

Recherche de gravitons en e^+e^- ou comment entrer dans la 4ème dimension

C. Collard (LLR, Ecole Polytechnique)

L'existence d'une 4ème dimension spatiale
ou le modèle de Randall et Sundrum

Recherche d'électrons de très très haute énergie,
Recherche de résonance à l'ordre du TeV

Les capacités de détection de CMS



Le modèle de Randall et Sundrum



Un monde à 5 dimensions

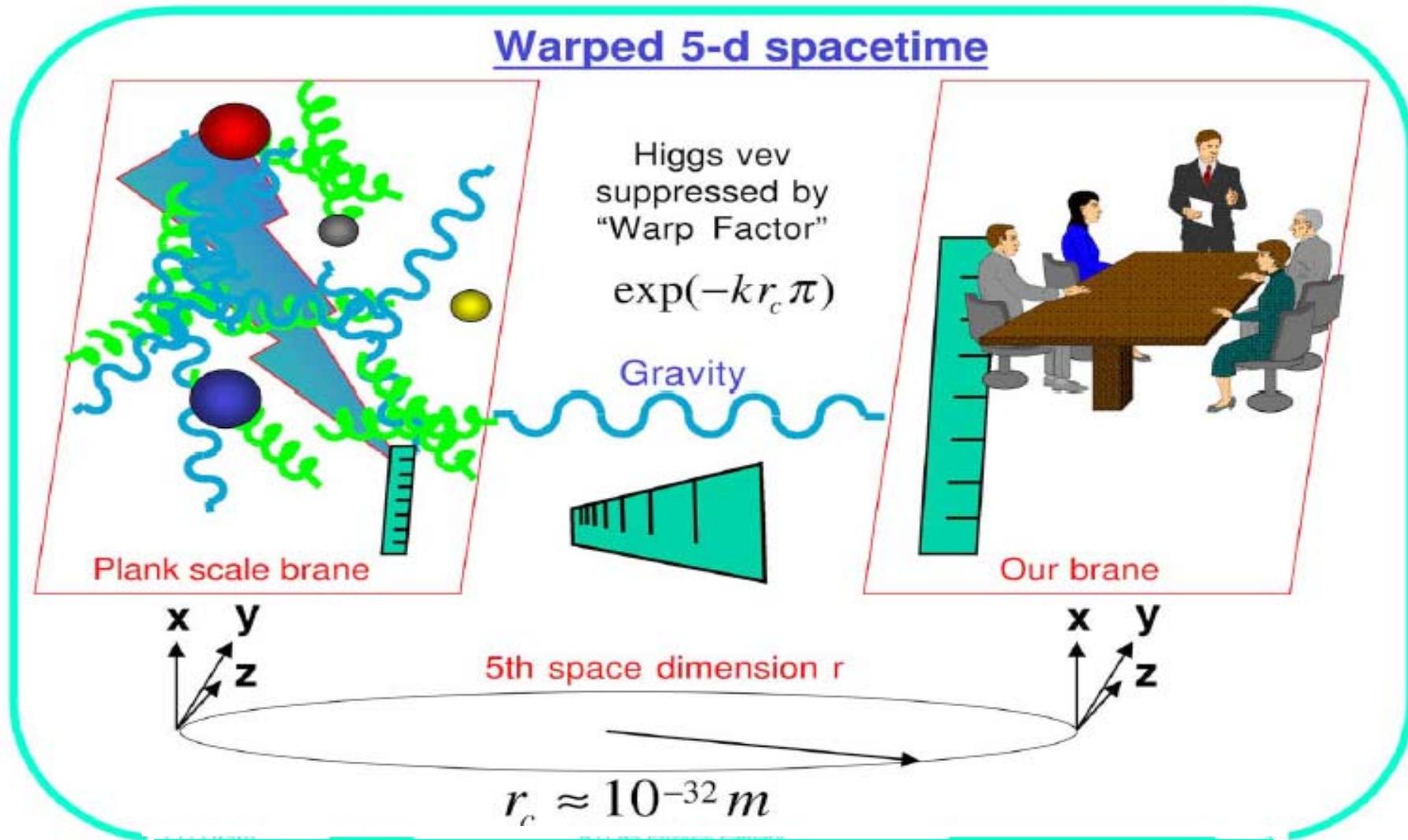
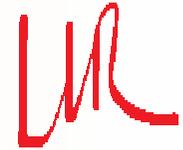


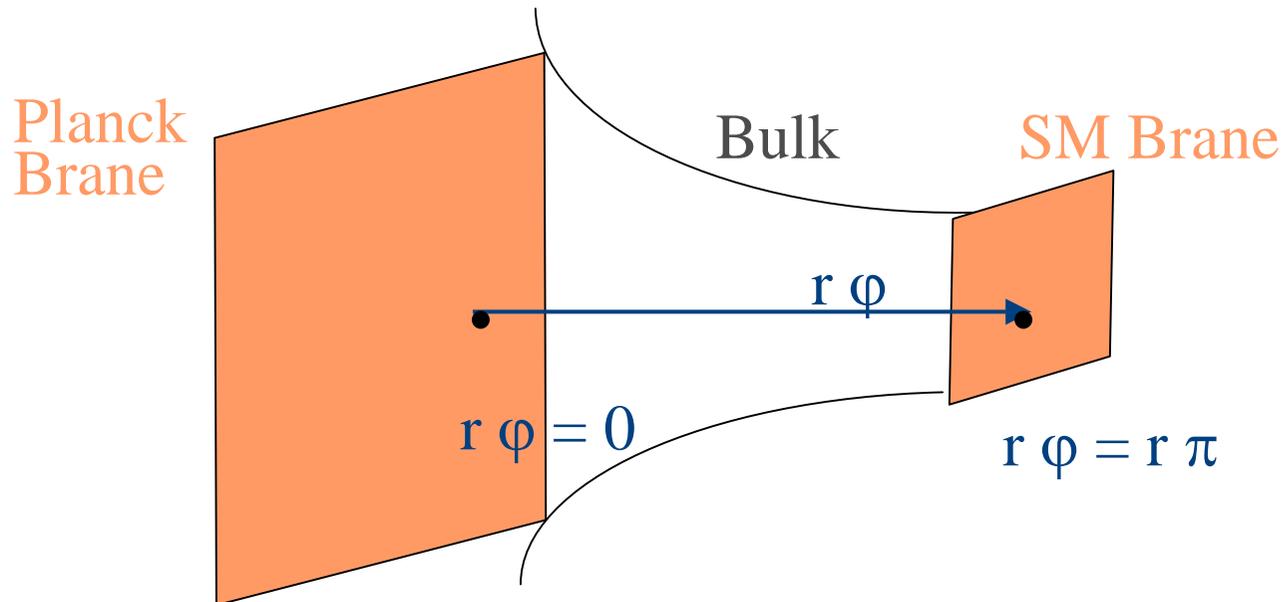
Figure de A. Parker



Le modèle de Randall et Sundrum



La dimension supplémentaire permet de répondre au problème de hiérarchie ($M_{EW} \ll M_{PL}$)



