



# Annihilation de l'annihilation de neutralinos en Zh

B. Labonne

► **To cite this version:**

B. Labonne. Annihilation de l'annihilation de neutralinos en Zh. GdR Supersymetrie 2004, Jul 2004, Clermont-Ferrand, France. pp.1-15. in2p3-00022231

**HAL Id: in2p3-00022231**

**<http://hal.in2p3.fr/in2p3-00022231>**

Submitted on 9 Sep 2004

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Laboratoire de Physique Corpusculaire  
de Clermont-Ferrand



# *Annihilation de l'annihilation de neutralinos en Zh*

par

**Benjamin LABONNE**

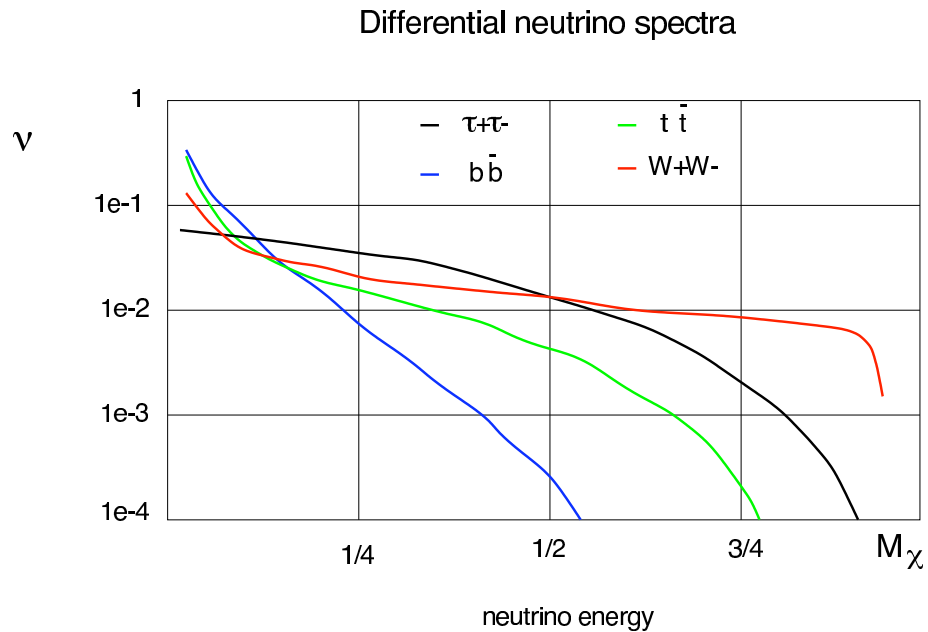
Jean Orloff, Emmanuel Nezri

5 juillet 2004

# Plan

1. **Importance du canal Zh pour la détection de matière noire**
2. **Canal dominant ou dominé ??**
3. **Généralité de la suppression ?**
4. **Développement des amplitudes en  $m_Z$**
5. **Validité du développement en  $m_Z$**
6. **Quoi de neuf avec la théorie des perturbations ?**
7. **Conclusion**

# 1. Importance du canal Zh pour la détection de matière noire



$\nu$  – Flux différentiel de neutrinos pour les principaux canaux de désintégration provenant de l'annihilation de neutralinos au centre du Soleil.

Extrait de la thèse d'Emmanuel Nezri (Neutrino et Cosmologie dans les modèles de Grande Unification)

## 2. Canal dominant ou dominé ?

### Dominé ?

Annihilation au repos avec DakSusy pour le point Msugra ( $m_0 = 3000\text{GeV}$ ,  $m_{1/2} = 800\text{GeV}$ ,  $A_0 = 0$ ,  $\tan(\beta) = 10$  et  $\mu > 0$ ) :

