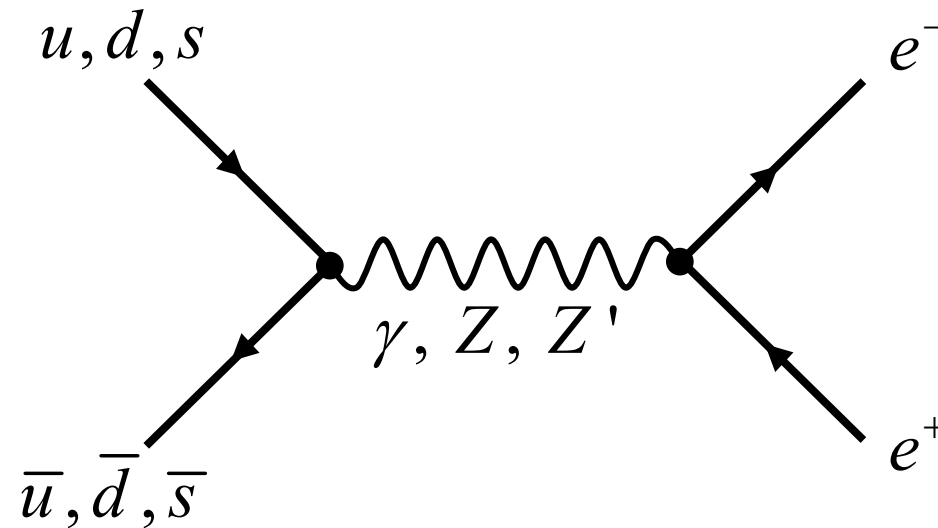


Recherche de $Z' \rightarrow e^+e^-$ avec ATLAS auprès du LHC



Fabienne LEDROIT
Julien MOREL

LPSC - Grenoble

Plan

- **Nos motivations**
- **Les différents modèles de Z' déjà étudiés**
 - Modèles de grande unification (E_6 , LR)
 - Modèles de dimensions supplémentaires (ADD, RS)
- **Les outils à notre disposition**
- **Découverte d'un Z'**
 - Découverte d'un Z' au LHC
 - Le cas du Z' du modèle RS
- **Discrimination entre les modèles théoriques**
 - La largeur de la résonance
 - L'asymétrie avant arrière

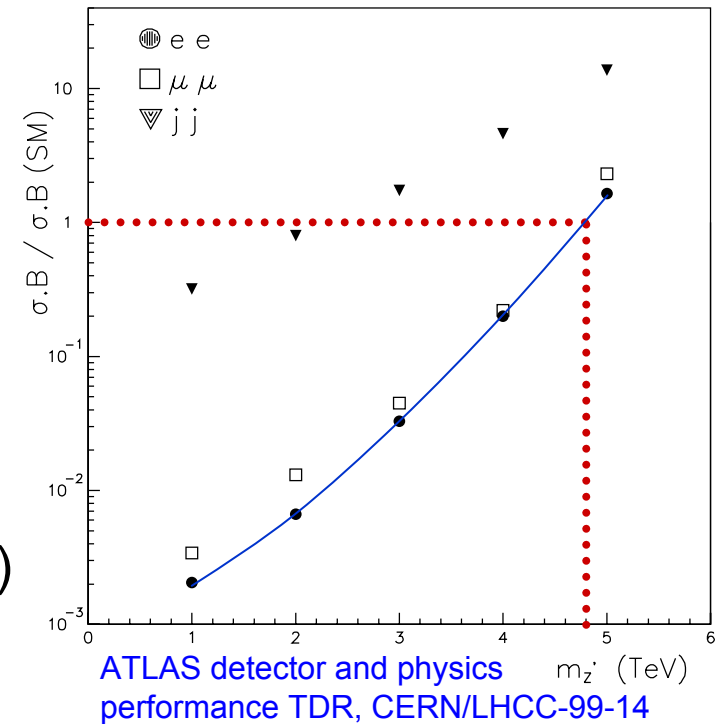
Nos motivations

Z' = Nouveau boson de jauge neutre

Par exemple :

- Bosons jauges provenant de groupes supplémentaires
(Modèles de grande unification)
- Excitation de Kaluza-Klein du boson Z
(Modèles de dimension supplémentaires)

Potentiel de découverte d'ATLAS



Étude $Z' \rightarrow e^+ e^-$ \rightarrow Découverte d'un Z' au LHC
(Golden Channel) \rightarrow Détermination de la théorie sous-jacente

Différents modèles de Z' déjà étudiés

Modèles de grande unification

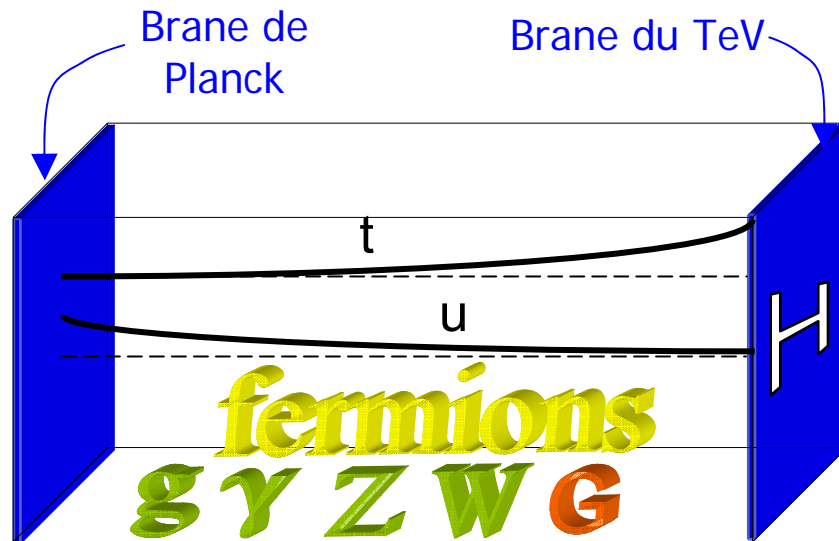
- Trois Z' provenant de la brisure de E_6 : $Z'_{\psi}, Z'_{\chi}, Z'_{\eta}$
- Un Z' provenant de la brisure de $SO(10)$: Z'_{LR}

Modèle de dimensions supplémentaires

- Un modèle de type **ADD** avec une petite dimension supplémentaire
T.G. Rizzo, Phys.Rev. D **61** (2000) 055005
- Un modèle de type **RS**, seul le champs de Higgs est confiné dans la brane
G.Moreau, J. I. Silva-Marcos, Hep-ph/0602155

Différents modèles de Z' déjà étudiés

➔ **Modèle type RS** [G.Moreau, J. I. Silva-Marcos, Hep-ph/0602155]



On s'intéresse à deux points de l'espace des paramètres du modèle.
(Notés A et B)

3 caractéristiques importantes d'un point de vue phénoménologique :

- Nouvelle interprétation de la hiérarchie des masses de fermions.
- Compatible avec un schéma de grande unification ([Hep-th/0108115](#)).
- Propose des candidats WIMP (excitations KK).

