



Recherche de particules supersymétriques dans le contexte de la R-parité violée avec couplage λ_{133}

- R-parité violée avec couplage λ_{133} : scénario et situation expérimentale
- Identification des taus hadroniques
- Premiers résultats, améliorations, perspectives ...

Anne-Catherine Le Bihan

Réunion D0-France, 9 novembre 2004

Scénario de la R-parité violée avec couplage λ_{133}



Extension du superpotential MSSM

$$\lambda_{ijk} (L_i L_j) E_k^c + \lambda'_{ijk} (Q_i L_j) D_k^c + \lambda''_{ijk} (U_i^c U_j^c D_k^c)$$

viole la conservation de la R-parity

$$R_p = (-1)^{L+2B+3S}$$

Particules susy produites par couplages de jauge :

$\tilde{\chi}_2^0 \tilde{\chi}_1^\pm$ et $\tilde{\chi}_1^\pm \tilde{\chi}_1^0$ au Tevatron

LSP décroît en particules du MS :

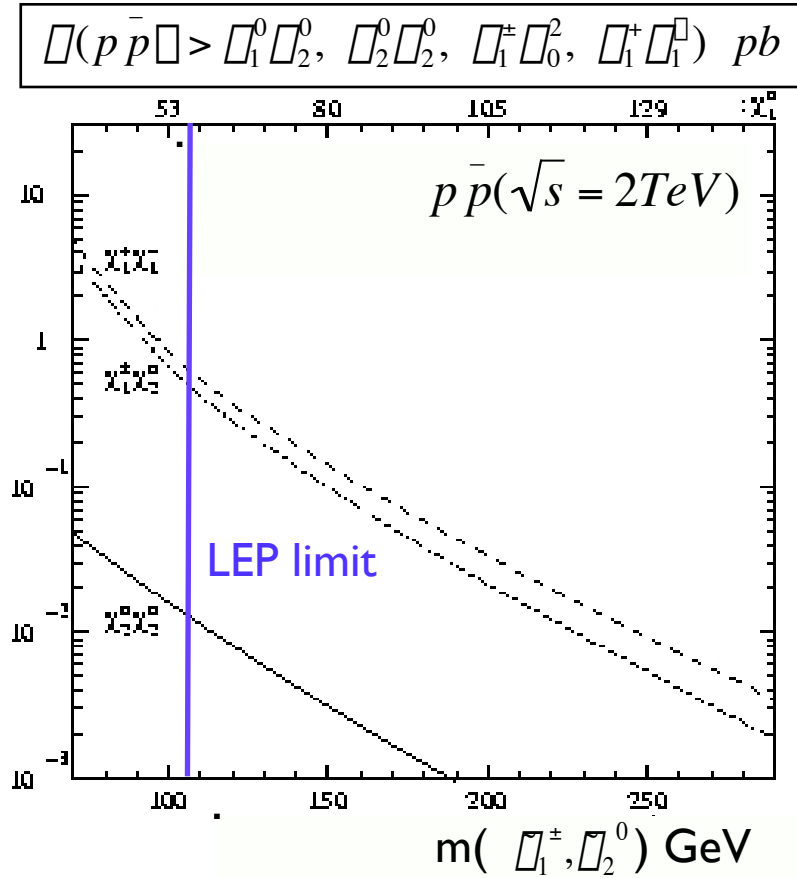
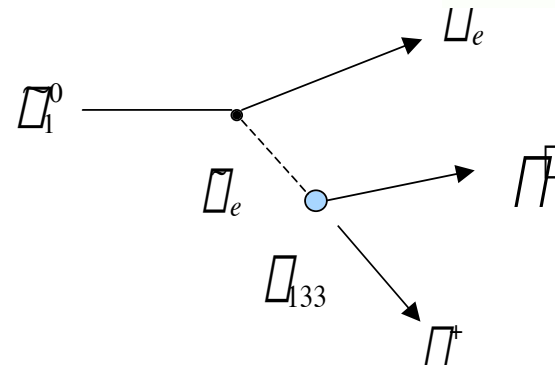
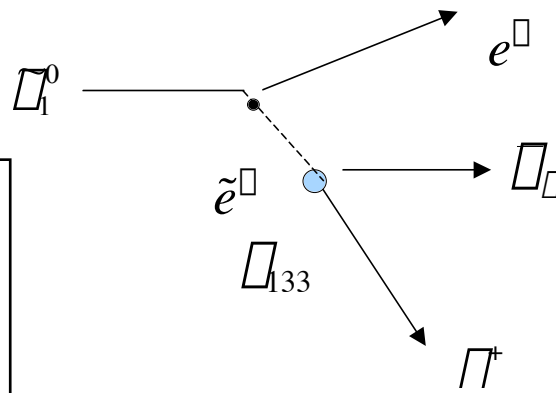
Etat final :

2 τ + 2 électrons + \cancel{E}_T

3 τ + 1 électron + \cancel{E}_T

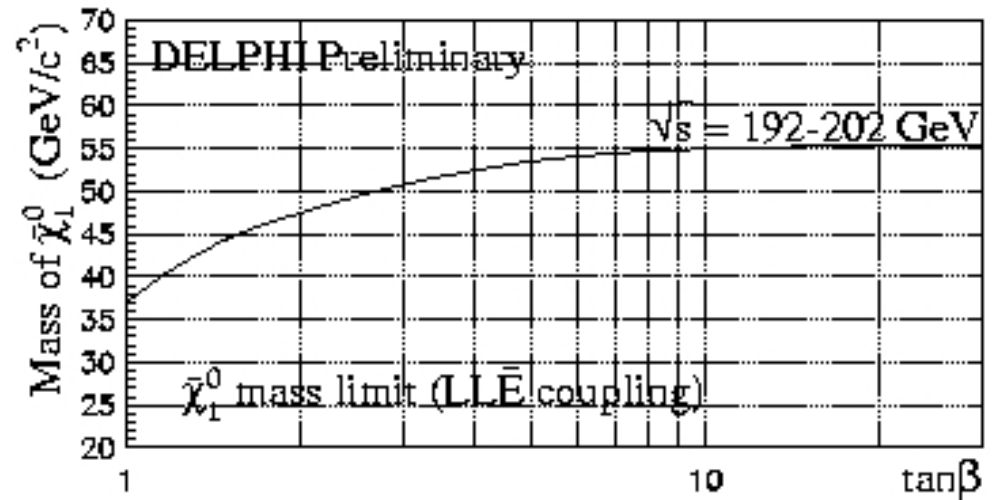
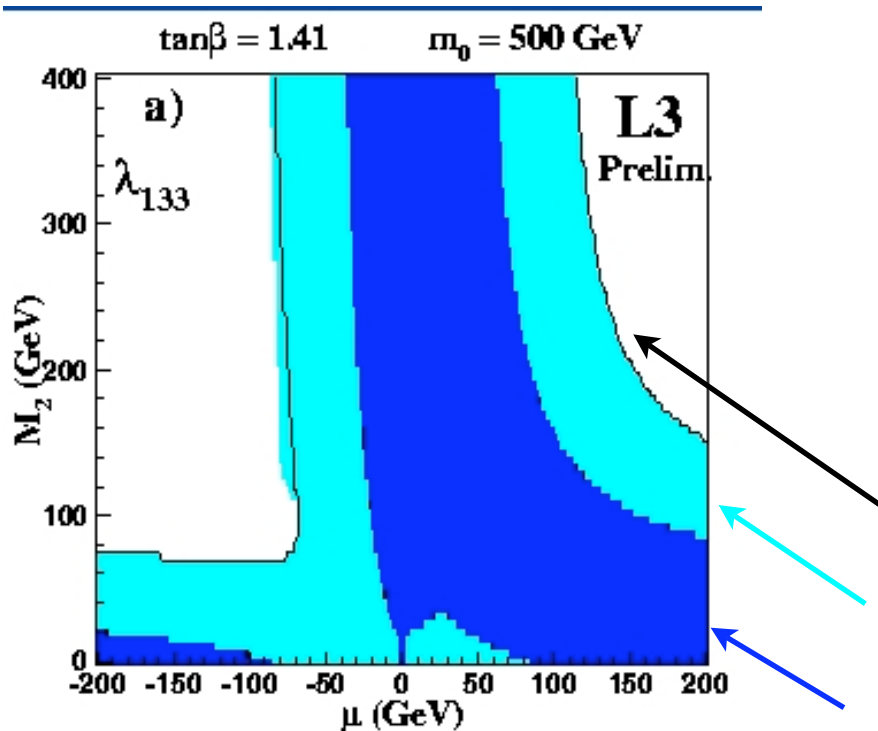
4 τ + \cancel{E}_T

→ Recherche de 2 électrons isolés et d'au moins 1 τ hadronique



Situation expérimentale : limites du LEP

Couplage λ_{133} : efficacité du signal la plus basse des analyses LL \bar{E} . Résultats utilisés pour mettre des limites conservatives sur la masse du $\tilde{\chi}_1^0$ quel que soit le couplage.