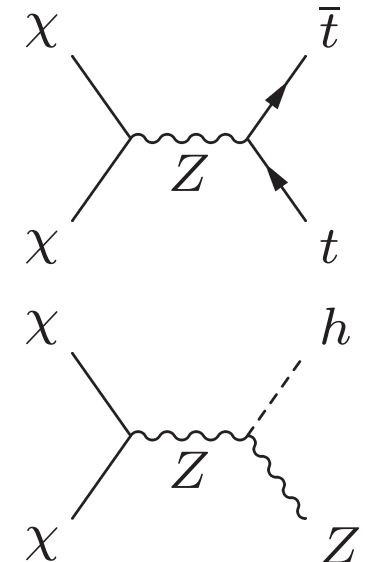
$$\begin{aligned}
 v\sigma(\chi\chi \rightarrow \text{all}) &= 1,85762994 \cdot 10^{-28} \text{cm}^3/\text{s} \\
 v\sigma(\chi\chi \rightarrow t\bar{t}) &= 1,82783628 \cdot 10^{-28} \text{cm}^3/\text{s} \\
 v\sigma(\chi\chi \rightarrow WW) &= 9,5417024 \cdot 10^{-31} \text{cm}^3/\text{s} \\
 v\sigma(\chi\chi \rightarrow b\bar{b}) &= 5,74446542 \cdot 10^{-31} \text{cm}^3/\text{s} \\
 v\sigma(\chi\chi \rightarrow ZZ) &= 5,64788657 \cdot 10^{-31} \text{cm}^3/\text{s} \\
 v\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh) &= 1,92838843 \cdot 10^{-31} \text{cm}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$\Rightarrow$  **OUI**, mais...  $v\sigma(\chi\chi \rightarrow t\bar{t})_Z = 2,86814251 \cdot 10^{-28} \text{cm}^3/\text{s}$

Or :

$$v\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z = 7,387 \cdot 10^{-28}$$

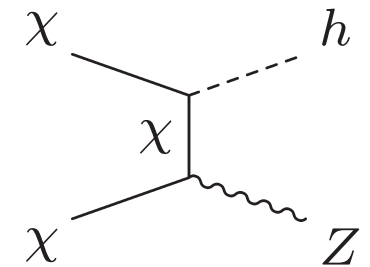
Le canal Zh avec échange de Z semble donc **dominant** !



Autres diagrammes pouvant intervenir :

→Échange de A ?  $\Rightarrow$  Très supprimé à cause de la masse élevée

→Échange de neutralino :



$\Rightarrow$  Ce diagramme annule le précédent avec une précision de l'ordre de  $10^{-3}$  près pour la section efficace !

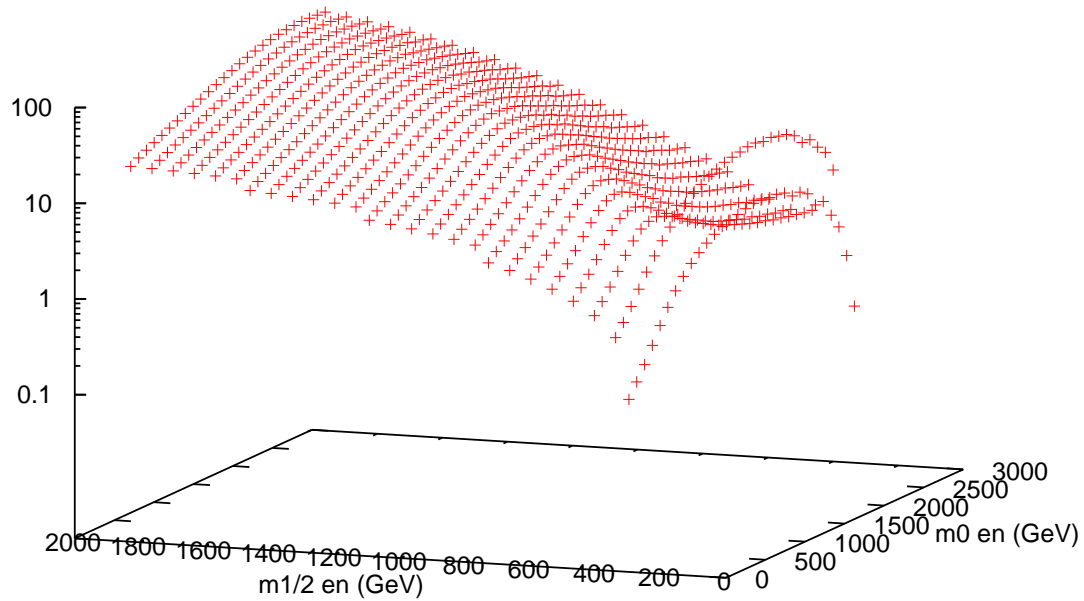
### 3. Généralité de cette suppression ?

