



Nuovi bosoni di gauge ed Extra Dimensioni ad LHC

Alessandro Palma

INFN Roma1 & Università di Roma "La Sapienza"

IFAE Napoli - 11 Apr 2007



Sommario



- Bosoni di gauge addizionali: Z' , W'
 - Fenomenologia delle Extra Dimensioni:
 - Buchi neri (BH)
 - Gravitoni
- Particolare attenzione a segnali "immediati" ($\leq 1 \text{ fb}^{-1}$)
- NO Susy, NO Higgs



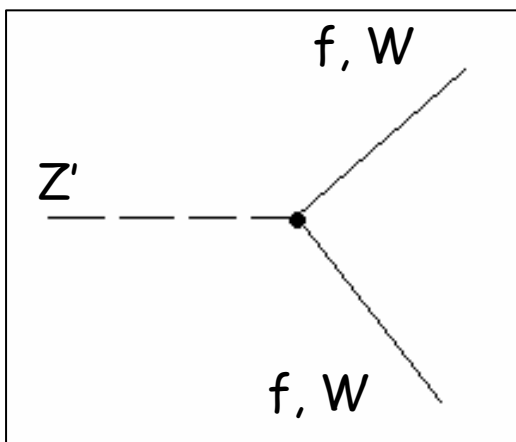
ATLAS

Z' - generalità



- Bosone di gauge neutro da: GUTs, ExtraDimensioni con stati di Kaluza-Klein, modelli simmetrici LR, Little Higgs...
- **Sequential Standard Model (SSM):** Z'_{SSM} ("benchmark model")
- **GUT basate sul gruppo di gauge E6:** $Z'_\eta, Z'_\psi, Z'_I, Z'_\chi$
- **Left-Right symmetric models:** Z'_{LRM}, Z'_{ALRM}

Decadimento dello Z'



$Z' \rightarrow ee$ ($\mu\mu$)

segnatura molto evidente

• 2 leptoni isolati di alto $p_T = O(1 \text{ TeV})$

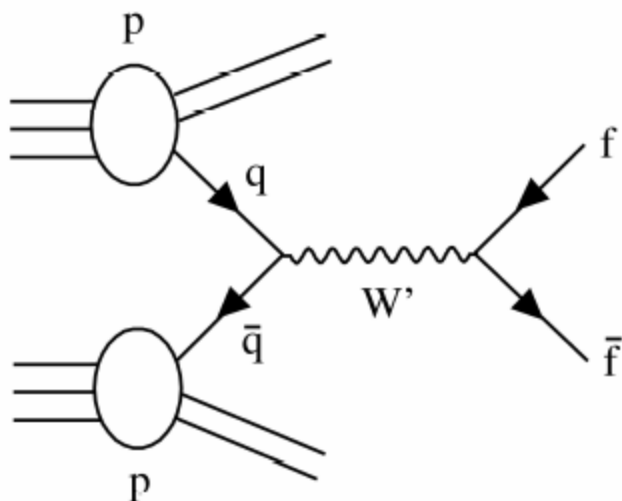
fondo molto piccolo



W' - generalità



- Bosone di gauge carico: si accoppia ai campi right-handed del Modello Standard
- Compare da gruppo di gauge $SU(2)_R$ nei modelli simmetrici Left-Right, nelle GUT $SO(10)$ o dalle teorie "Little Higgs" dove l' Higgs è uno pseudo-bosone di Goldstone



$W' \rightarrow e\nu$ ($\mu\nu$)

1 leptone isolato di alto $p_T = O(1 \text{ TeV})$

$E_T = O(1 \text{ TeV})$



ATLAS

Z' - limiti attuali e fondi



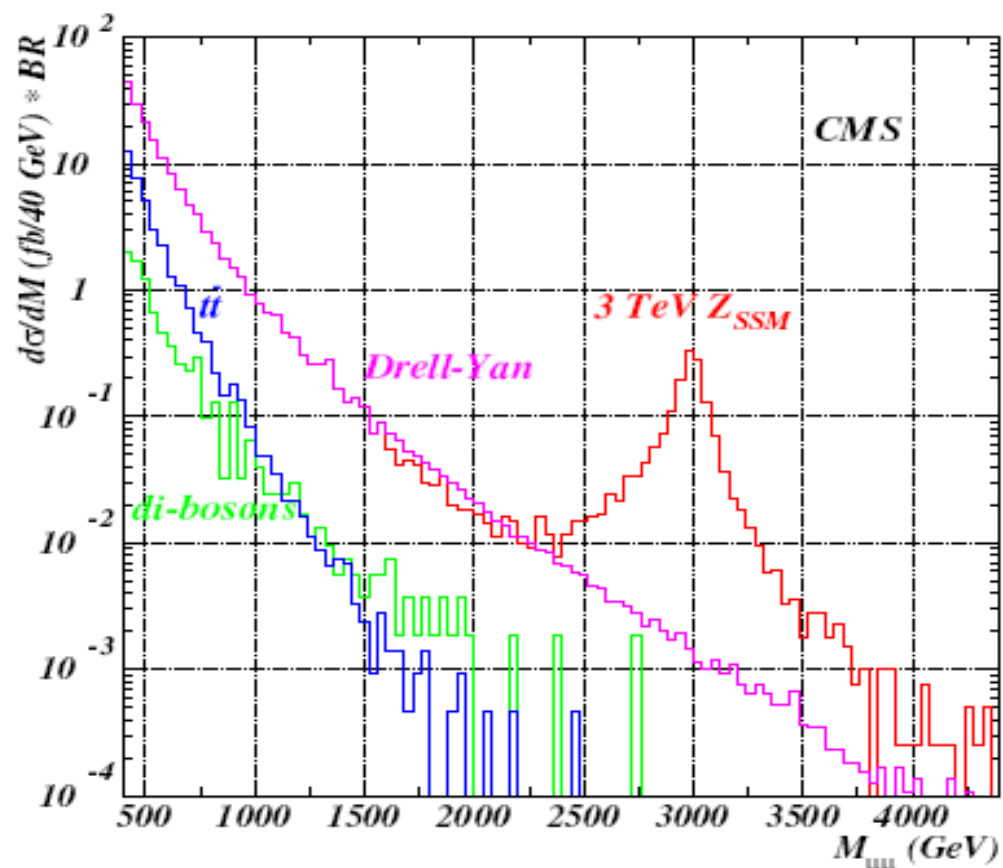
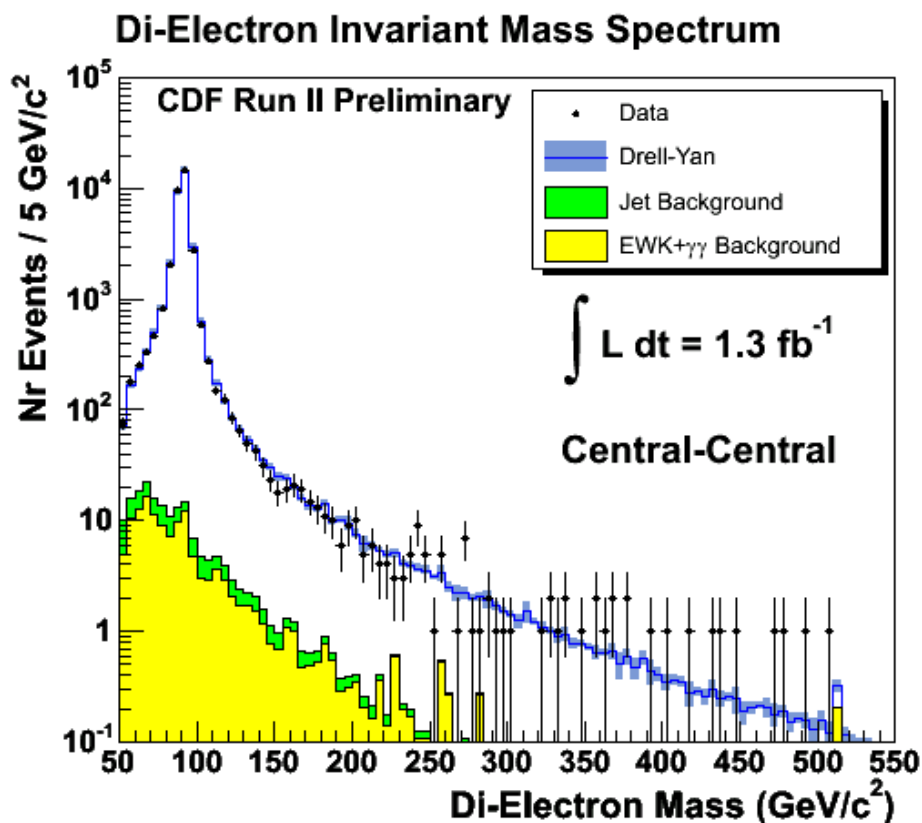
Ricerca diretta al Tevatron ($ee, \mu\mu$):

www-cdf.fnal.gov/physics/exotic/exotic.html

$M_{Z'} > 730 \div 920 \text{ GeV}$ (dip. dal modello)