Les outils : générateurs

Modèles de grande unification

- Processus standard de Pythia $\gamma / Z / Z'$

Modèles de dimensions supplémentaires

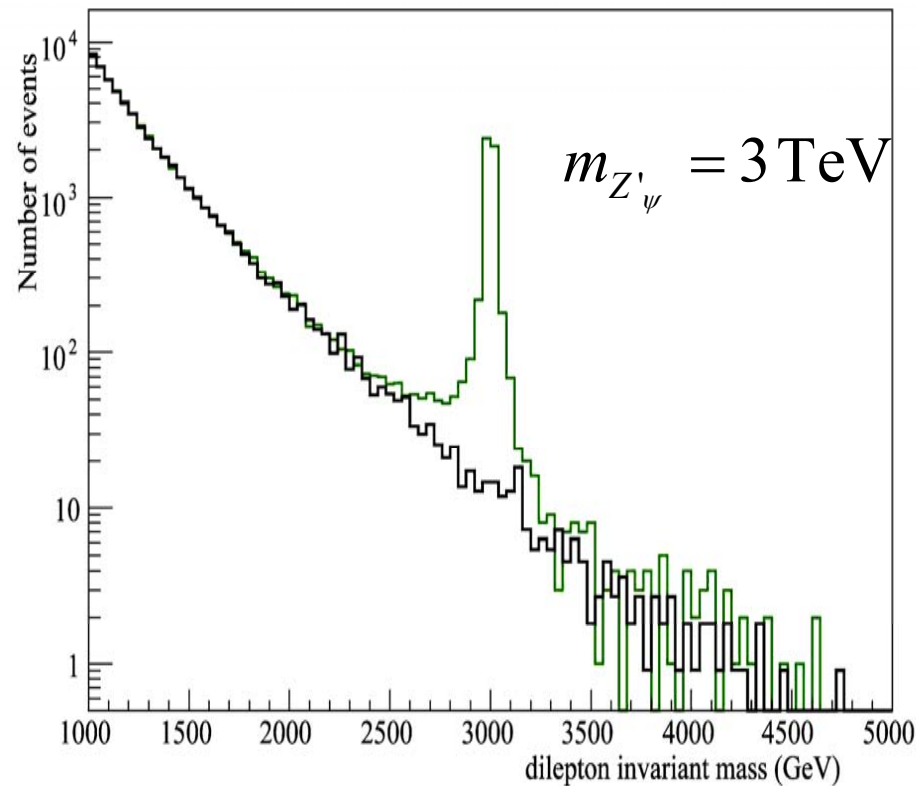
- Générateur spécifique pour les Z'_{KK}
Première version par T.Rizzo
- Version pour RS par G.Moreau et nous
Calcul avec interférence entre $\gamma, \gamma^1, \gamma^2, Z, Z^1, Z^2$

Découverte d'un Z' au LHC

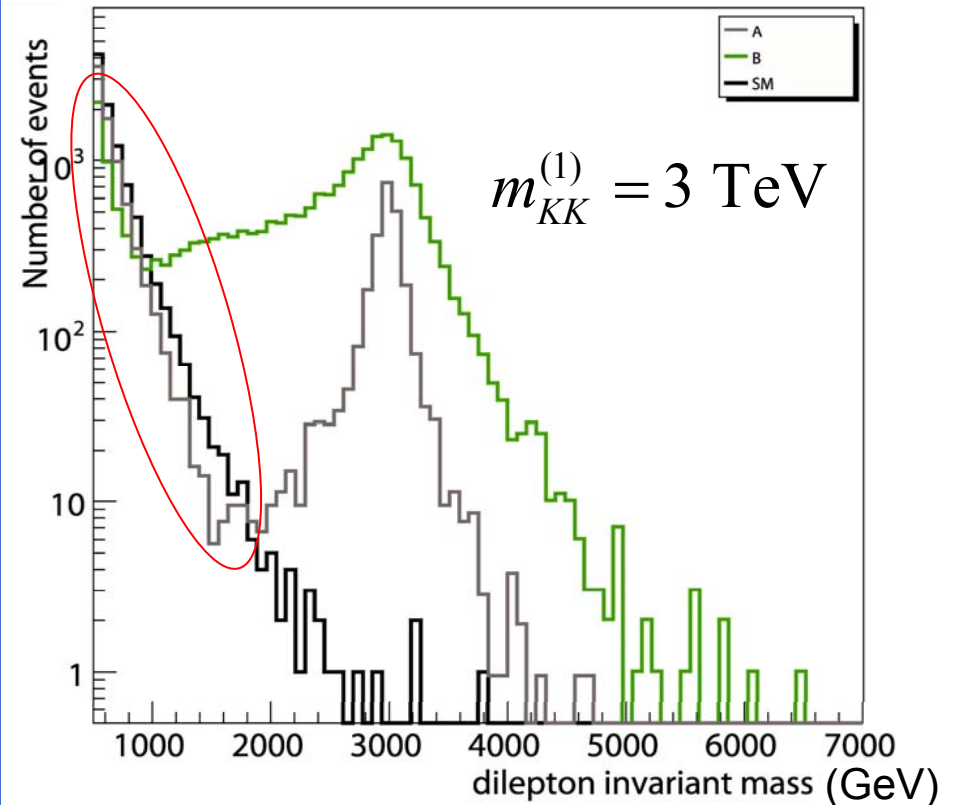
Signal = Z'

Fond = Drell-Yan (γ/Z MS)

Modèle ψ de E_6



Modèle de RS avec matière dans le Bulk



Interférence destructive pour les deux points A et B

Découverte d'un Z' du modèle RS

Optimisation :

2 effets qui ne doivent pas se compenser :

- Excès d'événements dû à la résonance du Z'
- Défaut d'événements dû à l'interférence destructive

On utilise la convention s_{12} : $S_{12} = \sqrt{S+B} - \sqrt{B}$ hep-ph/0204326

- Entre 500 GeV et M_1 \longrightarrow Défaut d'événements DY \longrightarrow $S_{12} \leq 0$
- Au delà de M_1 \longrightarrow Excès d'événements Z' \longrightarrow $S_{12} \geq 0$

M_1 est choisie de sorte que si l'on intègre le DY au delà de M_1 on trouve ≈ 15 événements.

s_{12} est toujours calculée avec un nombre d'événements bruit différent de zéro.

