

SECTIONS EFFICACES DE PRODUCTION DU BOSON Z' DANS LE MODÈLE *Right Handed Neutrino*

Ambroise Espargilière

LAPP, Annecy

January 20, 2010

Plan

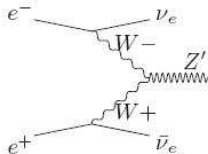
- 1 Motivations
- 2 Paramètres d'études
- 3 Canal : $e^+e^- \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_e Z'$
- 4 Canal : $e^+e^- \rightarrow HZ'$
- 5 Canal : $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}Z'$
- 6 Canal : $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-Z'$
- 7 Statistique attendue
- 8 Conclusion préliminaire

- Article de référence : G. Bélanger *et al*, *Dirac Neutrino Dark Matter*, arXiv:0706.0526v2 [hep-ph].
- Introduction d'un boson Z' ne couplant essentiellement qu'aux leptons de la 3^e génération
- Couplages aux e et μ extrêmement contraints par les mesures du LEP ($e^+e^- \xrightarrow{\gamma, Z} \mu^+\mu^-$)
- Couplage aux e et μ donc très faible, via le mélange Z/Z'
- Trois canaux d'étude *a priori* :
 - $e^+e^- \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_e Z'$
 - $e^+e^- \rightarrow HZ'$
 - $e^+e^- \rightarrow l^+l^- Z'$
- Étude réalisé à l'aide du logiciel calchep, version micrOMEGAS2.2 (A. Pukhov)

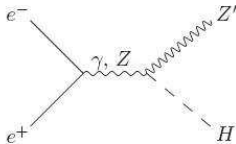
Paramètres d'études

Diagrammes des canaux étudiés

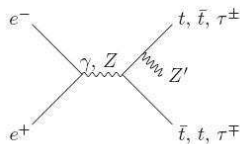
$$e^+e^- \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_e Z'$$



$$e^+e^- \rightarrow HZ'$$



$$e^+e^- \rightarrow l^+l^- Z'$$



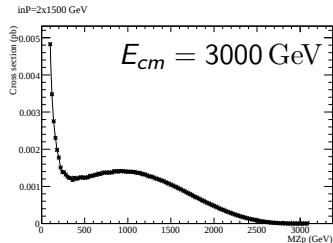
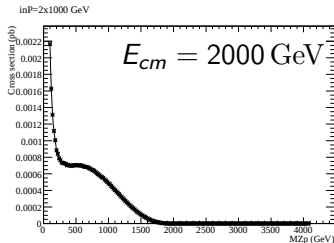
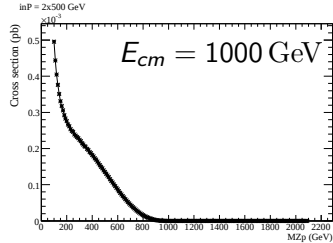
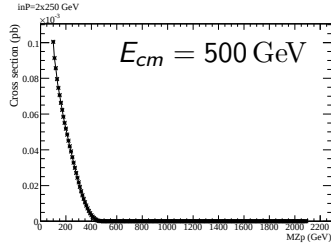
Paramètres pertinents pour les différents canaux envisagés:

- $e^+e^- \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_e Z'$:
 - Impulsion des faisceaux (de 2×250 à 2×1500 GeV/c)
(commande batch : `set_momenta inP1 inP2`)
 - Masse du Z' (de 200 à 3000 GeV/ c^2)
(commande batch : `name_cycle MZp 200 20 140`)
- $e^+e^- \rightarrow HZ'$
 - Impulsion des faisceaux
 - Masse du Z'
 - Masse du Higgs (120 GeV/ c^2 *a priori*)
 - Couplage Z, Z' , H (valeurs $\leq 1 - 1.5$)
(commande batch : `set_param gHZ value`)
- $e^+e^- \rightarrow l^+ l^- Z'$
 - Impulsion des faisceaux
 - Masse du Z'
 - Couplages aux $t\bar{t}$ et aux $\tau^+ \tau^-$ (valeurs de l'ordre de 1 ou inférieures)