Limites cinématiques de production des charginos

Exclu par l'analyse

Exclu par les mesures sur la largeur du Z

Identification des taus dans leurs modes hadroniques

Identification des τ dans leurs modes hadroniques

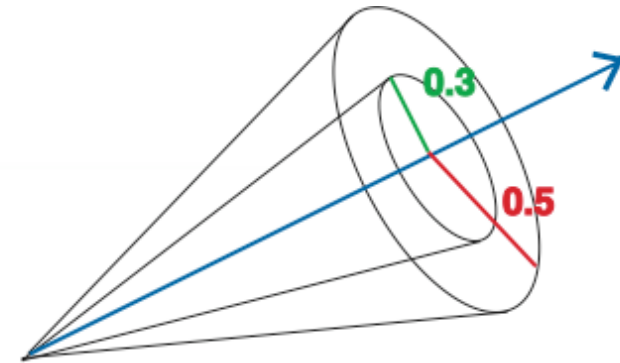
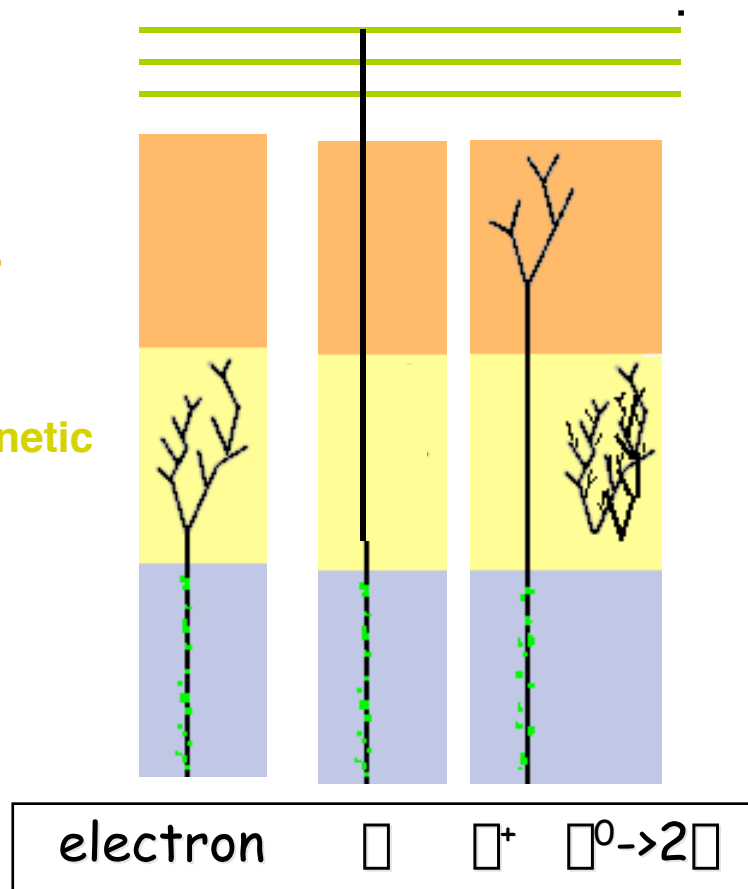


Muon
Chambers

Hadronic
Calorimeter

Electromagnetic
calorimeter

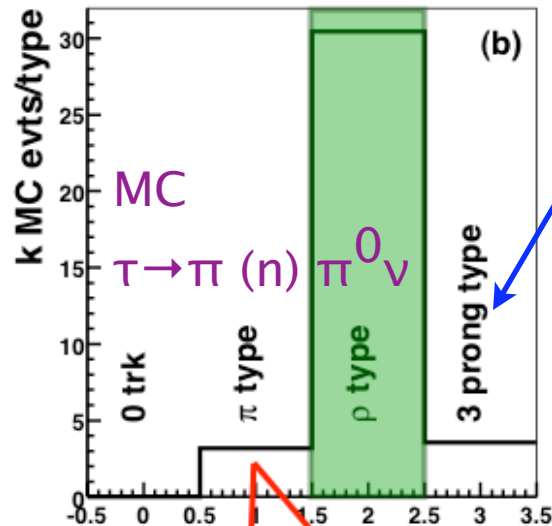
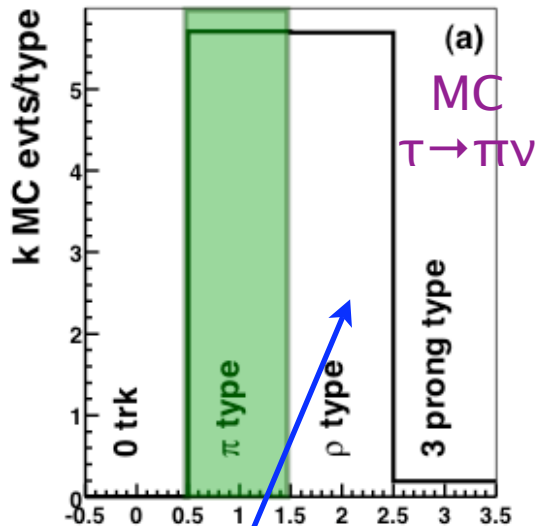
Tracking
Detectors



Candidat tau :

- cluster calorimétrique construit par algorithme simple cone (cone $R=0.3$, cone d'isolation $R=0.5$)
- sous-clusters dans les couches électromagnétiques du calorimètre, en présence de π^0 parmi les décroissances du tau
- traces dans un cone de 0.5 compatibles avec la masse du tau

τ hadroniques : classification en types

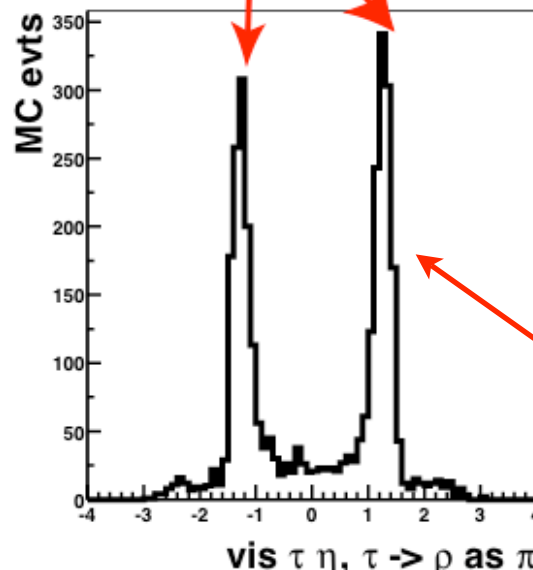
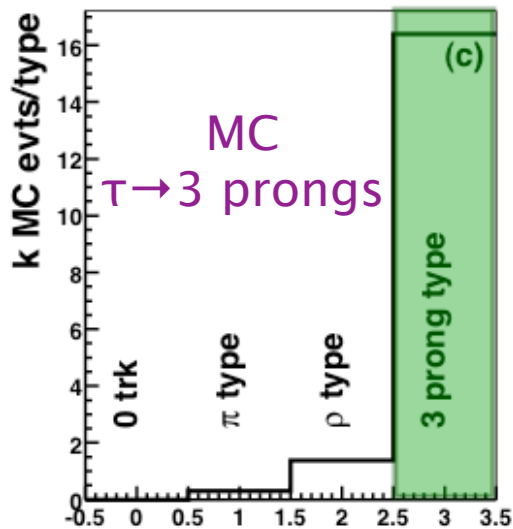


conversions

Selon la réponse du détecteur le tau hadronique est classifié en trois catégories :

- type 1 : $\tau \rightarrow \pi \nu$ type : 1 trace, cluster CAL, pas de sous-cluster EM
- type 2 : $\tau \rightarrow \rho \nu$ type : 1 trace, cluster CAL, pas de sous-cluster EM
- type 3 : 3 prongs type : au moins 2 traces