Fondo principale: DY in e/μ

Altri fondi: $WW, WZ, ZZ, t\bar{t}$

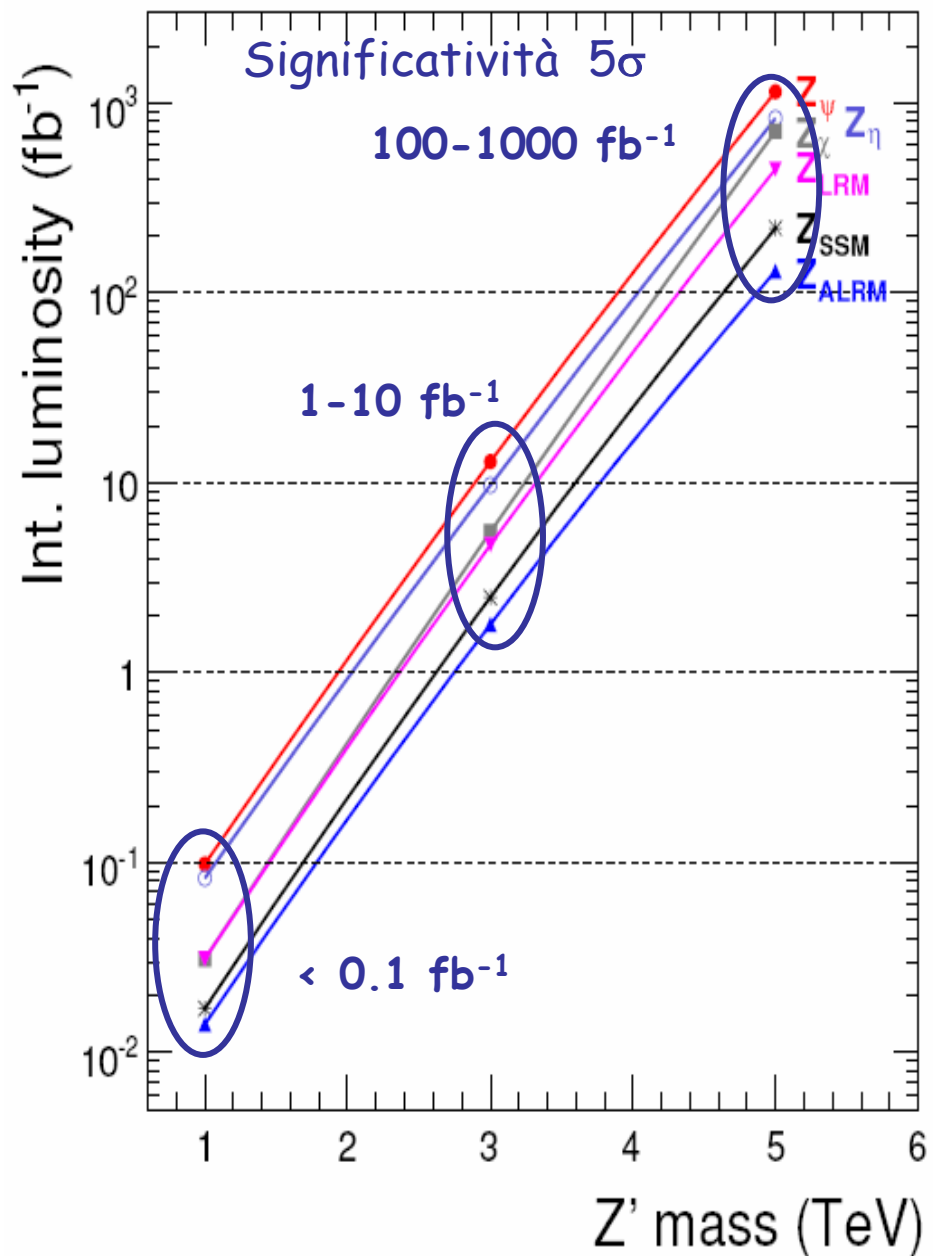




ATLAS

$Z' \rightarrow \mu\mu$ @ CMS

[CMS PTDR2]



CMS:

risultati analoghi
per $Z' \rightarrow ee$

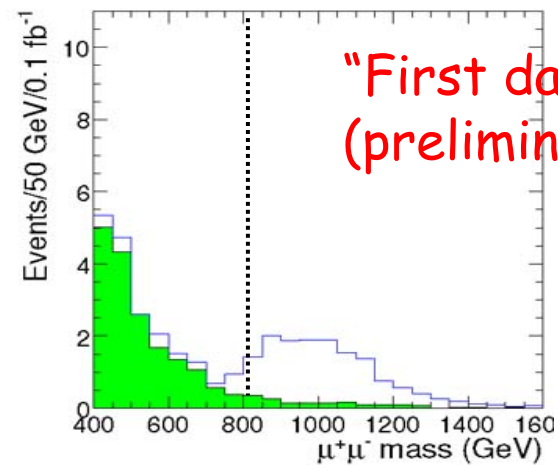
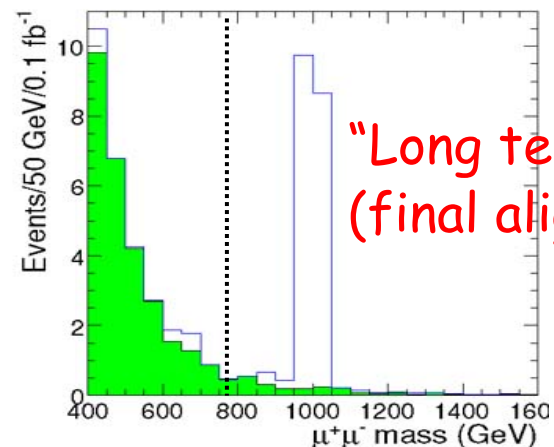
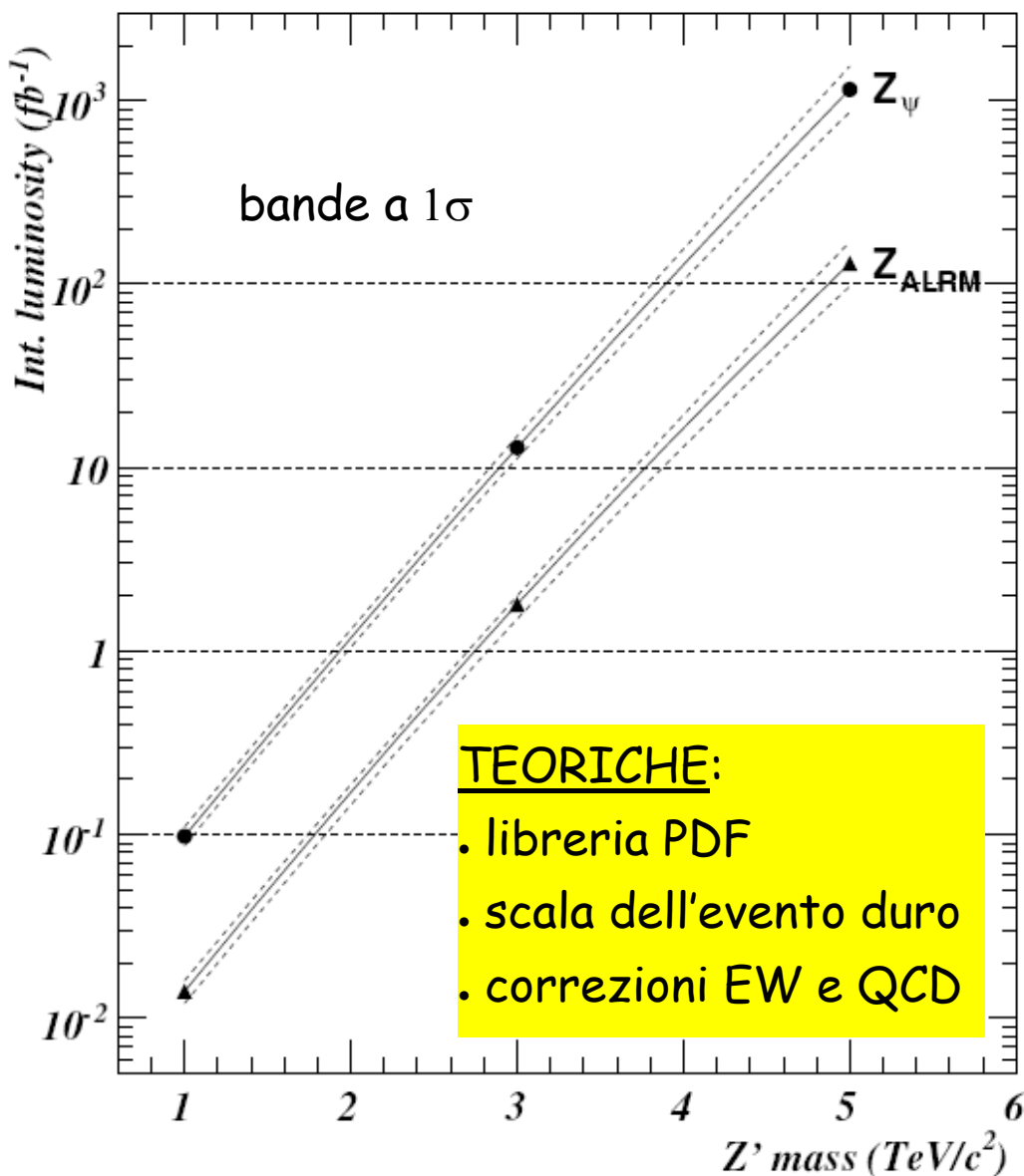
ATLAS:

con $Z' \rightarrow ee$ SSM,
bastano 0.1 fb^{-1}
se $M_{Z'} < 1.3 \text{ TeV}$



ATLAS

$Z' \rightarrow \mu\mu$ @ CMS: sistematiche



SPERIMENTALI:

- disallineamenti TK, Muon, TK-Muon
- calibrazione Drift Tubes
- ... non influenzano lum. di scoperta



ATLAS

$W' \rightarrow \mu\nu$ @ CMS

[Hof, CMS-CR2006/054]