Canal : $e^+e^- \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_e Z'$

Section efficace en fonction de $M_{Z'}$ à différentes énergies

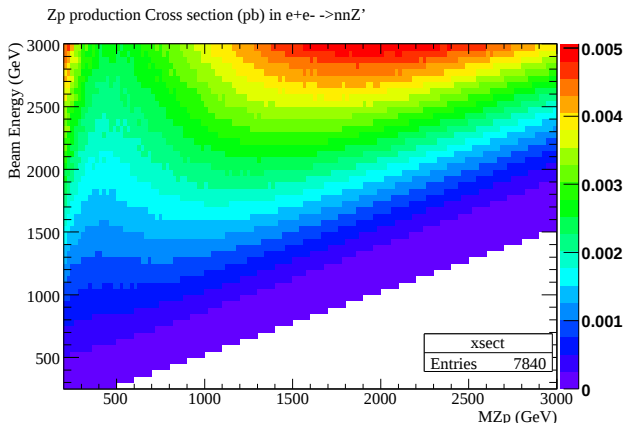
- Comportement très dépendant de l'énergie incidente



Canal : $e^+e^- \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_e Z'$

Section efficace en fonction de $M_{Z'}$ à différentes énergies

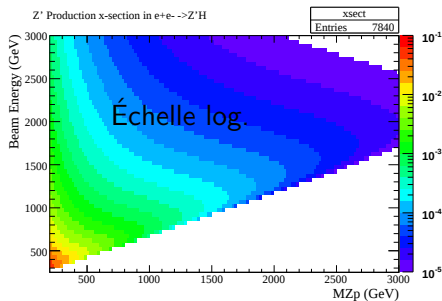
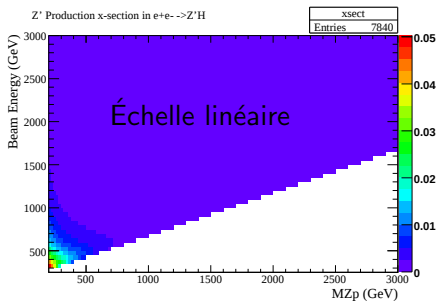
- Comportement très dépendant de l'énergie incidente
- On observe un maximum local de section efficace pour $E_{cm} \approx 3/2 \times M_{Z'}$



Canal : $e^+e^- \rightarrow HZ'$

Section efficace en fonction de $M_{Z'}$ à différentes énergies

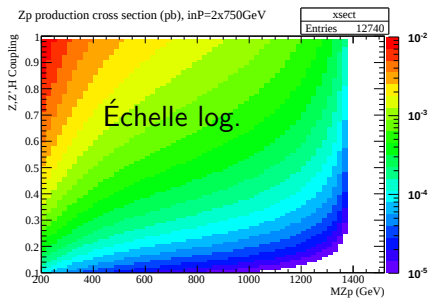
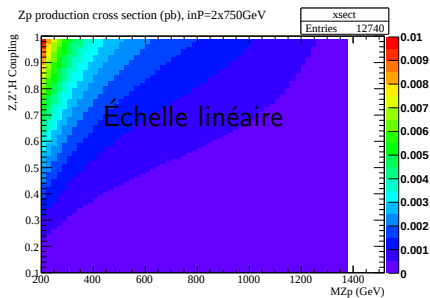
- Comportement très distinct du canal précédent
- Canal favorisé pour des basses masses et des faibles énergies
- On observe un maximum local de section efficace pour $E_{cm} \approx 3/4 \times M_{Z'}$



Canal : $e^+e^- \rightarrow HZ'$

Section efficace en fonction de $M_{Z'}$ et du couplage $Z' Z' H$.