early showers

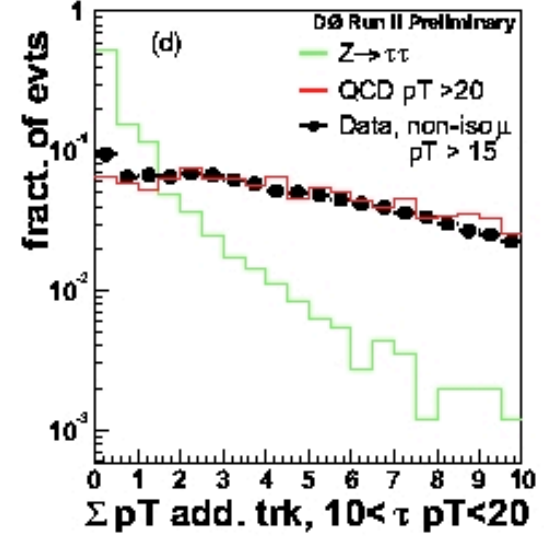
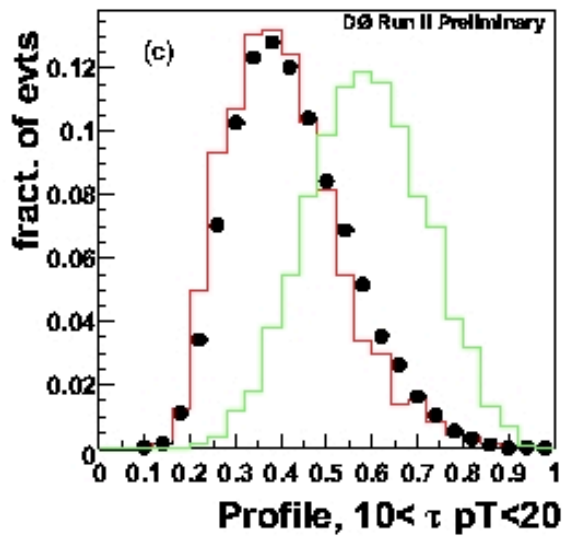
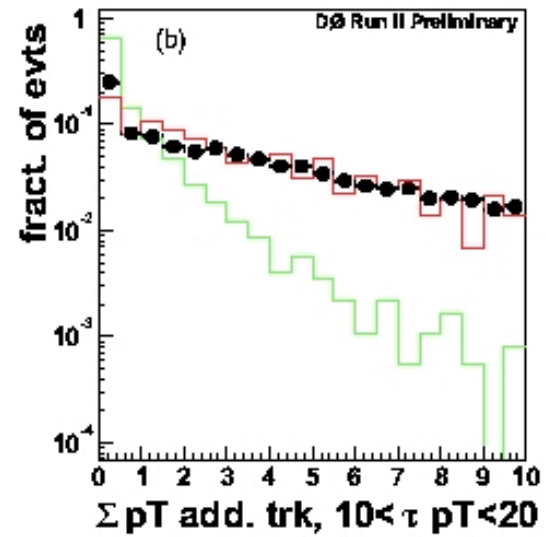
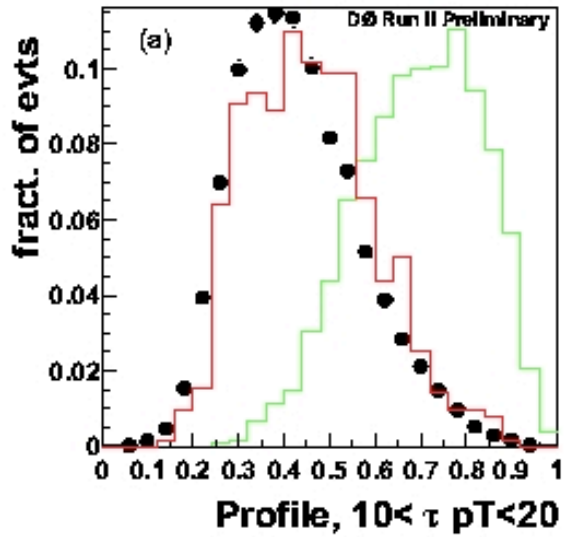


inter-cryostat region with less EM layers

Exemples de variables d'entrée des réseaux de neurones



Profile :
 $(E_{T1} + E_{T2})/E_T$
 rapport des énergies transverses des 2 tours les plus énergétiques du cluster calorimétrique et de l'énergie totale transverse du cluster



- $Z \rightarrow \tau\tau$
- MC QCD
- QCD data

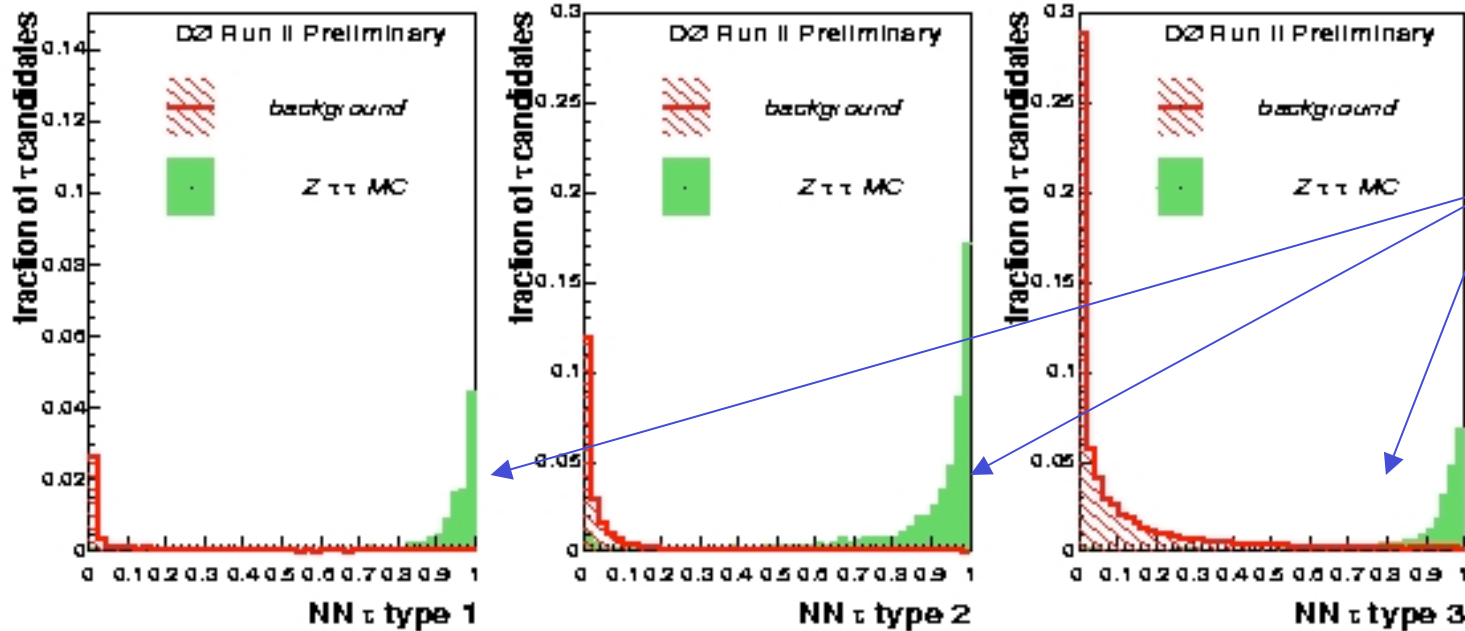
Σp_T des traces non associées au tau dans le cône d'isolation

↖
↖
 type 2,
 type 3
 candidats tau

Réseaux de neurones pour l'identification des τ



Bruit de fond : candidats tau dans événements avec muons non isolés



scaled to \square
branching ratios
and QCD type
fractions

overall
arbitrary
signal to
background
ratio

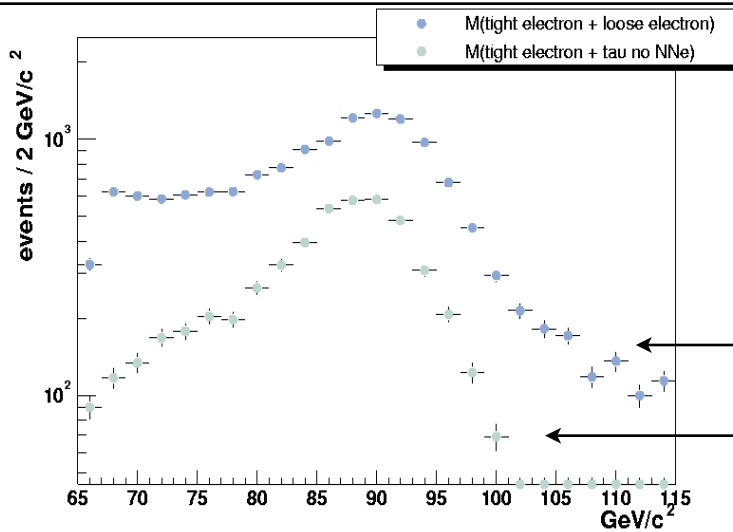
Efficacités $NN > 0.8$:

	type 1	type 2	type 3
background	0.145 ± 0.014	0.042 ± 0.004	0.039 ± 0.02
$Z \rightarrow \tau\tau$	0.78 ± 0.03	0.74 ± 0.015	0.73 ± 0.02

Autres bruits de fond que les jets QCD ?