- Echelle de gravité : $\Lambda_\pi = M_{PL} e^{-kr\pi} = 1 \text{ TeV}$ \blacktriangle pas de hiérarchie si $kr \approx 11-12$
- Gravitons à 5 Dim \blacktriangle excitations KK de gravitons à 4 Dim

Mesure expérimentale de la 1ère excitation KK du graviton

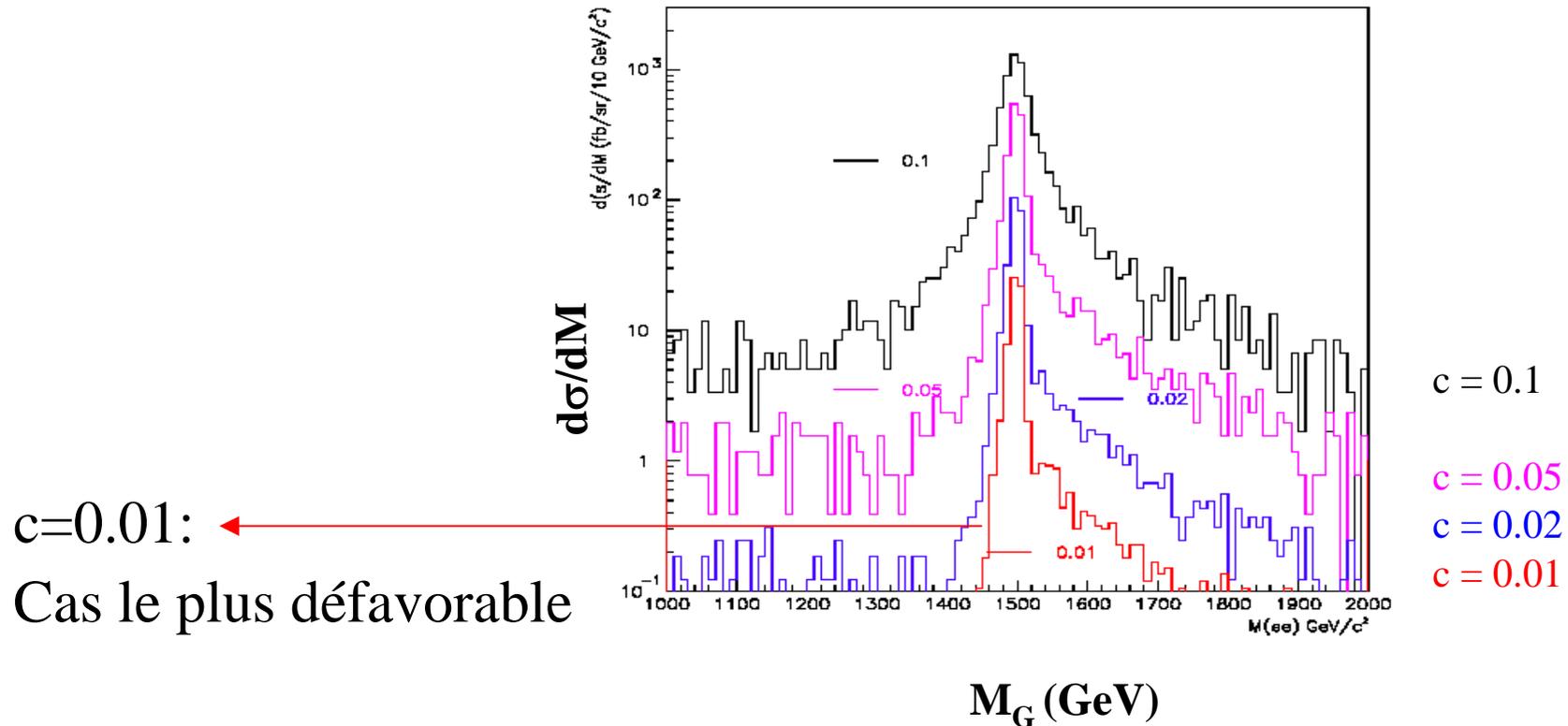
- 2 paramètres dans le modèle: M_G et $c=k/M_{PL}$



Recherche de la résonance $G \rightarrow e^+e^-$

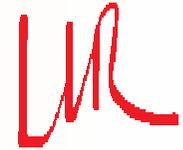


- Ce canal représente 2% seulement en rapport de branchement mais produit un signal très clair dans le calorimètre électromagnétique ECAL \blacktriangle **canal de découverte!**
- Paramètres: M_G & c





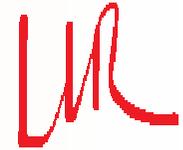
Recherche d'une paire e^+e^-



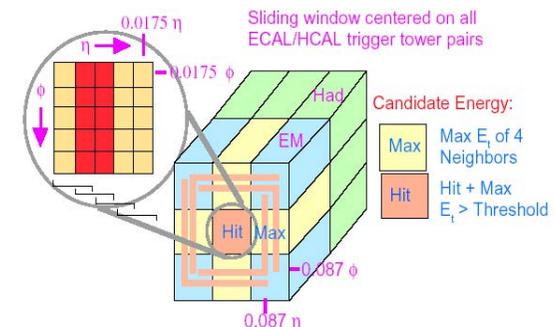
- Résonance : $pp \rightarrow G \rightarrow e^+ e^-$
- Bruits de fond :
 - Drell-Yan : $pp \rightarrow \gamma/Z \rightarrow e^+ e^-$, Facteur $k=1.3$
 - [Jets qui se font passer pour des électrons : bruit de fond négligeable]
- Détails techniques sur la chaîne de simulation et reconstruction complète de CMS :
 - Au niveau générateur :
CMKIN 1.1.0 avec PYTHIA 6.215^(*) et PHOTOS
 - Au niveau simulation :
CMSIM 131^(*) avec rayonnement synchrotron (SYNC=1)
 - Au niveau reconstruction :
ORCA 7.2.2 (sans pile-up)