Point A Découverte d'un Z' du modèle RS au LHC

10 fb⁻¹

$$M_1^{e^+e^-} = 1070 \text{ GeV}$$

$$M_1^{\mu^+\mu^-} = 1188 \text{ GeV}$$

100 fb⁻¹

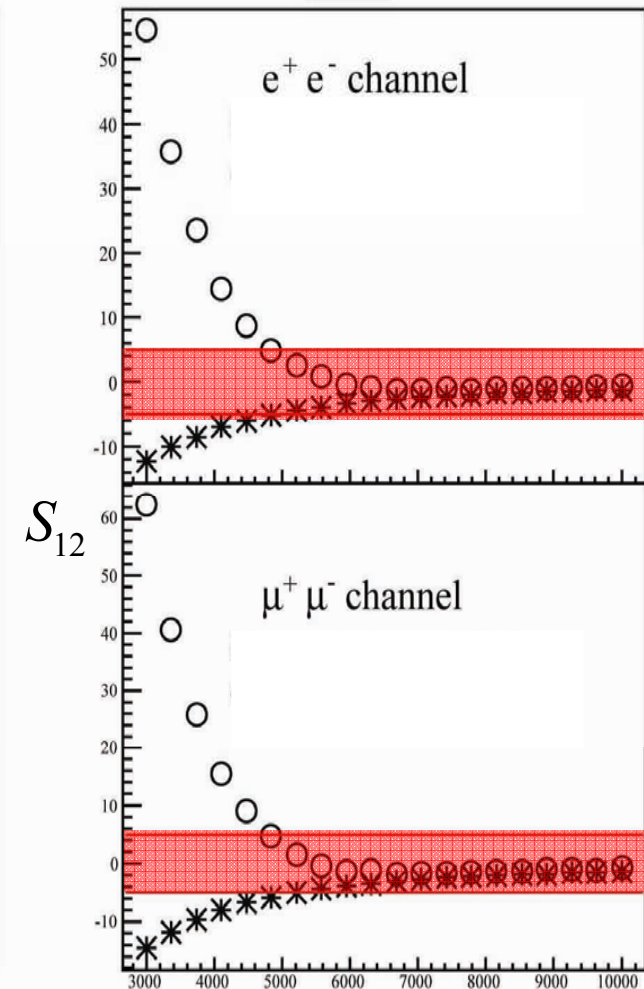
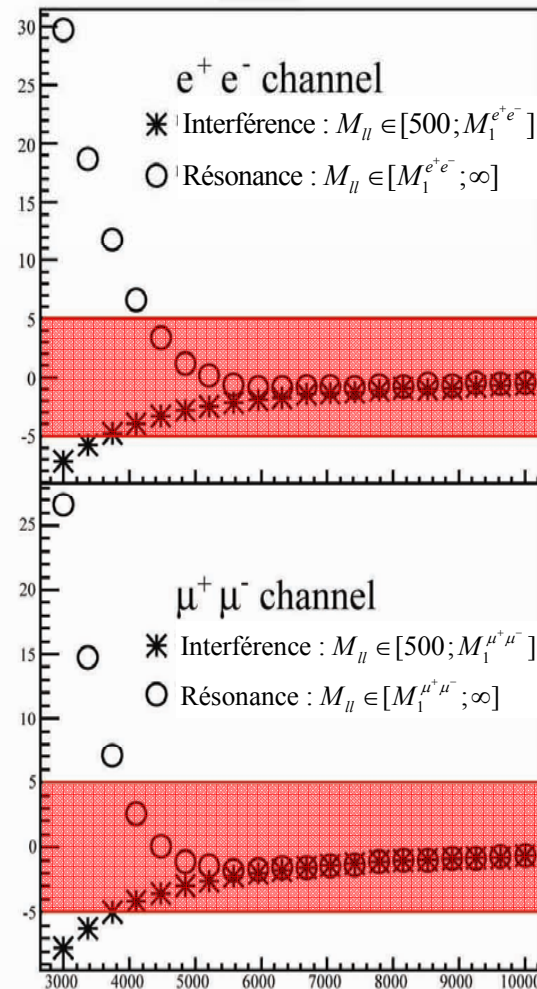
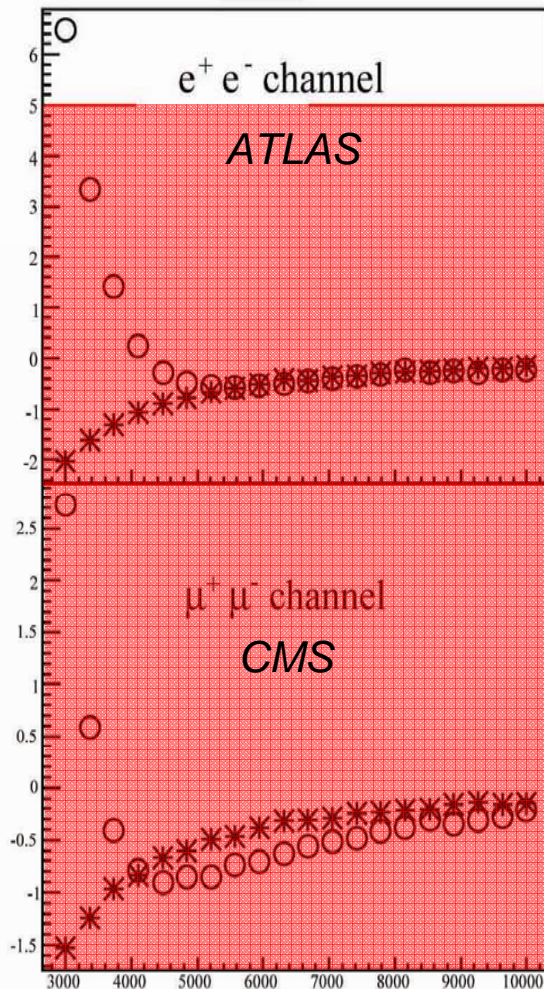
$$M_1^{e^+e^-} = 1729 \text{ GeV}$$