Contamination des électrons

Masse invariante dielectrons tight + loose



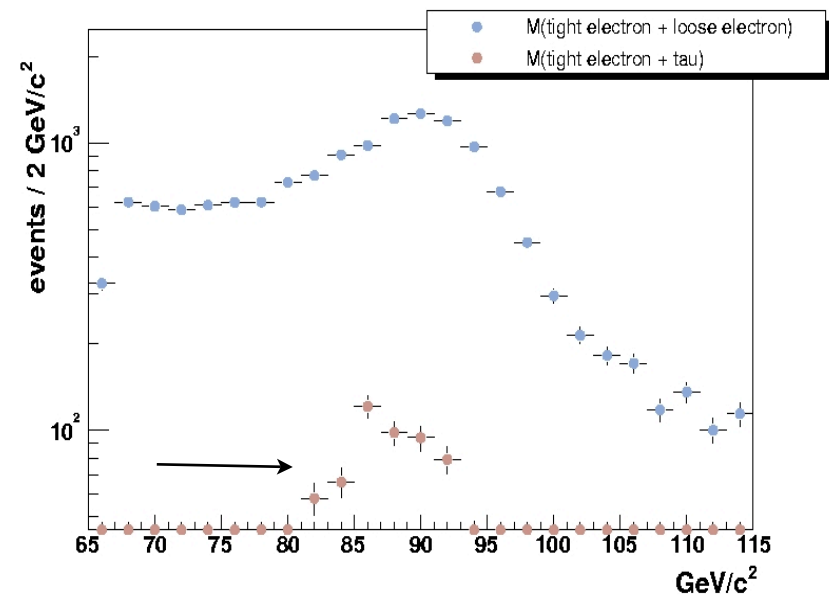
$M(\text{e tight} + \text{e loose})$

$M(\text{e tight} + \tau)$

Utilisation d'une coupure en p_T pour supprimer les électrons tight. Est-ce que des électrons loose* sont encore identifiés comme taus ? Méthode "tag and probe" pour les électrons loose dans le pic du Z : $41.8 \pm 0.6 \%$ identifiés comme taus

Utilisation d'un réseau de neurones supplémentaire destiné à supprimer les électrons : $7.2 \pm 0.3 \%$ reconnus comme taus

$M(\text{e tight} + \tau)$ après coupure sur le NN contre les électrons)



* electron loose : toutes coupures appliquées sauf celle sur le likelihood

Estimation du facteur correctif data/MC pour l'efficacité des NN(QCD)



- Source de taus hadroniques dans les données : $Z \rightarrow \tau\tau \rightarrow \tau_e / \tau_{\text{hadr}}$ sélectionnés par un trigger leptonique
- Création d'un lot de données enrichi en $Z \rightarrow \tau\tau \rightarrow \tau_{\text{hadr}}$:

$\eta \in (-2.7, 2.7)$, $20 < |M(\tau, \tau)| < 60$, $p_T(\tau) > 14$, $p_T(\tau) > 8$
candidate τ :

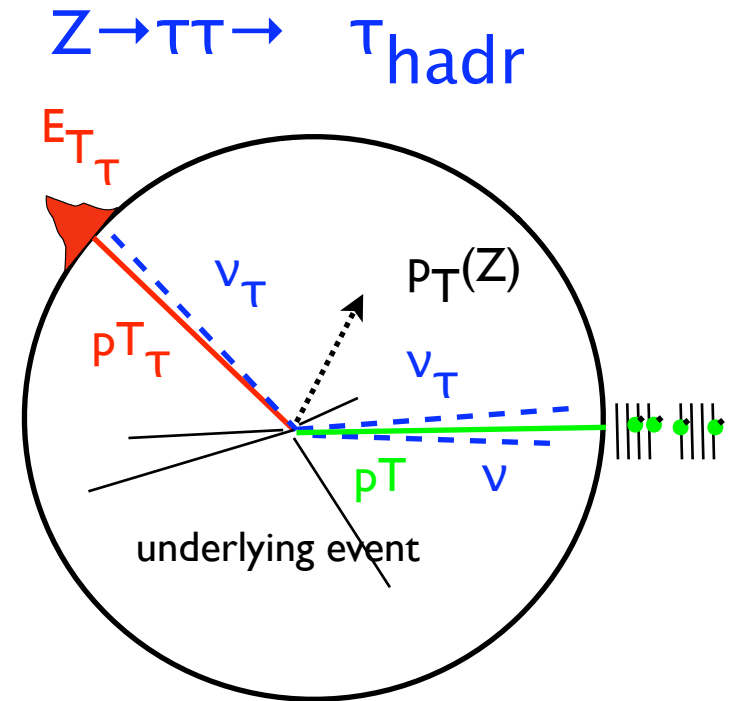
- $NN(e) > 0.9$ réduire les electrons
- $R_{\text{trk}}^{\tau} = (E^{\tau} \times E_{\text{CH}}^{\text{trk}}) / p_T^{\text{trk}} > 0.7$ réduire les τ
- type 1 et 2 seulement

- Séparation du lot en 2 sous-lots :

\swarrow \swarrow

τ et τ ont signe opposé : τ et τ ont même signe :

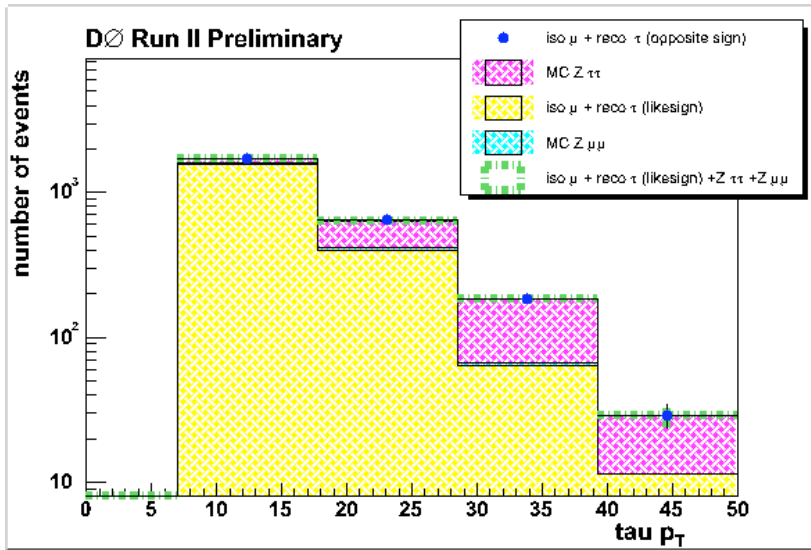
lot enrichi en $Z \rightarrow \tau\tau$ lot de bruit de fond



Estimation du contenu en $Z \rightarrow \tau\tau$ du lot enrichi OS

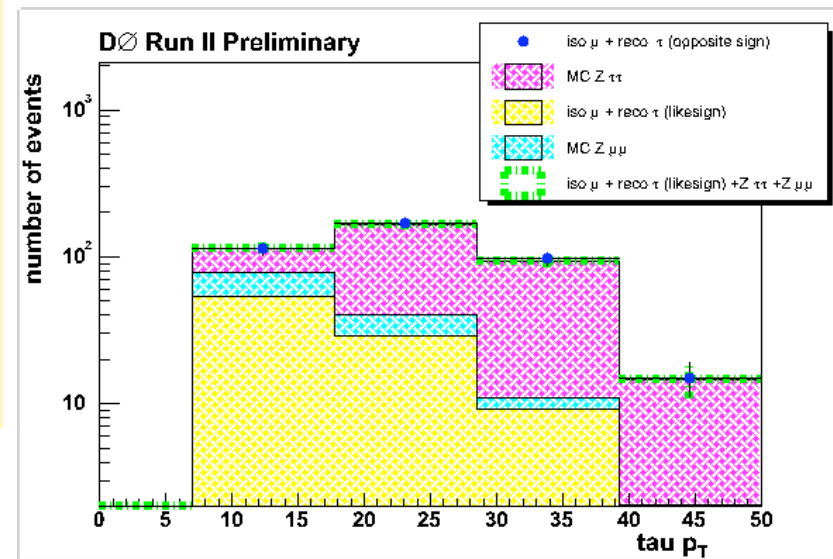


Tau candidate p_T before NN cut

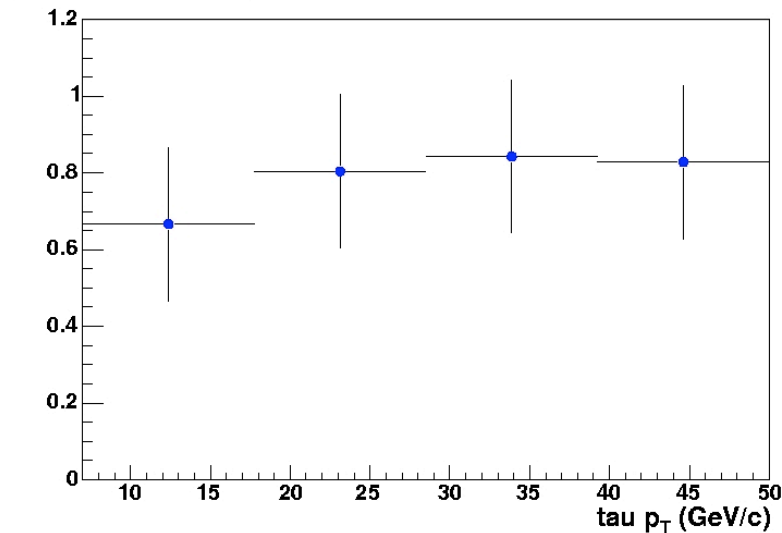


Fit du contenu en $Z \rightarrow \tau\tau$ dans le lot enrichi OS à partir du spectre en p_T :
 minimisation du χ^2 des data =
 $a * Z \rightarrow \tau\tau +$
 $b * \text{QCD} + Z \rightarrow$

