

Supersymétrie et collisionneurs hadroniques

- Analyses du RUN I au Tevatron avec conservation de R_P
- Analyses du RUN I avec \tilde{R}_P
- CMS et \tilde{R}_P

Analyses du RUN I avec R_P

hypothèses :

- modèles inspirés de mSUGRA
- LSP = $\tilde{\chi}_1^0$ stable $\Rightarrow \cancel{E}_T$

Analyses classiques :

1) Recherche de \tilde{q} et \tilde{g}

- $\cancel{E}_T + n\text{-jet}$
- $\cancel{E}_T + n\text{-jet} + ll$ ($\tilde{g} \rightarrow \tilde{\chi}_1^\pm X \rightarrow lX$)

Collisionneurs hadroniques essentiellement sensibles à production de SUSY via QCD : $\sigma_{\tilde{q}\bar{q}}$, $\sigma_{\tilde{q}\tilde{q}}$, $\sigma_{\tilde{g}\tilde{g}}$, $\sigma_{\tilde{g}\tilde{q}}$

2) Recherche de $\tilde{\chi}_1^\pm$, $\tilde{\chi}_1^0$

- $\tilde{\chi}_1^\pm \tilde{\chi}_2^0 \rightarrow (\tilde{\chi}_1^0 l^\pm \nu)(\tilde{\chi}_1^0 l^+ l^-) \rightarrow 3l + \cancel{E}_T$

3) Recherche de \tilde{t}_1 léger

- $t\bar{t} \rightarrow (\tilde{t}_1 \tilde{\chi}_1^0)(W^- \bar{b}) \rightarrow lj j b b \cancel{E}_T$
- $\tilde{t}_1 \bar{\tilde{t}}_1 \rightarrow (\tilde{\chi}_1^+ \bar{b})(\tilde{\chi}_1^- b) \rightarrow lj j b b \cancel{E}_T$

Recherche de \tilde{g} , \tilde{q}

$$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{q}, \tilde{q}\tilde{q} \rightarrow \cancel{E}_T + n\text{-jet}$$

$$\text{CDF} : \int \mathcal{L} = 19 \text{ pb}^{-1}$$

- $\cancel{E}_T > 60 \text{ GeV}$
- Au moins 3 jets avec $E_T > 15 \text{ GeV}$
- Pas de leptons avec $E_T > 10 \text{ GeV}$

$$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{q}, \tilde{q}\tilde{q} \rightarrow \cancel{E}_T + n\text{-jet} + ll$$

$$\text{CDF} : \int \mathcal{L} = 81 \text{ pb}^{-1}$$

- $\cancel{E}_T > 25 \text{ GeV}$
- 2 jets avec $E_T > 15 \text{ GeV}$
- 2 leptons S.S. avec $P_T(l_{1,2}) > 11, 5 \text{ GeV}$

$$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{q}, \tilde{q}\tilde{q} \rightarrow \cancel{E}_T + n\text{-jet}$$

$$\text{D0} : \int \mathcal{L} = 79 \text{ pb}^{-1}$$

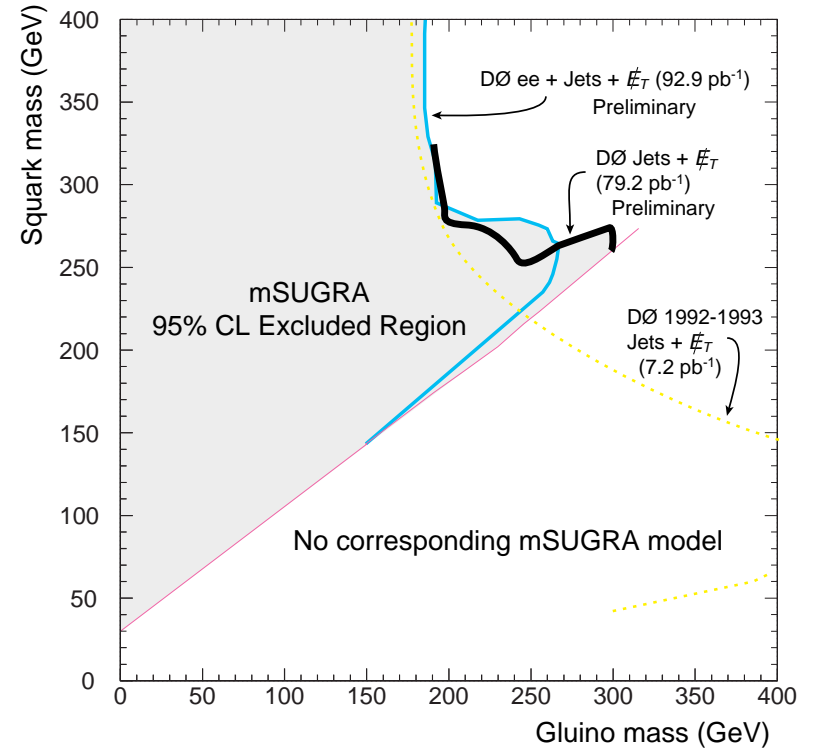
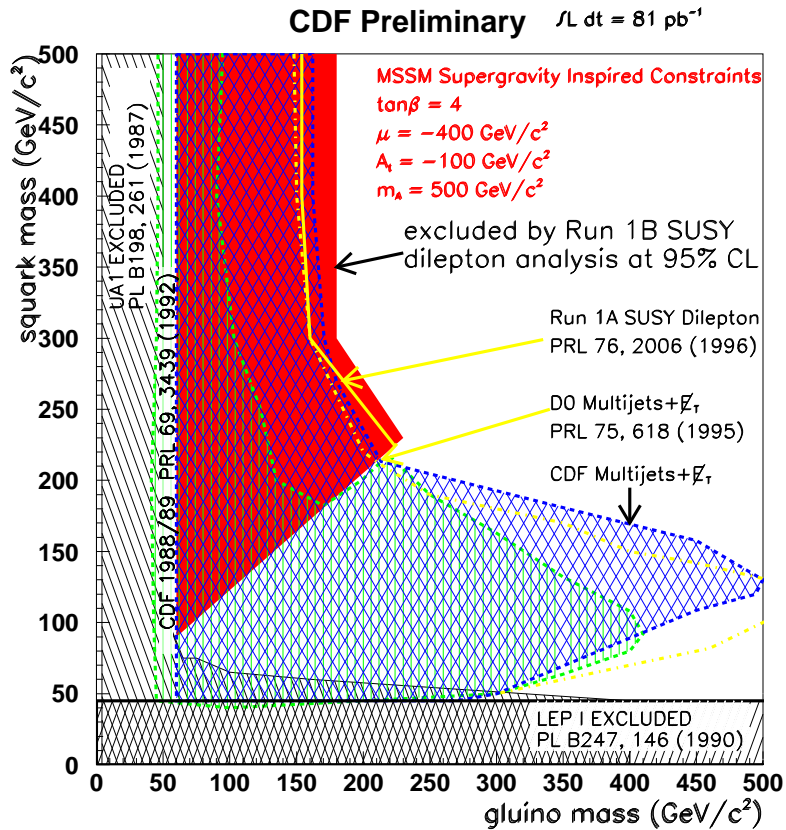
- $\cancel{E}_T > 50 \text{ GeV}$
- Au moins 3 jets avec $E_T > 25 \text{ GeV}$ dont 1 $> 115 \text{ GeV}$
- Pas de muon avec $E_T > 15 \text{ GeV}$

