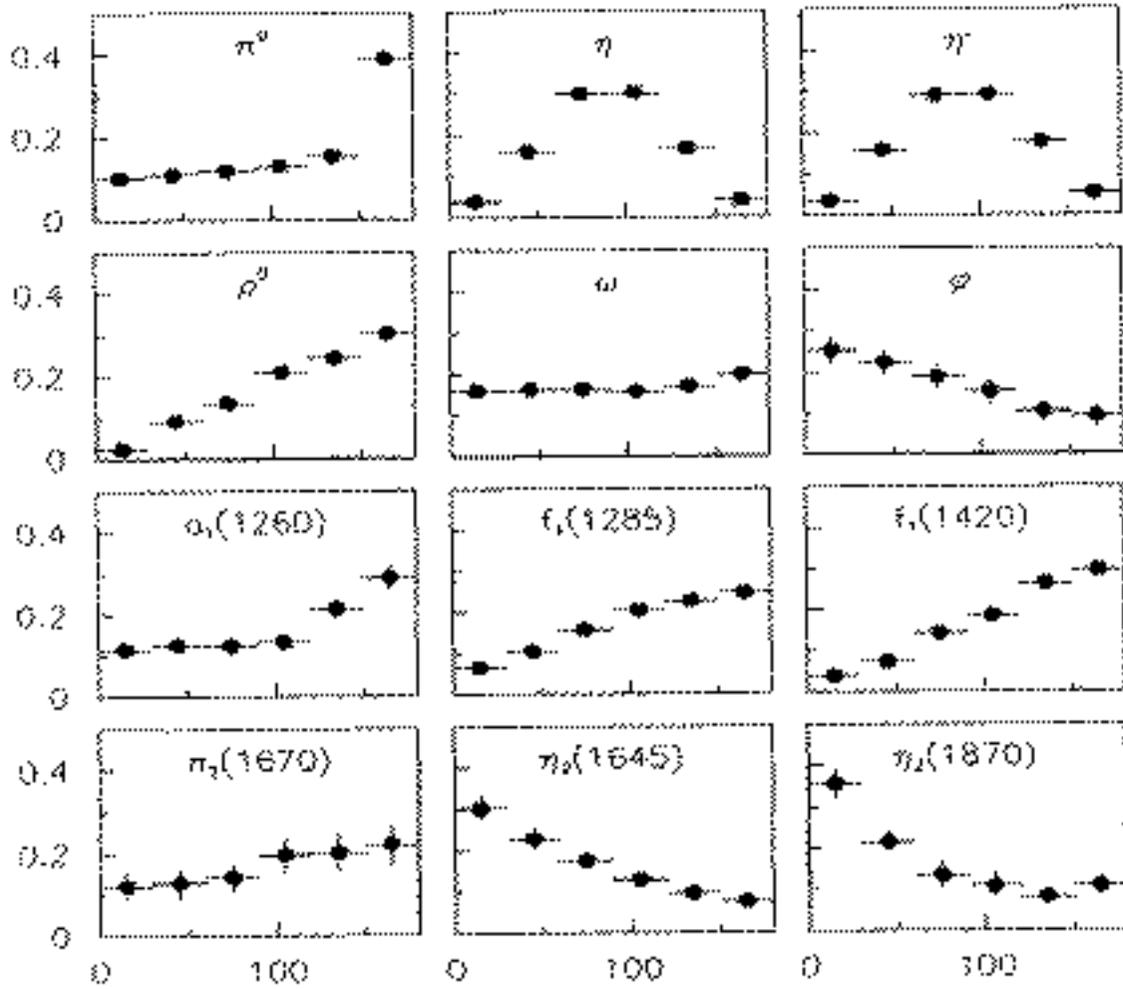
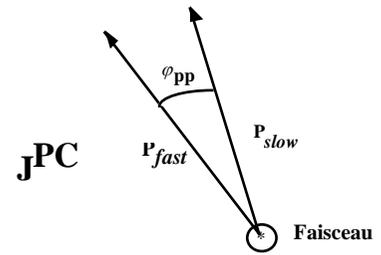


$M, \text{ GeV}$
 efficacité de détection des protons : 0%
 100%

(calculs, PYTHIA +MAD, faits avec une résolution de 30μ pour les RP dans une disposition comme on pouvait l'espérer il y a quelques années)

$$-\frac{\sigma_M}{M} \sim 2-5\% \quad (\text{acceptance en masse} \sim 100\% \text{ de } 30 \text{ à } 300 \text{ GeV})$$

WA102: Distribution de l'angle azimutal ϕ_{pp} pour différentes résonances : l'analyse en ondes partielles passe à la trappe!