$$M_1^{\mu^+\mu^-} = 1917 \text{ GeV}$$

300 fb⁻¹

$$M_1^{e^+e^-} = 2129 \text{ GeV}$$

$$M_1^{\mu^+\mu^-} = 2341 \text{ GeV}$$



Point B Découverte d'un Z' du modèle RS au LHC

10 fb⁻¹

$$M_1^{e^+e^-} = 1070 \text{ GeV}$$

$$M_1^{\mu^+\mu^-} = 1188 \text{ GeV}$$

100 fb⁻¹

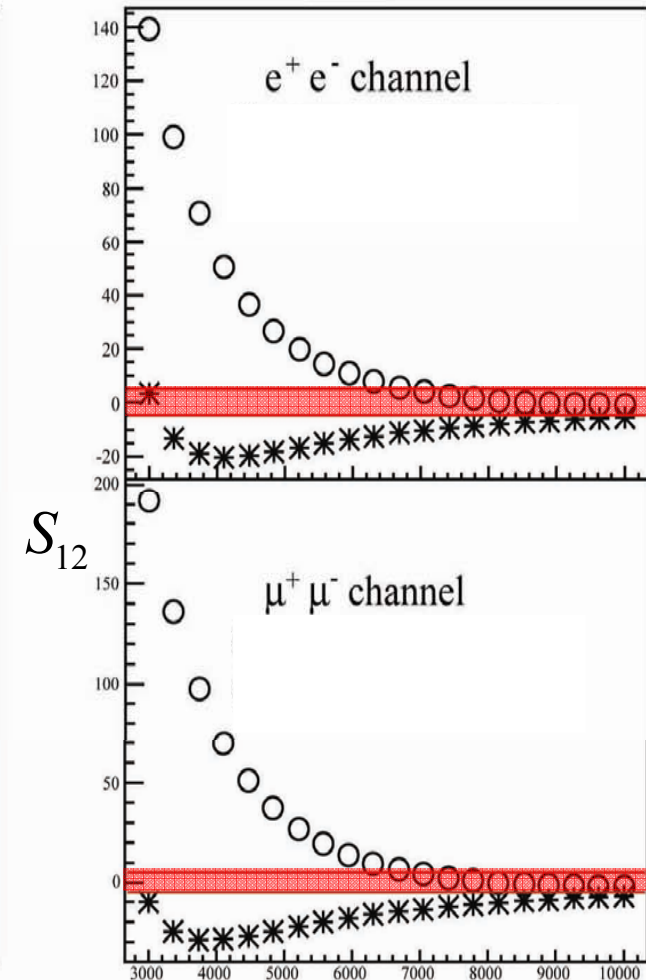
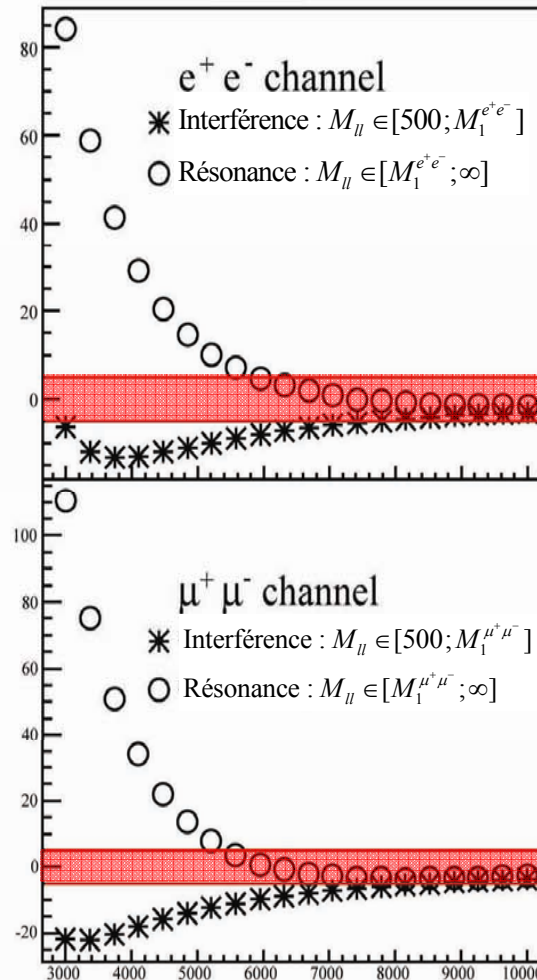
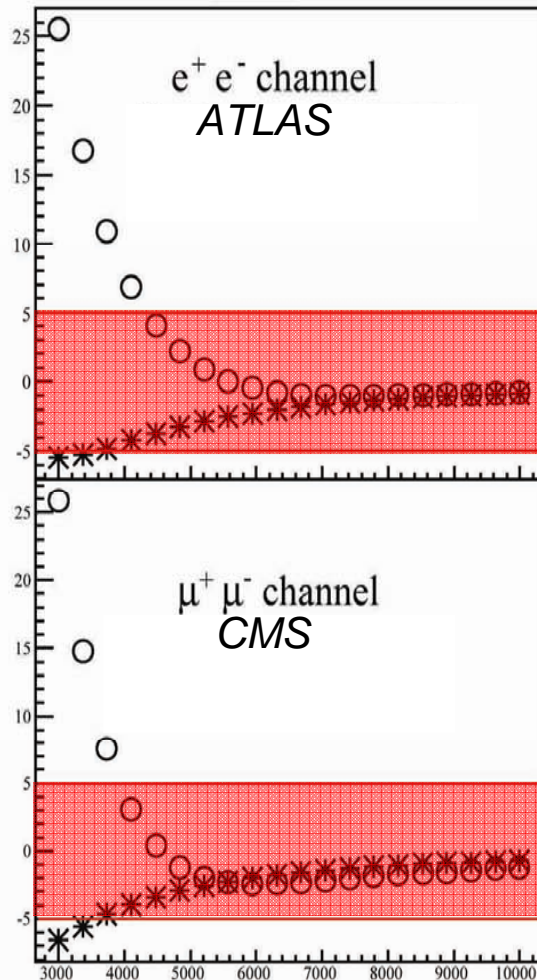
$$M_1^{e^+e^-} = 1729 \text{ GeV}$$