$$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{q}, \tilde{q}\tilde{q} \rightarrow \cancel{E}_T + n\text{-jet} + ee$$

$$\text{D0} : \int \mathcal{L} = 93 \text{ pb}^{-1}$$

- $\cancel{E}_T > 25 \text{ GeV}$
- 2 jets avec $E_T > 20 \text{ GeV}$
- 2 e avec $E_T > 15 \text{ GeV}$

$$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{q}, \tilde{q}\tilde{q} \rightarrow \cancel{E}_T + n\text{-jet} + ll$$



$$\cancel{E}_T + n\text{-jet}$$

$$m_{\tilde{g}} > 173 \text{ GeV}/c^2 \quad (\forall m_{\tilde{q}} > m_{\tilde{g}})$$

$$m_{\tilde{g}} > 216 \text{ GeV}/c^2 \quad (m_{\tilde{q}} = m_{\tilde{g}})$$

$$\cancel{E}_T + n\text{-jet} + ll$$

$$m_{\tilde{g}} > 180 \text{ GeV}/c^2 \quad (\forall m_{\tilde{q}} > m_{\tilde{g}})$$

$$m_{\tilde{g}} > 230 \text{ GeV}/c^2 \quad (m_{\tilde{q}} = m_{\tilde{g}})$$

$$\cancel{E}_T + n\text{-jet}$$

$$m_{\tilde{g}} > 180 \text{ GeV}/c^2 \quad (\forall m_{\tilde{q}} > m_{\tilde{g}})$$

$$m_{\tilde{g}} > 260 \text{ GeV}/c^2 \quad (m_{\tilde{q}} = m_{\tilde{g}})$$

$$\cancel{E}_T + n\text{-jet} + ee$$

$$m_{\tilde{g}} > 180 \text{ GeV}/c^2 \quad (\forall m_{\tilde{q}} > m_{\tilde{g}})$$

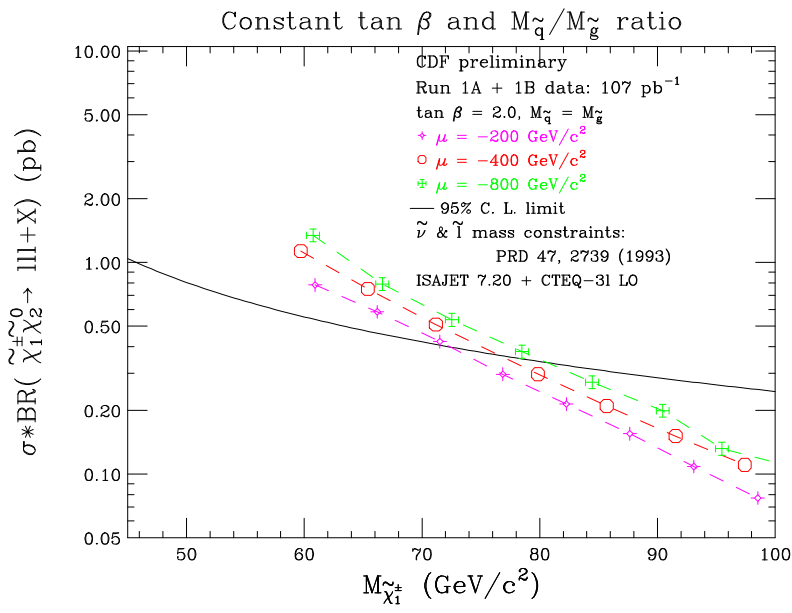
$$m_{\tilde{g}} > 267 \text{ GeV}/c^2 \quad (m_{\tilde{q}} = m_{\tilde{g}})$$