Segnatura: \cancel{E}_T , μ isolato

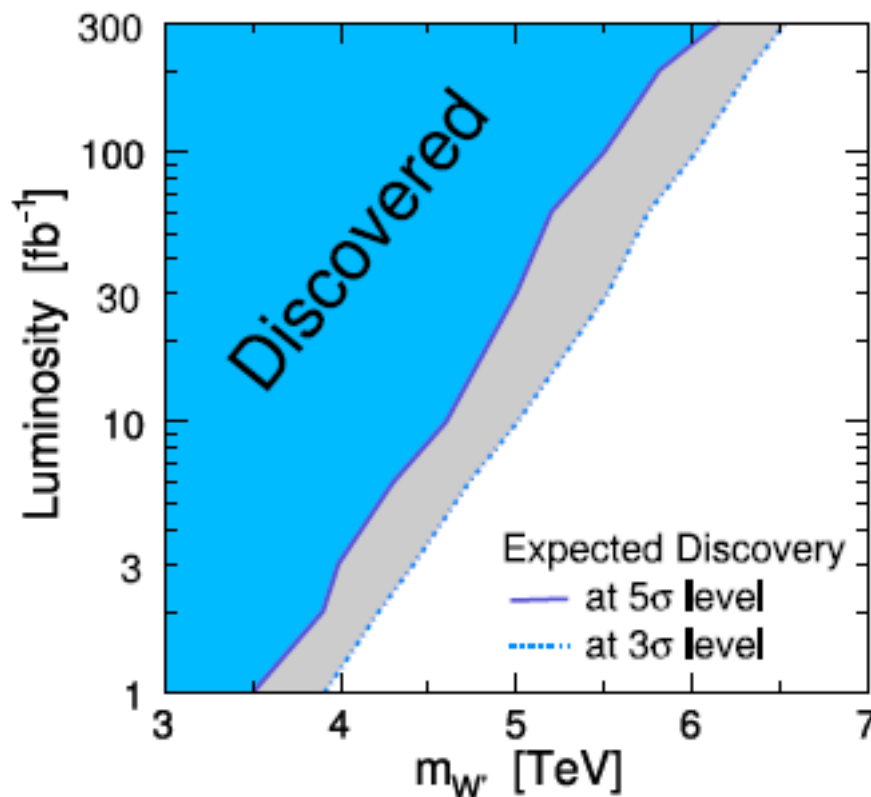
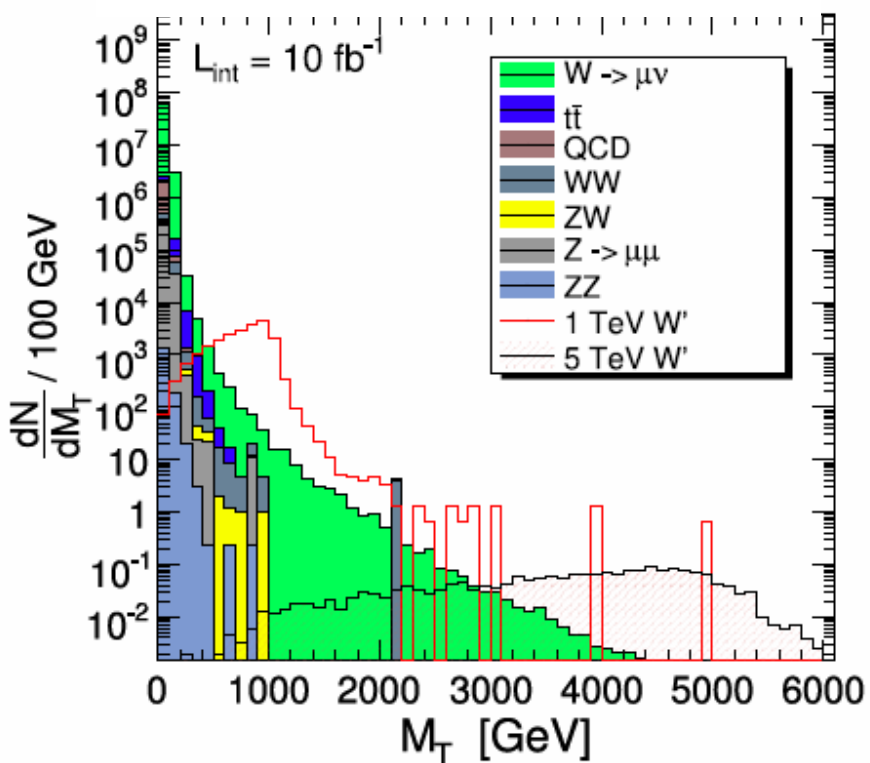
Fondi: $W \rightarrow \mu\nu$, $Z \rightarrow \mu\mu$, $t\bar{t}$, WW

Significanza sulla massa trasversa M_T

Limite di CDF Run II:

$M > 790$ GeV @95%CL [Gris, March '06]

$$M_T = \sqrt{2p_{T\mu} E_{\cancel{T}} (1 - \cos \Delta\phi_{\mu, \cancel{E}_T})}$$



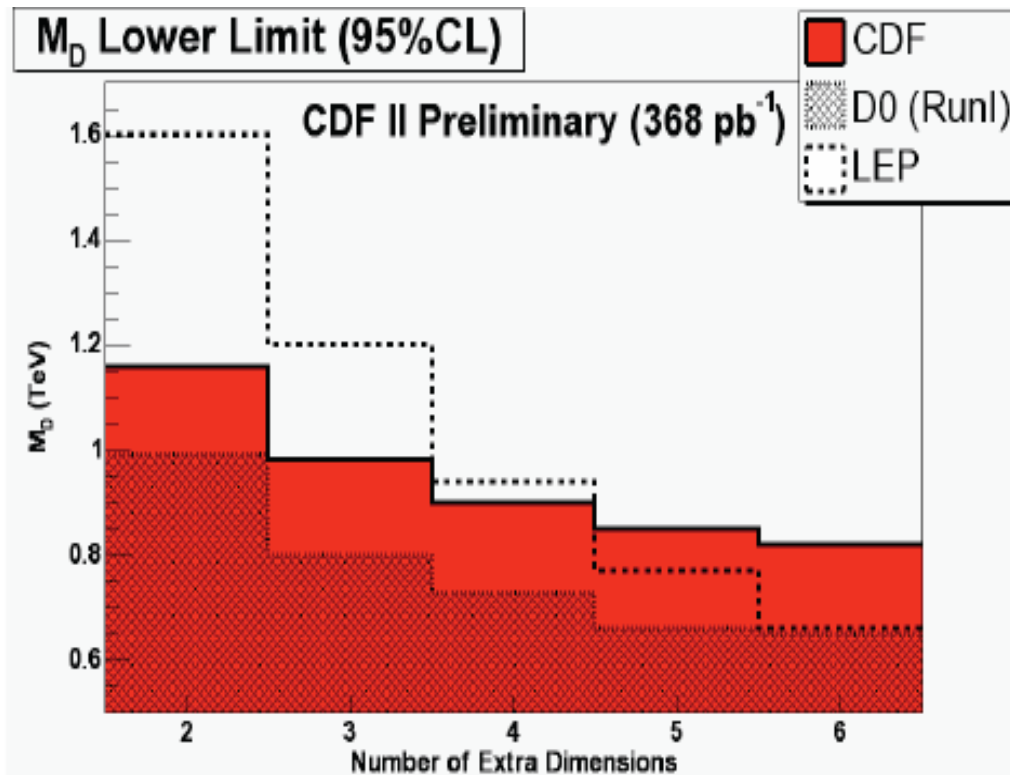


Extra Dimensioni (modello ADD)



[N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos, and G.R. Dvali, *Phys. Lett.* B429(1998)]

- Problema gerarchico: $M_{\text{Planck}} (10^{19} \text{ GeV}) \gg M_{\text{EW}} (100 \text{ GeV})$
- n extra-dimensioni spaziali compattificate su scala R
- la gravità si propaga nel "bulk" a $3+n$ dimensioni, dove ha scala $M_D \ll M_{\text{Planck}}$



Constraints:

- $M_D < 10 \text{ TeV}$ (probl. gerarchico)
- $n > 1$ ($n=1$ escluso dalla legge di Newton testata fino a $200 \mu\text{m}$)

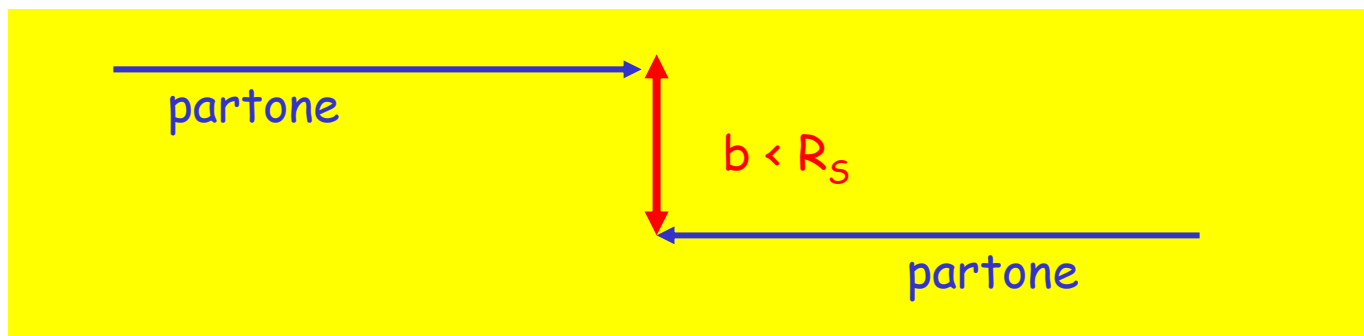


Buchi neri (BH) ad LHC

[Gamsizkan et al., CMS AN-2006/088]



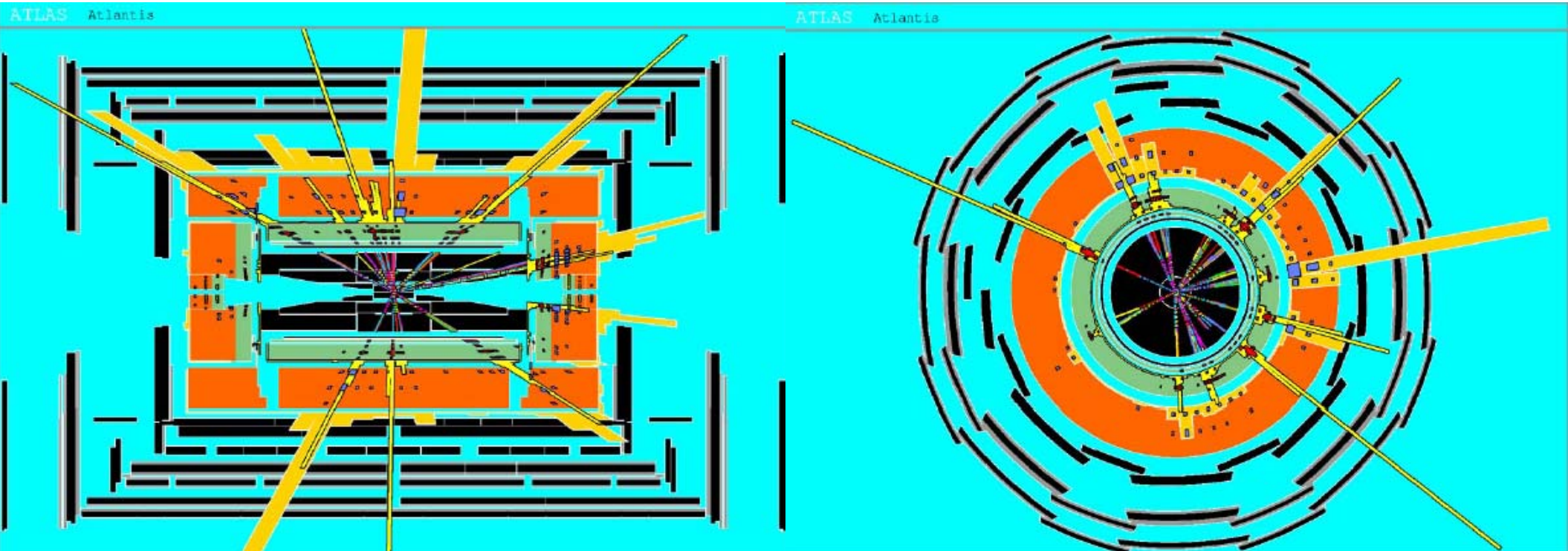
- $T = 10^{15}$ K, decadimento rapidissimo (10^{-27} s) via radiazione di Hawking
- Per creare buchi neri ad LHC è richiesto:
 - $\sqrt{s} > M_D = O(1 \text{ TeV})$
 - Parametro d'impatto b piccolo (condizione di Schwarzschild): $b < R_S$



