Proposition de recherche du boson de Higgs, de phénomènes au-delà du Modèle Standard et d'études détaillées du quark Top au Run II du Tevatron à grande luminosité intégrée

29 Mai 2003

B. Andrieu, Y. Arnoud, F. Badaud, U. Bassler, G. Bernardi, D. Bloch, F. Charles, M.-C. Cousinou, S. Crépé-Renaudin, L. Duflot, A. Duperrin, P. Gay, W. Geist, D. Gelé, Ph. Gris, J.-F. Grivaz, M. Jaffré, E. Kajfasz, P. Lebrun, A. Lounis, E. Nagy, S. Kermiche, J.-P. Martin, S. Muanza, S. Trincaz-Duvoid, P. Pétroff, I. Ripp-Baudot, G. Sajot, J. Stark, M. Talby, P. Verdier

CPPM Marseille, IPN Lyon, IReS Strasbourg, LPSC Grenoble, LAL Orsay, LPC Clermont-Ferrand, LPNHE Paris

Résumé

Nous présentons un résumé des activités du groupe DØ-IN2P3 et une proposition de continuation au Run II du Tevatron jusqu'à une luminosité intégrée de l'ordre de 5 fb^{-1} pour poursuivre la recherche du boson de Higgs, de phénomènes au-delà du Modèle Standard, en particulier supersymétriques, et l'étude détaillée du quark top.

1 Introduction

Le Tevatron a connu une première phase de fonctionnement de 1992 à 1996 (Run I) qui a été marquée par la découverte du quark top. L'accélérateur s'est alors arrêté afin de subir des améliorations qui ont nécessité des modifications des deux détecteurs CDF et DØ [1]. La prise de données a repris depuis le 1er mars 2001 (Run II).

La proposition de participation au Run II a été approuvée à l'automne 1997 par les conseils scientifiques des laboratoires ainsi que par le conseil scientifique de l'IN2P3. Le groupe initial (CPPM, LAL et LPNHE) a fait son entrée officielle dans la collaboration au 1^{er} janvier 1998, rejoint 3 mois plus tard par le LPSC de Grenoble. En 2000 l'IPN Lyon, puis en 2001 l'IReS Strasbourg, ont rejoint le groupe DØ-IN2P3. Le LPC de Clermont-Ferrand a proposé de rejoindre DØ-IN2P3 à l'été 2003. Cette proposition est accueillie favorablement par la collaboration.

Les contributions au détecteur de DØ-IN2P3 sont focalisées principalement sur le calorimètre comme annoncé dans la proposition de 1997 mais aussi sur le détecteur de micro-vertex à silicium, et sur l'amélioration de cartes électroniques pour le trigger de niveau 2. Le programme de physique de DØ-IN2P3 est centré sur la physique du top, la recherche de Supersymétrie et celle du boson de Higgs. Nos axes de travail et nos responsabilités sont d'abord brièvement résumés ci-dessous, puis développés dans la section 2. La section 3 contient les activités que souhaite entreprendre le groupe du LPC Clermont-Ferrand. La section 4 décrit brièvement les 4 publications basées sur les données du Run I et produites par des membres de l'IN2P3. La section 5 rappelle les objectifs du Run II pour la physique que nous voulons étudier. Les sections 6 et 7 donnent le profil de luminosité attendu et un résumé des étapes du Run II en fonction de la luminosité intégrée. La section 8 contient la proposition que la communauté DØ-IN2P3 soumet au conseil scientifique.

Hardware

- Calibration en ligne du calorimètre (1998-2002)
- Mesure/contrôle de la pureté de l'argon liquide du calorimètre (1998-2001)
- Qualification et maintenance du calorimètre (2001-2003)
- Participation à la construction du trajectographe à silicium (1998-2000)
- Qualification du trajectographe à silicium (2001-2003)
- Cartes électroniques (β) pour le trigger de niveau 2 (2001-2003)

Software

- Algorithmes de reconstruction du calorimètre.
- Algorithmes de compactification des données.
- Graphique et autres contributions software.
- Ferme de Simulation à Lyon.
- Mise en place d'un centre d'analyse régional au CCIN2P3.

Groupes d'identifications des objets physiques

- Identification des électrons.
- Calibration en énergie des électrons.
- Identification des taus.
- Reconstruction de l'Energie Transverse manquante.
- Identification des Jets.
- Calibration en énergie des Jets.
- Identification des jets de quark b

Analyses de Physique

- **Recherche de SUSY à R-Parité violée (RPV) ou dans le MSSM :**
  Thèses de :
  S. Negroni (2000, RPV),
  B. Olivier(2001, MSSM, stop),
  A. Abdesselam (2001, RPV, sleptons),
  M. Ridel (2002, MSSM, squarks et gluinos)
  A. Besson (2002, RPV, couplage lambda),
  P. Demine(2002, RPV, couplage lambda'),
  F. Villeneuve-Seguier (2003, MSSM, sbottom),
  S. Baffioni (2003, MSSM, sbottom)
  Thèses en cours (date de soutenance prévue) :
  J. Coss (2003),
  A. Cothenet (2004),
  A. C. Le Bihan (2005)
  A.M. Magnan (2005),
  T. Vu Anh (2004)
  J.-L. Agram (2005) ("Tests de la QCD")

- **Physique du Top :**
  Section efficace de production $t\bar{t}$, thèse de :
  F. Beaudette (2003)
  Thèses en cours (date de soutenance prévue) :
  S. Greder(2004),
  E. Busato (2005),
  J.R. Vlimant (2005),

- **Recherche du boson de Higgs :**
  Thèses en cours (date de soutenance prévue) :
  P-A. Delsart(2003),
  S. Beauceron (2004),
  A. Zabi (2004)

Instances de la Collaboration

- La collaboration DØ est dirigée par deux porte-parole élus, qui sont actuellement Gerald Blazey et John Womersley. Ils sont assistés d'un Technical Manager (J. Kotcher, pour l'upgrade du Run IIb), de l'Advisory Council, de l'Institutional Board et du Speaker's Bureau ainsi que des Leaders des 3 grands groupes de la collaboration : Détecteur (D. Denisov), Software (A. Boehnlein, H. Melanson) et Physique (B. Klima).
- P. Pétroff est actuellement le représentant élu de l'IN2P3 auprès de la collaboration et est membre du Comité des Finances de l'expérience.
- Les chefs de groupes de DØ-IN2P3 (G. Bernardi, D. Bloch, P. Lebrun, E. Nagy, P. Pétroff, G. Sajot) siègent de manière permanente à l'Institutional Board de DØ.
- Plusieurs membres de l'IN2P3 (P. Pétroff, E. Kajfasz, U. Bassler) ont été élus (et y ont siégé ou siège actuellement en tant que "chairman") de l'Advisory Council, qui est le comité composé de 6 membres élus et du chairman de l'Institutional Board, qui "conseillent" les 2 porte-parole de l'expérience.
- Un membre de l'IN2P3 (G. Bernardi) est actuellement chairman du Speaker's Bureau comité composé de 6 membres, des 2 porte-parole et du "physics coordinator" qui attribuent aux collègues de DØ la centaine de présentations des résultats de DØ aux conférences internationales. Un autre membre de l'IN2P3 (E. Kajfasz) en a également été membre auparavant.
- Plusieurs membres de l'IN2P3 font ou ont fait partie des "editorial boards" qui passent en revue les publications de la collaboration avant qu'elles soient soumises aux journaux scientifiques (U. Bassler, G. Bernardi, M.-C. Cousinou, L. Duflot, E. Nagy, P. Pétroff)
- L'organisation de la collaboration comprend 3 grands groupes : le groupe "Détecteur" (qui comprend les améliorations pour le Run II) , le groupe "Software" et le groupe "Physique" (qui comprend les groupes d'analyse et les groupes d'identification). Ceux-ci sont eux mêmes divisés en sous-groupes de travail, chacun de ces sous-groupes est dirigé par un ou deux "convener". Un nombre important de ces sous-groupes a été ou est dirigé par un membre de l'IN2P3 : U. Bassler (Calorimètre, EM-Id), G. Bernardi (Jet-ID/Missing Et, Calorimeter Algorithms Task Force), L. Duflot (Jet-ID/Missing Et, Nouveaux Phénomènes, Graphique,deputy chairman software), E. Kajfasz (SMT), M. Jaffré (EM-Id), S. Muanza (Simulation), E. Nagy (Simulation rapide), P. Pétroff (Off-Line Analysis Task Force)