- A différentes énergies le comportement reste semblable

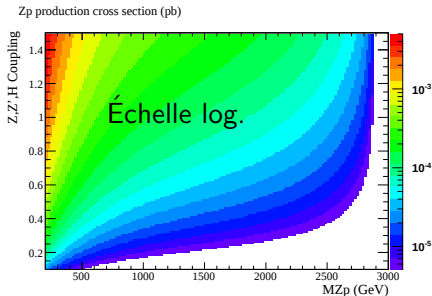
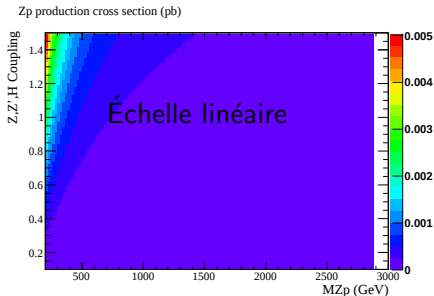


$$E_{cm} = 1.5 \text{ TeV}$$

Canal : $e^+e^- \rightarrow HZ'$

Section efficace en fonction de $M_{Z'}$ et du couplage $Z' Z' H$.

- A différentes énergies le comportement reste semblable

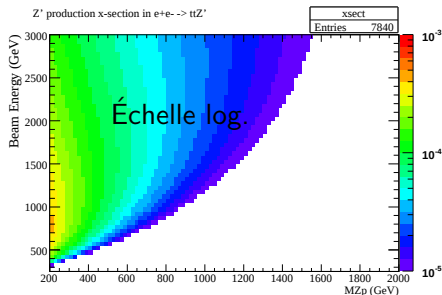
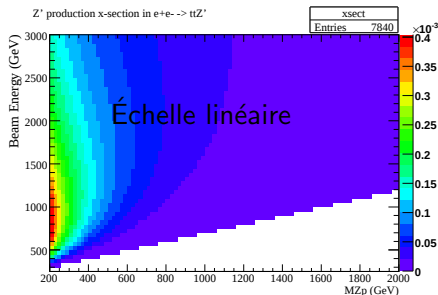


$$E_{cm} = 3 \text{ TeV}$$

Canal : $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}Z'$

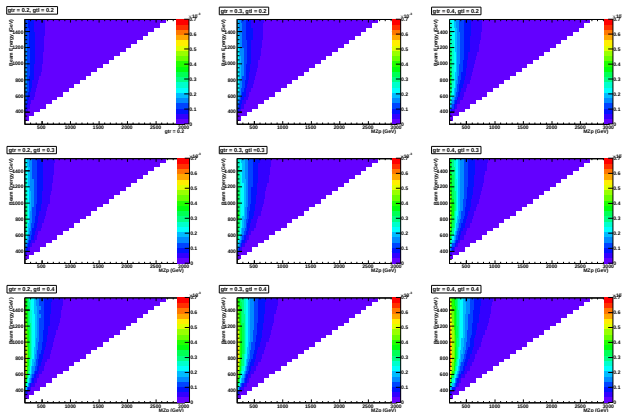
Section efficace en fonction de $M_{Z'}$ à différentes énergies

- Comportement très distinct des canaux précédents
- Canal favorisé pour des basses masses et des faibles énergies
- On observe un maximum local de section efficace pour $E_{cm} \approx 4 \times M_{Z'}$
- $\sigma_{max} < 5 \cdot 10^{-3}$ pb



Canal : $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}Z'$

σ en fonction de $M_{Z'}$ et de E_{cm} pour différents couplages gtl et gtr



gtr	gtl	σ_{max}
0.2	0.2	0.18 fb
0.3	0.2	0.25 fb
0.4	0.2	0.4 fb
0.2	0.3	0.3 fb
0.3	0.3	0.4 fb
0.4	0.3	0.5 fb
0.2	0.4	0.5 fb
0.3	0.4	0.6 fb
0.4	0.4	0.7 fb