$$M_1^{\mu^+\mu^-} = 1917 \text{ GeV}$$

300 fb⁻¹

$$M_1^{e^+e^-} = 2129 \text{ GeV}$$

$$M_1^{\mu^+\mu^-} = 2341 \text{ GeV}$$



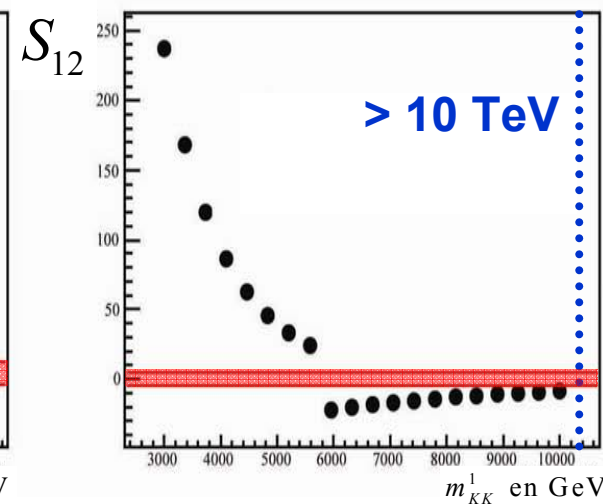
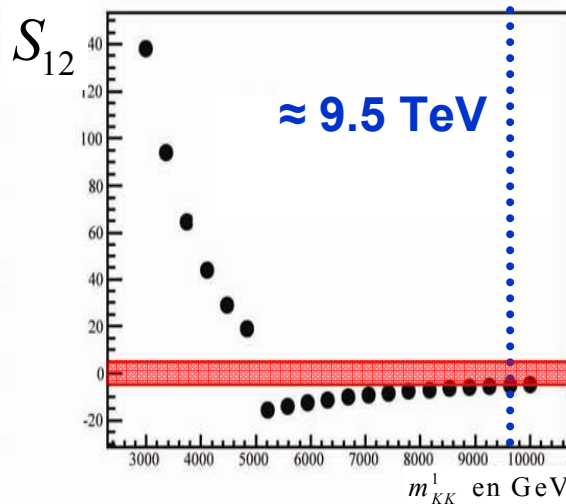
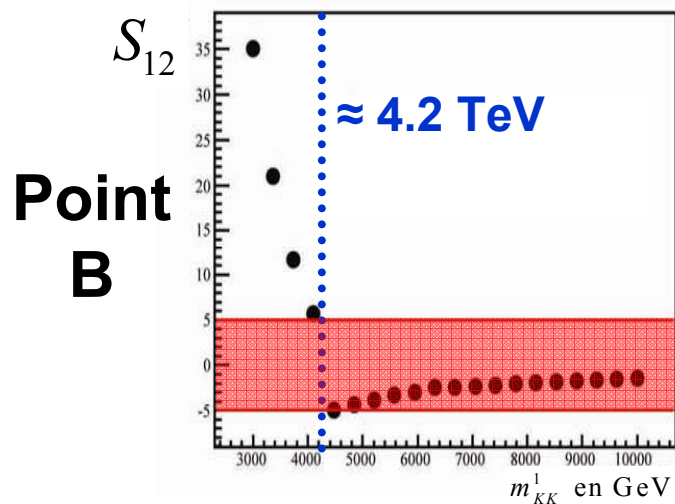
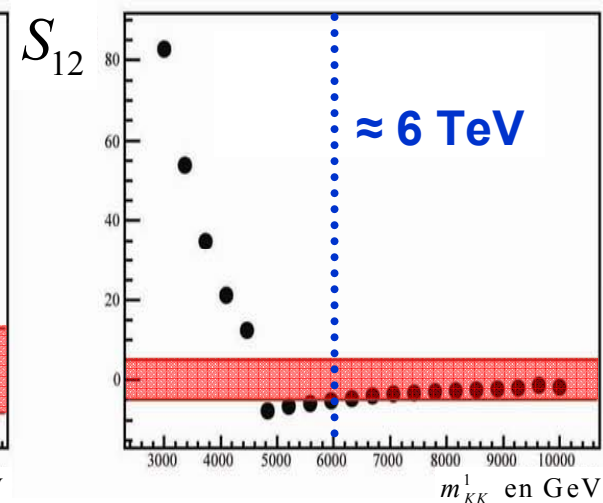
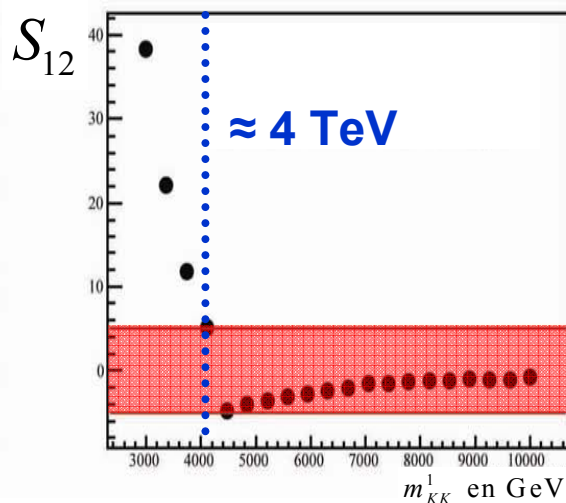
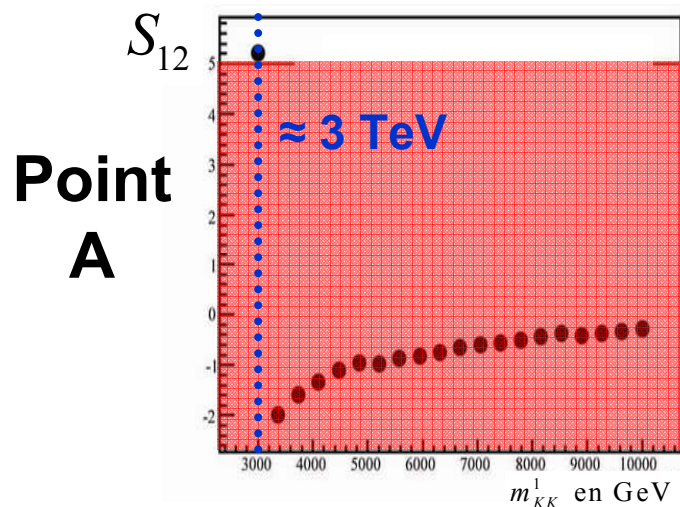
Découverte d'un Z' du modèle RS

En combinant les deux canaux et les deux régions

10 fb⁻¹

100 fb⁻¹

300 fb⁻¹



Discrimination entre les modèles

Après la **découverte d'un Z'** , comment remonter à la **théorie sous-jacente** à un signal expérimental ?