Recherche de $\tilde{\chi}_1^\pm, \tilde{\chi}_1^0$

$$\tilde{\chi}_1^\pm \tilde{\chi}_2^0 \rightarrow \cancel{E}_T + 3 l$$

CDF : $\int \mathcal{L} = 107 \text{ pb}^{-1}$

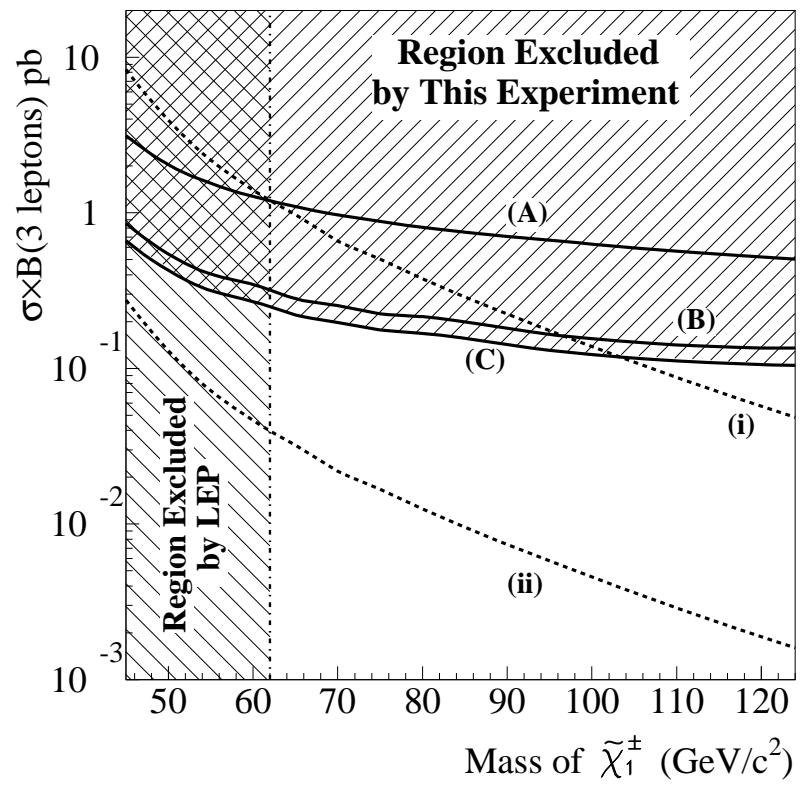
- $\cancel{E}_T > 15 \text{ GeV}$
- 3 leptons avec $P_T(l_{1,2,3}) > 11, 5, 5 \text{ GeV}$



$$m_{\tilde{\chi}_1^\pm} \gtrsim 70 \text{ GeV}/c^2$$

$$\tilde{\chi}_1^\pm \tilde{\chi}_2^0 \rightarrow \cancel{E}_T + 3 l$$

D0 : $\int \mathcal{L} = 93 \text{ pb}^{-1}$



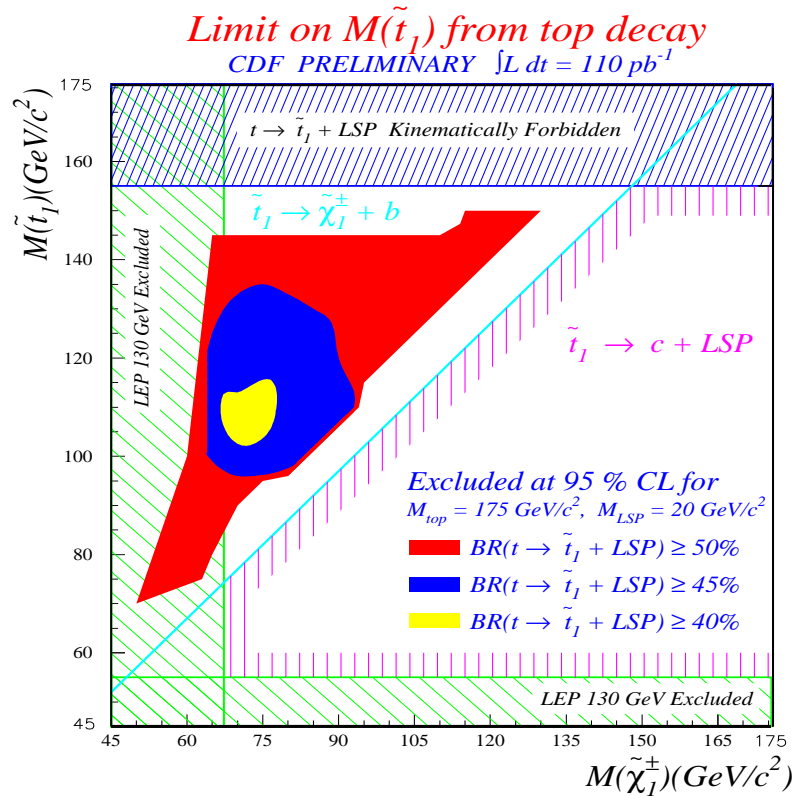
Recherche de \tilde{t}_1 léger

$$t\bar{t} \rightarrow (\tilde{t}_1\tilde{\chi}_1^0)(W^-b) \rightarrow ljbb\cancel{E}_T$$

$$\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{\chi}_1^+ b \rightarrow jj\tilde{\chi}_1^0 b$$

$$\text{CDF} : \int \mathcal{L} = 110 \text{ pb}^{-1}$$

- coupures top + $\cancel{E}_T > 45 \text{ GeV}$



$$\tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow (\tilde{\chi}_1^+ b)(\tilde{\chi}_1^- b)$$

$$\text{CDF} : \tilde{\chi}_1^+ \rightarrow \nu\tilde{\chi}_1^0, \tilde{\chi}_1^- \rightarrow jj\tilde{\chi}_1^0 \Rightarrow ljbb\cancel{E}_T$$

$$\int \mathcal{L} = 90 \text{ pb}^{-1}$$

$$\text{D0} : \tilde{\chi}_1^\pm \rightarrow e^\pm\nu\tilde{\chi}_1^0 \Rightarrow eejj\cancel{E}_T \int \mathcal{L} = 75 \text{ pb}^{-1}$$