Canal : $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}Z'$

σ en fonction de $M_{Z'}$ et de E_{cm} pour différents couplages g_{tl} et g_{tr}

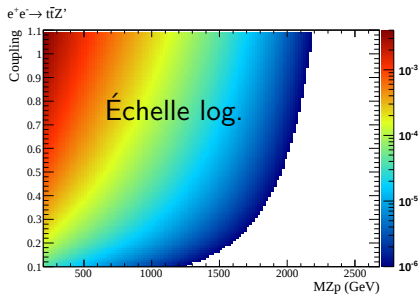
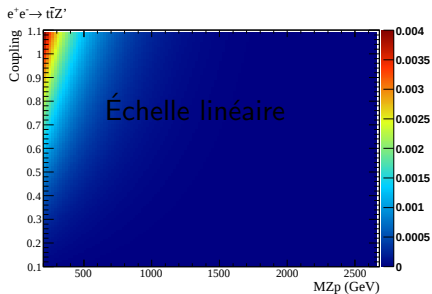
- Effet d'échelle
- Pas de modification topologique majeure.
- légère dissymétrie des rôles de g_{tr} et g_{tl}
 - g_{tr} : couplage $Z' t_R$
 - g_{tl} : couplage $Z' t_L, b_L$

g_{tr}	g_{tl}	σ_{max}
0.2	0.2	0.18 fb
0.3	0.2	0.25 fb
0.4	0.2	0.4 fb
0.2	0.3	0.3 fb
0.3	0.3	0.4 fb
0.4	0.3	0.5 fb
0.2	0.4	0.5 fb
0.3	0.4	0.6 fb
0.4	0.4	0.7 fb

Canal : $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}Z'$

σ en fonction de $M_{Z'}$ et des couplages gt_l et g_{tr} (pris égaux, $E_{cm} = 3 \text{ TeV}$)

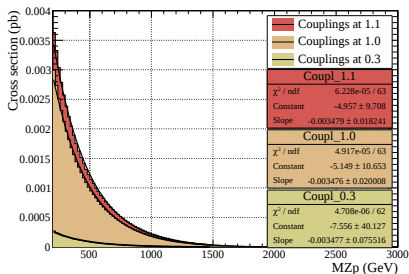
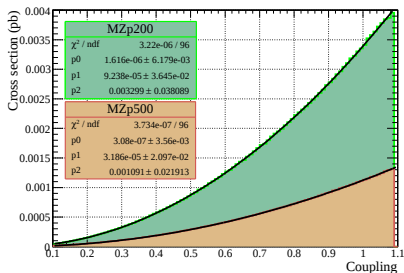
- A hautes valeurs des couplages la section efficace est de plusieurs fb
- Canal toujours favorisé pour un Z' de faible masse



Canal : $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}Z'$

σ en fonction de $M_{Z'}$ et des couplages gt_l et g_{tr} (pris égaux, $E_{cm} = 3 \text{ TeV}$)

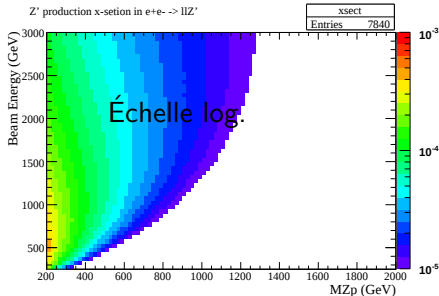
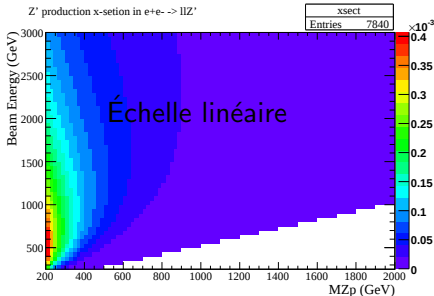
- Dépendance quadratique des couplages
- Décroissance exponentielle avec la masse du Z'