Dans le canal $q\bar{q} \rightarrow Z' \rightarrow e^+e^-$

Observables intéressantes :

- Largeur totale de décroissance : Γ

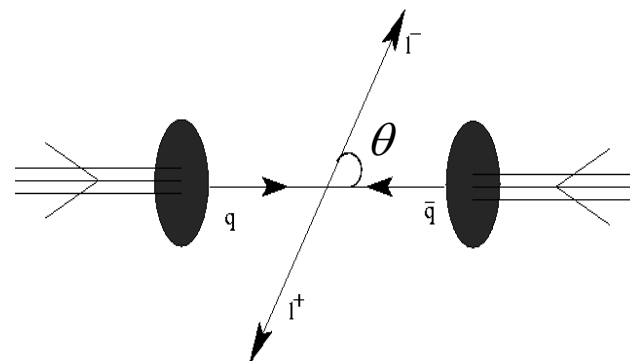
- Asymétrie avant arrière : A_{FB}

$$A_{FB} = \frac{\sigma_F - \sigma_B}{\sigma_F + \sigma_B}$$

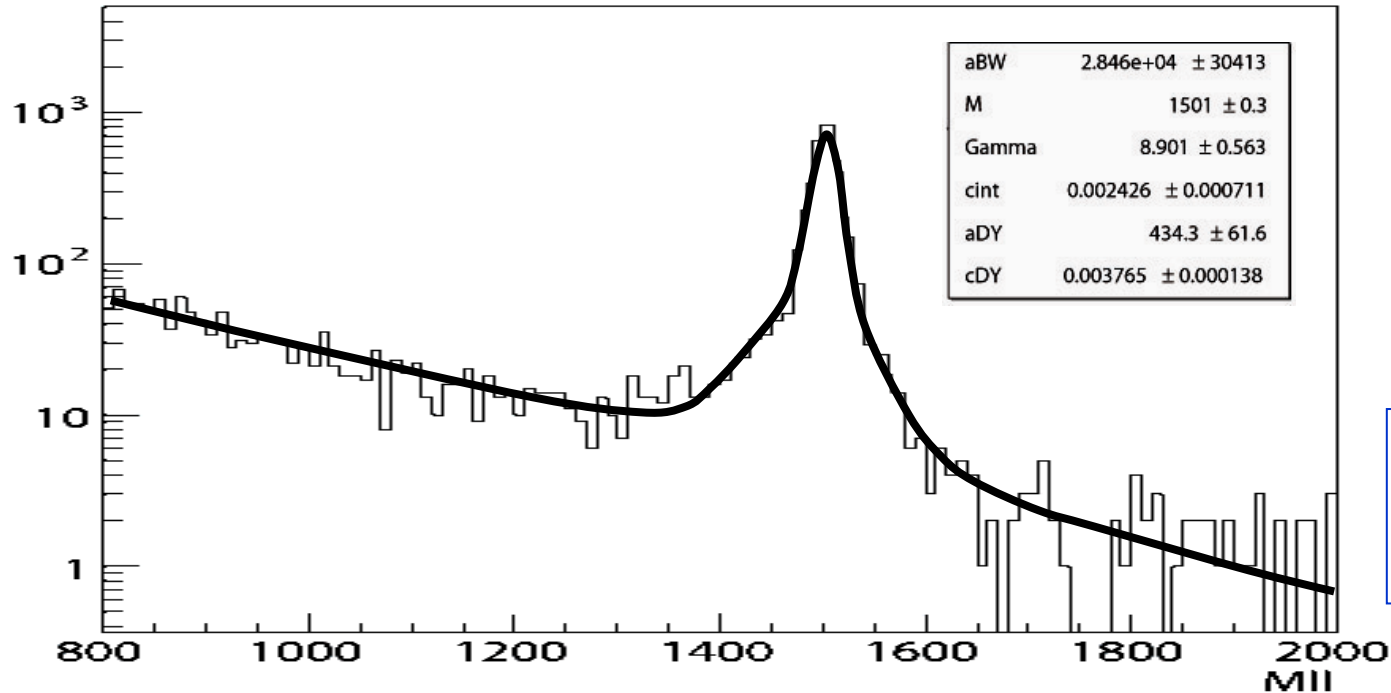
avec

$$\sigma_F = \int_0^1 \frac{\partial \sigma}{\partial \cos \theta} d \cos \theta$$

$$\sigma_B = \int_{-1}^0 \frac{\partial \sigma}{\partial \cos \theta} d \cos \theta$$



La largeur de décroissance



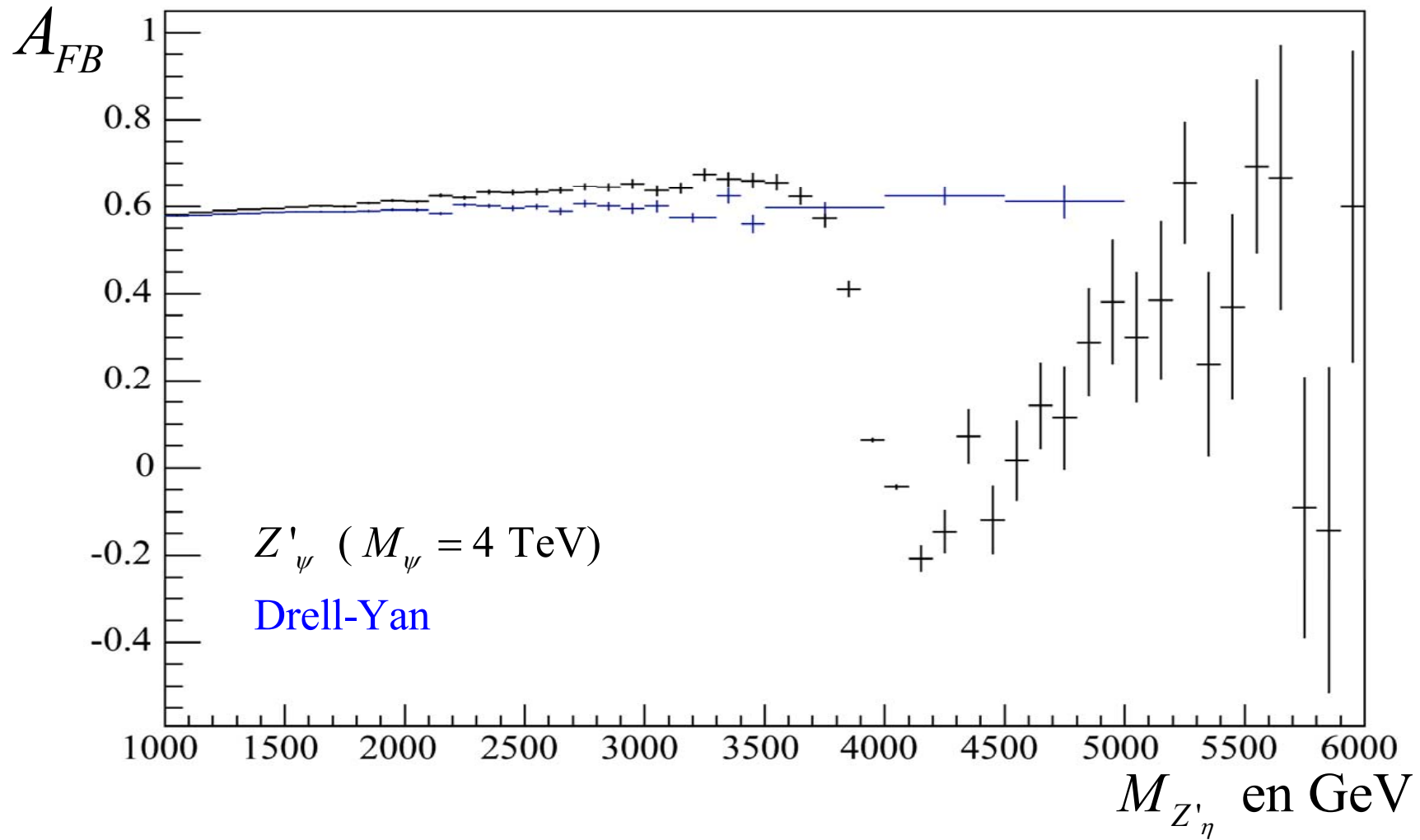
Ajustement de la distribution en masse invariante du Z'_η à $M=1500$ GeV (500 fb^{-1})