Sélection du signal



- Etat final recherché: 2 électrons de très très haute énergie
 - Reconstruction de 2 Super-Clusters:
 - $p_T > 100 \text{ GeV}$,
 - $|\eta| < 1.4442$ (tonneau) ou $1.566 < |\eta| < 2.5$ (bouchons)
 - Afin de réduire le bruit de fond venant des jets:
 - Particule isolée: $E_T^{\text{cone}} < 0.02 E_T^{\text{SC}}$ dans un cône $\Delta r < 0.5$
 - Dépot électromagnétique (EM): $H/E < 0.1$ (contre π^+/π^-)
 - Particule chargée: 2 traces de au moins 2 hits (contre π^0/γ)
- Condition de Trigger
 - Niveau 1: 2 tours EM non-identifiées avec une énergie saturée de 63.5 GeV.
 - Efficacité: 99% jusqu'au niveau 2.5



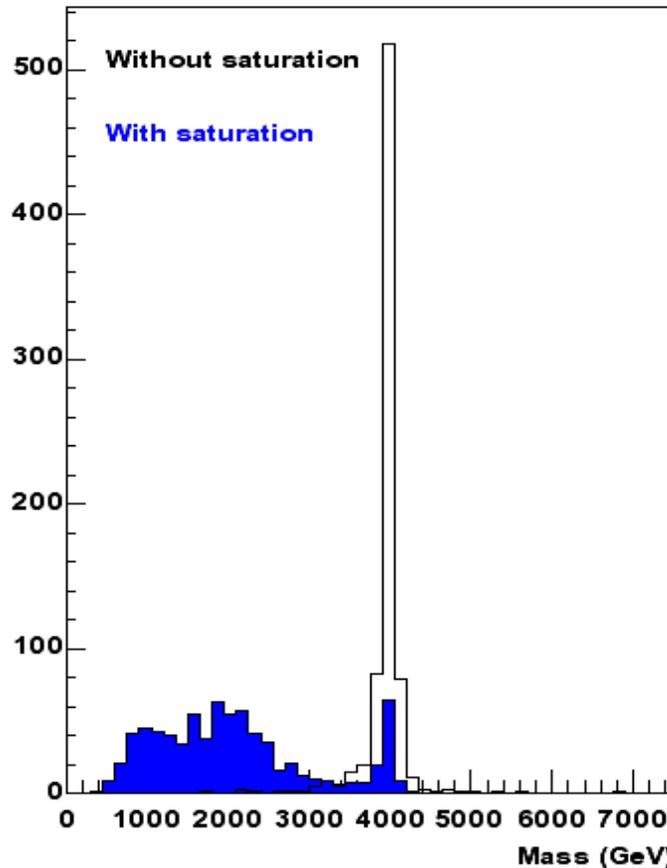


Complication: saturation de l'électronique du ECAL



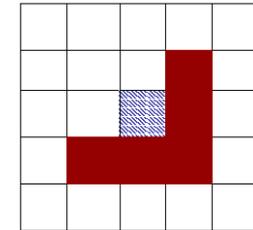
- Saturation du MGPA (Multi Gain Pre Amplifier) à 1250 GeV dans le tonneau.

M_ee

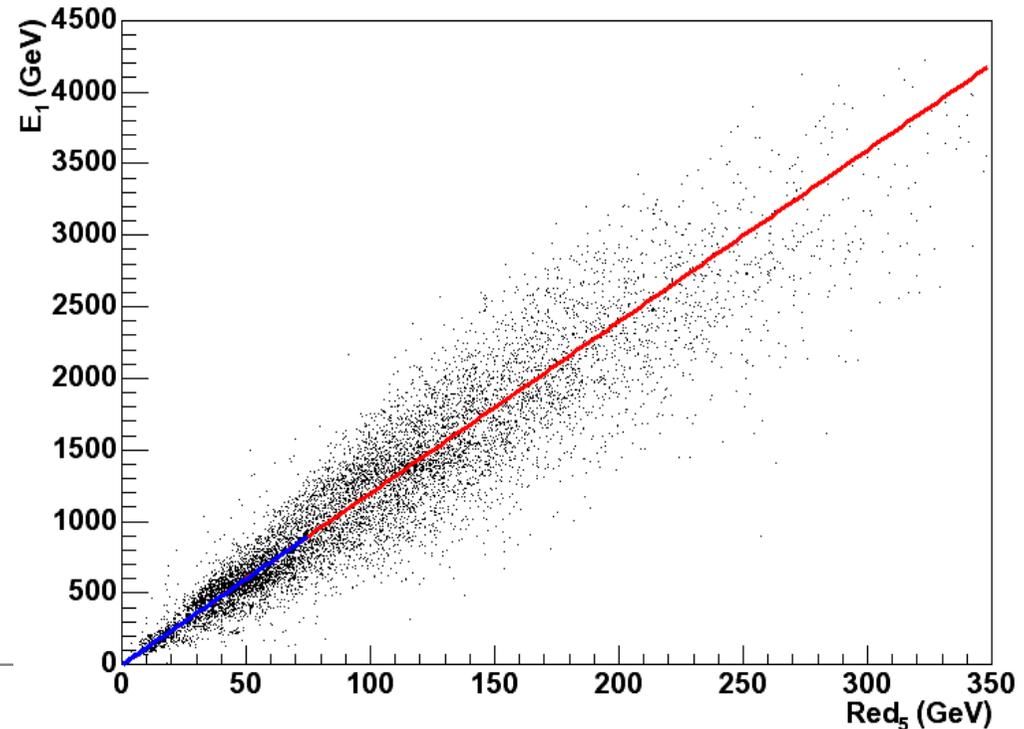


Idée de correction:

Corrélation entre
 $Red_5 = E_9 - E_4$ et E_1

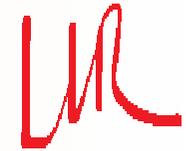


E₁ vs Red₅



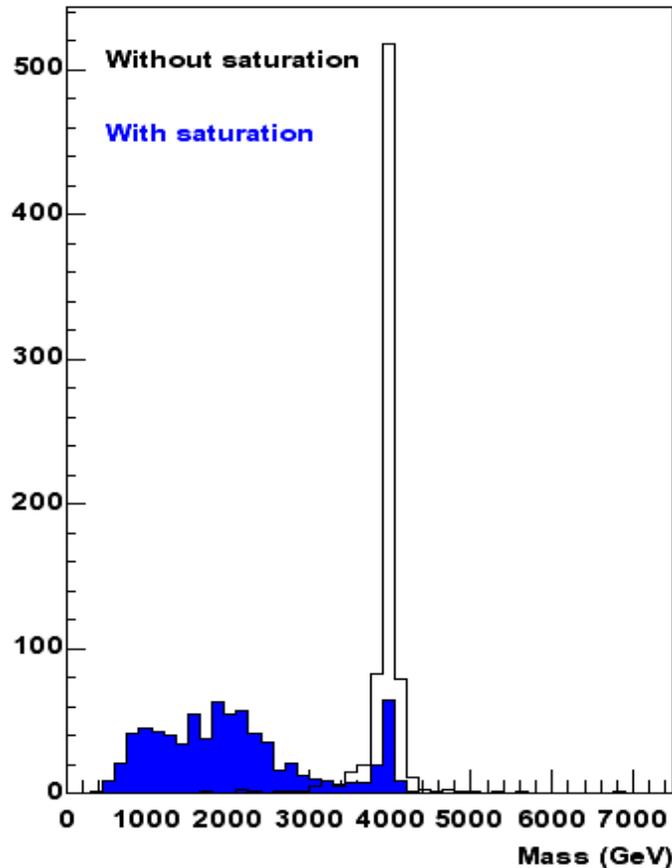


Complication: saturation de l'électronique du ECAL

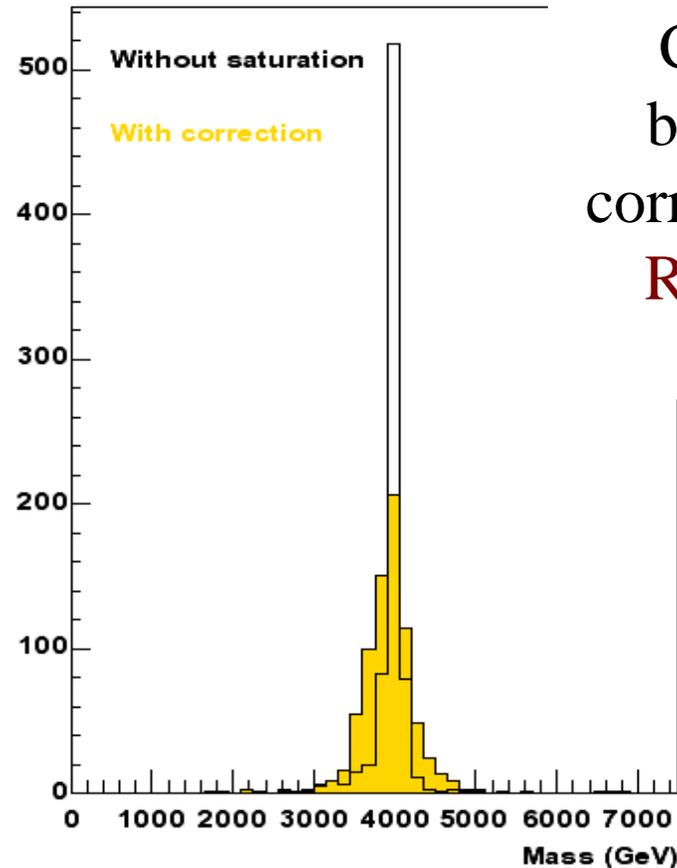


- Saturation du MGPA (Multi Gain Pre Amplifier) à 1250 GeV dans le tonneau.

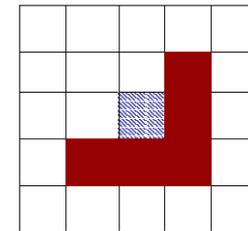
M_{ee}



M_{ee}

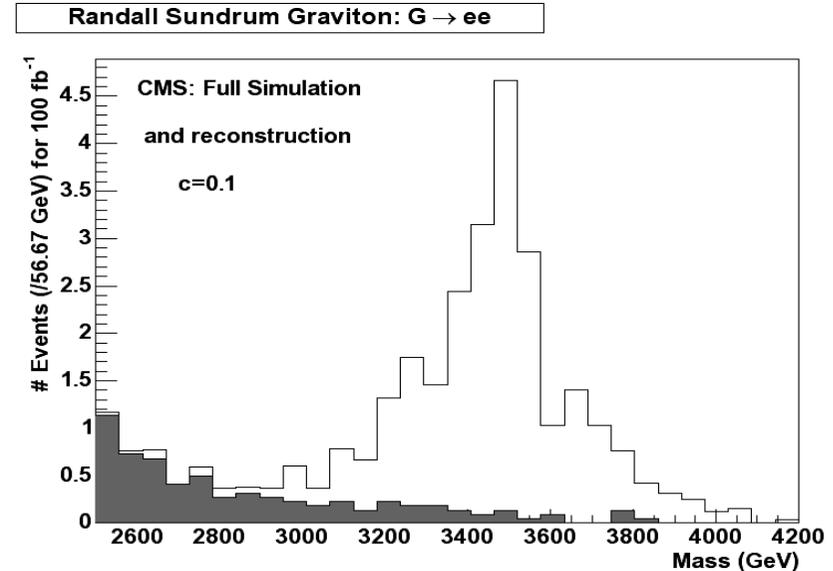
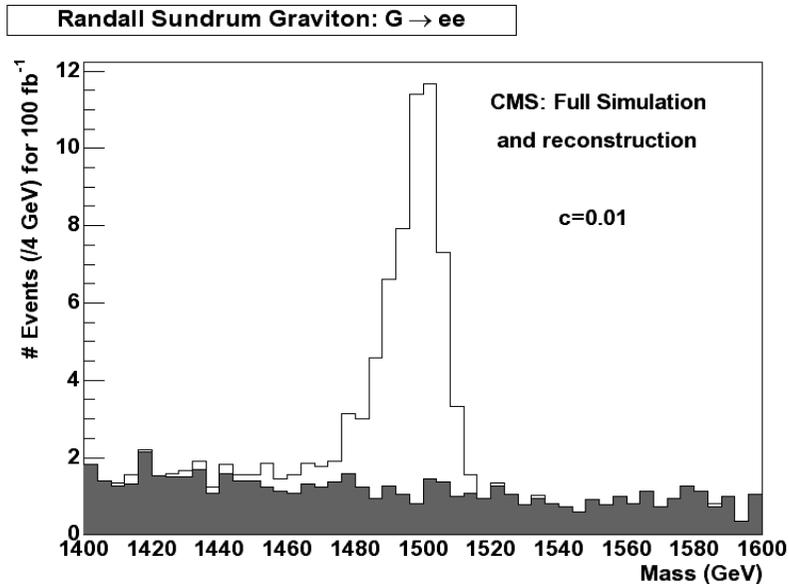