J^{PC}
 0^{++}
 1^{--}
 1^{++}
 2^{-+}

F. Close et G.Schuler expliquent très bien ces distributions (ϕ, t) avec seulement 2 paramètres!

**Le 1er fixé par le η'
Le 2ème par le $f_1(1285)$**

Il n'en reste plus pour le $\eta_2(1645)$ et ça marche!

\Rightarrow La distribution de l'angle ϕ_{pp} permet de connaître les caractéristiques de la particule centrale X

RECHERCHE DE GLUEBALL PAR DPE

H1 et Zeus à HERA : Le Poméron est constitué à **90 % de gluons**

WA102 : $\sigma_{\text{DPE}} = 0.14 \text{ mb} \Rightarrow$ au LHC, $\sigma_{\text{DPE}} \sim 0.4 \text{ mb}$

Avec $\sigma_{\text{DPE}} \sim 0.4 \text{ mb}$, les **DPE** sont des usines à gluons!

Au début du LHC, avec une luminosité de $10^{28} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ (par exemple)

on peut espérer ~240 événements DPE/min!

\Rightarrow LE PARADOXE DE QCD (les glueballs devraient exister **PEUT ETRE ENFIN RESOLU**
mais on n'en a jamais trouvé) **A BASSE LUMINOSITE!**

Mais comment faire?

Pour cette recherche, il faut utiliser l'expérience de WA102

c'est-à-dire son « filtre à glueball »

Mais c'est quoi, au juste, le filtre à glueball?

LE FILTRE A GLUEBALL DE WA102

Il est basé sur le rapport $R = \frac{d_{PT} \leq 0.2 \text{ GeV}}{d_{PT} \geq 0.5 \text{ GeV}}$

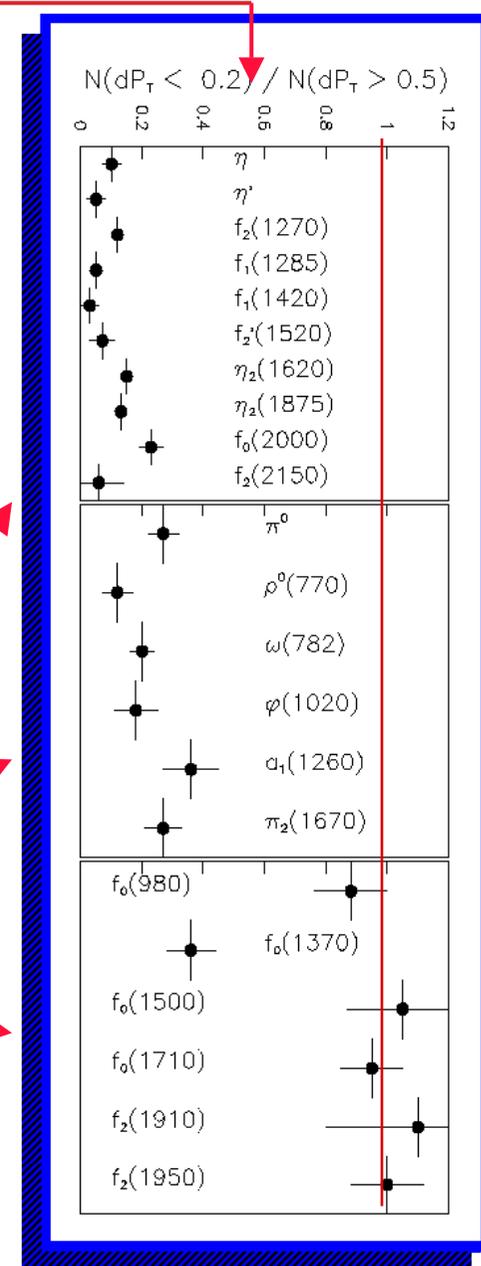
où $d_{PT} = \sqrt{(P_1^x - P_2^x)^2 + (P_1^y - P_2^y)^2}$