2 Activités de DØ-IN2P3 entre 1998 et 2003

2.1 Hardware

2.1.1 Calibration en ligne du calorimètre (1998-2002)

Une des contributions importantes de l'IN2P3 à l'amélioration du détecteur DØ a été la conception et la construction d'un nouveau système de calibration en-ligne du calorimètre, réalisé par le LAL et le LPNHE. La calibration électronique est une calibration dite chaude, car le signal est injecté en dehors des cryostats sur une entrée parallèle des préamplificateurs. Le système de calibration comprend douze unités identiques (plus une unité légèrement modifiée pour un détecteur à scintillateurs intercryostat). Une unité est constituée d'une carte de contrôle, qui fournit un courant continu ajustable ainsi qu'un signal de commande à des répartiteurs actifs qui forment le signal de calibration. Chaque impulsion de calibration est ensuite repartie sur 48 voies du calorimètre. Une interface VME permet le pilotage par ordinateur [2].

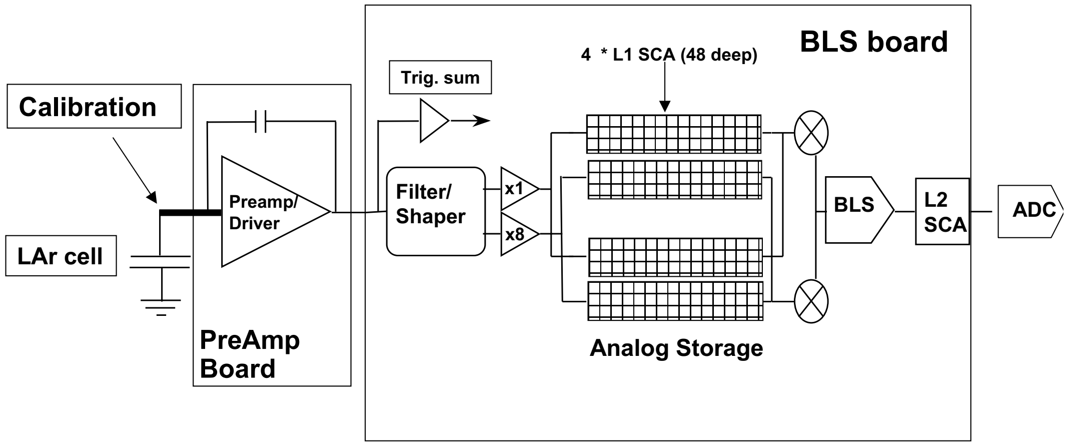

FIG. 1: *Schéma de la chaîne électronique du calorimètre de DØ : après préamplification, le signal lu est mis en forme et stocké dans les mémoires analogiques pour attendre la décision du système de déclenchement. Avant la digitisation, le signal est soustrait de la ligne de base, qui est évalué 3 croisements de faisceau auparavant. Le signal de calibration est injecté en amont des préamplificateurs.*

Le système de calibration a été installé en deux étapes, fin 1999 pour les cryostats Nord et Central du calorimètre et fin 2000 pour le cryostat Sud. La linéarité des courants continus a été vérifiée à mieux que 0.1% Les déviations à la linéarité du système complet sont inférieures à 1%. Nos mesures de réflectométrie ont permis de déterminer les caractéristiques de tous les composants (câbles, interfaces du cryostat, pistes de lectures) entre le point d'injection du signal de calibration et les cellules du calorimètre, de modéliser correctement la forme du signal réfléchi et d'en extraire les corrections nécessaires entre la réponse de la chaîne d'électronique à un signal de calibration et un signal de physique [3]. Ces mesures ont également permis de trouver 46 canaux, dont les câbles entre le cryostat et les préamplis sont endommagés, et qui constituent les 0.1% de canaux irrécupérables au Run II.

Le système de calibration a été intensivement utilisé lors de la qualification du calorimètre pour détecter les voies défaillantes. Il a également mis en évidence une inversion des résistances entre les cartes BLS et ADC et une non-linéarité des mémoires analogiques à basse énergie [4]. Après correction "offline" dans le programme de reconstruction, ces deux effets affectent de manière minime la précision de la mesure de l'énergie. En plus de ces corrections, le software de reconstruction de l'énergie mesurée comprend la correction de la variation en gain canal par canal. Actuellement le programme de reconstruction de DØ est en cours de transition, afin de lire les coefficients de calibration de tout les sous-détecteurs à partir d'une database Oracle. Le software de calibration a été principalement développé par l'Université de Stony Brook avec des contributions du LPNHE et de l'Université de Mayence.

2.1.2 Mesure/contrôle de la pureté de l'argon liquide du calorimètre (1998-2001)

De la fin du Run I, en 1996 et jusqu'en décembre 2000, l'argon du calorimètre a été stocké dans un dewar. Il était donc nécessaire de vérifier la qualité de cet argon avant le remplissage des calorimètres. Une pollution de l'ordre de quelques ppm de molécules électronégatives peut atténuer le signal et donc déteriorer la mesure de l'énergie.

Le LPSC a pris en charge [6, 7] la mesure de la pollution qui se fait dans un dispositif annexe appele Argon Purity Test Cell (ATC) qui contient deux sources radioactives α $^{241}_{95}Am$ et β $^{106}_{44}Ru$. La pollution est déduite de la charge d'ionisation produite par chaque source dans un gap d'argon (2.15 mm) en fonction du champ électrique appliqué. La source β a une meilleure sensibilité à basse pollution mais nécessite un étalonnage car il n'existe pas d'expression théorique du signal recueilli.

L'ATC a été rapatrié en France pour être amélioré : ajout d'une nouvelle source β, modification complète de l'électronique, ajout d'un pollueur à dioxygène permettant l'étalonnage des mesures et écriture d'un nouveau software d'acquisition et de traitement. Après retransfert à Fermilab, plusieurs campagnes de mesures ont eu lieu en 2000 et 2001. La pureté de l'argon liquide a pu être mesurée avec une précision supérieure à 0.15 ppm.

2.1.3 Qualification et maintenance du calorimètre (2001-2003)

L'électronique des 55000 canaux du calorimètre à argon liquide a été entièrement remplacée pour faire face à la diminution de la période de croisement de 2.5 μs au Run I à 396 ns au Run II [5]. Pour cela des préamplificateurs à bas bruit ainsi que de nouveaux circuits de mise en forme ont été installés. Des mémoires analogiques ont été introduites afin de stocker le signal avant que les décisions du système de déclenchement au niveau 1 et 2 soient prises. La complexité accrue de la chaîne électronique a nécessité une qualification détaillée de tous les composants. Cet effort a été principalement fourni par les groupes de Stony Brook, Columbia, Paris et Orsay, sous la co-responsabilité d'un membre de Columbia et d'un membre du LPNHE.