Correction basée sur la corrélation entre $Red_5 = E_9 - E_4$ et E_1





Recherche d'une résonance



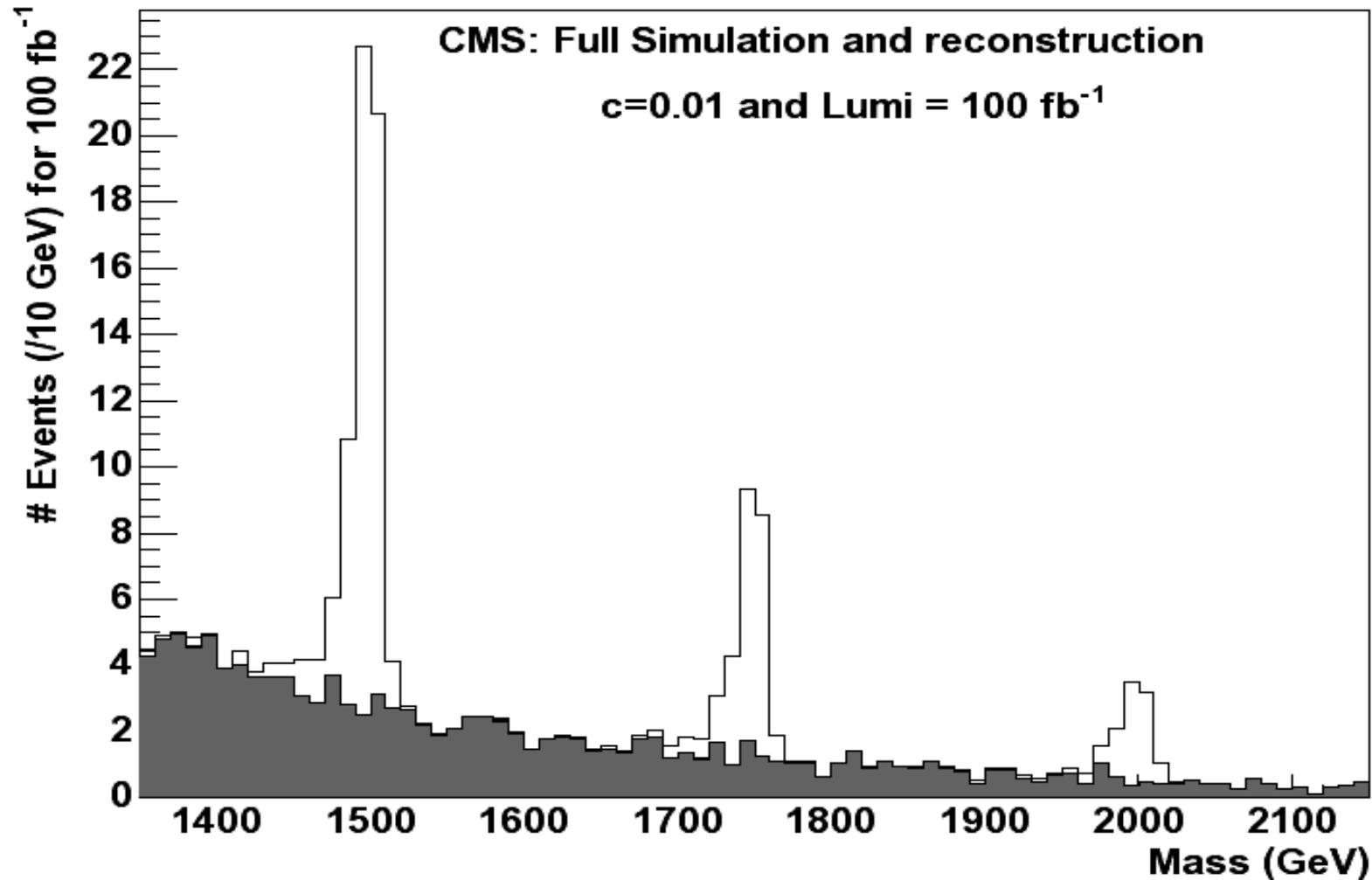
- Ajustement du signal seul par une gaussienne
- Fenêtre de masse utilisée pour l'estimation des nombres d'év N_S et N_B : $\langle M \rangle \pm 3\sigma$
- Pour les faibles couplages: $E_1 < 1250$ GeV (pas saturation)
- Pour les forts couplages: correction de la saturation



Jusqu'où découvrira-t-on une résonance?