N'est on pas sur un point critique de l'espace des paramètres ??

$$\frac{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z}{\sigma(\chi\chi \rightarrow All)}$$

chi+chi->Z+h dans le canal Z sur la section efficace totale

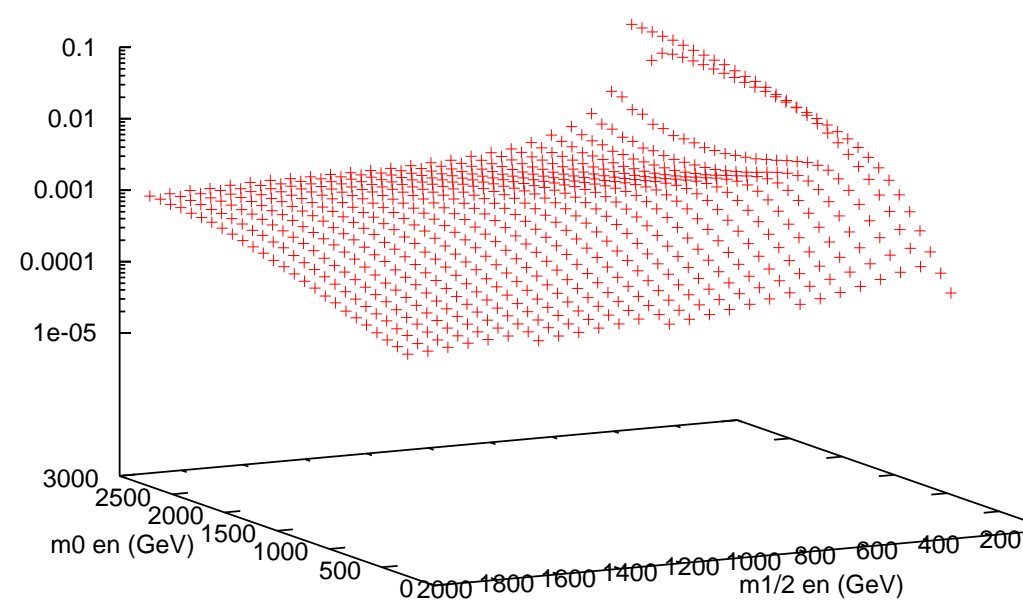
'low-scan-neut-BR.res' using 7:8:(\$19/\$17) +



$$\frac{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_{Z+\chi}}{\sigma(\chi\chi \rightarrow All)}$$

chi+chi->Zh sur la section efficace totale

'low-scan-neut-BR.res' using 7:8:(\$19/\$17)



⇒ Suppression avec une grande précision pour presque tout l'espace des paramètres !

⇒ Est-ce une propriété fondamentale du modèle ?

Rappels : matrice de masse des neutralinos dans la base  $(\tilde{B}, \tilde{W}^3, \tilde{H}_1^0, \tilde{H}_2^0)$  :

$$M = \begin{pmatrix} M_1 & 0 & -m_Z \sin \theta_W \cos \beta & m_Z \sin \theta_W \sin \beta \\ 0 & M_2 & m_Z \cos \theta_W \cos \beta & -m_Z \cos \theta_W \sin \beta \\ -m_Z \sin \theta_W \cos \beta & m_Z \cos \theta_W \cos \beta & 0 & -\mu \\ m_Z \sin \theta_W \sin \beta & -m_Z \cos \theta_W \sin \beta & -\mu & 0 \end{pmatrix}$$

$$NMN^{-1} = M_D$$

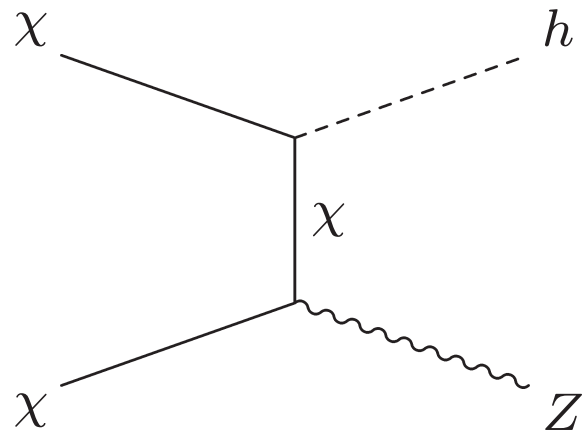
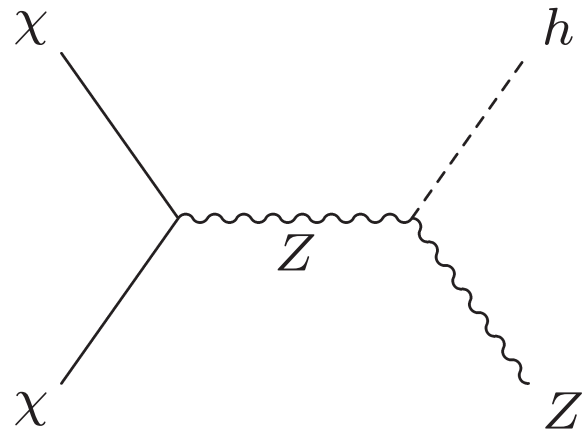
Amplitudes pour les deux diagrammes :