Tau candidate p_T after NN cut

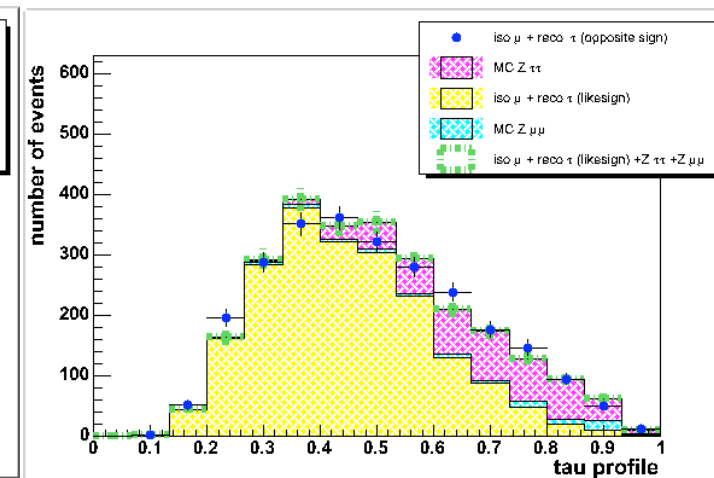
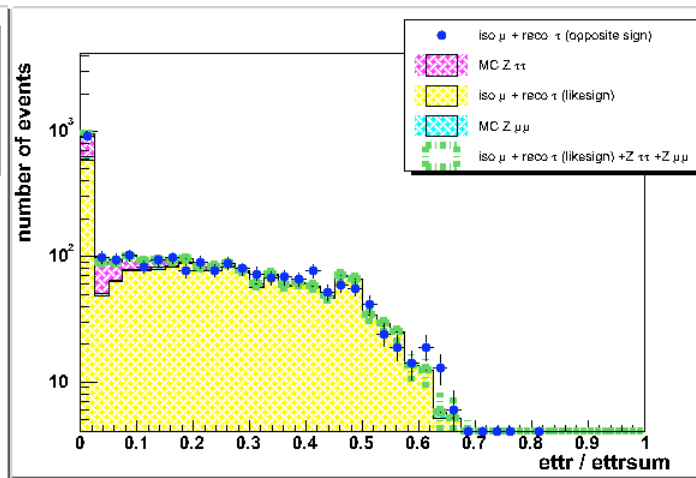
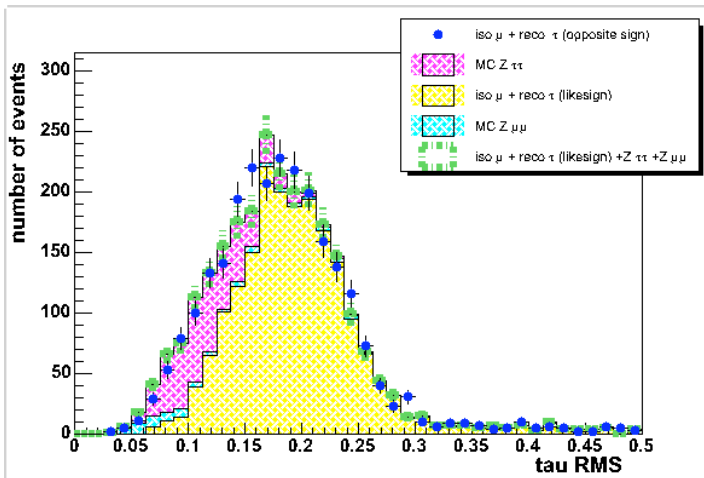


eff(data) / eff(MC)



Facteur correctif data/MC vs p_T

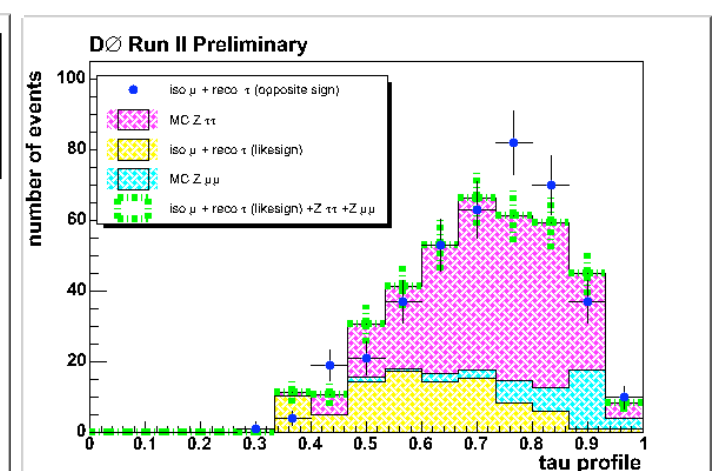
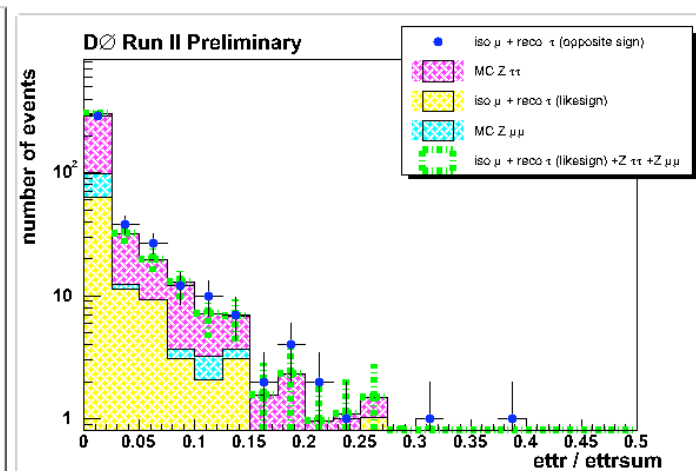
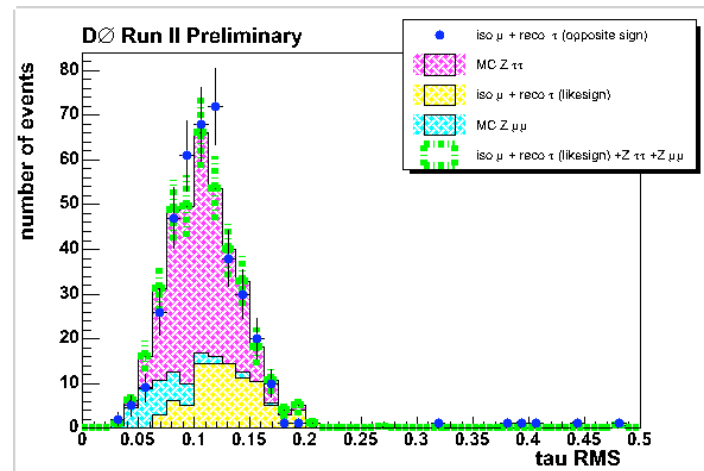
Variables d'entrée des réseaux de neurones



Cluster width after NN cut

$\frac{\sum p_T \text{ additional tracks}}{\sum p_T \text{ all tracks after NN cut}}$