Randall Sundrum Graviton: $G \rightarrow ee$

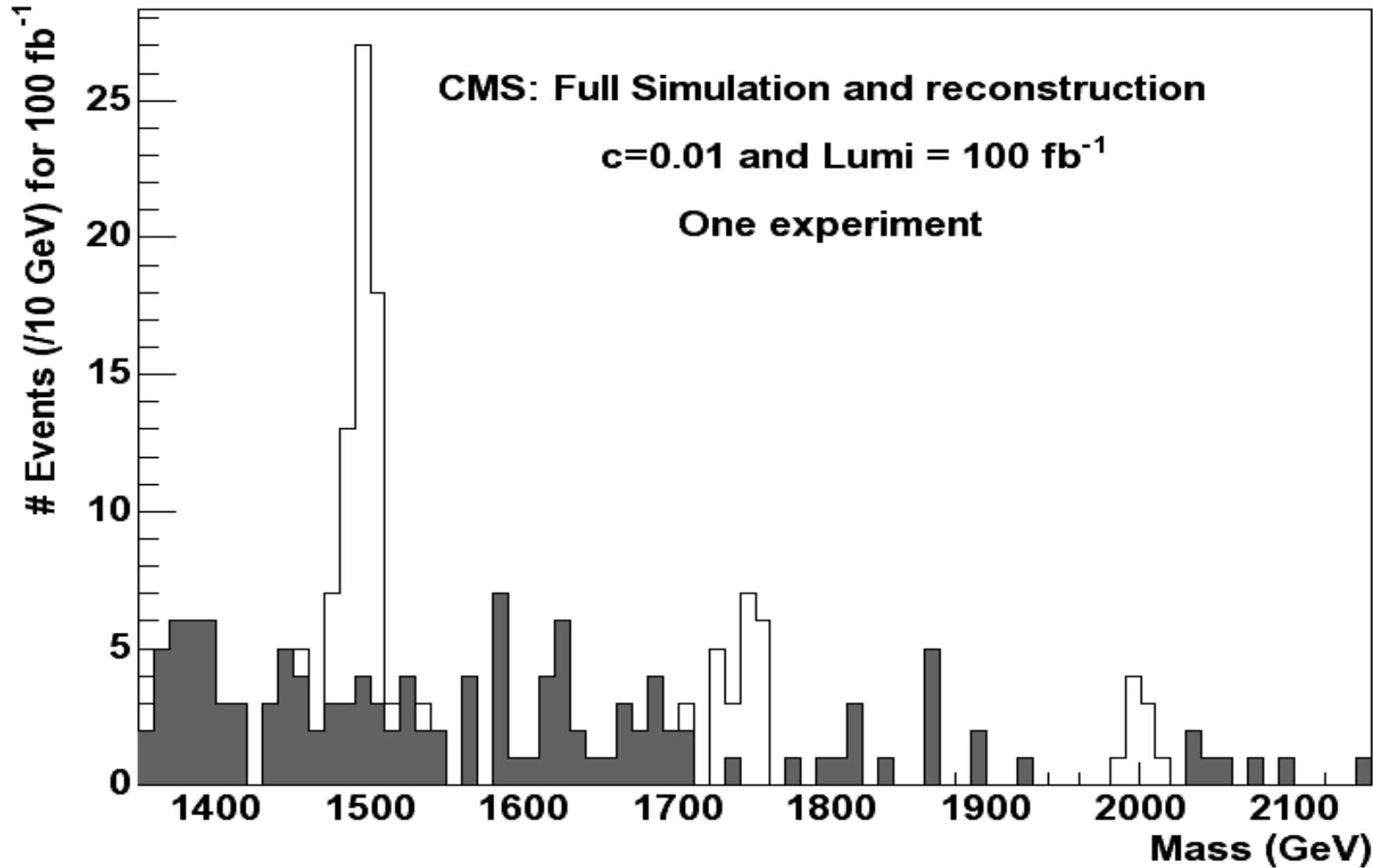




Jusqu'où découvrira-t-on une résonance?