Résolution sur MII :
 $\approx 9 \text{ GeV}$ à 1.5 TeV
 $\approx 30 \text{ GeV}$ à 4 TeV

Γ en GeV	ψ	χ	η	LR	ADD	RS
$M = 1.5 \text{ TeV}$	7.1 ± 0.5	18.4 ± 0.5	9.5 ± 0.4	32.2 ± 0.8		
$M = 4 \text{ TeV}$	18.9 ± 1.3	49.1 ± 1.3	25.3 ± 1.1	85.8 ± 0.7	173 ± 8.4	241

Z'_ψ

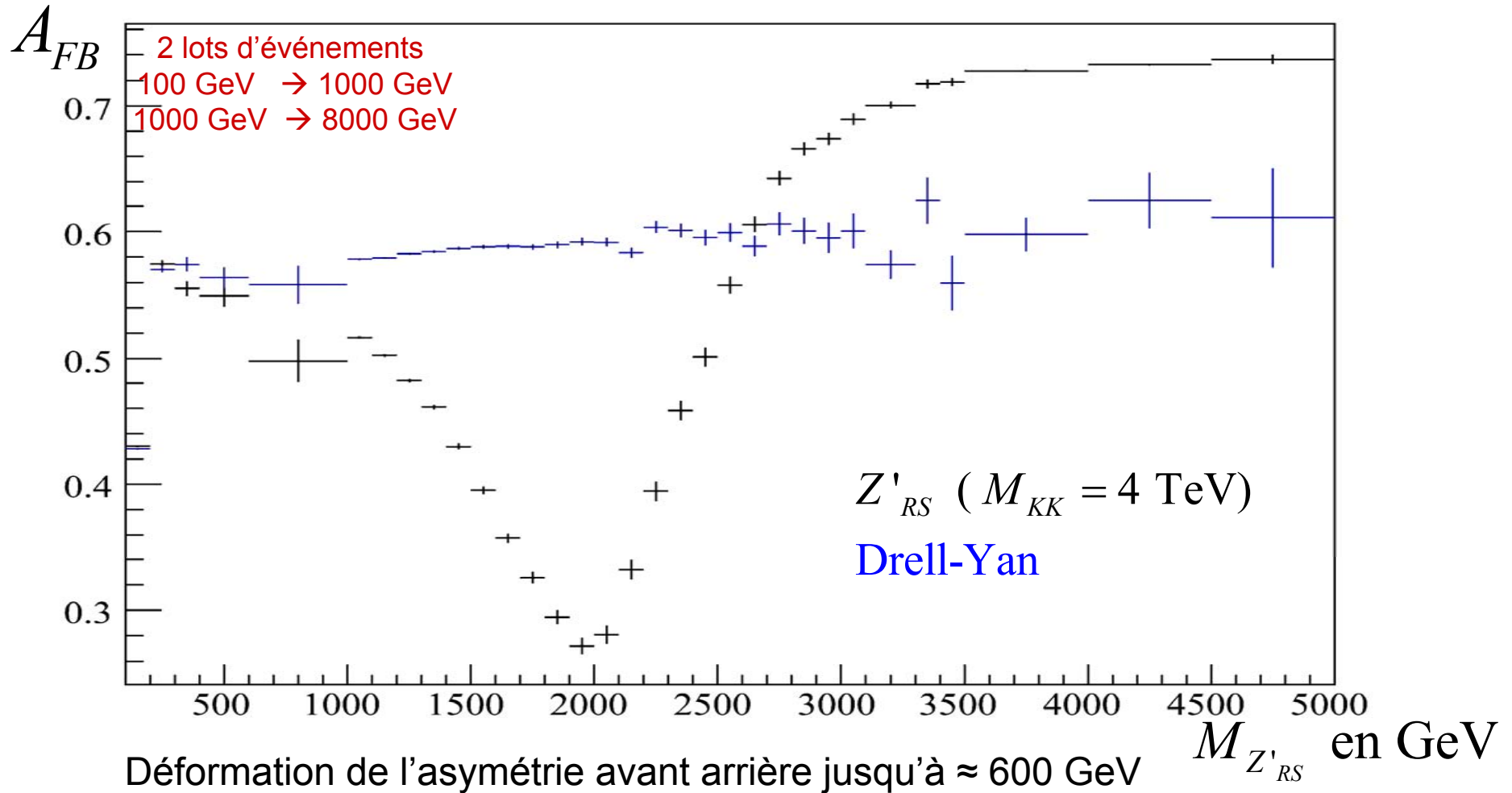
Asymétrie avant arrière



Déformation de l'asymétrie avant arrière au niveau de la résonance

Z'_{RS}

Asymétrie avant arrière



➡ Observable très intéressante

Conclusion

Le détecteur ATLAS a un fort potentiel de découverte de Z'