Canal : $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-Z'$

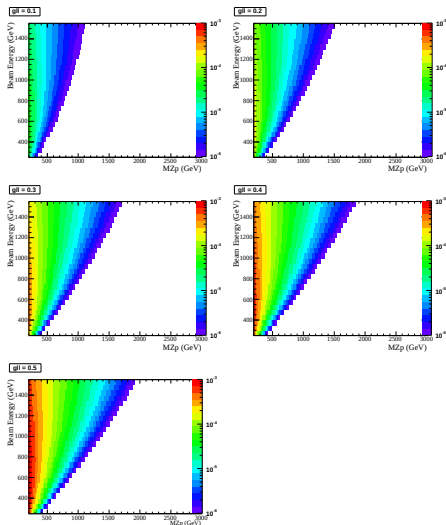
Section efficace en fonction de $M_{Z'}$ à différentes énergies

- Très semblable au $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}Z'$, comme attendu
- Canal favorisé pour des basses masses et des faibles énergies
- On observe un maximum local de section efficace pour $E_{cm} \approx 2.5 \times M_{Z'}$
- σ chute un peu plus vite que dans $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}Z'$



Canal : $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-Z'$

σ en fonction de $M_{Z'}$ et de E_{cm} pour différents couplages g_{ll} et g_{rl}



g_{ll}	σ_{max}
0.1	0.045 fb
0.2	0.18 fb
0.3	0.4 fb
0.4	0.7 fb
0.5	1.1 fb

Canal : $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-Z'$

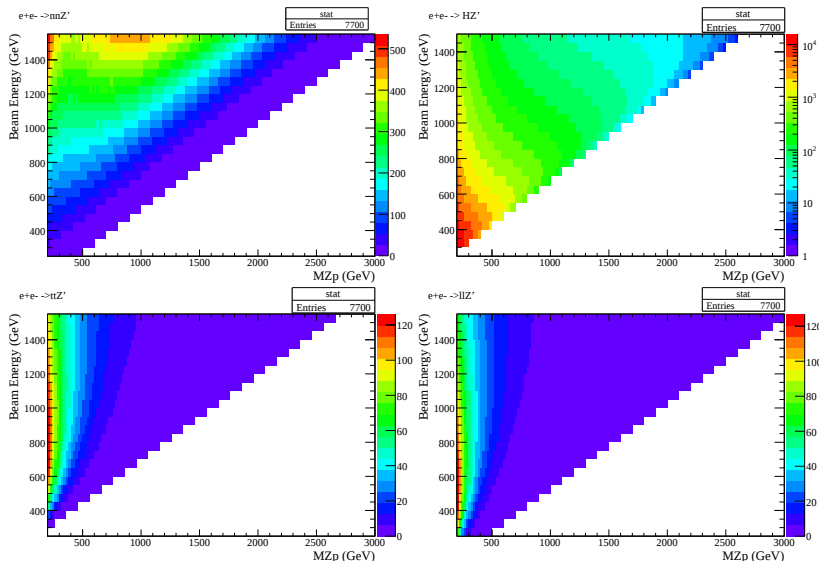
σ en fonction de $M_{Z'}$ et de E_{cm} pour différents couplages g_{ll} et g_{rl}