- Sezione d'urto ad LHC per $M_{BH} > M_D$:
 $1 \text{ pb} < \sigma < 15 \text{ pb}$, per $1 \text{ TeV} < M_D < 5 \text{ TeV}$
- Per $L = 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, rate di produzione $\sim 0.1 \text{ Hz}$



Un evento BH in ATLAS



- Media di 6 particelle nello stato finale, emesse sfericamente
- Decadimento "democratico": equiprobabili ~120 canali particella-antiparticella -> probabilità di neutrini (\cancel{E}_T) bassa

Fondi: $q\bar{q}$, $t\bar{t}$, VV ($V=Z,W$), gV , gg



Potenziale di scoperta BH @ ATLAS



[Robindra Pabhu, Univ. of Oslo, Atlas Exotics WG meeting Nov '04]

Selezione degli eventi:

0) considero solo μ, e con $p_T > 30 \text{ GeV}$,

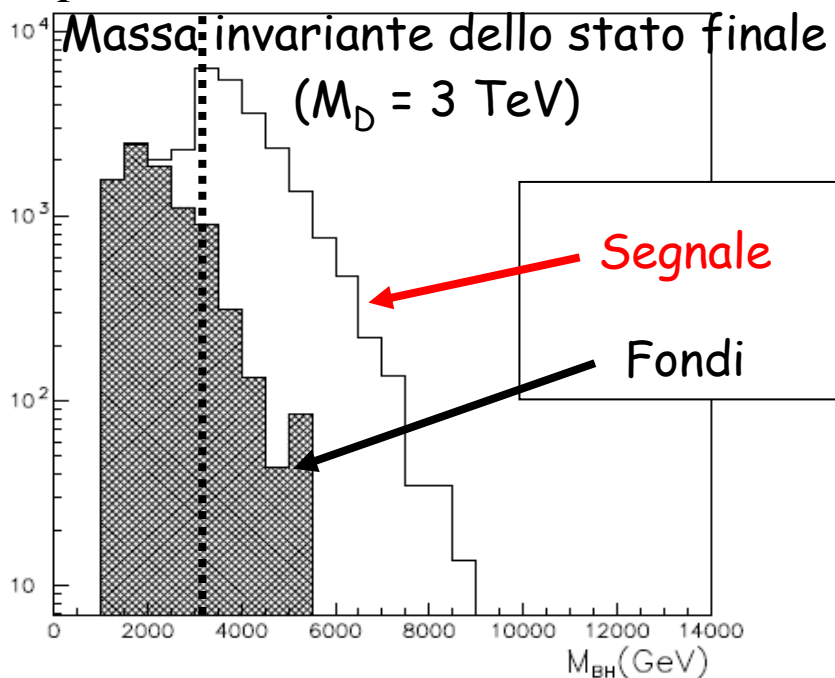
γ/jet con $p_T > 50 \text{ GeV}$

1) Taglio sulla sfericit  dell'evento

2) ≥ 3 particelle con $E > 300 \text{ GeV}$,

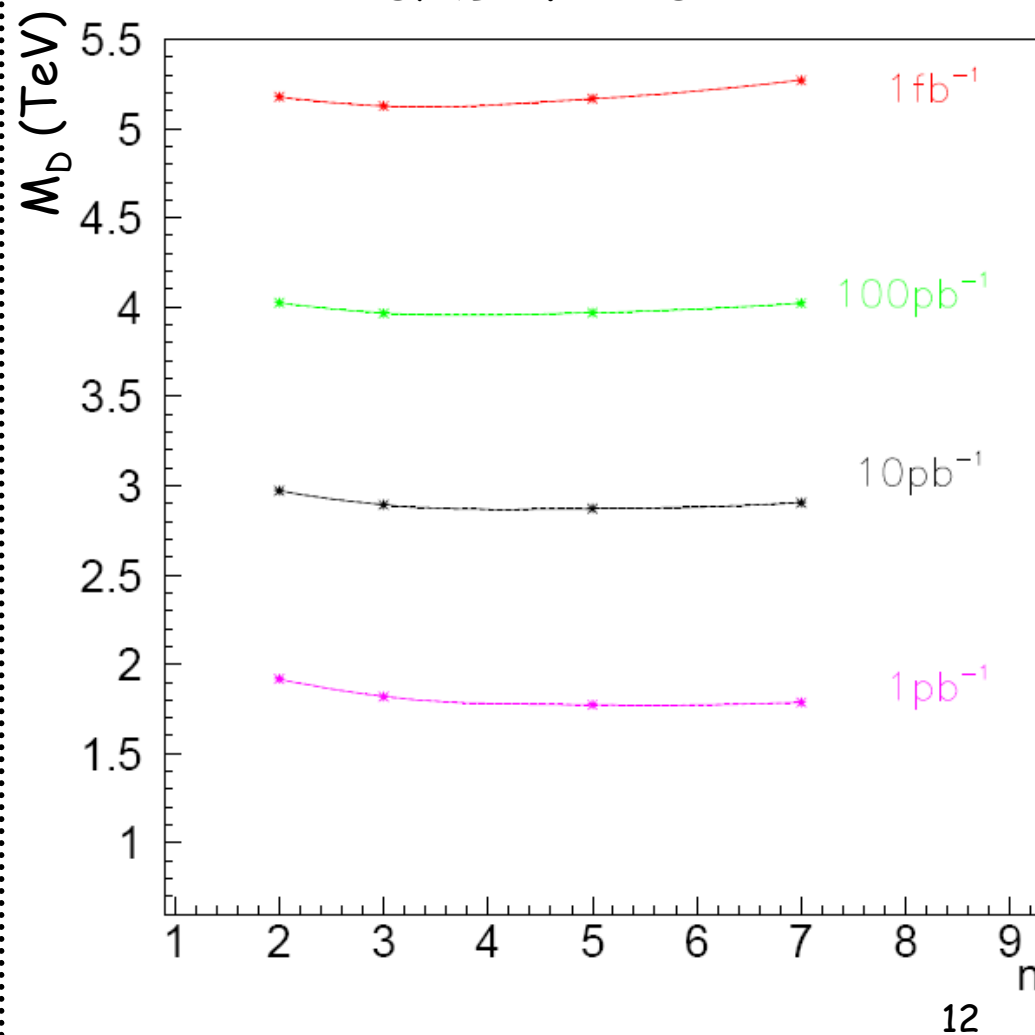
$\geq 1 e^\pm$ o γ

3) $E_T < 100 \text{ GeV}$



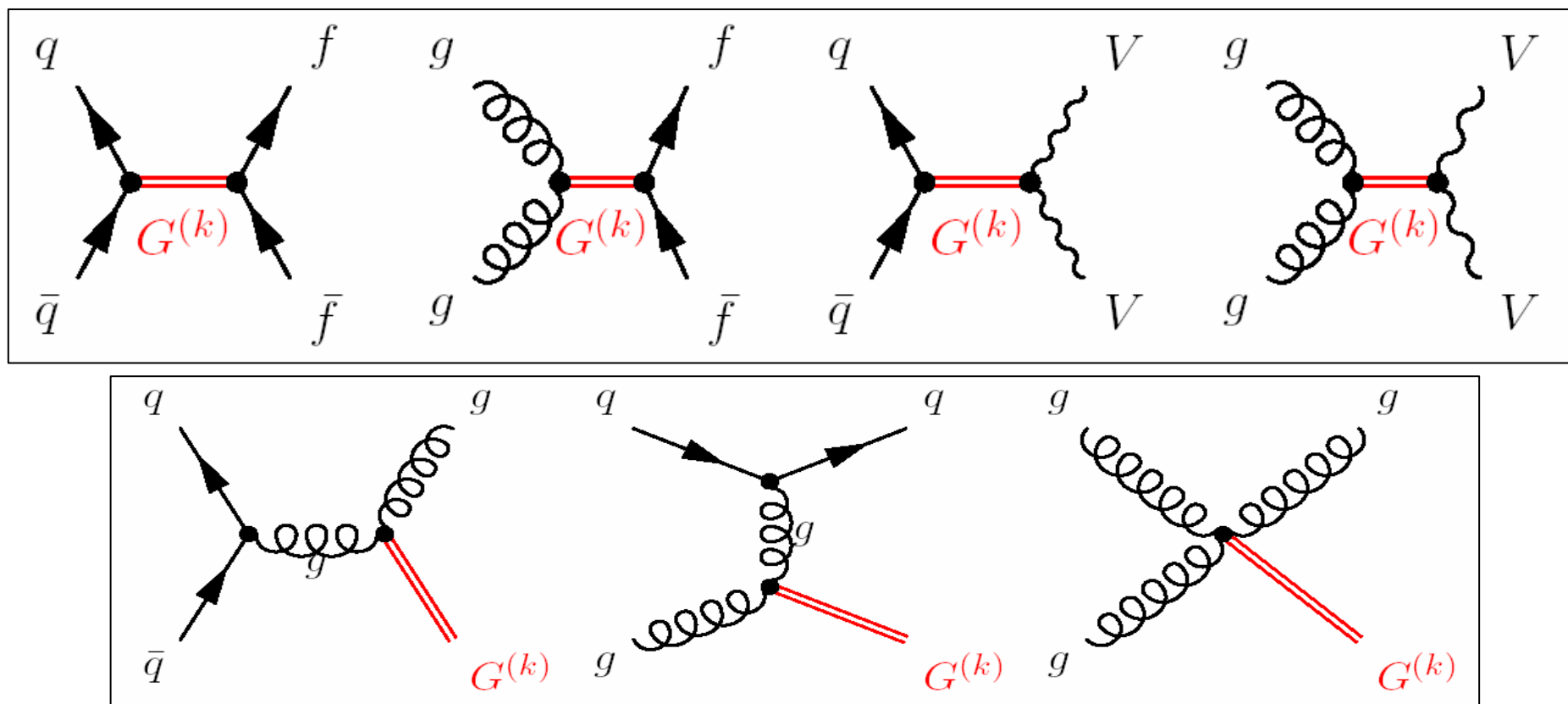
Lum. scoperta a 5σ :