$$A(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z = -\sqrt{2}\beta_{Zh} \frac{m_\chi^2 g^2}{m_Z \cos \theta_W} \frac{(-N_{13}^2 + N_{14}^2)}{m_Z \cos \theta_W}$$

$$A(\chi\chi \rightarrow Zh)_\chi = \sqrt{2}\beta_{Zh} \frac{m_\chi^2 g^2}{m_Z \cos \theta_W} \sum_{i=1}^4 2 \frac{(-N_{13}N_{i3} + N_{14}N_{i4})T_{0i}(m_{\chi_i} - m_\chi)}{2m_\chi^2 + 2m_{\chi_i}^2 - m_h^2 - m_Z^2}$$

avec :  $T_{ij} = (N_{i2} - N_{i1} \tan \theta_W) (\sin \alpha N_{j3} + \cos \alpha N_{j4}) + (i \leftrightarrow j)$





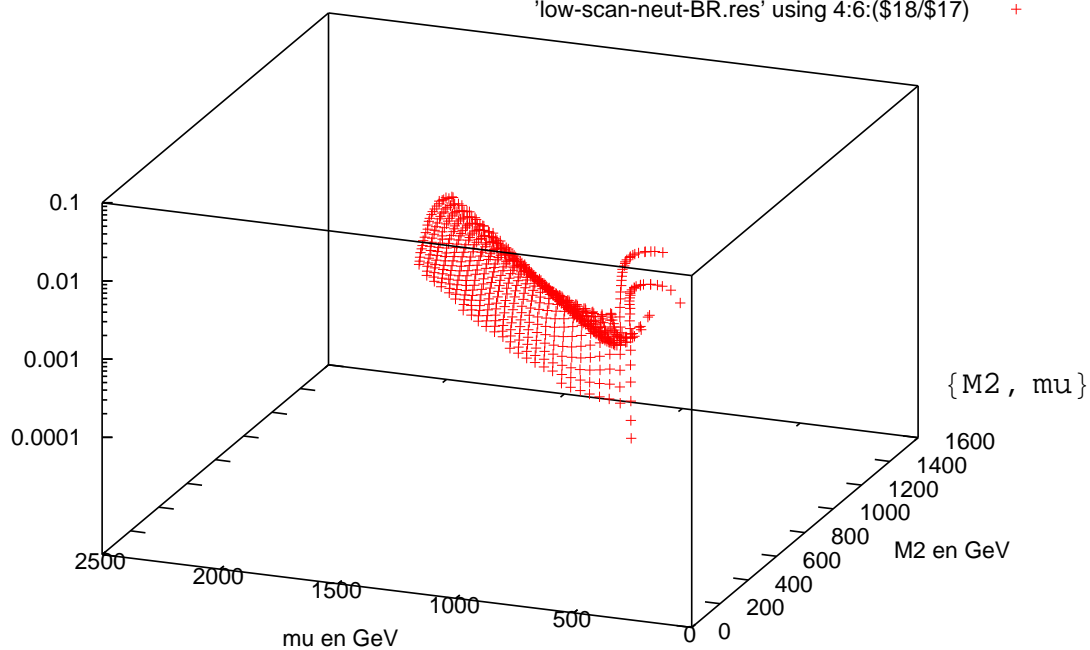
Comparaison de la suppression entre MSugra et le MSSM (avec GUT) :

$$\left( \frac{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_{Z+\chi}}{\sigma(\chi\chi \rightarrow All)} \right)_{MSugra}$$