(P_1 et P_2 sont les impulsions des deux particules échangées calculées avec la mesure de celles des protons près du faisceau)

3 zones de R se distinguent :

- 1) états $q\bar{q}$ incontestés avec un rapport $R \leq 0.1$
- 2) états ne pouvant pas être produits par DPE avec $R \sim 0.25$
- 3) candidats glueballs avec un rapport $R \sim 1$

Pour chercher des glueballs, il faut déclencher sur la zone no 3 donc mesurer les protons près du faisceau (avec TOTEM)

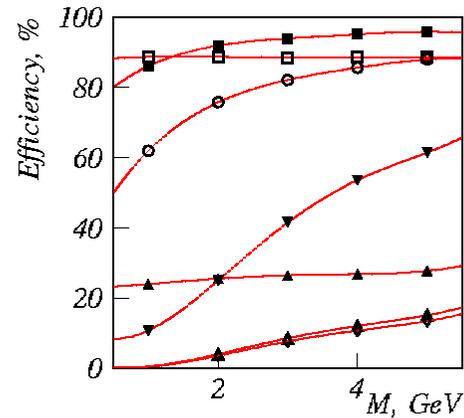
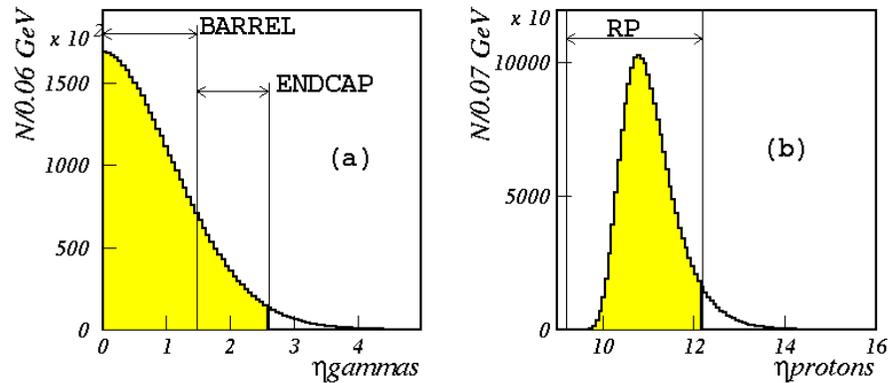


Détection des produits de désintégration de la particule centr

(par CMS plus TOTEM)

$$pp \rightarrow pXp; \quad X \rightarrow \pi^0 \pi^0$$

protons \rightarrow RP; gammas \rightarrow ECAL

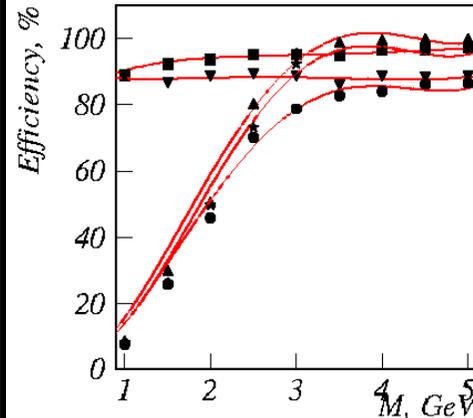
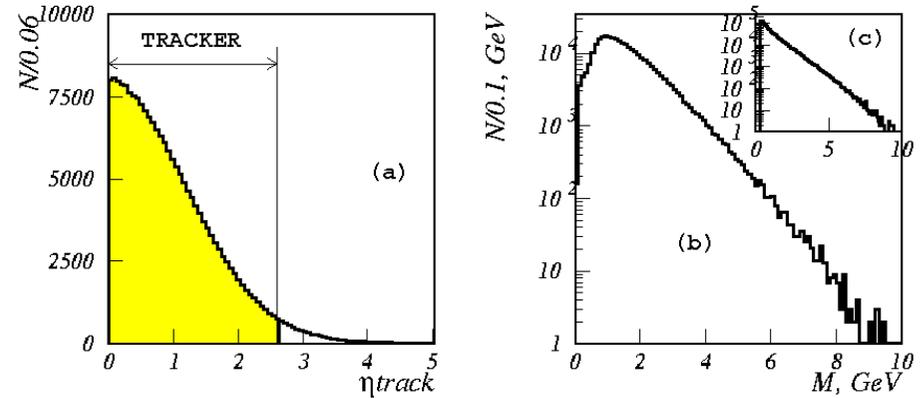