$S/\sqrt{B} > 5$. and $S > 10$



Gravitone - generalità

- Bosone di gauge dell'interazione gravitazionale, spin 2, massa nulla
- Virtuale: decade in una coppia di fermioni o bosoni vettori
- Reale: non decade e non viene rivelato

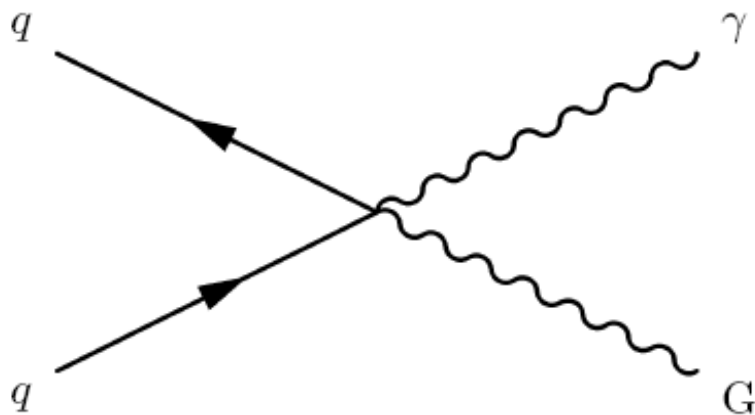




Gravitone ADD: $pp \rightarrow G\gamma$ @ CMS

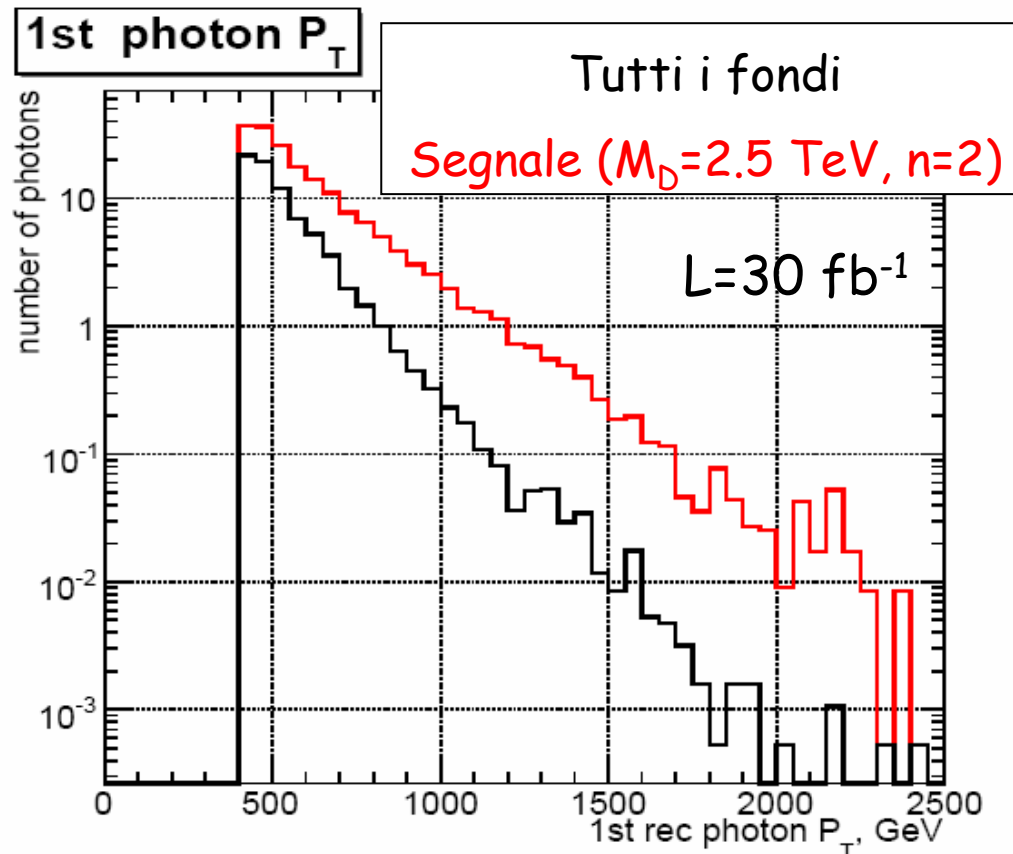
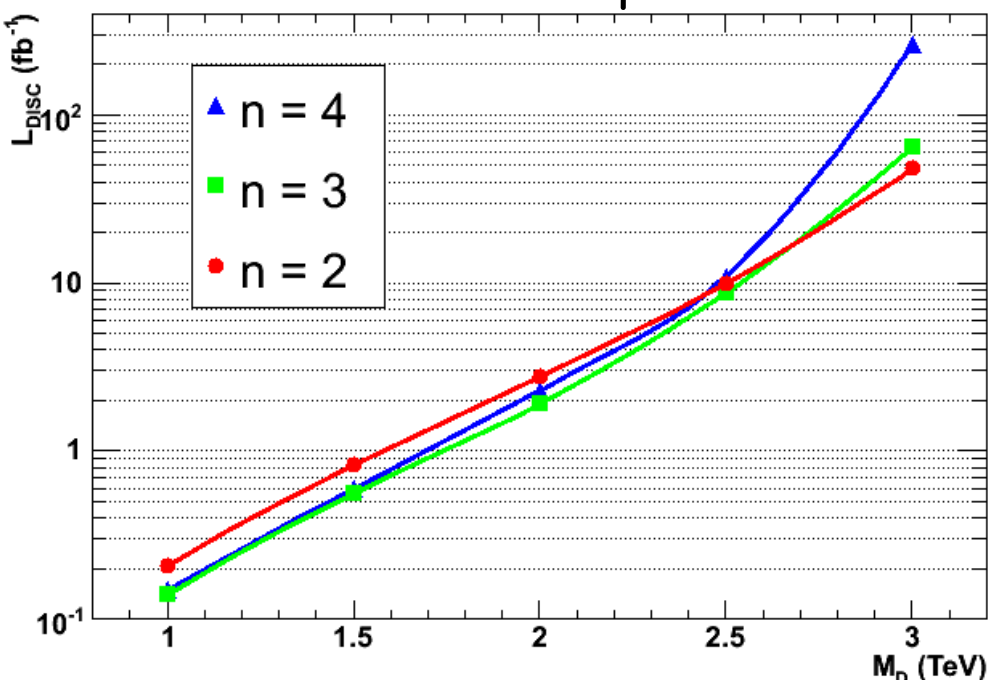


[Weng et al., CMS NOTE 2006/129]



Segnatura: \cancel{E}_T , γ energetico
Fondi: $\gamma + Z \rightarrow \nu\nu$, $\gamma + W \rightarrow l\nu$
Tagli analisi: \cancel{E}_T , $E_T(\gamma) > 400 \text{ GeV}$

Luminosità di scoperta a 5σ :





ATLAS

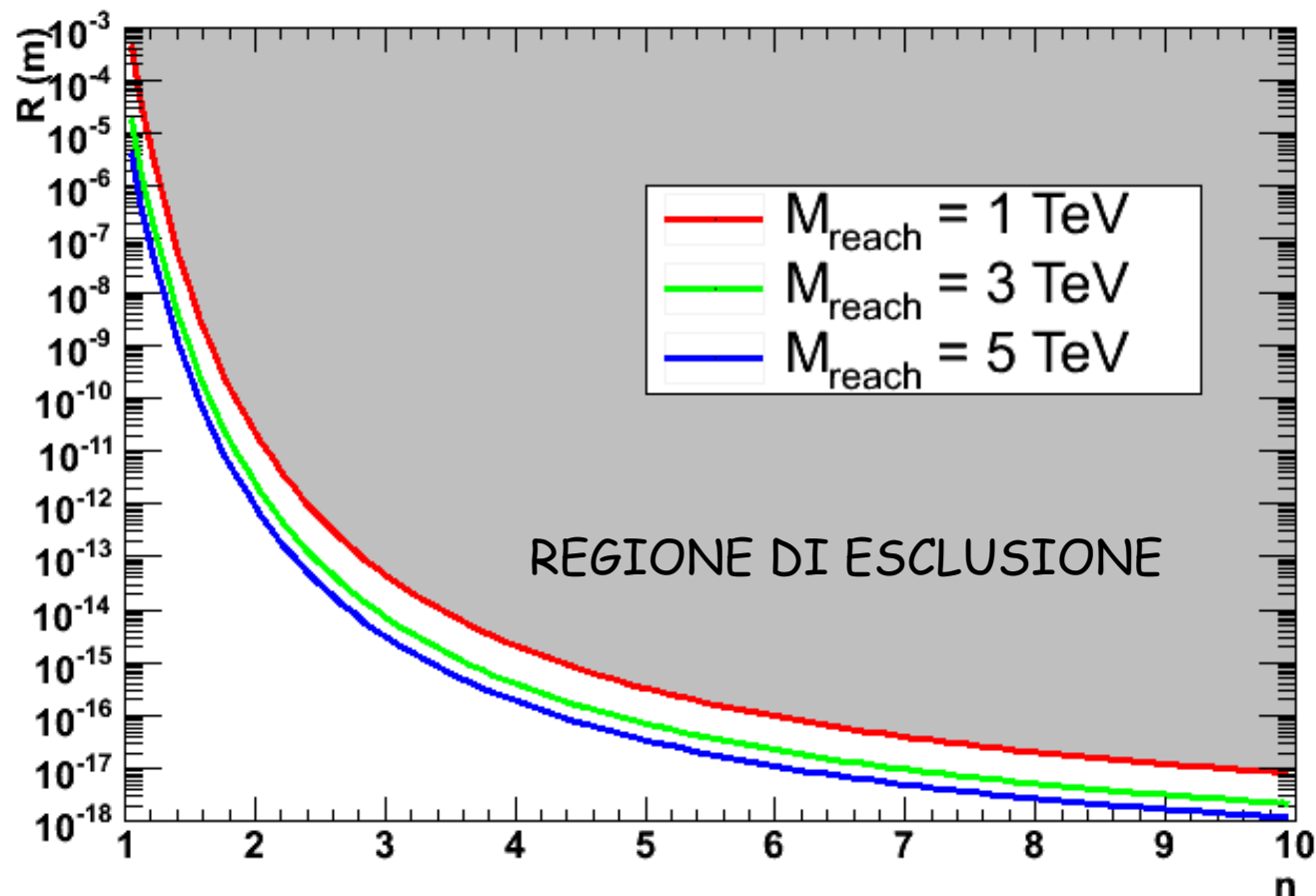
Limiti sui parametri ADD



Se LHC mette un limite inferiore M_{reach} sulla scala della gravità: $M_D > M_{\text{reach}} \dots$