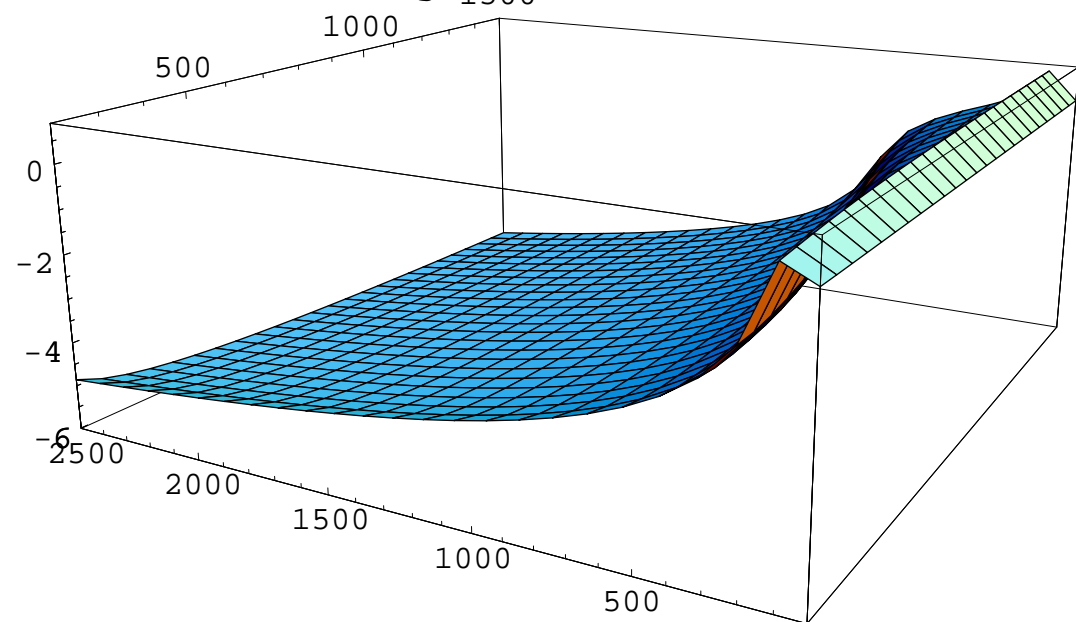
$$\log_{10} \left( \frac{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_{Z+\chi}}{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z} \right)_{MSSM}$$

chi+chi->Zh sur la section efficace totale dans le plan (mu,M2)

'low-scan-neut-BR.res' using 4:6:(\$18/\$17) +



Ordre de grandeur de l'annulation



## 4. Développement des Amplitudes en $m_Z$

$$\begin{aligned}
 m_{\chi_1} &= M_1 - \frac{m_Z^2 \sin^2 \theta_W (M_1 + \mu \sin 2\beta)}{\mu^2 - M_1^2} \\
 m_{\chi_2} &= M_2 - \frac{m_Z^2 \cos^2 \theta_W (M_2 + \mu \sin 2\beta)}{\mu^2 - M_2^2} \\
 m_{\chi_3} &= -\mu - \frac{m_Z^2 (1 - \sin 2\beta) (\mu + M_1 \cos^2 \theta_W + M_2 \sin^2 \theta_W)}{2(\mu + M_1)(\mu + M_2)} \\
 m_{\chi_4} &= \mu + \frac{m_Z^2 (1 + \sin 2\beta) (\mu - M_1 \cos^2 \theta_W - M_2 \sin^2 \theta_W)}{2(\mu - M_1)(\mu - M_2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{N_{i2}}{N_{i1}} &= -\frac{1}{\tan \theta_W} \frac{M_1 - m_{\chi_i}}{M_2 - m_{\chi_i}} \\
 \frac{N_{i3}}{N_{i1}} &= \mu \frac{(M_2 - m_{\chi_i})(M_1 - m_{\chi_i}) - m_Z^2 \sin \beta \cos \beta ((M_1 - M_2) \cos^2 \theta_W + M_2 - m_{\chi_i})}{m_Z (M_2 - m_{\chi_i}) \sin \theta_W (\mu \cos \beta + m_{\chi_i} \sin \beta)} \\
 \frac{N_{i4}}{N_{i1}} &= -m_{\chi_i} \frac{(M_2 - m_{\chi_i})(M_1 - m_{\chi_i}) - m_Z^2 \cos^2 \beta ((M_1 - M_2) \cos^2 \theta_W + M_2 - m_{\chi_i})}{m_Z (M_2 - m_{\chi_i}) \sin \theta_W (\mu \cos \beta + m_{\chi_i} \sin \beta)}
 \end{aligned}$$

$$N_{i1} = \left( 1 + \left( \frac{N_{i2}}{N_{i1}} \right)^2 + \left( \frac{N_{i3}}{N_{i1}} \right)^2 + \left( \frac{N_{i4}}{N_{i1}} \right)^2 \right)^{-1/2}$$