- g_{ll} : couplage $Z' \tau \tau$
- Effet d'échelle seul

g_{ll}	σ_{max}
0.1	0.045 fb
0.2	0.18 fb
0.3	0.4 fb
0.4	0.7 fb
0.5	1.1 fb

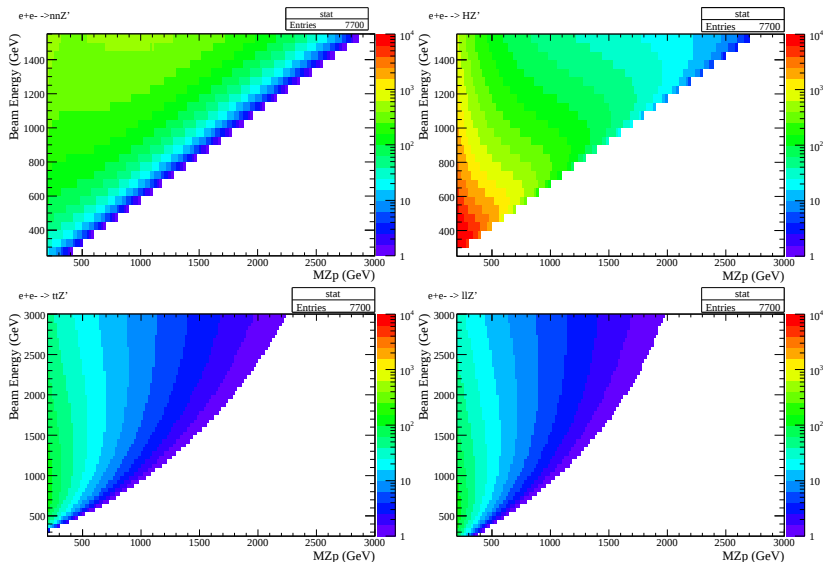
Statistique attendue

- Pour une luminosité de $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, sur un an d'acquisition, ie: $3.15 \cdot 10^5 \text{ pb}^{-1}$



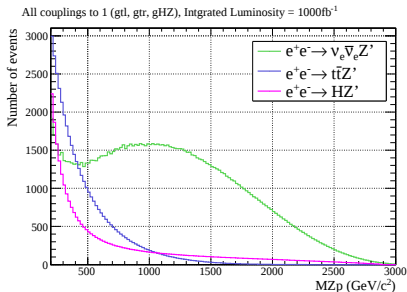
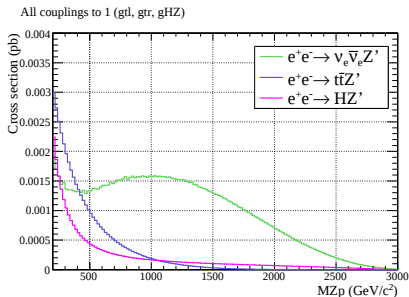
Statistique attendue

- Pour une luminosité de $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, sur un an d'acquisition, ie: $3.15 \cdot 10^5 \text{ pb}^{-1}$



Conclusion préliminaire

- Luminosité intégrée de 1000 fb^{-1} (≈ 3 ans)
- $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}Z'$ et $e^+e^- \rightarrow HZ'$ sont favorisés pour un Z' de masse relativement faible
- $e^+e^- \rightarrow \nu_e\bar{\nu}_eZ'$ reste le seul canal envisageable si le Z' est au delà de $500 \text{ GeV}/c^2$
- $e^+e^- \rightarrow \nu_e\bar{\nu}_eZ'$ est intéressant pour une large gamme de masses du Z'



Conclusion préliminaire

- Les canaux $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}Z'$ et $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-Z'$ offrent très peu d'événements sur un an de collision CLIC ou ILC pour des basses valeurs des couplages (0.3)
- Le canal $e^+e^- \rightarrow HZ'$ offre la statistique maximale pour les faibles valeurs de la masse du Z' ($M'_Z < 1 \text{ TeV}$) et à “basse” énergie de faisceau ($E_{cm} < 1 \text{ TeV}$) $\Rightarrow$ ILC.
- Le canal $e^+e^- \rightarrow \nu_e\bar{\nu}_eZ'$ offre une statistique raisonnable (> 1000 événements) quelle que soit la masse du Z' mais à haute énergie de faisceau uniquement ($E_{cm} > 2.5 \text{ TeV}$) $\Rightarrow$ CLIC.
- L'état du Z' reste à étudier et devra être confronté au bruit de fond.