$M_{\text{reach}} = 1 \text{ TeV}$: 10^{-5} fb^{-1} con il canale Buchi Neri (ATLAS, CMS)

$M_{\text{reach}} = 5 \text{ TeV}$: 1 fb^{-1} con il canale Buchi Neri (ATLAS)

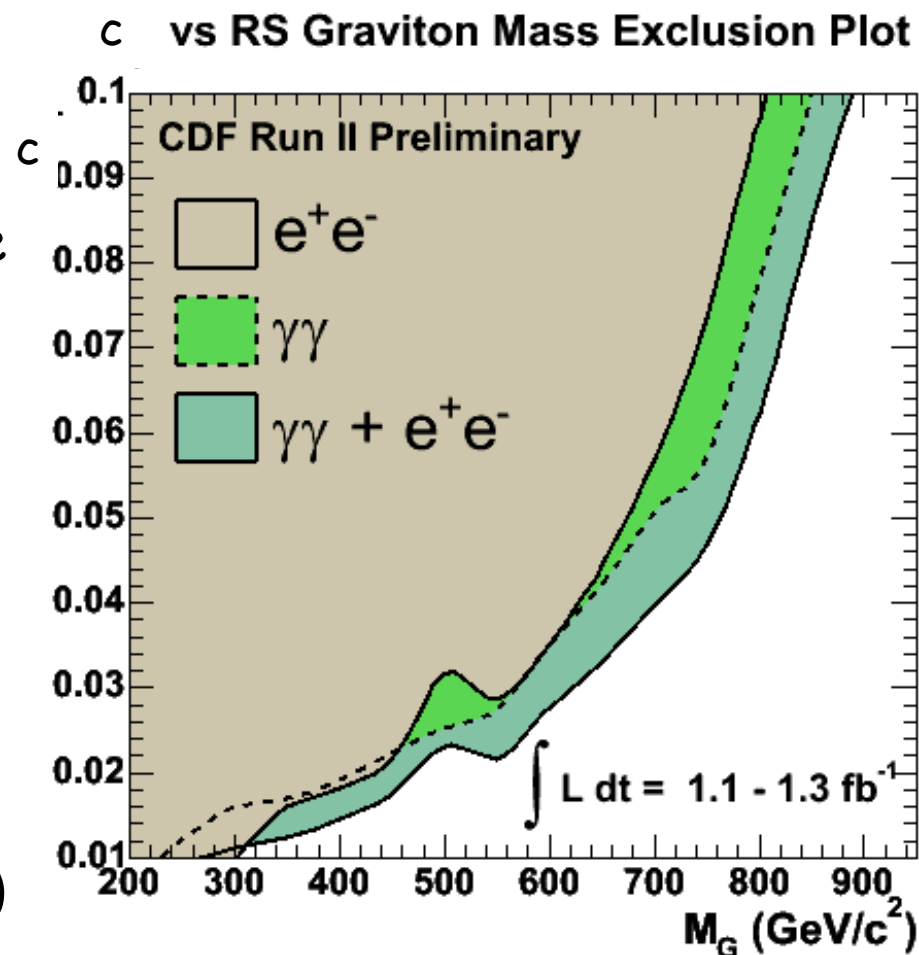




Gravitone Randall-Sundrum



- Modello RS: 1 sola extra-dimensione
- Nel bulk la gravità ha scala Λ_π
- Il gravitone si propaga nel bulk:
in 3D appaiono sue repliche massive
("torri di stati" di Kaluza-Klein)
- 2 parametri:
 - Λ_π
 - c = cost. di accoppiamento
- Constraints:
 - $c < 0.1$ (curvatura 5D)
 - $\Lambda_\pi < 10$ TeV (probl. gerarchico)



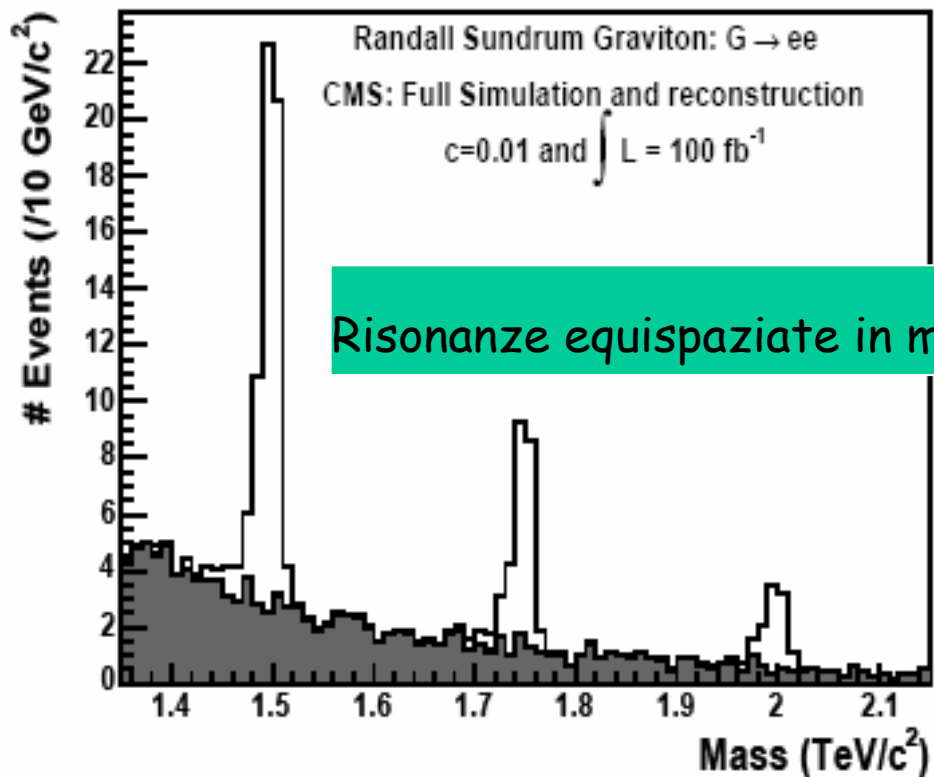
Le repliche generano risonanze...



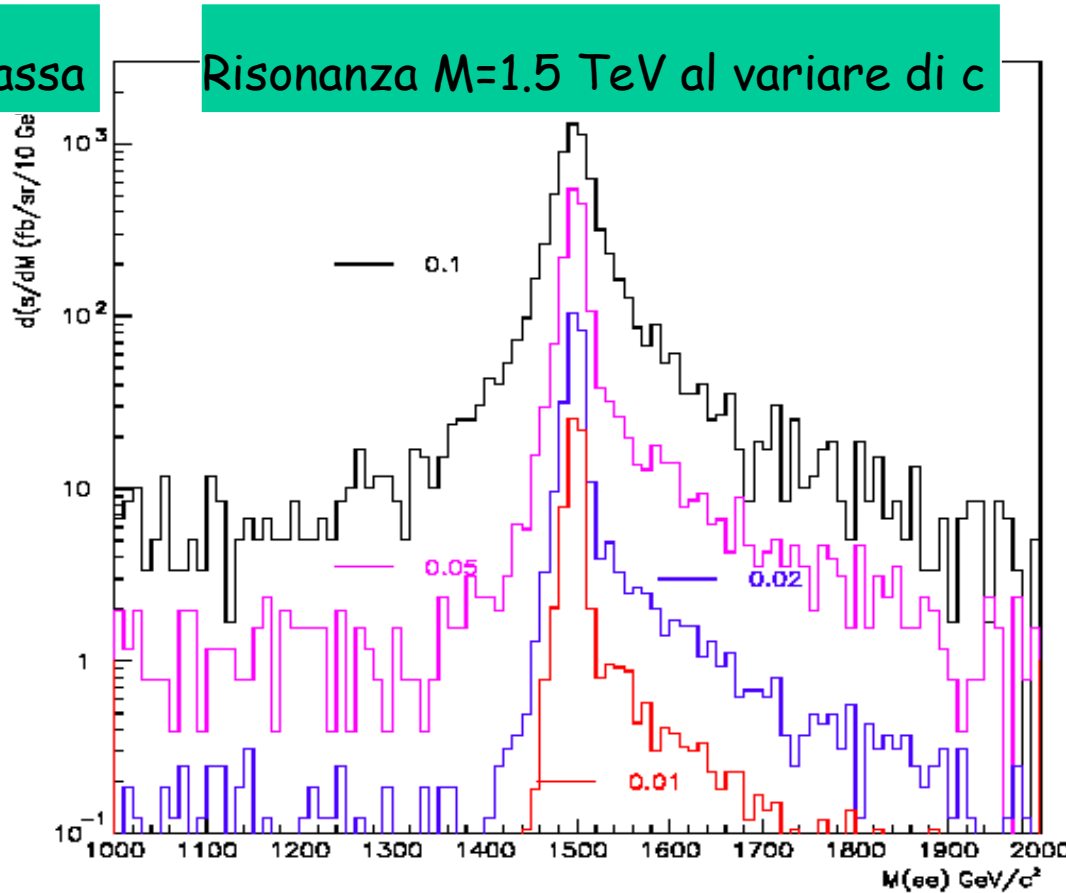
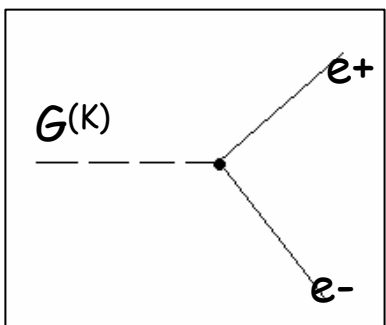
Randall-Sundrum: $G \rightarrow ee$ @ CMS