Limite au delà des prévisions théoriques

Analyses du RUN I avec R_P

hypothèses :

Motivation liée aux événements d'Hera

Terme étudié : λ'_{121}

Analyses :

- $\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow (\tilde{c}_L\bar{c})(\tilde{c}_L\bar{c}) \xrightarrow{\lambda'_{121}} (e^+d\bar{c})(e^+d\bar{c})$
- $\tilde{c}_L\tilde{c}_L \rightarrow (c\tilde{\chi}_1^0)(\bar{c}\tilde{\chi}_1^0) \xrightarrow{\lambda'_{121}} (cq\bar{q}'e^\pm)(\bar{c}q\bar{q}'e^\pm)$

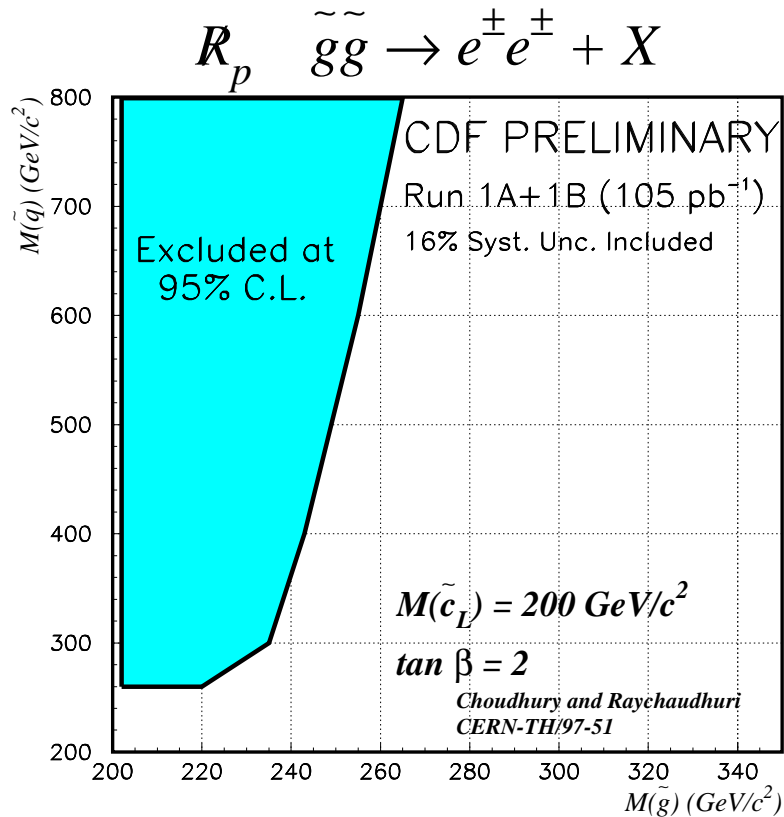
$$\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow (\tilde{c}_L\bar{c})(\tilde{c}_L\bar{c}) \xrightarrow{\lambda'_{121}} (e^+d\bar{c})(e^+d\bar{c})$$

$$\text{CDF} : \int \mathcal{L} = 105 \text{ pb}^{-1}$$

Signature : $ee + \geq 2 \text{ jets}$

$$E_T(e, j) > 15 \text{ GeV}$$

Limit : $\sigma \cdot BR(\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow e^\pm e^\pm X) < 0.2 \text{ pb}$