M. M. El Kheishen, A. A. Aboshousha, et A. A. Shafik, *Analytic formulas for the neutralino masses and the neutralino mixing matrix*, **Nucl. Rev.** **D45** (1992)

Avec ces définitions, à l'ordre 0 en  $m_Z$ , on a :

$$A(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z = -\sqrt{2}\beta_{Zh}m_\chi^2g^2 \cos 2\beta \tan^2 \theta_W \frac{1}{(M_1^2 - u^2)}$$

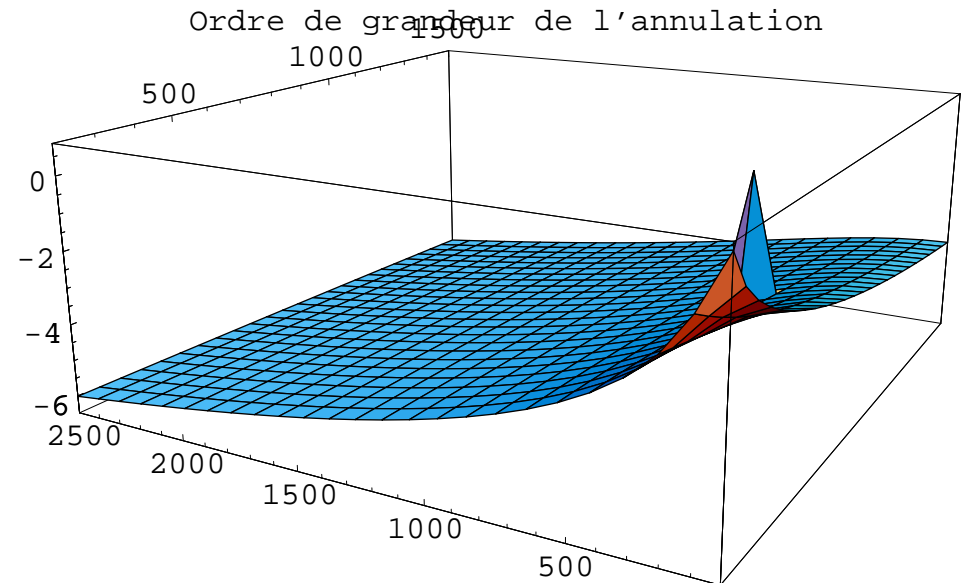
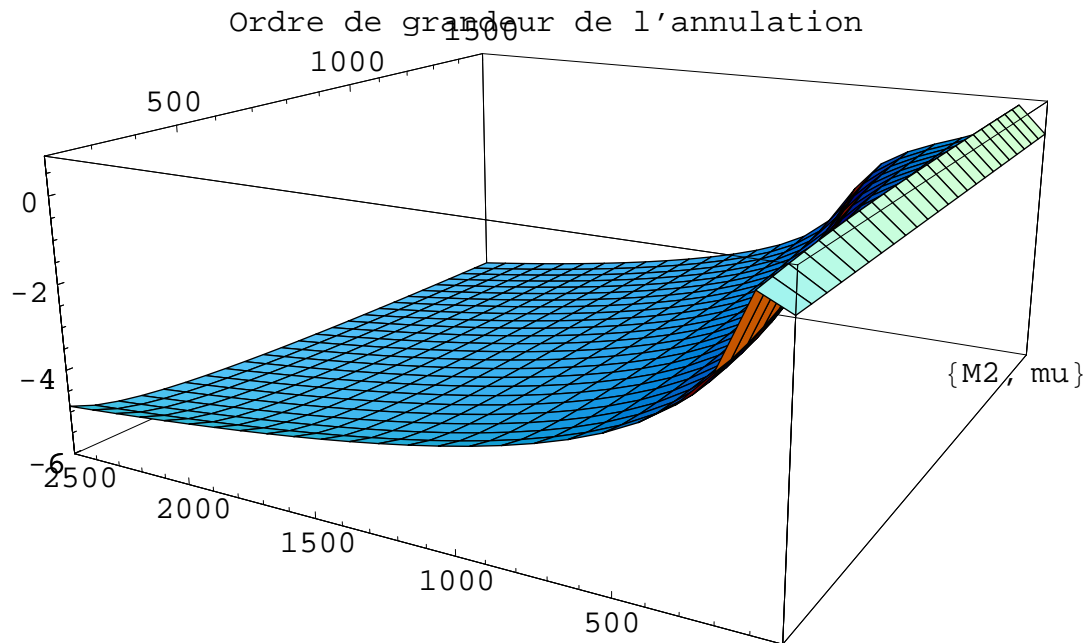
$$A(\chi \rightarrow Zh)_\chi = \sqrt{2}\beta_{Zh}m_\chi^2g^2 \cos 2\beta \tan^2 \theta_W \frac{(M_1^2 + \mu^2)}{(M_1^2 - u^2)(2M_1^2 + 2\mu^2 - mh^2)}$$

⇒ Suppression exact à l'ordre 0 en  $m_Z$  quand  $mh \rightarrow 0$  !