[Collard et al., CMS NOTE 2004/024]



Fondi: $\gamma, Z \rightarrow ee$ (DY)
 Tagli analisi: 2 el. con $E > 100 \text{ GeV}$





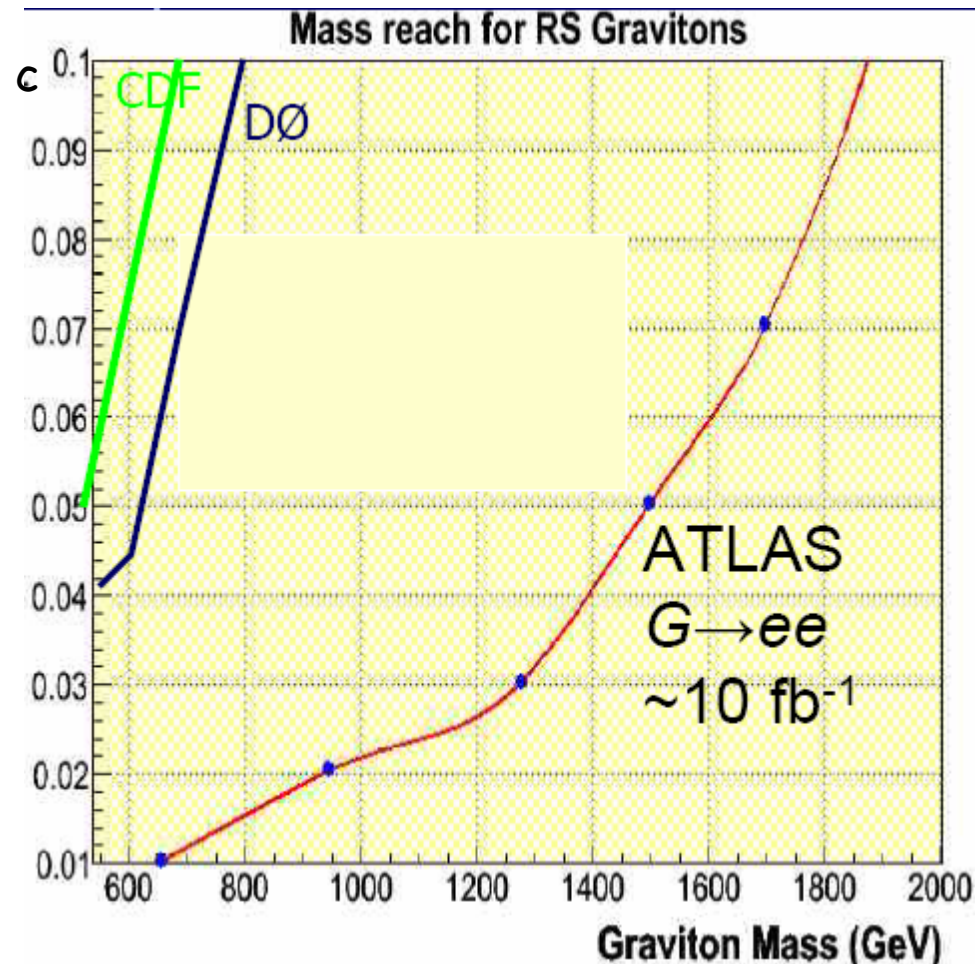
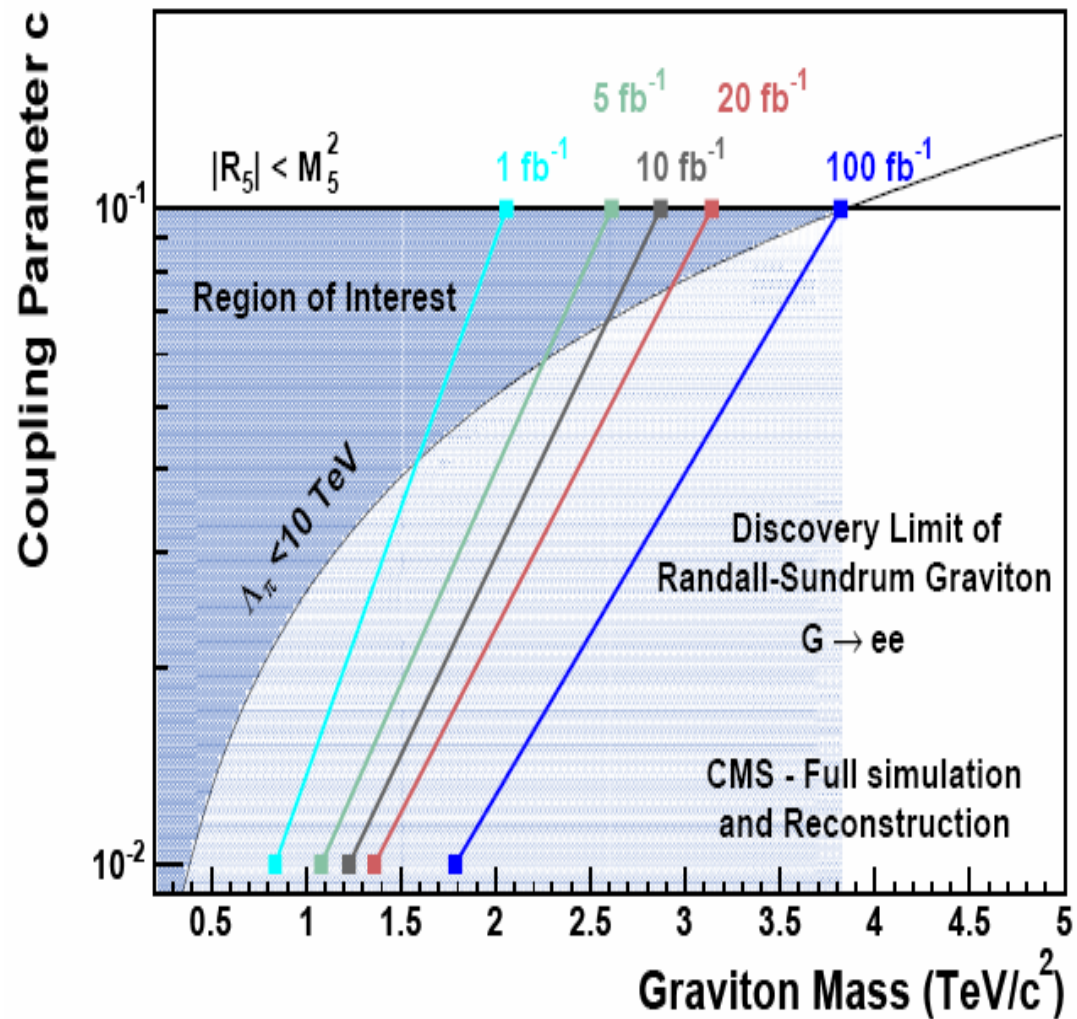
ATLAS

RS: $G \rightarrow ee$ @ CMS, ATLAS



CMS [Collard et al.]

ATLAS [Baker et al.]



Risultati simili con i muoni....



Conclusioni - cosa si scopre subito?



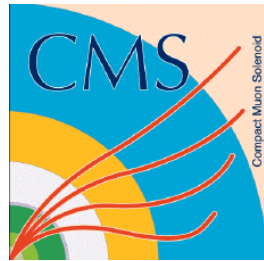
- Con 0.2 fb⁻¹ ad LHC si possono scoprire:
 - Z' fino ad 1 TeV
 - BH fino a 4 TeV
 - gravitone ADD se $M_D < 1$ TeV
- Con 1 fb⁻¹ ad LHC si possono scoprire:
 - Z' fino a 2.5 TeV
 - W' fino a 3.5 TeV
 - BH fino a 5 TeV
 - gravitone ADD se $M_D < 1.7$ TeV
 - gravitone RS fino a 2 TeV



Conclusioni-cosa si esclude col tempo?



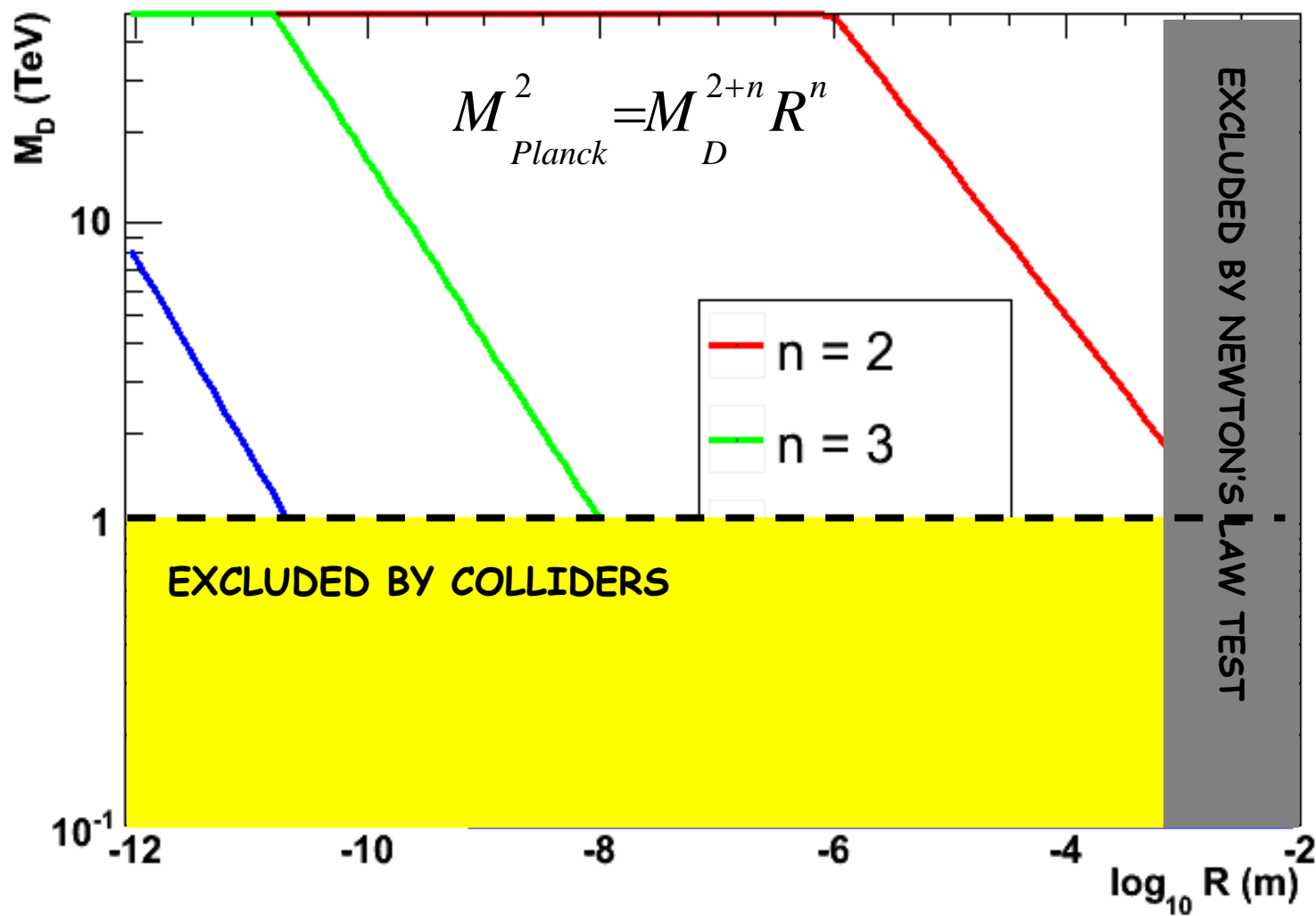
- Con 100 fb⁻¹ ad LHC si può escludere:
 - tutta la regione di interesse del modello Randall-Sundrum
 - ~ tutto il modello Little Higgs
- Con 300 fb⁻¹ ad LHC si può escludere:
 - W' nella regione accessibile (< 6 TeV)
 - Z' nella regione accessibile (< 6 TeV)