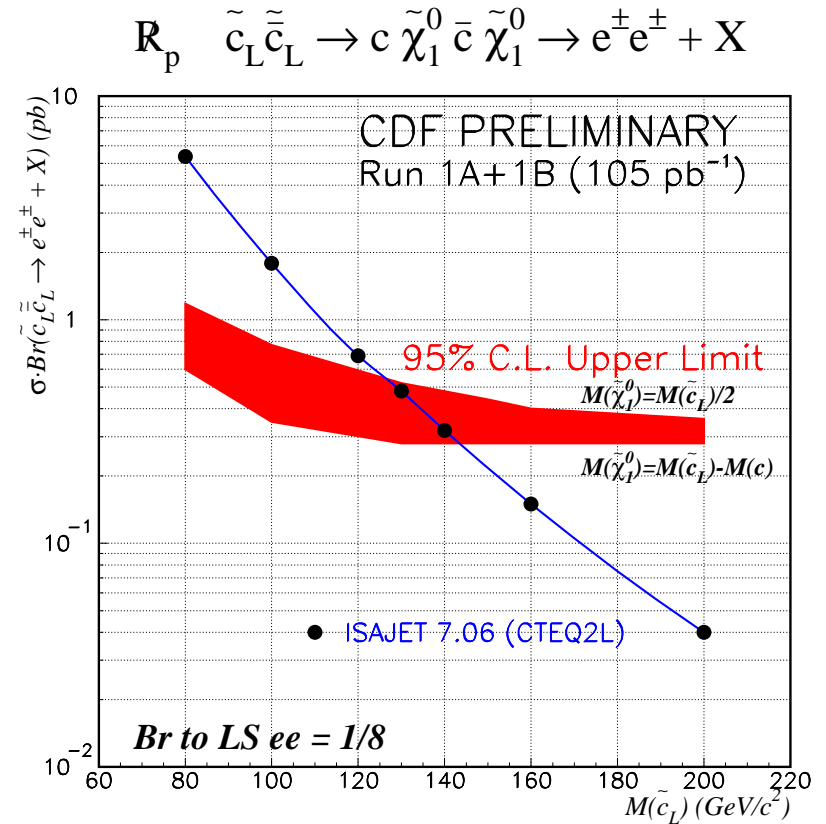


$$\tilde{c}_L\tilde{c}_L \rightarrow (c\tilde{\chi}_1^0)(\bar{c}\tilde{\chi}_1^0) \xrightarrow{\lambda'_{121}} (cq\bar{q}'e^\pm)(\bar{c}q\bar{q}'e^\pm)$$

$$\text{CDF} : \int \mathcal{L} = 105 \text{ pb}^{-1}$$

Signature : $ee + \geq 2 \text{ jets}$

Limit : $\sigma \cdot BR(\tilde{c}_L\tilde{c}_L \rightarrow e^\pm e^\pm X) < 0.3 \text{ pb}$



hypothèses :

- cadre mSUGRA
- couplages $R_P \ll$ couplages de jauge $\Rightarrow \sigma$ et BR non modifiés
- R_P via 1 seul λ

Pour l'instant, étude de R_P via termes leptoniques : λ_{ijk}
 $\Rightarrow \tilde{\chi}_1^0 \rightarrow 1$ ou $2 l$

λ_{ijk} ijk	Decay channel	Fraction of leptons			Mean number of	
		$0l$	$1l$	$2l$	$\langle l \rangle$	$\langle \nu \rangle$
121	$e^- \nu_\mu e^+, \nu_e \mu^- e^+$	0%	0%	100%	2.0	1.0
122	$e^- \nu_\mu \mu^+, \nu_e \mu^- \mu^+$	0%	0%	100%	2.0	1.0
123	$e^- \nu_\mu \tau^+, \nu_e \mu^- \tau^+$	0%	65%	35%	1.3	2.3
131	$e^- \nu_\tau e^+, \nu_e \tau^- e^+$	0%	32.5%	67.5%	1.7	1.7
132	$e^- \nu_\tau \mu^+, \nu_e \tau^- \mu^+$	0%	32.5%	67.5%	1.7	1.7
133	$e^- \nu_\tau \tau^+, \nu_e \tau^- \tau^+$	21.1%	55.3%	23.6%	1.0	3.0
231	$\mu^- \nu_\tau e^+, \nu_\mu \tau^- e^+$	0%	32.5%	67.5%	1.7	1.7
232	$\mu^- \nu_\tau \mu^+, \nu_\mu \tau^- \mu^+$	0%	32.5%	67.5%	1.7	1.7
233	$\mu^- \nu_\tau \tau^+, \nu_\mu \tau^- \tau^+$	21.1%	55.3%	23.6%	1.0	3.0

$$(l = e, \mu, BR(\tau \rightarrow e \bar{\nu}_e \nu_\tau) = BR(\tau \rightarrow \mu \bar{\nu}_\mu \nu_\tau) = 17.5\%)$$

\Rightarrow de 2 à 4 l supplémentaires par événement

Stratégie :

- recherche d'au moins 2 l isolés : O.S. ou S.S.
- étude de λ_{121} (cas optimiste) et λ_{133} (cas pessimiste)
- ne pas utiliser la saveur du l (e, μ) \Rightarrow analyse plus générale

Générateur :

SPYTHIA+adaptation pour autoriser decay du $\tilde{\chi}_1^0$

$$\tilde{\chi}_1^0 \xrightarrow{\lambda_{ijk}} \begin{cases} \bar{\nu}_i e_j^+ e_k^- \\ e_i^+ \bar{\nu}_j e_k^- \\ \nu_i e_j^- e_k^+ \\ e_i^- \nu_j e_k^+ \end{cases}$$

$BR = 25\%$ si masse des \tilde{l} dégénérée.

Coupages :

- 2 l isolés, $P_T > 10 \text{ GeV}$, $|\eta| < 2.6$, m_Z rejetée
- au moins 2 jets $P_T > 40 \text{ GeV}$