En termes de bruit électronique, un comportement similaire à celui du Run I est attendu : l'utilisation des préamplificateurs à bas bruit, entraîne une réduction du bruit d'un facteur $1/\sqrt{2}$. L'augmentation du bruit dû au temps d'intégration plus court, est ainsi compensé par la diminution du bruit lié à la radioactivité de l'Uranium (sauf pour la section hadronique exterieure, dont l'absorbeur est en acier). La largeur du bruit électronique varie principalement avec la capacité de la cellule.

Cependant le bruit en énergie est plus élevé qu'au Run I à cause de l'inversion des résistances mentionnée en 2.1.1 qui donne un gain en énergie plus élevé par coup d'ADC d'un facteur 1.6 et à cause de la non-linéarité à basse energie des mémoires analogiques. Le bruit se situe entre 15 et 50 MeV dans la partie électromagnétique, entre 70 et 90 MeV pour la partie hadronique principale et entre 200 et 300 MeV pour la section hadronique extérieure. Après la phase de qualification, il reste une source de bruit cohérent en cours d'étude, qui semble provenir d'autres sous-détecteurs. La proportion d'événement affecté par ce bruit est inférieur à 0.2%. Ces événements sont en cours de compréhension et sont pour l'instant rejetés de l'analyse.

La qualité des données du calorimètre est continuellement surveillée, aussi bien en-ligne qu'après reconstruction. Ceci a nécessité le développement d'un certain nombre d'outils afin de suivre run par run la qualité des données. Nous avons aussi contribué à la maintenance du calorimètre au jour le jour de 2001 à 2003 avec 2 experts du LPNHE "on-call" sur site. Les shifts du calorimètre sont assurés en grande partie par les groupes français suivant : Grenoble, Lyon, Marseille, Orsay et Paris, soit une vingtaine de physiciens au total.

2.1.4 Construction du trajectographe à silicium (1998-2000)

Un membre du CPPM a été responsable de la production et des tests du trajectographe à silicium de DØ, le DØ Silicon Microstrip Tracker (SMT). Ce trajectographe est constitué de 768 détecteurs élémentaires (échelles/ladders ou quartiers/wedges) disposés sur 6 barrillets, 12 disques type F et 4 disques type H [8]. Le tout représente plus de $3m^2$ de silicium et quelques 800000 canaux de lecture, c'est à dire environ un ordre de grandeur supplémentaire par rapport aux détecteurs silicium que CDF a utilisé dans le run I du Tevatron.
A notre arrivée dans le groupe SMT, l'activité était encore essentiellement tournée vers la R&D. Nous avons alors mis en place l'organisation de la production des détecteurs élémentaires (ladders/wedges) :

- mise en place des procédures, de l'outillage et de la formation des techniciens pour ce qui concerne la construction mécanique des détecteurs, la micro-soudure ultra-sonore (Al wedge bond bonding) et le contrôle de qualité.
- mise en place des procédures, des stations de tests, de caractérisation et de réparation ainsi que de la formation des physiciens afin d'assurer les tests électriques des détecteurs (mesure de piedestal, bruit, gain, détermination des mauvais canaux), la réparation des détecteurs défectueux et le contrôle de qualité
- contribution active à la réparation des détecteurs défectueux et à l'amélioration des

contacts de masse au niveau des circuits hybrides de lecture des micro-pistes par l'utilisation de soudure ultrasonique à l'indium sur les substrats de Be sur lequels les hybrides de lecture sont laminés.

- supervision et participation à la sélection des détecteurs élémentaires, leur test avant et après leur montage sur les barillets/disques. Nous avons participé au montage des échelles sur les barillets [9]. Nous avons aussi assuré la réparation des détecteurs ayant des problèmes après montage, l'amélioration des connections de masse au niveau des barrillets et des disques ainsi que le cablage et les tests électriques après que les barillets et les disques de type F aient été installés dans les 2 cylindres en fibres de carbone formant l'exo-squelette du détecteur.

Notre participation a permis que la construction se finisse dans de bonnes conditions et dans les temps (avant Noël 2000), et que le SMT soit mécaniquement installé dans la zone d'interaction de DØ à la fin de l'année 2000.

2.1.5 Mise en service et qualification du trajectographe à silicium (2001-2003)

Après la construction du trajectographe, l'IN2P3 a fortement contribué au groupe Silicon Tracker, en coordonnant l'installation et le cablage du détecteur dans la zone d'intéraction, mais aussi en participant à la mise en route et au fonctionnement du Silicon Tracker et des logiciels online et offline qui lui sont associés.

En plus des activités de coordination du groupe, l'IN2P3 a aussi fortement contribué à toutes les étapes de la mise en service (installation, cablage, déboggage, mise en place des procédures d'utilisation du détecteur) et de la qualification du trajectographe aussi bien au niveau online (écriture de taches de monitorage et de contrôle pour faire le suivi en ligne de l'état et des performances du détecteur) qu'offline (suivi de la qualité des données reconstruites). 14 physiciens de l'IN2P3 participent actuellement aux shifts SMT.

2.1.6 Cartes électroniques (β) pour le trigger de niveau 2 (2001-2003)

Le système de déclenchement de l'expérience DØ est constitué de trois niveaux. Le niveau 1 est un trigger hardware qui prend sa décision en moins de 4.2 μs. Les niveaux 2 et 3 sont des triggers software et rendent leur décision en 100 μs et 50 ms respectivement. Pour remplacer les cartes processeurs L2αlpha du trigger de niveau 2 de l'expérience DØ, le LAL a conçu en collaboration avec l'université de Virginie une nouvelle carte baptisée L2βeta [10]. Les cartes ont ensuite été fabriquées par deux entreprises françaises. Cette carte au format 9U permet l'insertion d'une carte processeur commerciale au format 6U (compactPCI, Pentium III avec linux comme système d'exploitation), sur laquelle tournent les algorithmes du trigger de niveau 2 de DØ. La carte L2βeta fournit une interface entre le bus PCI de la carte processeur et les bus par lesquels entrent et sortent les données du trigger : un bus VME et le Magic Bus développé à Fermilab. Orsay a également en charge la programmation d'un FPGA Xilinx (firmware).