- $pp \rightarrow pXp$
- $X \rightarrow \pi^0 \pi^0 \rightarrow 4\gamma$
- 4 gammas in ECAL
- ▲ conversion to e^+e^-
- ▼ energy cut in Barrel
- energy cut in Endcap
- protons efficiency
- △ gammas efficiency
- ◇ total efficiency

Jean-Paul Guillaud

$$pp \rightarrow pXp; \quad X \rightarrow \pi^+ \pi^-$$

protons \rightarrow RP; $\pi^\pm \rightarrow$ TRACKER



- $pp \rightarrow pXp$
- $X \rightarrow \pi^+ \pi^-$
- 2 tracks in TRACKER
- ▲ cut on tracks momentum
- ▼ protons efficiency
- * tracks efficiency
- total efficiency

(thèse d'Andrei Sobol)

journées CMS-France mai 2004

LE BRUIT DE FOND DANS LA RECHERCHE DE GLUEBALL

La thèse d'Andrei Sobol a montré que pour $pp \rightarrow pXp$, $X \rightarrow \pi\pi$ chargés, neutres ou $X \rightarrow \eta\eta$

Si on tient compte du bruit de fond en :

- Minimum bias et les processus ayant une cinématique proche des DPE comme
- Diffusion élastique $pp \rightarrow pp$
- Simple diffraction $pp \rightarrow Xp$ (ou $pp \rightarrow pX$)
- Double diffraction $pp \rightarrow X_1X_2$

Le calcul (avec PYTHIA) montre que $\left[\frac{N_{DPE}}{N_{\text{bruit}}} \right] \approx 0.004 \Rightarrow$ **hors de question!**



Par contre, en tenant compte de ces 6 conditions (sur les détecteurs de CMS et de TOTEM):

- 1.- Deux traces opposées dans les $RP_0 < E$ dans ECAL < 4 GeV
- 3.- E dans HCAL < 4 GeV
- 4.- E dans FHCAL < 10 GeV
- 5.- Nombre de traces dans T1 ≤ 2
- 6.- Pas de trace dans T2

$\left[\frac{N_{DPE}}{N_{\text{bruit}}} \right] \approx 20 \Rightarrow$ **confortable!**



\Rightarrow **Les glueballs nous attendent pour être découverts!**

CONCLUSION

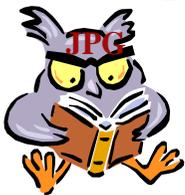
L'option TOTEM = sous-détecteur de CMS

est une **chance à saisir** pour réaliser un **exceptionnel** détecteur pratiquement fermé vers l'avant ($\eta > 5$)

qui permet de mesurer **en plus** des

- très petits x ($\sim 10^{-7}$)
- multijets ($pp \rightarrow n\text{jets} + p$)
- 0^{++} quarkonia (χ_c, χ_b)

Le Higgs exclusif à haute luminosité ($\beta^* = 0.5\text{m} \rightarrow L \approx 10^{33}$)
avec quelque(s) pot(s) en plus de ceux de TOTEM (à $\approx 300\text{-}400\text{m}$)



et ... les glueballs!!

à basse luminosité ($\beta^* = 1540\text{m} \rightarrow L \approx 10^{28-29}$)

QU'EST-CE QU'ON ATTEND ?

Prévoir **quelle** expérience LHC publiera **la première?**

2007 ?

TOTEM+CMS, TOTEM je les donne à 10 contre 1..

On prend les paris ?