Cluster profile after NN cut



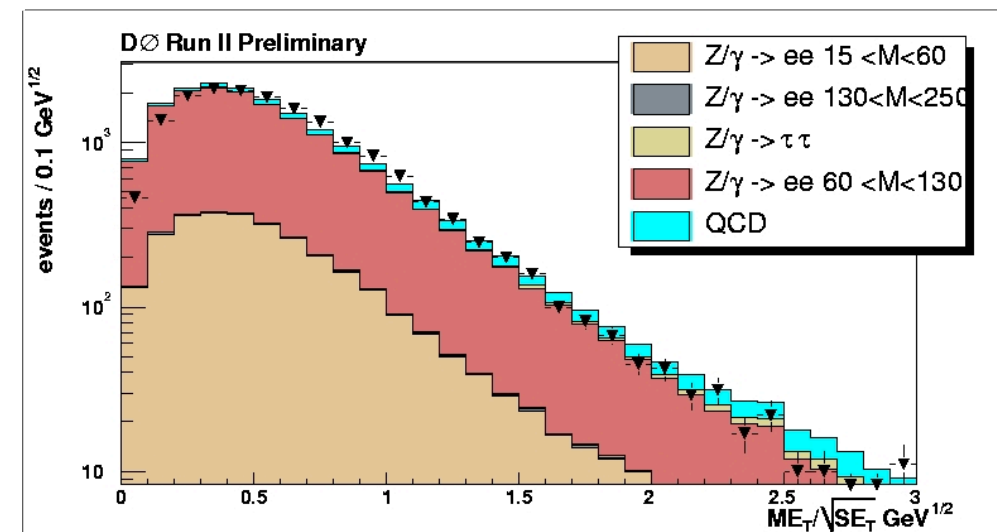
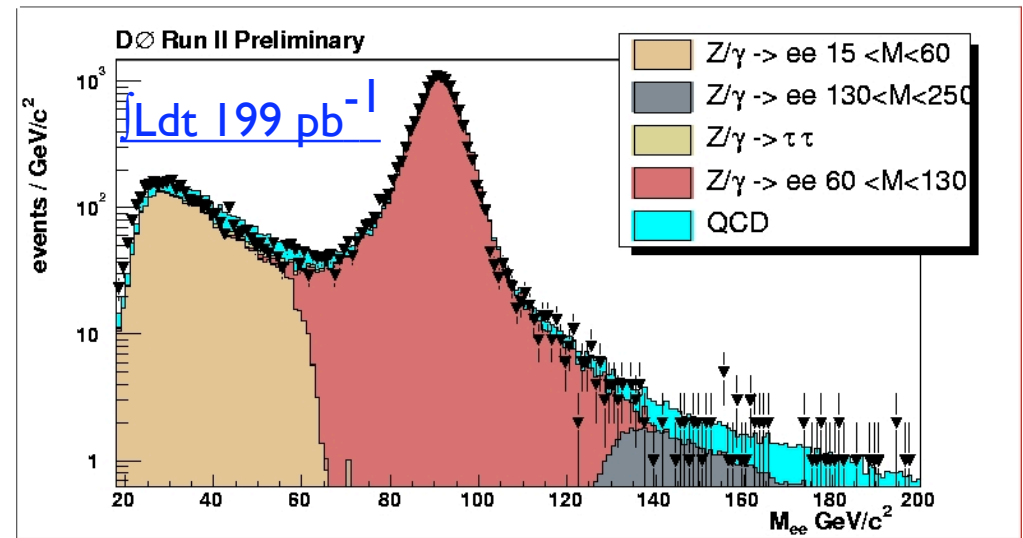
After NN cut

Sélection de 2 électrons plus
au moins 1 tau hadronique

Présélection de 2 électrons

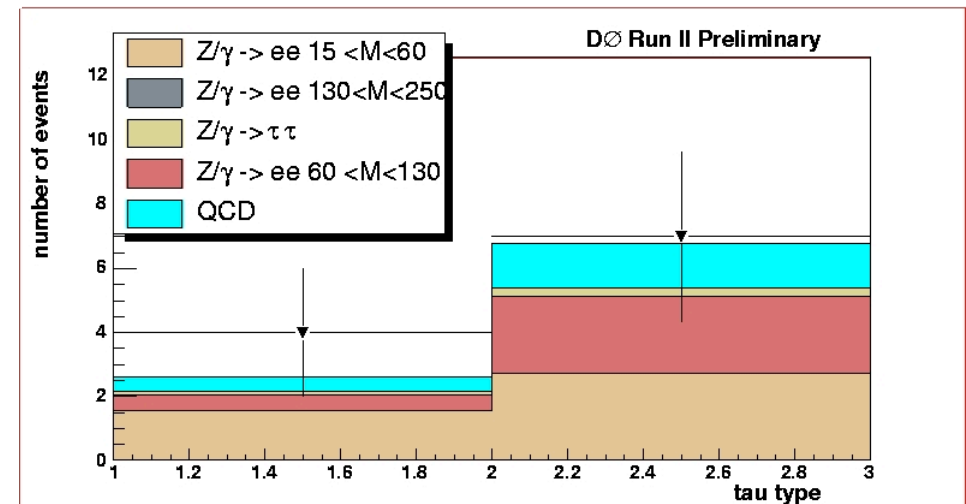
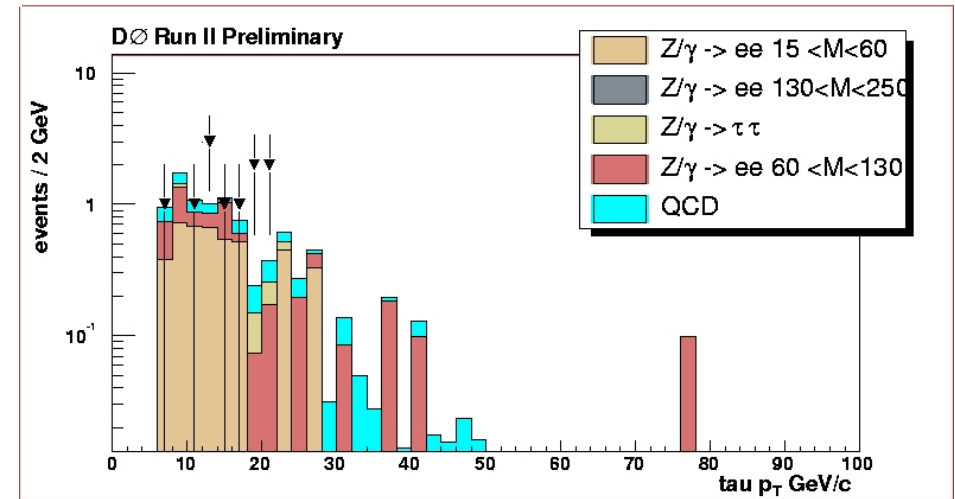


- * 2 électrons avec $M_{ee} > 18 \text{ GeV}/c^2$
 - masse invariante : accord données / processus MS et QCD
 - estimation du nombre d'événements QCD : méthode du nombre d'événements de même signe
- * $M_{ee} < 80 \text{ GeV}/c^2$: anti $Z \rightarrow ee$



Sélection d'au moins 1 tau hadronique

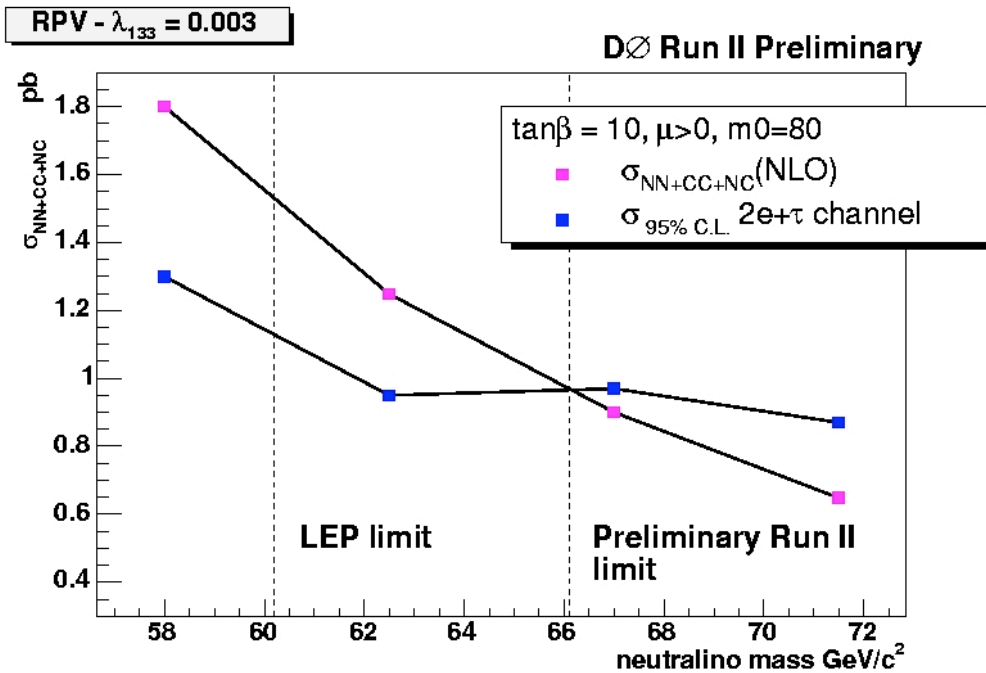
- * au moins 1 τ hadronique de type 1 ou 2, identifié avec NN, veto anti- electrons et muons appliqués
- * $E_T / \sqrt{SE_T} > 1.5$
 - signal possède E_T modérée
 - prends en compte les fluctuations statistiques de mesure d'énergie des jets
 - supprime également Z Drell-Yan a basse E_T



0 événements sélectionnés pour 1 ± 1.32 attendus des processus du MS et bruits de fond instrumentaux



Limites préliminaires (I)