Backup



Scala della gravità nel modello ADD

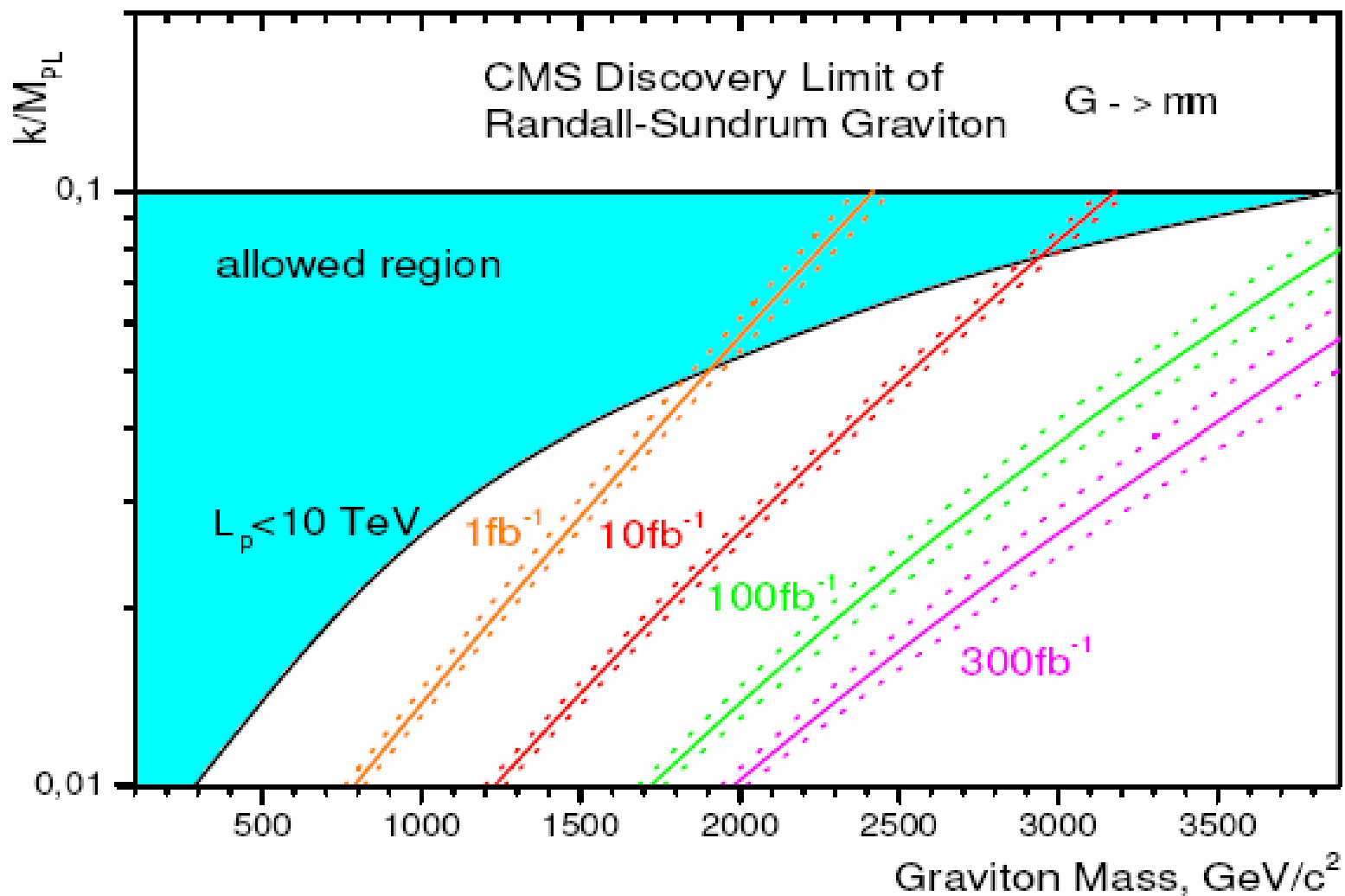




Randall-Sundrum: $G \rightarrow \mu\mu$ @ CMS



[P. Traczyk, CMS CR 2006/056]





R-S: massa delle risonanze



Masse dei gravitoni RS in 4D :

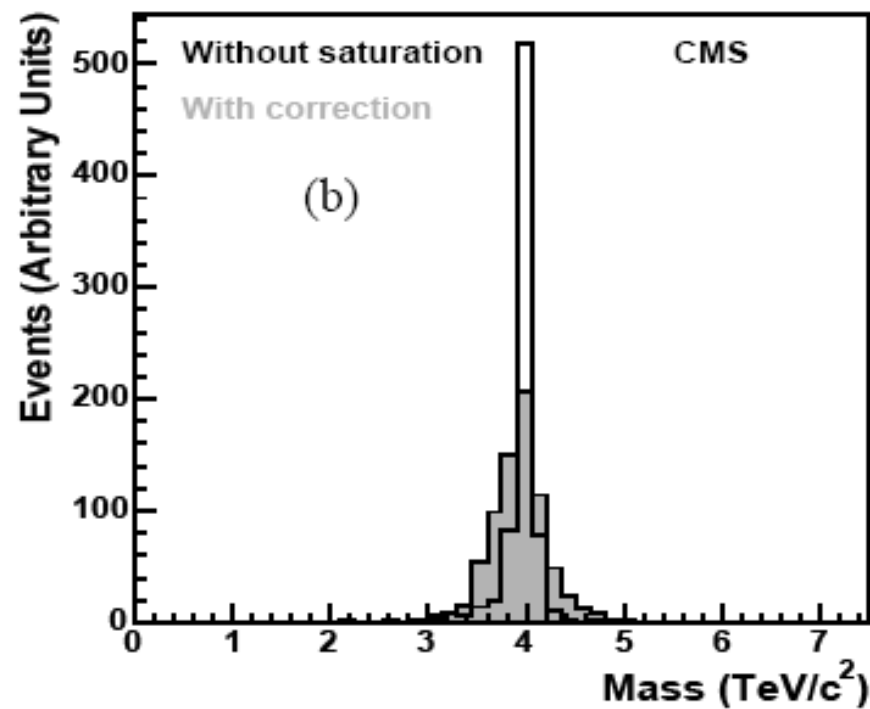
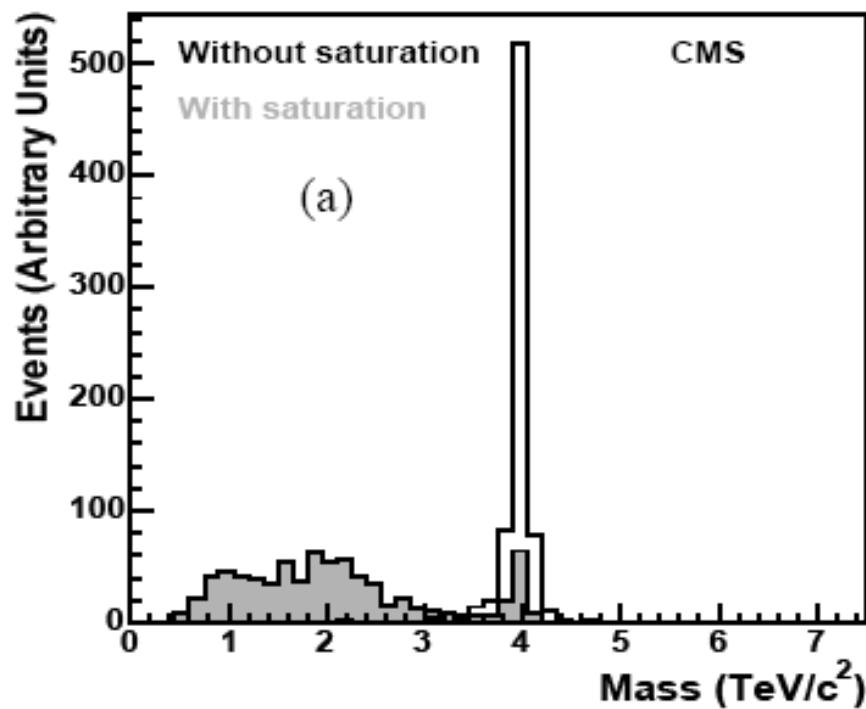
$$M_n = x_n k \exp(-k\pi r_c) \text{ dove } J_1(x_n)=0 \text{ [f. di Bessel]}$$
$$= x_n (k/M_{\text{Planck}}) \Lambda_\pi$$



CMS: saturazione ECAL



$$pp \rightarrow G \rightarrow e^+e^-$$



Saturazione in ECAL
se $E > 1.7 \text{ TeV}$ su 1 Xtal