En 2002, la production de 4 prototypes a permis de valider le fonctionnement de la carte

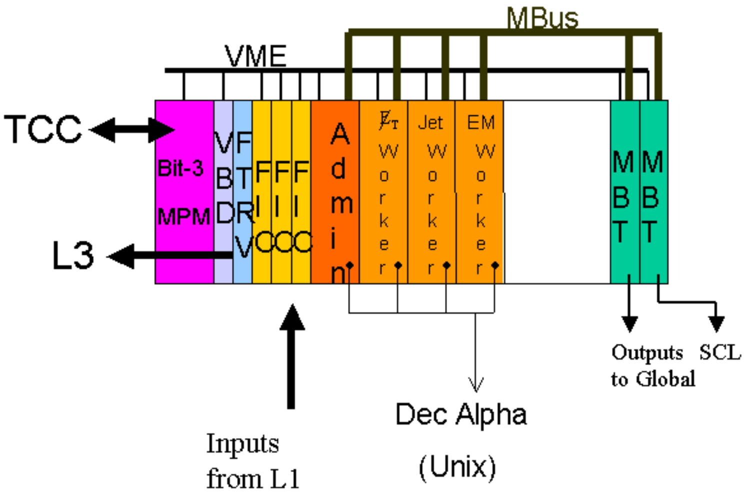

FIG. 2: *Schéma du chassis L2CAL de DØ.*

L2βeta. La série de 40 cartes dont 2 pour l'expérience CDF a alors été produite. Celles-ci sont en cours d'intégration dans l'expérience. La carte L2βeta est intrinsèquement trois fois plus rapide que la carte L2αlpha. A cela s'ajoute la possibilité dans quelques années de racheter des cartes processeurs toujours plus performantes. De plus, le bon fonctionnement des cartes L2βeta permettra d'utiliser plusieurs cartes processeurs dans chacun des châssis de sous-détecteur (cf figure 2), ce qui n'est pas possible avec la carte L2αlpha. Par exemple, la charge du châssis calorimètre pourra être séparée dans 4 cartes processeurs : une carte "administrateur", et trois cartes "worker" tournant chacune un seul algorithme (identification des jets, identification des photons et électrons, mesure de l'énergie transverse manquante). En poursuivant le développement du firmware et du software, le taux en évènements en entrée du trigger de niveau 2 devrait pouvoir être augmenté de 1 kHz à 5 kHz. L'installation des systèmes de trigger de trace (L1CTT et L2STT) est en cours dans l'expérience. Le fonctionnement de ces nouveaux systèmes nécessitent une capacité de calcul importante au niveau 2 que fourniront les cartes L2βeta.

2.2 Software

2.2.1 Algorithmes de reconstruction du calorimètre.

Les groupes de l'IN2P3 ont prolongé leur implication hardware sur le calorimètre par une forte implication dans les logiciels liés au calorimètre : simulation (bruit d'électronique, empilement), reconstruction de bas niveau (élimination des cellules chaudes, nettoyage du bruit) et de haut niveau (reconstruction d'amas, de jets, d'électrons et de photons).

Le logiciel de simulation de l'empilement "Pileup" gère tous les détecteurs de DØ mais la simulation du calorimètre est particulièrement sophistiquée puisque celui-ci est sensible à l'empilement d'événements survenus lors de croisements de faisceaux précédents le croisement à simuler du fait du temps d'intégration relativement long de l'électronique.

Schématiquement, “Pileup” combine les informations des particules issues du générateur et les hits au niveau GEANT pour les événements de physique et des événement simulés de type “minimum-bias” pour simuler l'empilement. Pour la partie calorimétrique, les croisements précédents sont également simulés par superposition d'événements “minimum-bias” et les énergies dans les cellules sont ensuite sommées avec des poids tirés d'une modélisation de la réponse de l'électronique, y compris les effets de soustraction de la ligne de base. A ceci s'ajoute la simulation de la non linéarité et du bruit de l'électronique et de la suppression de zéro. La simulation de l'empilement permet également d'utiliser des événements réels de type “zero-bias” que l'on superpose à des événements de signal simulés. Ceci conduit à une simulation plus réaliste mais ne permet pas de simuler des luminosités instantanées non encore atteinte par le Tevatron.

L'algorithme de suppression des cellules chaudes est basé sur l'isolation de ces cellules. Le dépôt d'énergie (pouvant atteindre plusieurs dizaines de GeV) observé dans ces cellules n'est pas dû à un événement réel mais soit à un problème lié au détecteur, soit à un processus physique tel que rayons cosmiques, particule perdue par le faisceau ou encore particules ayant interagi avec le tube à vide. Ces cellules sont généralement isolées dans le calorimètre. L'algorithme NADA [22, 23] (Neighborless Anomalous Deposit Algorithm) recherche les cellules chaudes en bouclant sur les voisines de chaque cellule ayant une impulsion transverse supérieure à 1 GeV. On appelle *voisines* les cellules qui entourent la cellule chaude potentielle, formant ainsi un cube autour d'elle. Lorsque l'énergie de toutes les voisines est inférieure à un certain seuil (dépendant entre autre de l'impulsion transverse de la cellule chaude potentielle), la cellule est considérée comme isolée et est alors supprimée. L'algorithme est appliqué événement par événement au début de la chaîne de reconstruction du calorimètre. Afin de réduire le taux de déclenchement que peuvent induire des cellules chaudes, NADA est aussi utilisé au niveau 3 [24].

Un algorithme de nettoyage du bruit électronique (T42) a aussi été développé [25, 26]. Après la suppression des cellules de très basse énergie (inférieure à 2.5σ), il reste quand même du bruit de fond électronique avec des cellules ayant une énergie inférieure à 4σ. Le principe de l'algorithme T42 est de ne garder que les cellules de basse énergie qui sont voisines de cellules considérées comme ayant signal (supérieures à 4σ). Le terme *voisine* a ici la même définition que celle utilisée pour l'algorithme NADA. Les cellules ayant une énergie comprise entre 2.5 et 4σ sont donc rejetées si elles ne sont pas voisines d'une “cellule signal”.

L'IN2P3 a également pris la responsabilité du développement des algorithmes de jets pour la reconstruction. Dans un premier temps, il s'est agit de reproduire au mieux l'algorithme de cône du Run I basé sur les tours calorimétriques, avec toutes ses spécificités, puis de l'étendre aux jets formés à partir des particules au niveau générateur. Il a fallu valider l'implémentation par des comparaisons avec la reconstruction du Run I et comprendre les effets induits par les différences entre les représentations du calorimètre dans la reconstruction du Run I et celle du Run II. Des études ont été menées pour comprendre les propriétés de l'algorithme dans sa nouvelle définition [27, 28].

Dans un deuxième temps, les algorithmes de jets par recombinaison (similaires à l'algorithme de Durham) ont été définis et intégrés au programme de reconstruction. Il s'agisait de reproduire l'algorithme du Run I avec quelques modifications pour obtenir de meilleures propriétés théoriques. Nous avons développé l'algorithme en introduisant des algorithmes plus proches de ceux utilisés dans les expériences e^+e^-. Cela a demandé également un important travail de validation et de vérifications indépendantes, notament au cours du workshop "QCD Run II". A ce même workshop, les expériences CDF et DØ ainsi qu'un groupe de théoriciens ont défini un algorithme de cône commun ayant de meilleurs propriétés théoriques que ceux utilisés au Run I. Cet algorithme a été implémenté dans le programme de reconstruction et est maintenant l'algorithme de base utilisé dans toutes les analyses comprenant des jets.

Pour les objectifs de physique du Tevatron, et en particulier pour la recherche du Higgs, il est essentiel de tirer le meilleur parti du détecteur pour ce qui est de la reconstruction de l'énergie (la résolution en masse jet-jet est un aspect essentiel de la recherche du boson de Higgs de faible masse). Il a été décidé de développer un algorithme d'energy flow similaire à ceux mis au point à LEP et à HERA, c'est à dire combinant les informations calorimétriques (amas) et les traces reconstruites afin d'améliorer la résolution en énergie. Il est essentiel de partir d'un algorithme de clustering très granulaire afin de séparer au mieux les gerbes des différentes particules pour optimiser la combinaison avec la mesure des traces. L'algorithme CellNN ("Cell Nearest Neighbour") [29] a été développé dans cette optique. C'est un algorithme de plus proche voisin, niveau par niveau dans le calorimètre, avec une définition de voisinage restreinte dans la partie électromagnétique pour tirer au mieux parti de la granularité. Les amas sont ensuite construits en combinant les niveaux et une attention particulière est portée à la répartition de l'énergie entre les amas adjacents. L'algorithme sert de base à l'algorithme d'energy flow [30] mais il est également utilisé dans la reconstruction des électrons.