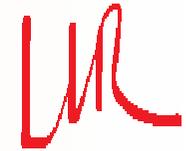


Randall Sundrum Graviton: $G \rightarrow ee$





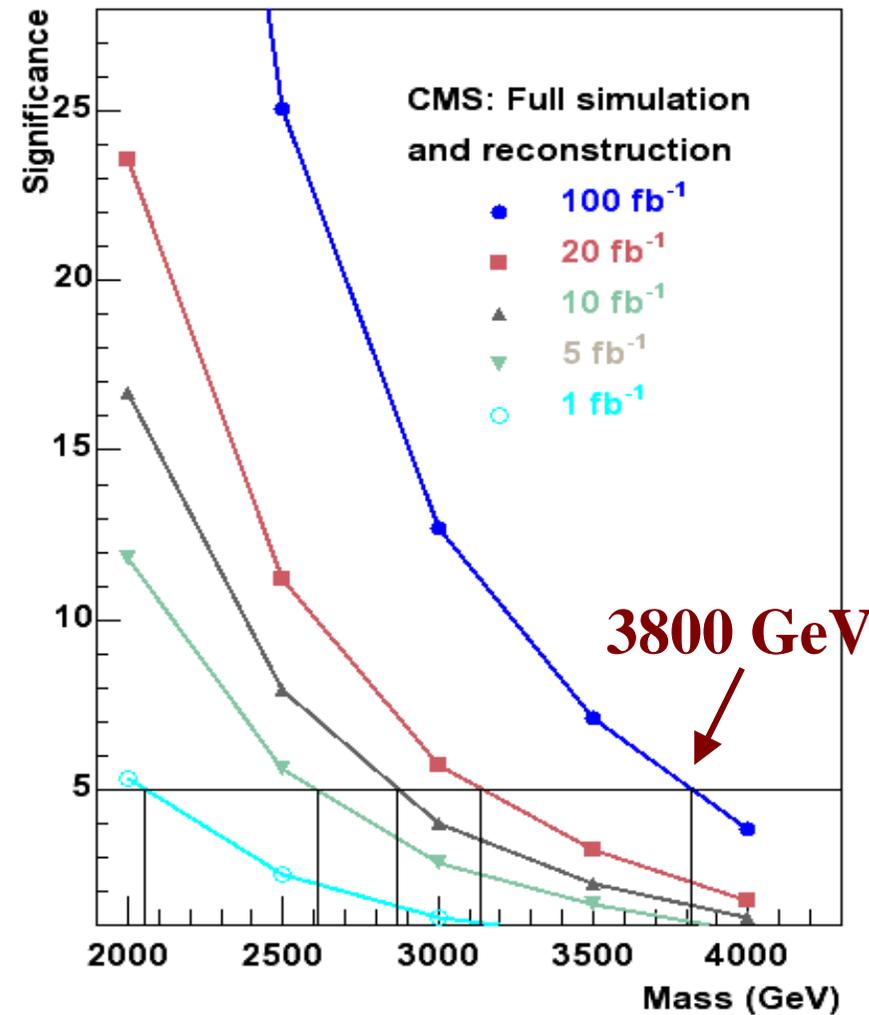
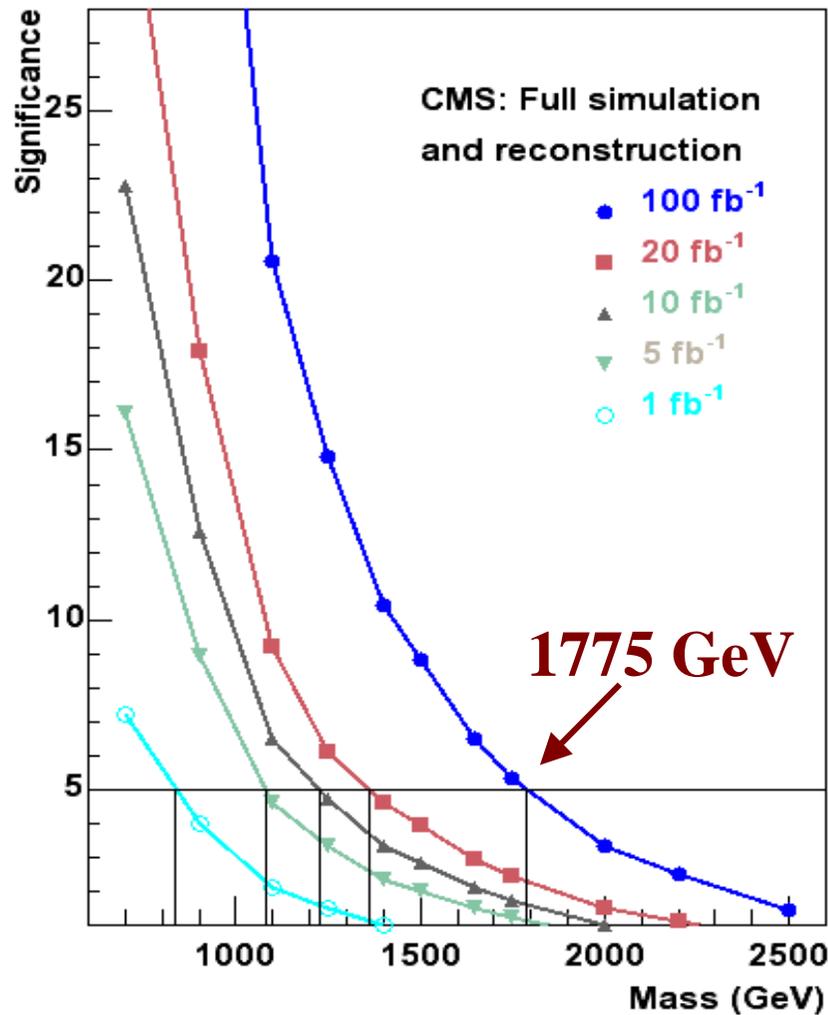
Etude de la signficance