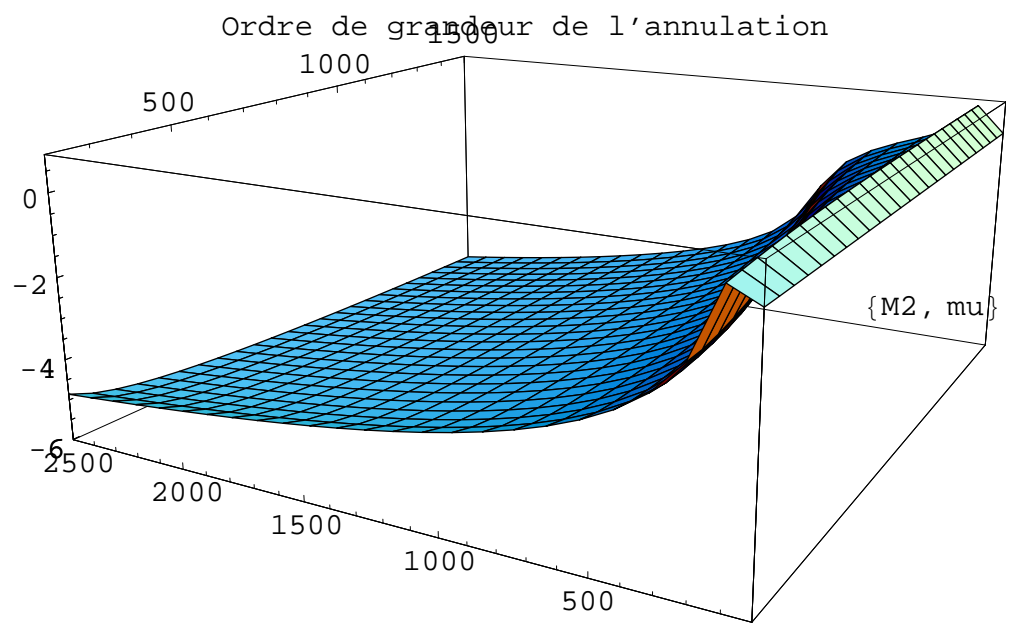
## 5. Validité du développement en $m_Z$

$$\log_{10} \left( \frac{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_{Z+\chi}}{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z} \right)_{MSSM}$$

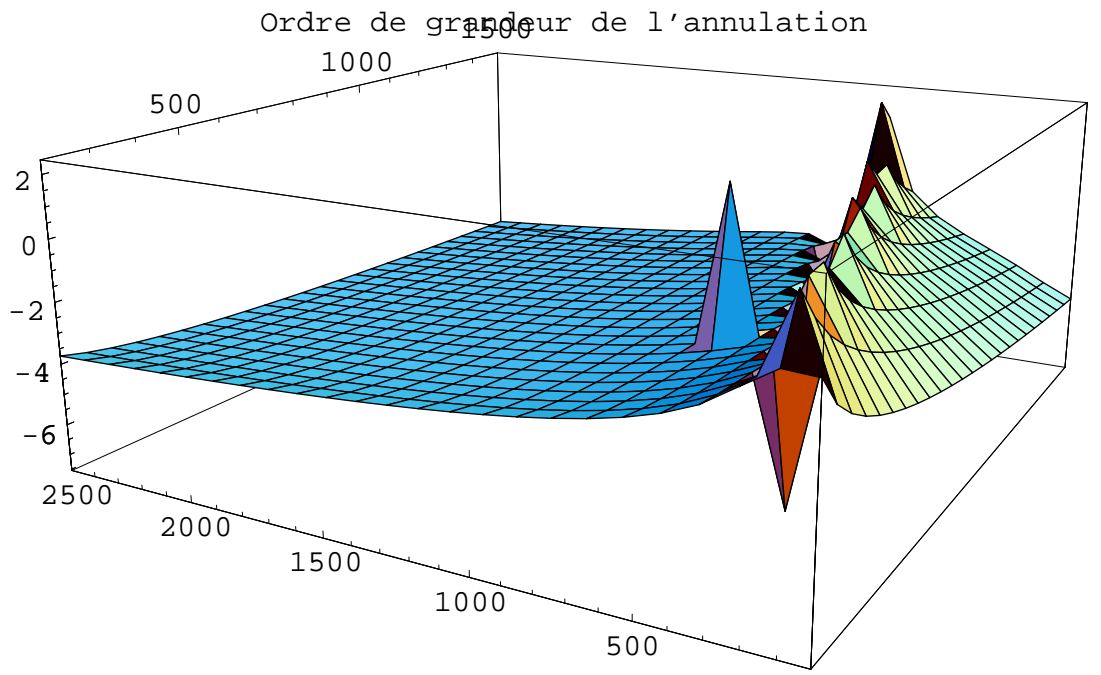
$$\log_{10} \left( \frac{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_{Z+\chi}}{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z} \right)_{MSSM} \quad (\text{ordre 0 en } m_Z)$$