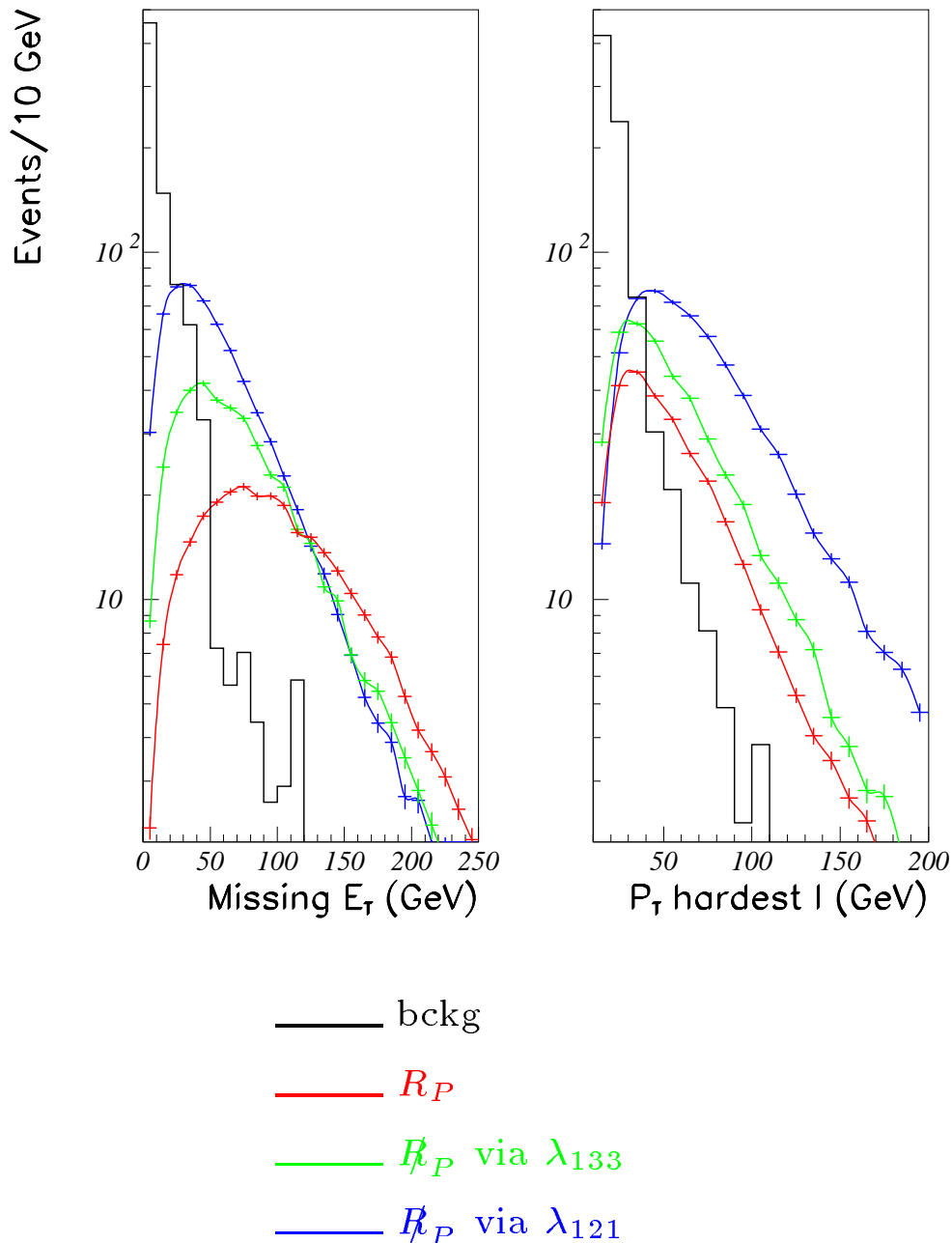
background :

$t\bar{t}$, W, Z +jet (parton showering), WW, WZ, ZZ +jet, QCD
 \Rightarrow généré par bin de \hat{P}_T avec SPYTHIA

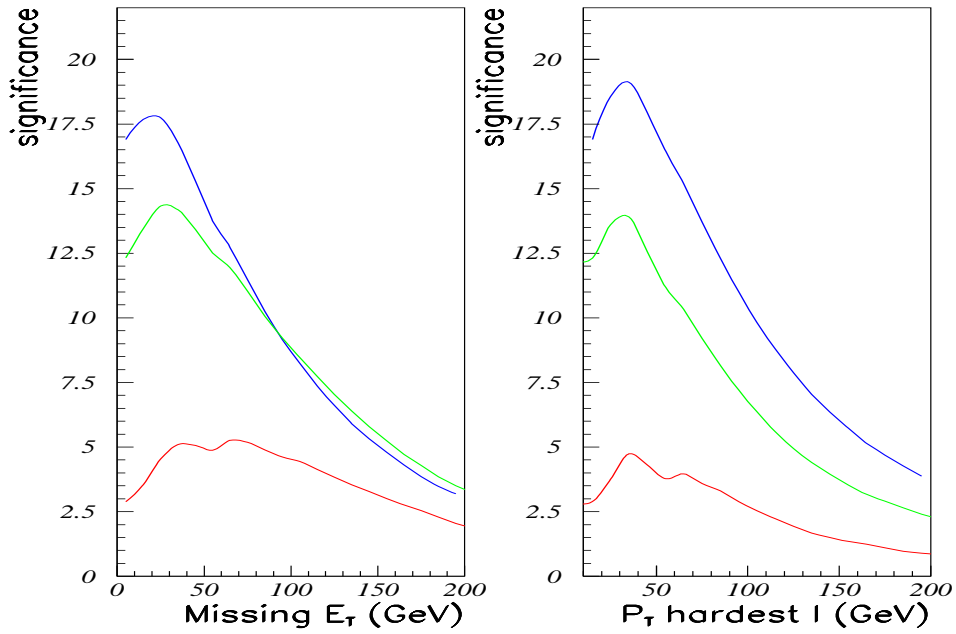
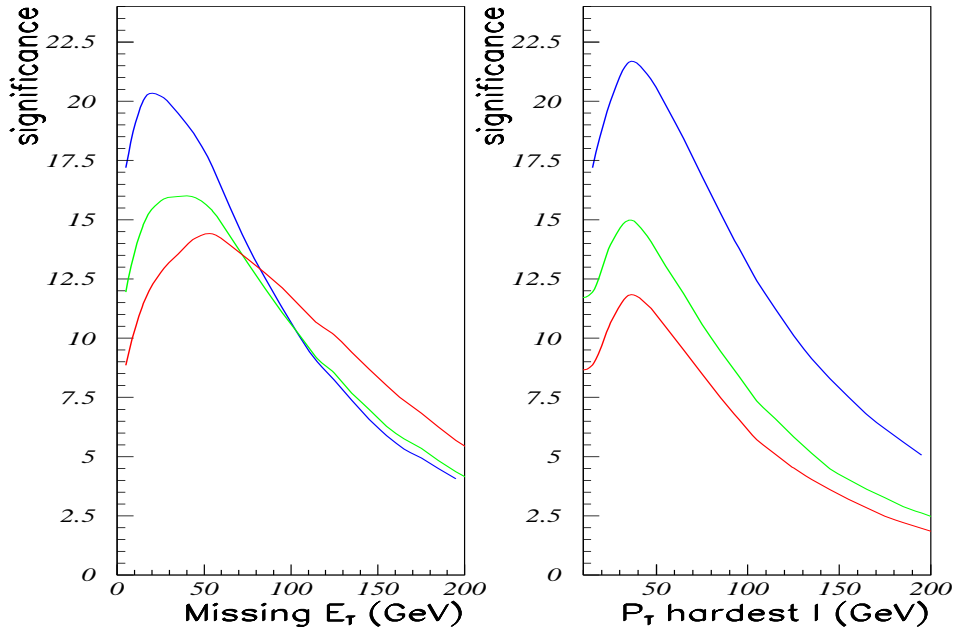
Exemple 1 : $m_0 = 200, m_{1/2} = 100, A_0 = 0, \tan \beta = 2, \mu < 0$