2.2.2 Algorithmes de compactification des données.

DØ écrit des données avec une fréquence de 50 Hz et un événement après reconstruction contient en moyenne 150K octets. Afin de stocker sur disque toutes les données necessaires pour l'analyse il faut réduire la taille d'un événement par un facteur ~15. Pour cela l'IN2P3 a contribué à la conception d'un nouveau format de données de type micro-DST, appelé *thumbnail*, ou *TMB* [31]. Le logiciel a été écrit en C++ et a été adapté au framework de DØ. Il contient la définition des formats en associant aux objets des classes de C++, et permet la compactification et la décompactification des données. La compactification est appliquée à la fin de la reconstruction qui produit les thumbnails.

Pour l'analyse on applique d'abord sur le thumbnail le procédure dite de "skimming", qui consiste à sélectionner des sous-ensembles d'événements sur des critères simples, qui sont par la suite décompactifiés, dans leur format original (DST). Les DST peuvent être traitées ensuite de trois façons différentes. La première consiste à analyser directement dans le framework original de DØ . C'est le cas pour des analyses relativement simples comme la reconstruction des objets W ou Z. La seconde choisit de travailler dans le framework de ROOT. Les DST sont alors converties dans un format ROOT appelé "tree". C'est le cas pour des analyses plus complexes faisant appel à tous les sous-détecteurs. Enfin la troisième utilise le format dit "HEPTUPLE", qui est une sorte de ntuple de PAW converti en ROOT. Ce format présente plusieurs inconvénients concernant l'efficacité de stockage et d'accès aux données, le plus important étant qu'il ne contient pas les liens entre les objets sous forme des pointeurs habituels de C++. Pour combler ces insuffisances nous avons proposé et developpé une autre structure "tree", appelé TMBTree [32] qui fait partie depuis cette année du code officiel de DØ et qui est utilisé dans plusieurs groupes de travail, notamment dans le groupe des "Phénomènes Nouveaux" (NP). La taille d'un événement après décompactification dans le TMBTree est du même ordre de grandeur que celle du thumbnail lui-même, soit 10 à 20 Koctets.

2.2.3 Graphique et autres contributions software

Graphique

L'IN2P3 contribue au développement du programme de visualisation d'événements. Dans un premier temps, nous avons contribué à compléter les vues existantes. Dans un deuxième temps, nous avons développé d'autres vues en particulier des vues plus spécialement orientées vers la visualisation du calorimètre tant du point de vue de la lecture finale que des tours de déclenchement. Nous avons également développé la visualisation des objets reconstruits aux niveaux 2 et 3 de déclenchement pour aider à la compréhension des événements, au développement et à la certification des algorithmes.

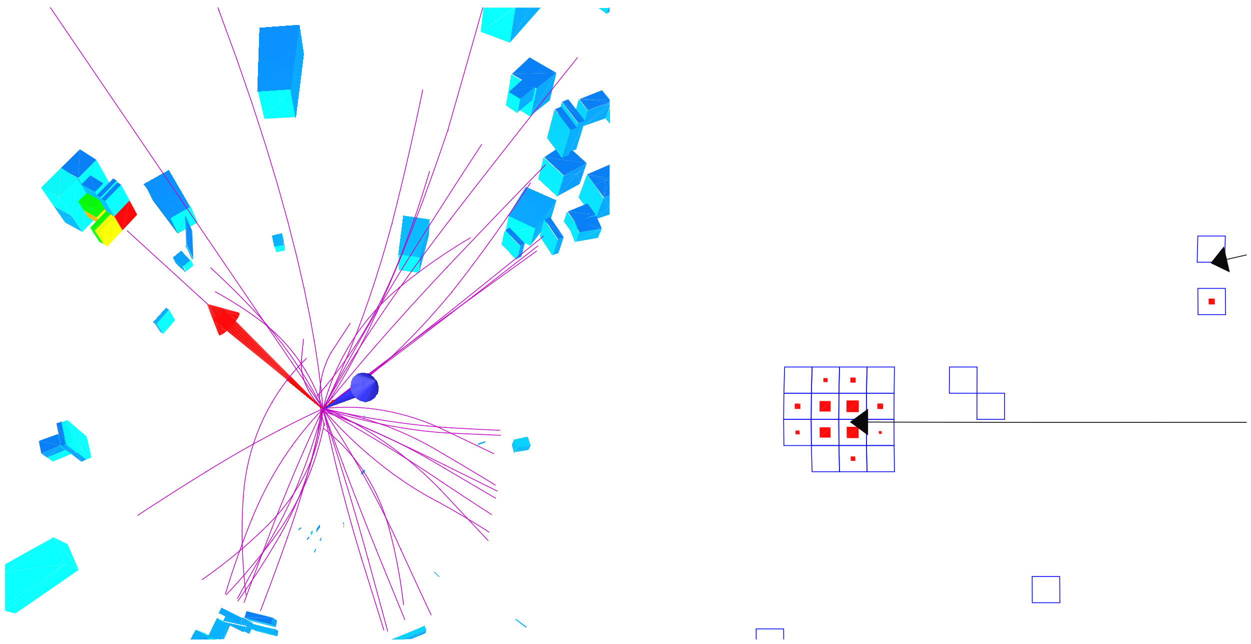

FIG. 3: *Diverses vue d'un électron dans un candidat top : à gauche vue en 3D montrant les cellules calorimétriques, les traces, l'électron et l'énergie transverse manquante ; à droite, une vue des cellules du troisième niveau du calorimètre autour de l'électron avec la trace extrapolée dans ce même niveau (flèche) permettant de vérifier la qualité de l'association trace-cluster.*

Reconstruction des traces et des vertex au niveau 3 de déclenchement (L3)

La reconstruction des traces, et plus spécifiquement l'identification de vertex déplacés, sont des éléments clefs dans l'analyse des processus physiques qui s'intéressent à la physique du quark b, aux études du quark top, à la recherche du boson de Higgs et à la recherche de nouveaux phénomènes comme la supersymétrie. L'IN2P3 a été impliqué pendant la période 2000-2002 dans la reconstruction des objets physiques au dernier niveau de déclenchement de l'expérience, le niveau L3, principalement dans la compréhension du tracking et la reconstruction des vertex déplacés. Ces objets physiques sont des préliminaires aux analyses "offline" ; ils permettent de rejeter une partie des événements de bruits de fond et d'améliorer l'identification des particules [14]

Simulation des événements

L'IN2P3 joue un rôle important dans le développement et le suivi de la chaîne de simulation de DØ. Cette tâche a d'abord été remplie au travers de la responsabilité de la simulation dans le groupe de "Calibration Offline" d'Avril 2000 à Juin 2001, dans le groupe de recherche de "Nouveaux Phénomènes" de Novembre 2000 à Avril 2003, ainsi que dans le groupe de calibration de l'énergie des jets de Septembre 2001 à Février 2003. Depuis Janvier 2003, l'IN2P3 a accentué ce rôle en co-dirigeant le groupe de simulation qui s'intéresse à toutes les activités de simulation dans la collaboration à l'exception de la simulation du système de déclenchement. Les activités réalisées dans ce cadre sont cependant essentiellement centrées sur les générateurs d'événements.