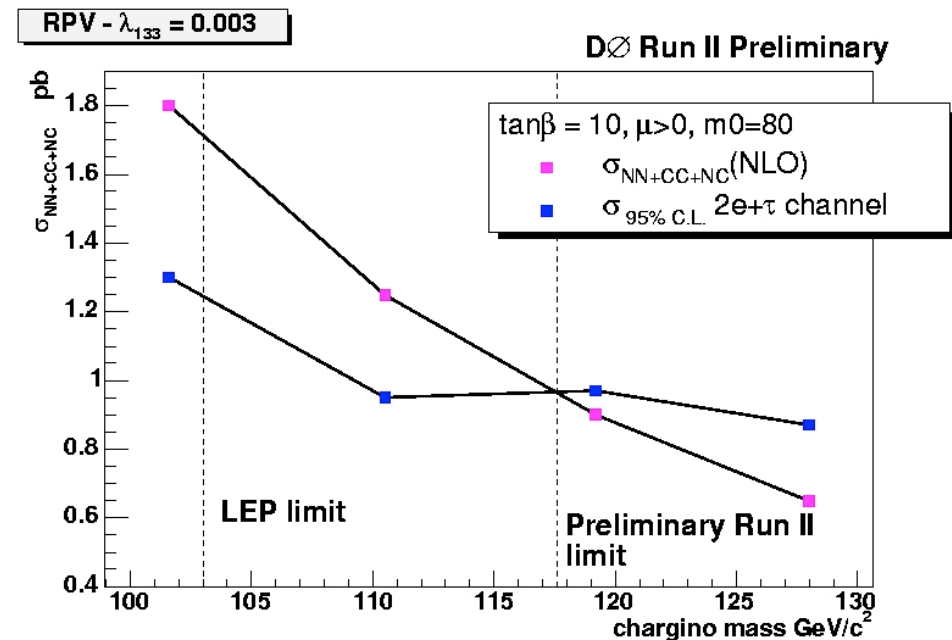


Exclu at 95 % C.L. :

$$m(\tilde{\chi}_1^0) < 66 \text{ GeV}/c^2, m(\tilde{\chi}_1^\pm) < 119 \text{ GeV}/c^2 \text{ pour } \tan\beta = 10, \mu > 0, m_0 = 80, A_0 = 0$$

espace des paramètres mSUGRA avec le stau plus léger que $\tilde{\chi}_1^\pm$: $\tan\beta = 10, \mu > 0, m_0 = 80, A_0 = 0$
 \Rightarrow taus supplémentaires de la cascade

$\sim 2 - 4$ événements sélectionnés dans le signal avec une efficacité de $\sim 2\%$

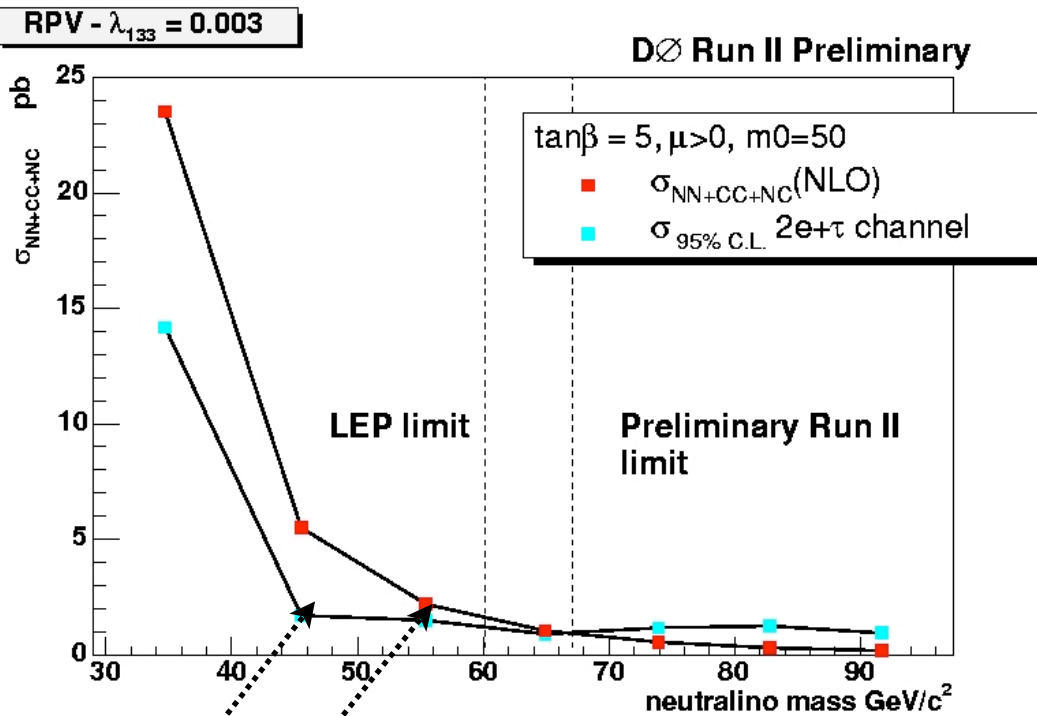


Limites préliminaires (II)

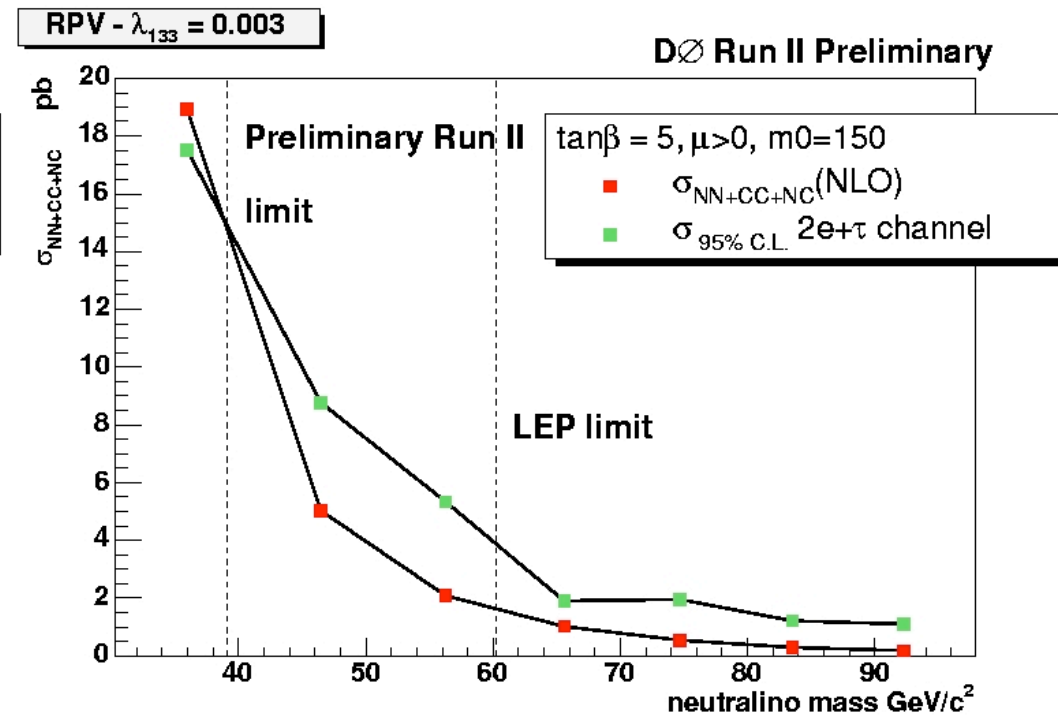
$\tan\beta = 5, \mu > 0, A_0 = 0$

$m_0 = 50$

$m_0 = 150$



stau plus léger que $\tilde{\nu}_2^0$ et $\tilde{\nu}_1^\pm$
 stau plus léger que $\tilde{\nu}_2^0$