- masses : $m_{\tilde{g}} = 291, m_{\tilde{q}} = 310, m_{\tilde{\chi}_1^0} = 45 \text{ GeV}/c^2$
- section efficace : $\sigma = 1349 \text{ pb}$
- decays : $\tilde{g} \xrightarrow{86\%} \tilde{b}_1 \bar{b}, \tilde{b}_1 \xrightarrow{\approx 100\%} \tilde{\chi}_2^0 b, \tilde{\chi}_2^0 \xrightarrow{51\%} \tilde{\chi}_1^0 l^+ l^-$

$$\int \mathcal{L} = 1 \text{ pb}^{-1}$$



significativité pour $\int \mathcal{L} = 1 \text{ pb}^{-1}$



— R_P
 — \tilde{R}_P via λ_{133}
 — \tilde{R}_P via λ_{121}

\Rightarrow détection facile avec ou sans \tilde{R}_P

Exemple 2 : $m_0 = 400, m_{1/2} = 400, A_0 = 0, \tan \beta = 2, \mu > 0$

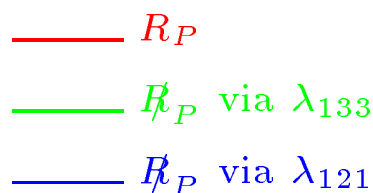
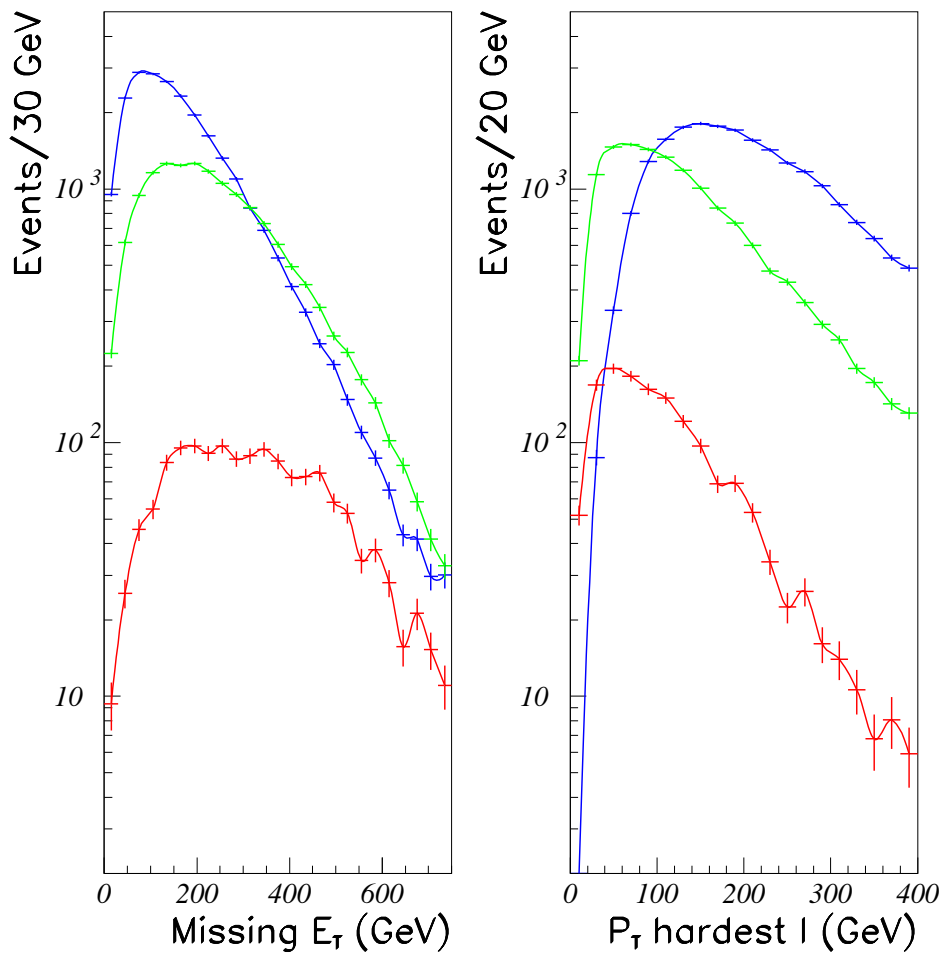
- masses :

$$m_{\tilde{g}} = 963, m_{\tilde{q}} = 900 \quad (m_{\tilde{t}_1} = 544), m_{\tilde{\chi}_1^0} = 162 \text{ GeV}/c^2$$