Il existe des observables intéressantes pour la découverte et pour la discrimination entre les modèles :

- **La section efficace différentielle**
- **La largeur de décroissance**
- **L'asymétrie avant arrière**

Nous souhaiterions étudier d'autres modèles de Z'

Pour cela nous avons besoin de :

➔ **Calculs théoriques pour Γ , A_{FB}**

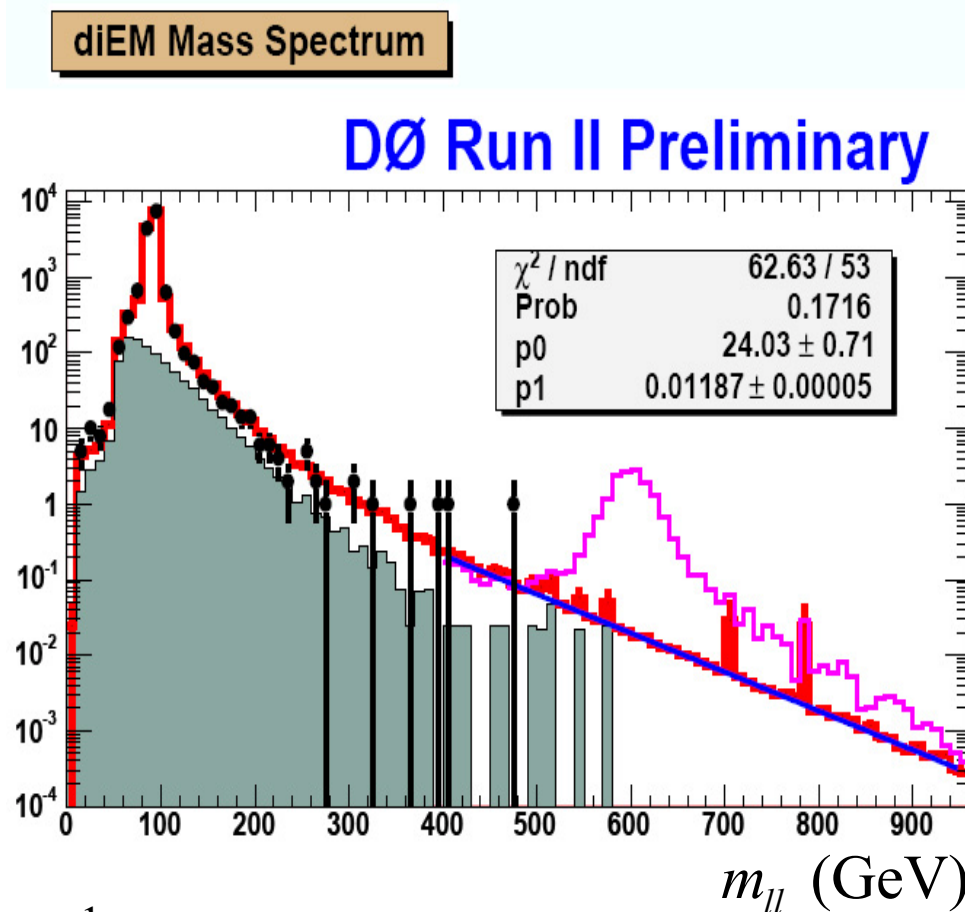
ou encore mieux

➔ **Des générateurs**

BACKUP

LIMITES ACTUELLES SUR LA MASSE D'UN Z'

	Limite sur la masse (en GeV)	Expérience
Z'_{E6}	610 – 680	Tevatron
	350 – 680	LEP
Z'_{LR}	630	Tevatron
	500 – 860	LEP
Z'_{KK}	3000 – 4000	LEP



Tevatron Run II avec $\int L dt = 2 \text{ fb}^{-1}$

➔ Recherches directes jusqu'à 1 TeV

Masse et largeur de décroissance :

		M_{Reco} (GeV)	Γ_{Reco} (GeV)	$\Gamma_{theo.}$ (GeV)
$M = 1.5 \text{ TeV}$	<i>SSM</i>	1500.7 ± 0.7	46.6 ± 1.4	44.7
	ψ	1500.2 ± 0.3	7.8 ± 0.6	8.0
	χ	1500.8 ± 0.4	17.1 ± 0.9	17.6
	η	1500.6 ± 0.3	8.9 ± 0.6	9.5
	<i>LR</i>	1499.5 ± 0.6	29.7 ± 1.3	30.6
$M = 4 \text{ TeV}$	<i>SSM</i>	$4002. \pm 15.$	$94. \pm 33.$	119.
	<i>KK</i>	$3982. \pm 6.$	$168. \pm 14.$	168.

Largeur totale de décroissance : Γ_{Tot}

Dépend des canaux de décroissance

Section efficace leptonique : $\sigma_{ll} = \sigma_{Tot} \times \frac{\Gamma_{ll}(Z' \rightarrow ll)}{\Gamma_{Tot}}$

$$\Rightarrow \underbrace{\sigma_{ll} \times \Gamma_{Tot}} = \sigma_{Tot} \times \Gamma_{ll}(Z' \rightarrow ll)$$

Observable indépendante des canaux de décroissance exotiques

Le produit $\sigma_{ll} \times \Gamma_{Tot}$

$$\sigma_{ll} = \frac{N}{\mathcal{E} \times \int L}$$

N est le nombre d'événements dans le pic

\mathcal{E} est l'efficacité de sélection

$\int L$ est la luminosité intégrée

Section efficace et produit $\sigma_{ll} \times \Gamma_{Tot}$:

		$\sigma_{ll}^{Reco}(\text{fb})$	$\sigma_{ll}^{Reco} \times \Gamma_{Reco}(\text{fb}.\text{GeV})$
$M = 1.5 \text{ TeV}$	<i>SSM</i>	78.8 ± 1.8	3668 ± 138
	ψ	22.7 ± 0.6	178 ± 13
	χ	48.4 ± 1.3	828 ± 48
	η	25.1 ± 0.6	223 ± 15
	<i>LR</i>	51.1 ± 1.3	1515 ± 75
$M = 4 \text{ TeV}$	<i>SSM</i>	0.15 ± 0.03	14 ± 6
	<i>KK</i>	2.2 ± 0.12	376 ± 37

 L'observable $\sigma_{ll} \times \Gamma_{Tot}$ a un fort pouvoir discriminant