$$S = 2(\sqrt{N_S + N_B} - \sqrt{N_B}).$$

Randall-Sundrum Graviton ($G \rightarrow ee$) with $c=0.01$

Randall-Sundrum Graviton ($G \rightarrow ee$) with $c=0.1$

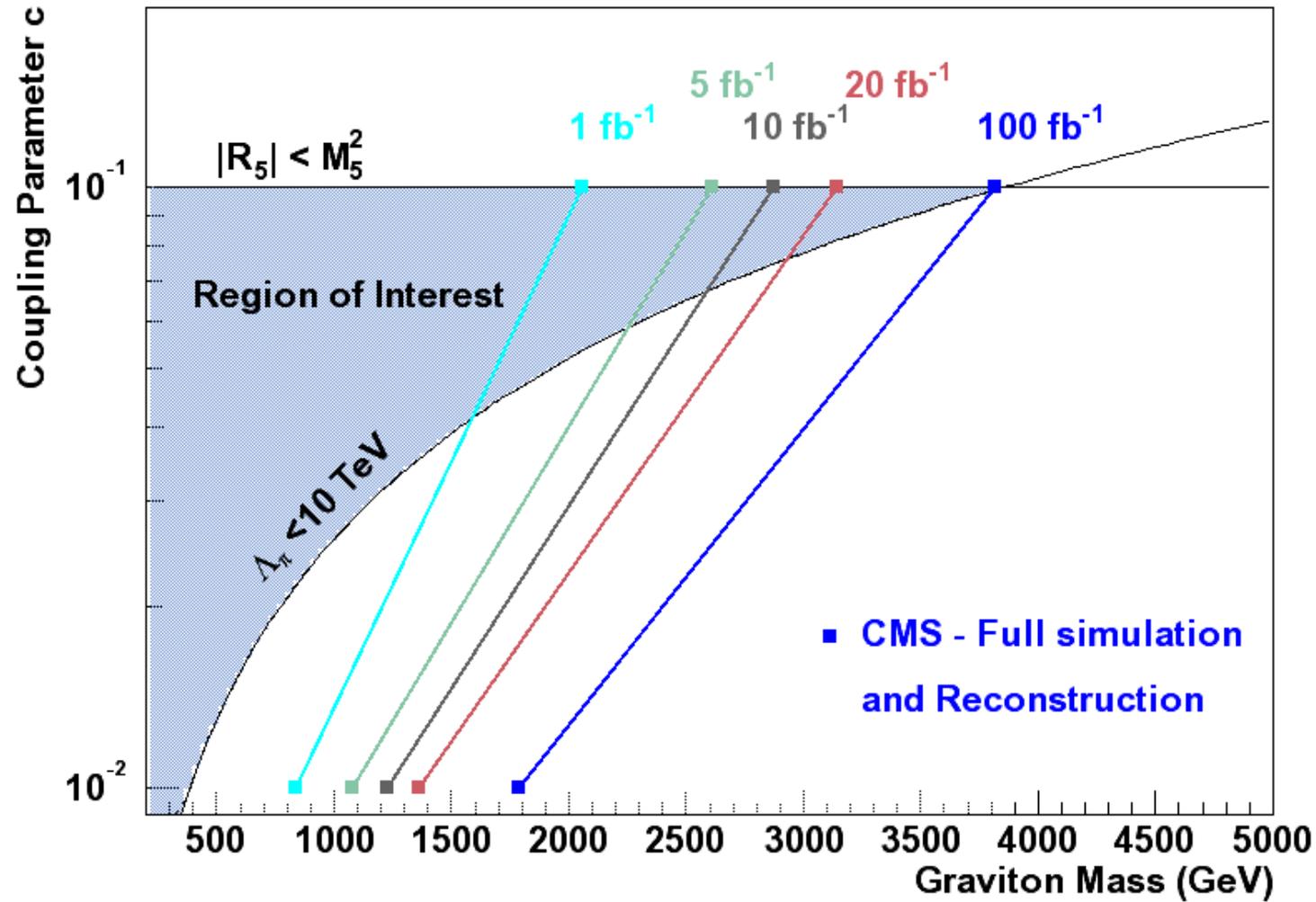




Plan de découverte

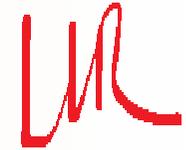


Discovery Limit of Randall-Sundrum Graviton: $G \rightarrow ee$

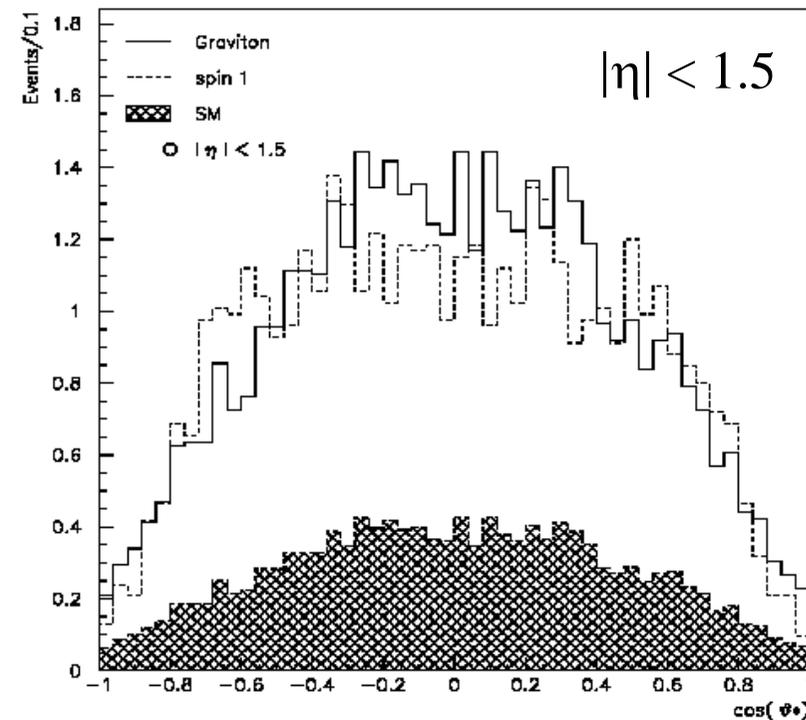
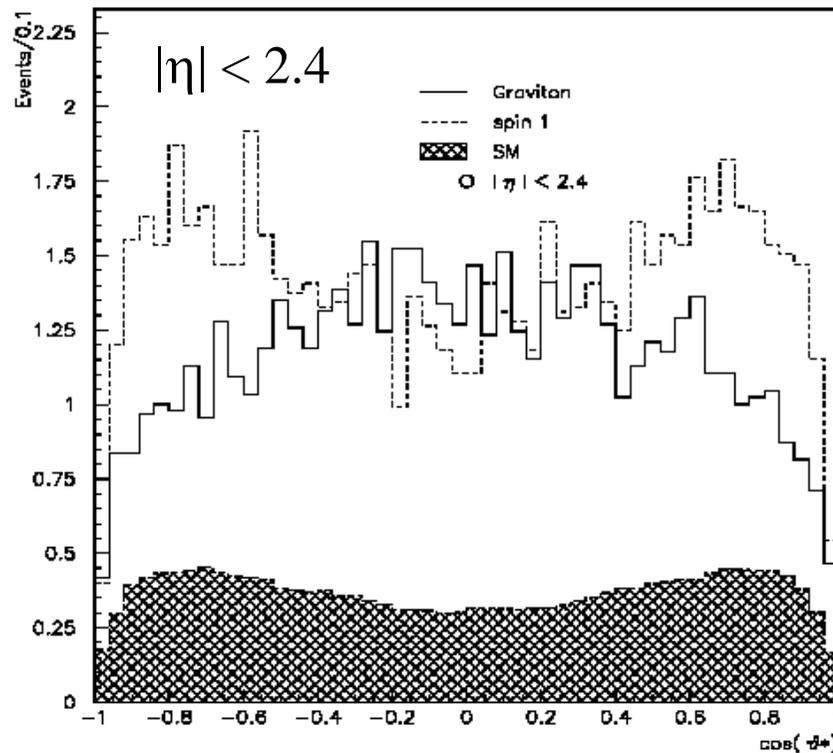




L'identification de la résonance



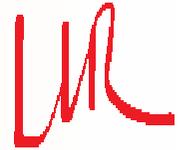
L'étude des distributions angulaires a été faite avec CMSJET. La reconstruction des patterns dans les bouchons est importante pour mettre en évidence le spin 2 du graviton.



L'étude des autres canaux de désintégration devrait également nous aider pour identifier la nature de la résonance.



Conclusions



La découverte d'une résonance en paire e^+e^- de l'ordre du TeV par le détecteur CMS nous permettra peut-être d'ouvrir la porte donnant sur une dimension supplémentaire. Le plan de découverte accessible au LHC couvre en effet une vaste région en c et M ...

Une fois la résonance trouvée, l'enjeu sera de déterminer sa nature (par l'étude des distributions angulaires et des différents canaux de désintégration).

Alors, la réalité dépassera-t-elle la science fiction? La 4ème dimension (spatiale) existe-t-elle? Réponse d'ici quelques années avec les données du LHC!