Il s'agit, d'une part, de l'installation, de la mise à jour, éventuellement du déboggage des versions, du contrôle des paramètres, d'autre part, de la documentation et de l'accès aux fichiers simulés pour les utilisateurs des groupes de travail. Un effort spécifique de développement d'outils pour la recherche de la SUSY a été fait. Ainsi une interface entre les programmes ISAJET [16] et PYTHIA [15] a été utilisée pour engendrer la plupart des événements SUSY dans DØ. Le générateur d'événements supersymétriques SUSYGEN [18], qui intègre SUSPECT [17] pour le calcul des masses est en cours d'interfaçage avec les logiciels de D0. En outre, des échantillonnages du modèle mSUGRA fournissant les spectres de masse, les sections efficaces de production à l'ordre de l'arbre et les taux d'embranchement ont été produits. Le programme PROSPINO [19] a en outre été introduit pour fournir des sections efficaces corrigées des effets à une boucle. Ces activités de l'IN2P3 touchent évidemment à toute l'infrastructure de la simulation ainsi qu'à la coordination avec les centres de production d'événements extérieurs au FNAL. Elles comportent aussi un travail de suivi de tous les développements théoriques pour l'amélioration qualitative ou à la création de nouveaux modèles de physique à engendrer, ainsi que de l'intégration de ces outils dans l'infrastructure de la collaboration.

2.2.4 Ferme de Simulation à Lyon

La production des simulations pour la collaboration DØ est assurée exclusivement par des centres de calcul extérieurs à FNAL. La puissance de calcul utilisée jusqu'à ce jour par DØ au CCin2p3 est principalement dédiée à la production Monte Carlo (MC). Celle-ci fait actuellement de DØ le deuxième utilisateur du centre de calcul après BABAR dans le domaine de la physique des particules. Tous les fichiers produits, des fichiers GEANT aux fichiers d'analyse, sont stockés dans HPSS. Les fichiers de reconstruction et d'analyse sont exportés à FNAL avec BBFTP. Ces transferts sont effectués à partir de commandes SAM (Sequential data Access via Meta-data) ainsi que la déclaration et la localisation de l'ensemble de tous les fichiers (les fichiers DST et micro-DST ont donc deux localisations : une à FNAL et l'autre au CCin2p3). Une database ORACLE privée à DØ-France et locale au CCin2p3 permet de suivre la production MC, de gérer la soumission des jobs, de récupérer les erreurs et de soumettre à nouveau les jobs concernés. Les fichiers stockés dans HPSS sont donc catalogués dans SAM et dans la database locale. L'environnement du CCin2P3 très diffèrent de l'environnent des autres centres a été un frein pour s'adapter facilement à l'évolution rapide du software de DØ et a été un handicap pour la production MC au centre de calcul. Ces problèmes sont pratiquement résolus, ce qui nous permettra d'utiliser de manière optimale les ressources du centre. A ce jour une dizaine de Tera-octets de fichiers sont stockés dans HPSS. Dans le futur il est prévu d'utiliser environ 15 Mh UI par an uniquement pour la production MC tout en sachant que le retraitement des données et leurs analyses occuperont aussi une part non négligeable des ressources en CPU.

2.2.5 Mise en place d'un centre d'analyse régional au CCIN2P3

La collaboration DØ a décidé pour faire face au flot important de données à analyser (en moyenne 1 milliard d'événements par an) de mettre en place des centres extérieurs d'analyses nommés RAC (Remote Analysis Center). Ils doivent disposer d'un volume de stockage sur bande et sur disque très important. Ces centres doivent être reliés au CAC (Central Analysis Center) par un réseau à haute bande passante et dans une moindre mesure aux IAC (Institutional Analysis Center). Le CCin2p3 est un excellent candidat pour devenir un RAC et la mise en place des moyens est en préparation et sera décrite séparément dans un Memorandum of Understanding qui liera les deux parties, DØ et le CCin2p3. Le volume de stockage est assuré par HPSS et devra prouver son efficacité dans l'optimisation des entrées-sorties. Sans optimisation du cache normalement assuré par SAM, des problèmes de temps d'accès aux fichiers peuvent apparaître. Ce problème sera d'autant moins important que l'espace disque cache sera élevé. Le CCin2p3 devra stocker environ 10% de l'ensemble des DST de DØ, 100% de ses micro-DST et 20% de la production de simulation. La gestion et la soumission des jobs pourront être assurées par SAM dans le cadre d'une grille de calcul mise en place par DØ. Le retraitement partiel des données au niveau des DST sera aussi une tâche possible d'un RAC. Par contre, il n'aura pas pour rôle de distribuer les codes qui seront toujours installés directement à partir de FNAL. Comme pour BABAR, il sera donc demandé à l'IN2P3 un soutien important pour mettre en oeuvre les moyens nécessaires au CCin2p3 afin que celui-ci réponde aux exigences réclamées par un RAC DØ.

2.3 Groupes d'Identifications des objets physiques

2.3.1 Identification des électrons

L'identification des objets électromagnétiques est basée initialement sur la présence d'amas isolés dans le calorimètre, dont la fraction d'énergie déposée dans la partie électromagnétique est supérieure à 90%. L'algorithme de recherche des amas calorimétrique est soit un algorithme de cône, soit un algorithme basé sur les voisins les plus proches [29].

Dans un deuxième temps, les paramètres de dévelopement de gerbe sont comparés au caractéristiques attendues pour une gerbe électromagnétique. Pour cela des "H-matrices" sont dérivées à partir de la simulation, et un paramètre de χ^2 mesure la compatibilité d'un amas électromagnétique avec une gerbe d'électron ou de photon. Pour les photons, l'utilisation des détecteur de pied de gerbe pour diminuer la contamination par des jets est en cours. Finalement, la distinction entre un électron et un photon est faite lorsque une trace est associée à l'amas.

L'efficacité de reconstruction des objets électromagnétiques, basée uniquement sur les critères calorimétriques, est de 85% dans le calorimètre central et de 93% dans les calorimètres bouchons avec une contamination de 0.01% et 0.03% respectivement.

Un algorithme d'identification d'électrons non isolés a aussi été développé, avec pour but principal l'amélioration des possibilités d'étiquetage des saveurs lourdes [33, 34, 35] Le principe consiste à extrapoler des traces chargées dans le calorimètre, de mesurer les dépôts d'énergie dans les diverses couches du calorimètre à l'intérieur d'une route étroite autour de cette extrapolation et de comparer les valeurs observées à celles attendues pour un électron d'une impulsion donnée, mesurée dans le détecteur de traces. Cette méthode, dite "de la route", a été élaborée en utilisant des événements simulés. Les performances ont ensuite été vérifiées sur les données en recherchant puis en utilisant un signal de $\mathrm{J}/\psi \rightarrow \mathrm{e}^+\mathrm{e}^-$ pour le signal (figure 4), de $\mathrm{K}^0_S \rightarrow \pi^+\pi^-$ pour le bruit de fond. Une efficacité d'identification de 77% est observée pour un taux d'identification erroné de 2%. Cet algorithme est désormais intégré dans le programme officiel de reconstruction de DØ, ainsi que dans le déclenchement de troisième niveau.