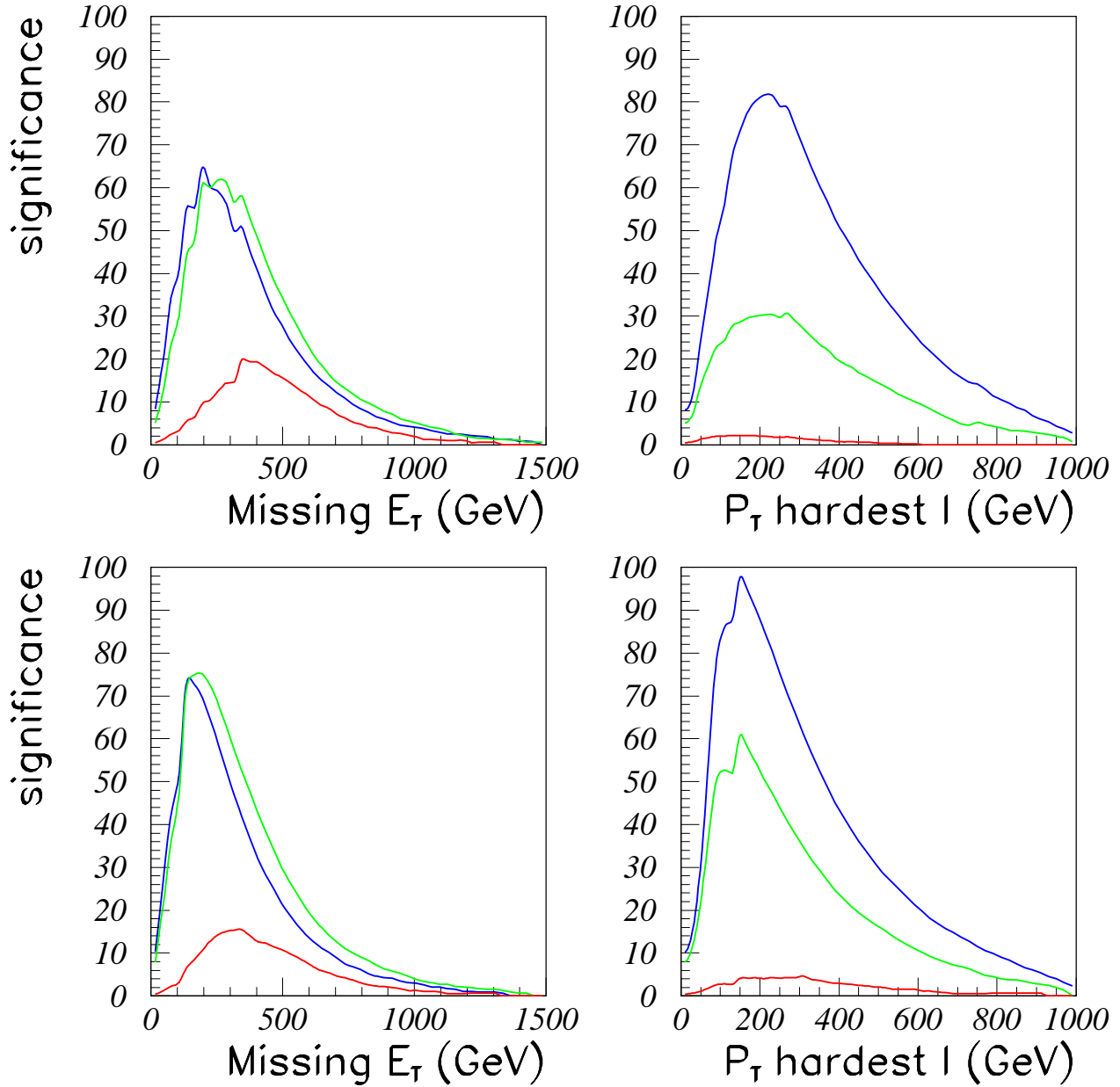
- section efficace : $\sigma = 3.1 \text{ pb}$

- decays : $\tilde{g} \xrightarrow{47\%} \tilde{t}_1 \bar{t}, \tilde{t}_1 \xrightarrow{73\%} \tilde{\chi}_1^0 t$ ($t \rightarrow bW \rightarrow bl\nu$)

$$\int \mathcal{L} = 10 \text{ fb}^{-1}$$



significativité pour $\int \mathcal{L} = 10 \text{ fb}^{-1}$



— R_P
— \tilde{R}_P via λ_{133}
— \tilde{R}_P via λ_{121}

Conclusions

Run I du Tevatron a couvert une bonne partie des analyses SUSY classiques. Toute la stat n'a pas encore été analysée.

Recherche de SUSY avec R_P au Tevatron débute à peine. Résultats encore très préliminaires.

Potentiel de CMS semble intéressant mais terrain encore à défricher.