$$\log_{10} \left( \frac{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_{Z+\chi}}{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z} \right)_{MSSM}$$



$$\log_{10} \left( \frac{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_{Z+\chi}}{\sigma(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z} \right)_{MSSM} \text{ (ordre 2 en } m_Z \text{)}$$



## 5. Quoi de neuf avec la théorie des perturbations ?

$$M_0 = \begin{pmatrix} M_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & M_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\mu \\ 0 & 0 & -\mu & 0 \end{pmatrix}$$

Valeurs propres non perturbées :  $m^0 = \text{diag}(M_1, M_2, -\mu, \mu)$

Base des vecteurs propres non perturbés :  $N^0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$

$$N^0 = (\varphi_1^0, \varphi_2^0, \varphi_3^0, \varphi_4^0)$$

Matrice de perturbation :

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -m_Z \sin \theta_W \cos \beta & m_Z \sin \theta_W \sin \beta \\ 0 & 0 & m_Z \cos \theta_W \cos \beta & -m_Z \cos \theta_W \sin \beta \\ -m_Z \sin \theta_W \cos \beta & m_Z \cos \theta_W \cos \beta & 0 & 0 \\ m_Z \sin \theta_W \sin \beta & -m_Z \cos \theta_W \sin \beta & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$\Rightarrow$  valeurs propres non perturbées au premier ordre en  $m_Z$  car  $W_{ii} = 0$

Vecteurs propres de la perturbations projetés sur la base non-perturbées :

$$\langle \varphi_p^0 | \varphi_n^1 \rangle = \frac{W_{pn}}{m_n^0 - m_p^0} \text{ pour } p \neq n$$

Sachant :  $\langle \varphi_p^0 | \varphi_p^1 \rangle = 0$ ,  $\Rightarrow$  les vecteurs propres de la perturbation :

$$|\varphi_n^1\rangle = \sum_{p \neq n} \frac{W_{pn}}{m_n^0 - m_p^0} |\varphi_n^0\rangle$$

La matrice de mélange perturbée s'écrit alors  $N_p = N^0 + N^1$

$$A(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z = -\sqrt{2}\beta_{Zh} \frac{m_\chi^2 g^2}{m_Z \cos\theta_W} \frac{(-N_{13}^2 + N_{14}^2)}{m_Z \cos\theta_W}$$

$$A(\chi\chi \rightarrow Zh)_\chi = \sqrt{2}\beta_{Zh} \frac{m_\chi^2 g^2}{m_Z \cos\theta_W} \sum_{i=1}^4 2 \frac{(-N_{13}N_{i3} + N_{14}N_{i4})T_{0i}(m_{\chi_i} - m_\chi)}{2m_\chi^2 + 2m_{\chi_i}^2 - m_h^2 - m_Z^2}$$

on a alors :

$$A(\chi\chi \rightarrow Zh)_Z = -\sqrt{2}\beta_{Zh} m_\chi^2 g^2 \cos 2\beta \tan^2 \theta_W \frac{1}{(M_1^2 - u^2)}$$

$$A(\chi \rightarrow Zh)_\chi = \sqrt{2}\beta_{Zh} m_\chi^2 g^2 \cos 2\beta \tan^2 \theta_W \frac{(M_1^2 + \mu^2)}{(M_1^2 - u^2)(2M_1^2 + 2\mu^2 - m_Z^2 - mh^2)}$$

## 6. Conclusion