2.3.2 Calibration en énergie des électrons

Lors du Run I, une excellente calibration du calorimètre électromagnétique a permis d'atteindre une précision sur la valeur de la masse du W de 84 MeV. Des performances similaires seront nécessaires pour atteindre un des objectifs importants du Run II : contraindre le plus fortement possible la masse du Higgs (s'il n'est pas observé directement) par des mesures de précision de la masse du W et du top.

Par rapport au Run I, le solénoïde placé devant le calorimètre pour la mesure des traces chargées, introduit du matériau mort correspondant à une longueur de radiation environ. Du plomb a été ajouté afin d'améliorer l'identification des électrons et des photons avec les détecteurs de pied de gerbes (CPS et FPS) correspondant en tout à deux longueurs de

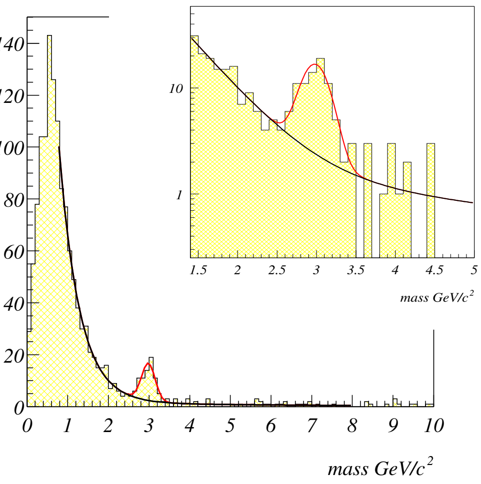

FIG. 4: *Distribution de la masse* e^+e^-*, les deux électrons étant identifiés par la méthode de la route. Le pic du* J/ψ *est clairement visible.*

radiation . Ces détecteurs sont en cours de calibration et leur contribution à la mesure de l'énergie des objets électromagnétique sera disponible bientôt.

Une correction dite "géométriques', pour les pertes d'énergie dans les matériaux morts est faite est calculée à partir du programme de simulation [37]. Cette correction qui varie de 5% à 10% suivant l'énergie et la matière traversée, est la plus importante pour la reconstruction de l'énergie des électrons.

Les énergies mesurées dans les données et dans la simulation sont ensuite ajustées séparément en utilisant la masse reconstruite du Z dans 12 différentes régions du calorimètre [38]. Au printemps 2003, nous avions 3286 événements qui contiennent 2 électrons de $P_T > 20$ GeV. Après calibration, la valeur moyenne de la distribution de masse invariante des 2 électrons est $M(e^+e^-) = 90.9 \pm 0.1$ GeV (cf figure 5)

La résolution sur la masse du Z après avoir appliqué les coefficients des calibration en-ligne et hors-ligne est de 3.8% dans les données, à comparer à 2.8% dans la simulation. Une étude récente a montré que cette différence est principalement due à l'influence des espaces morts en φ entre les seize modules du calorimètre central : à cause du temps d'intégration plus court au Run II, l'efficacité de la collection des charges au bord des modules a diminuée, augmentant ainsi le domaine d'inefficacité des espaces morts (jusqu'à $\delta\varphi < 0.04$). Cet effet n'est pas encore pris en compte dans la simultation. Lorsque les corrections correspondantes pour les pertes d'énergie sont appliquées, la résolution atteint 3.3%, ce qui se rapproche de la valeur nominale de la simulation. Nos études d'intercalibration des cellules en φ en ajustant le flux d'énergie des événements de biais minimum n'ont pas mené à une amélioration significative de la résolution pour le moment.

Finalement la résolution du calorimètre électromagnétique que l'on peut paramétriser en

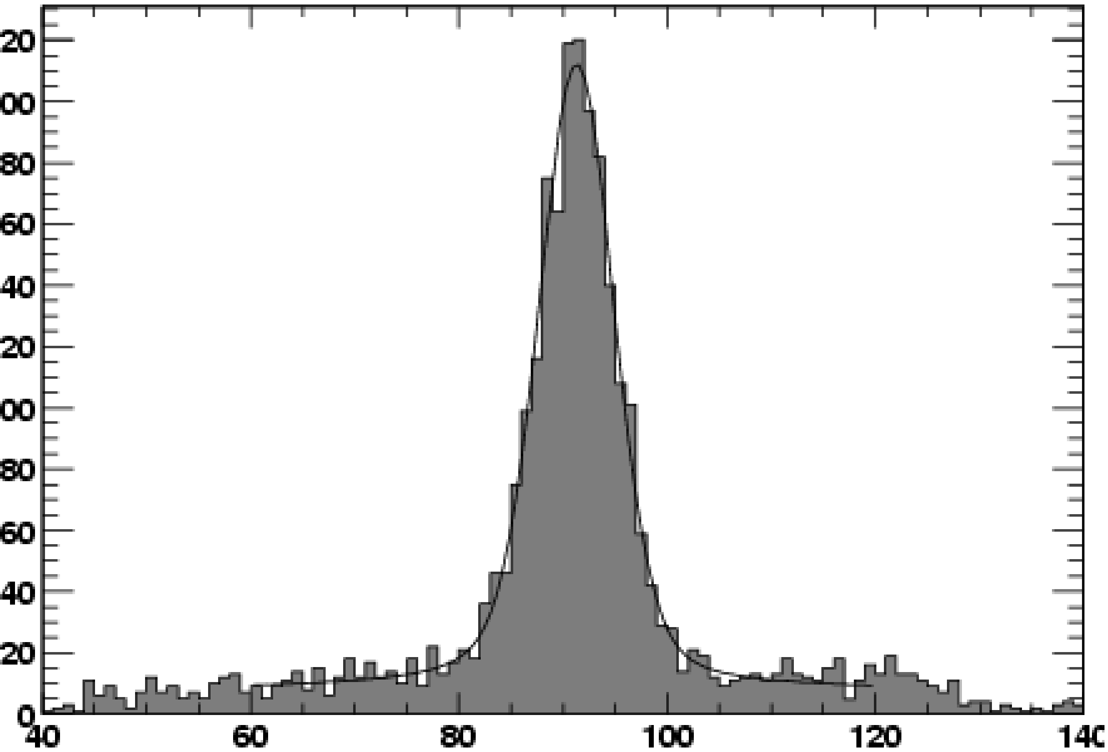

FIG. 5: *Spectre de masse invariante des 2 électrons obtenus à partir des données 9/2002-3/2003. Le pic de masse est à 90.9 GeV, avec une résolution de 3.4 GeV*

terme de

$$\frac{\sigma_E^2}{E^2} = C^2 + \frac{S^2}{E} + \frac{N^2}{E^2}$$

a été estimée à partir de la simulation de la résonance du Z, dont la largeur a été ajustée sur la distribution mesurée. En supposant que le terme d'échantillonnage S varie entre 15% et 20%, on détermine une valeur supérieure du terme constant C de 5%. La masse du Z étant peu sensible au terme du bruit N, on estime à partir des mesures de piédestaux une valeur de $N = 290$ MeV. Ce résultat doit être affiné par des mesures sur l'Upsilon et le J/Ψ pour lesquels un nouveau mode de déclenchement a été introduit. A basse énergie, la comparaison E/p avec le détecteur de traces devrait fournir les meilleurs résultats.

2.3.3 Identification des taus.

L'identification des leptons τ est un complément important pour l'étude des bosons W et Z et celle du quark top au Tevatron. Mais elle pourrait également jouer un rôle majeur dans de nombreux aspects de physique nouvelle (production de particules supersymétriques avec au moins deux taus dans l'état final) et dans la recherche d'un boson de Higgs standard de masse inférieure à 120 GeV pour lequel le rapport d'embranchement en paire de taus est de 8%.