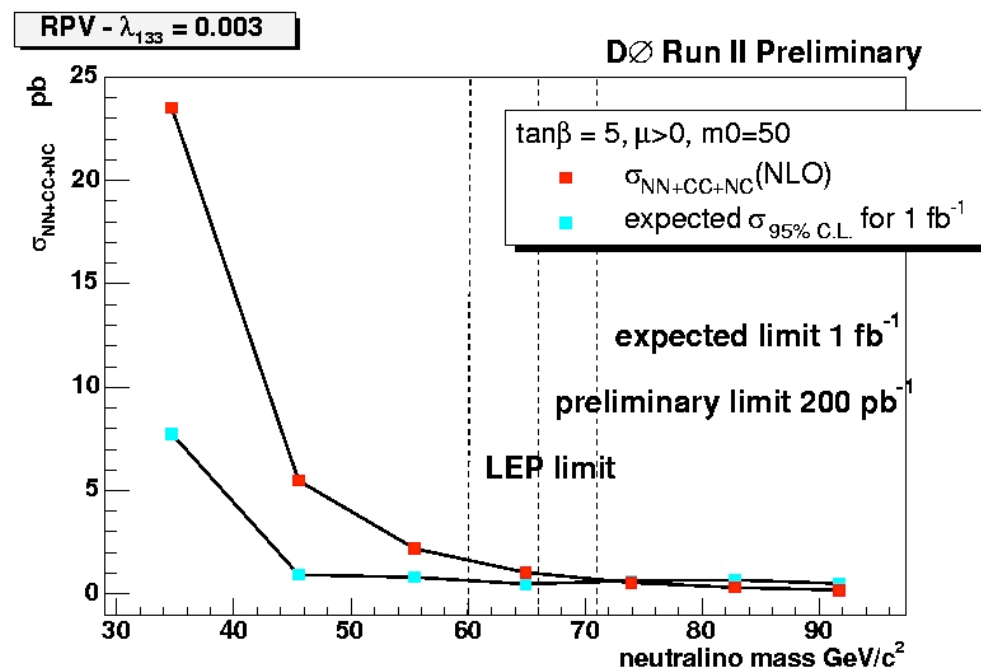


stau plus lourd que $\tilde{\nu}_2^0$ et $\tilde{\nu}_1^\pm$

Améliorations possibles / perspectives au Tevatron

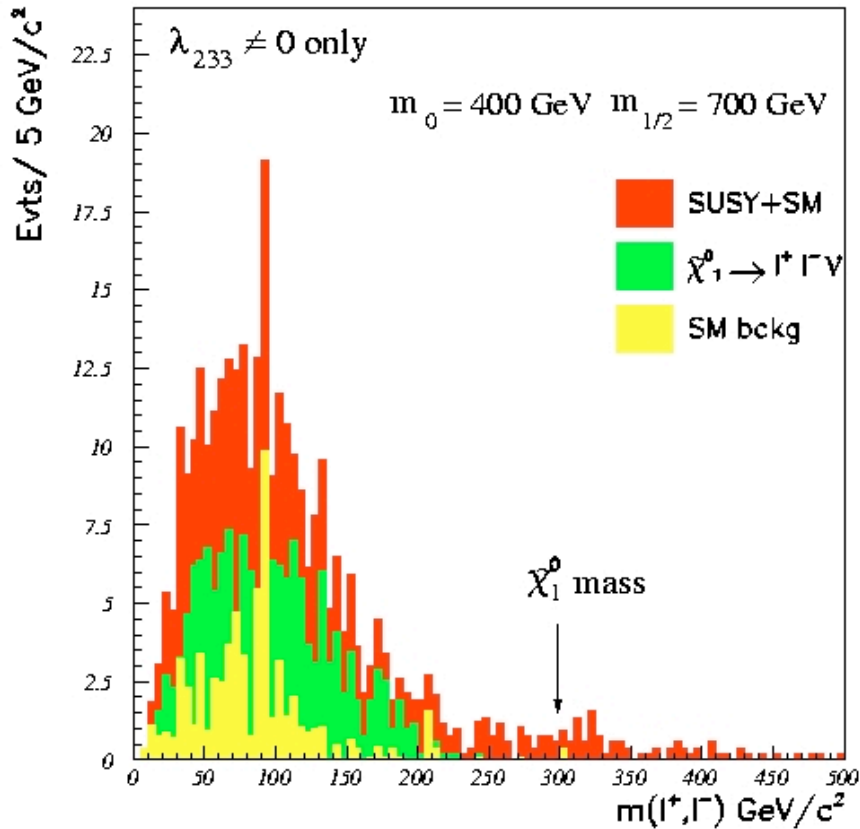
- Travail en commun avec Anne-Marie Magnan et Daniela Kaefer : paramétrisation des triggers, identification des particules, détermination des efficacités, contrôle des bruits de fond QCD et de la MET ... pour 400 pb^{-1} !
- Etude du facteur correctif pour l'identification des taus sur plus de données. Evaluation du bruit de fond muonique à partir des données (cf analyse $Z \rightarrow \tau\tau$)

A plus long terme, limites attendues pour 1 fb^{-1} : exemple $\tan\beta = 5$, > 0 , $A_0 = 0$, $m_0 = 50$



Perspectives au LHC : exemple RpV avec couplage λ_{233}

Etude CMS (1999/53) fondée sur le nombre de leptons isolés (e ou μ)
pas de τ -id hadronique :



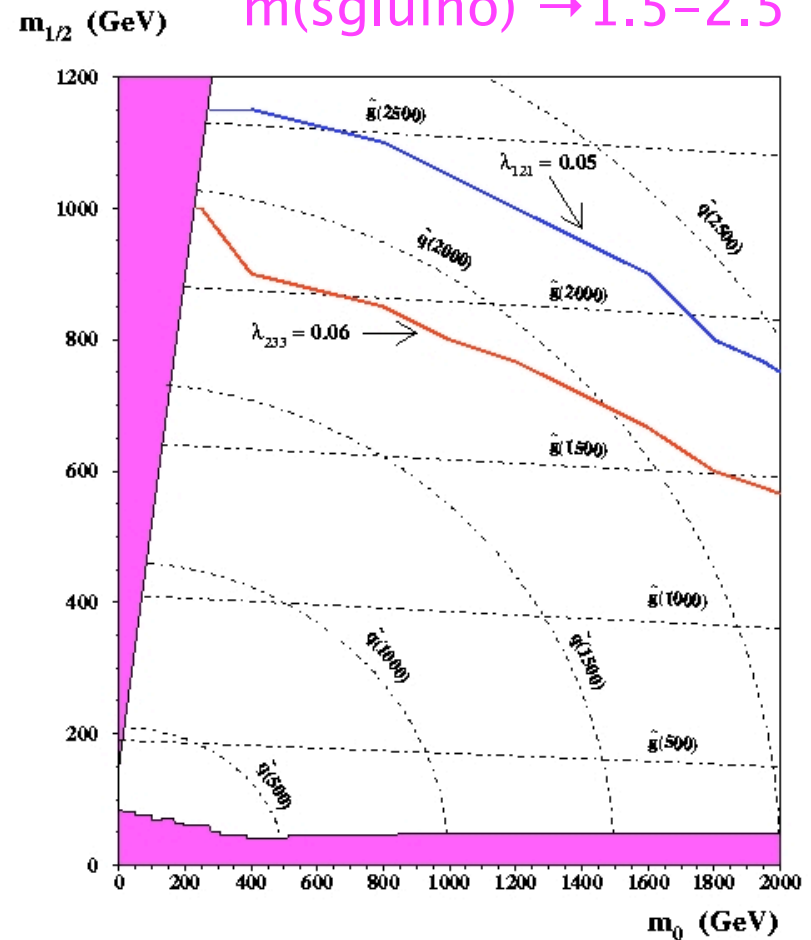
Dilepton mass edge :

détermination de la masse du $\tilde{\chi}_1^0$ plus difficile
en présence de taus, pas de “sharp end point”
à cause des neutrinos des taus.

Contours de découverte à 5σ pour 10^4 pb^{-1} :

visibilité susy : $m(\text{squark}) \rightarrow 1.7 \text{ TeV}$

$m(\text{sgluino}) \rightarrow 1.5\text{--}2.5 \text{ TeV}$



Autre analyse RPV en cours : recherche de production de paires stops (Arnaud Gay)

- Si λ'_{33k} les squarks top peuvent se désintégrer directement en particules du MS
- $k=3$: le stop se désintègre en l tau et un b : $p\bar{p} \rightarrow t_1 \bar{t}_1 \rightarrow b\bar{b} \tau^+ \tau^-$
- Bonne topologie pour la recherche : $b\bar{b} \tau^+ \tau^- \rightarrow b\bar{b} l \tau_{\text{hadr}}$
($l=e$ ou μ)
- Etude faite dans CDF au Run1 avec 106 pb^{-1} :
 $t_1 > 122 \text{ GeV}/c^2$ a 95% C.L. pour $\beta(t_1 \rightarrow \tau b) = 1$

Status recherche de production de paires stops (Arnaud Gay)

- Pour l'instant l= e analyse sur le skim EMITRK, ensuite l=
- Norm Buchanan recherche la production de leptoquarks de 3eme génération : $LQ3+LQ3 \rightarrow b\bar{b}\tau^+\tau^-$ i.e. la même signature \rightarrow collaboration pour la mise en oeuvre d'une procédure générique de recherche de la production de paires $X \rightarrow b\tau$
- Jusqu'à présent :
 - génération du signal avec SUSYGEN
 - Premier processing des données (identification des leptons, jets, pour les τ hadroniques utilisation des NN)
- Bientôt :
 - Monte-Carlo des bruits de fond : W +jets, Z +jets, $t\bar{t}$ comparaison data/MC
 - Implémentation du b-tagging

Conclusion

- Analyse préliminaire de recherche de particules supersymétriques avec R-parité violée et couplage utilisant la technique des réseaux de neurones pour l'identification des taus hadroniques
- Résultats encourageants dans l'espace des paramètres où le stau plus léger que le $\tilde{\chi}_1^+$
- Améliorations en cours avec Anne-Marie et Daniela pour une luminosité intégrée de 400 pb^{-1}

Erreurs systématiques :

RPV search with λ_{133}

Luminosity 6.5 %
backgrounds 5% – 8%
 $\epsilon_{\text{data}}/\epsilon_{\text{MC}}$ (from τ -Id) 12.5 %
 $\epsilon_{\text{data}}/\epsilon_{\text{MC}}$ (from electron-Id) 2 %
Trigger up to 7 %

~ 20 % for signal

- $\epsilon_{\text{data}}/\epsilon_{\text{MC}}$ (from τ -Id) determined from NN efficiency in data using fit on p_T shape to estimate $Z \rightarrow \tau\tau$
- errors on background processes from cross sections errors