La difficulté d'identifier les taus dans leurs désintégrations hadroniques réside avant tout dans leur ressemblance avec les jets QCD. Les deux types de processus sont caractérisés par la présence d'hadrons neutres et chargés dans l'état final. Néanmoins certaines caractéristiques peuvent être employées pour les différencier : plus faible multiplicité en particules chargées, produits de désintégrations plus collimés et nombre plus réduit de π^0 pour les taus que pour les jets.

Ainsi quatre réseaux de neurones ont été développés à l'IN2P3, combinant les informations du calorimètre et des traces chargées et distinguant la production de un ou trois pions chargés, accompagnés ou non de π^0.

Une première étude sur un lot de données enrichi en $Z \rightarrow \tau^+\tau^- \rightarrow \mu\tau X$ a permis de tester le bon fonctionnement des réseaux de neurones. Ainsi la valeur de sortie dans le canal $\tau^- \rightarrow \pi^-\nu_\tau n\pi^0$ ($n \geq 1$, mode de décroissance dominant) montre un léger excès d'événements avec une valeur proche de 1 (signal), à la différence d'un lot non enrichi (τ et μ de même charge)

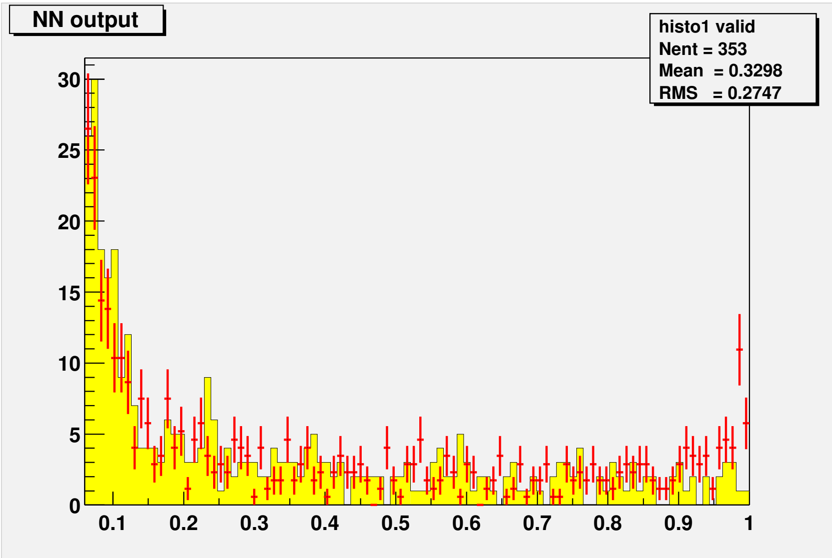

FIG. 6: *Valeur de sortie du réseau de neurones pour le mode de désintégration* $\tau^- \rightarrow \pi^-\nu_\tau n\pi^0$ *quand un muon isolé est reconstruit dans l'hémisphère opposée. Points avec barre d'erreur :* τ *et* μ *de charges opposées, histogramme :* τ *et* μ *de même charge. Le signal de tau attendu correspond à une valeur de sortie proche de un.*

2.3.4 Reconstruction de l'Energie Transverse manquante

L'énergie transverse manquante est en principe une quantité facilement mesurable : il suffit d'additionner vectoriellement les dépots d'énergie dans le calorimètre pour y avoir accès. Comme cette quantité peut être la signature d'une particule "invisible", il est important de la mesurer avec précision. Cette quantité subit donc un nombre important de corrections, qui dépendent des type d'objets présents dans l'événement (jets, électrons, muons) et du comportement du détecteur. De fait, cette quantité est utilisée pour suivre la réponse du calorimètre et l'influence du bruit électronique sur cette quantité peut-être étudiée en utilisant des événements contenant un minimum d'énergie physique [11]. Plus généralement, l'IN2P3, a developpé, en utilisant cette quantité et des quantités similaires, des critères sévères de rejection de "runs" considérés insuffisamment bons pour des mesure de précisions, et a pris la responsabilité de l'estimation de la qualité des données du calorimètre, déterminant ainsi l'échantillon (cf figure 7) sur lequel sont effectuées les analyses de la collaboration [12].

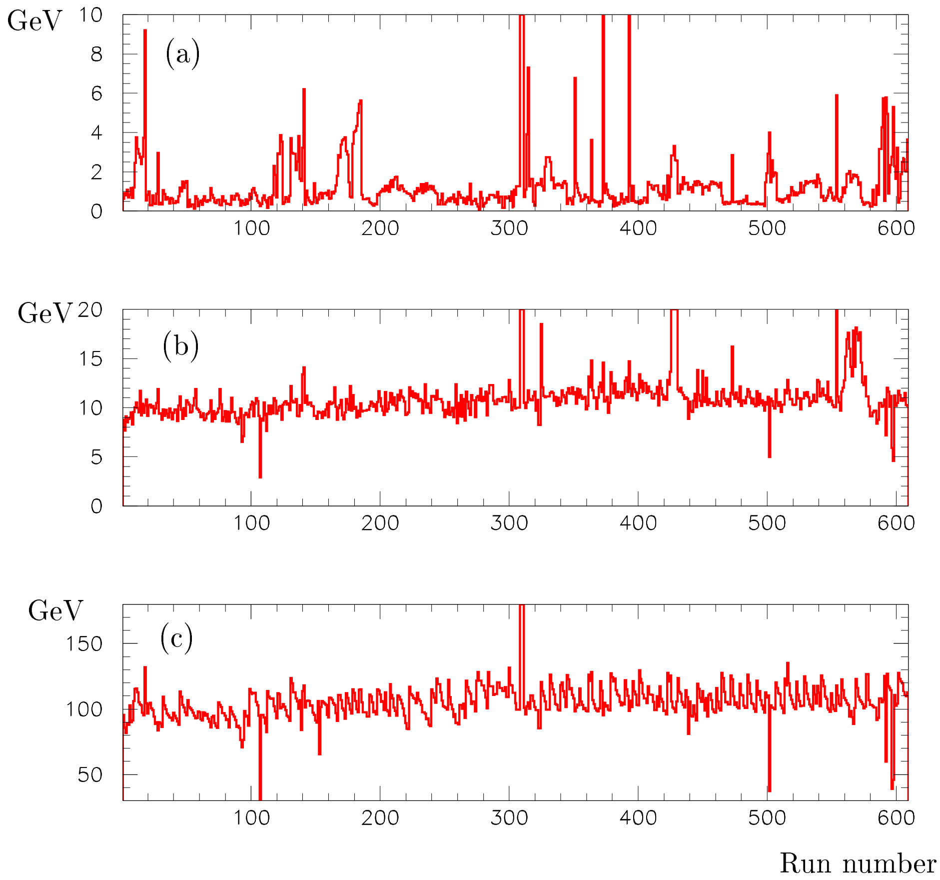

FIG. 7: *Evolution au cours du temps, entre l'été 2002 et l'hiver 2003, d'un estimateur de la symétrie azimuthale (a) et de la valeur moyenne de l'énergie transverse manquante (b), par "run", ainsi que (c) de la valeur moyenne de l'énergie transverse scalaire (SE_T). Les runs ayant des pics prononcés dans une de ces 3 distributions sont rejetés. En (c) on peut observer sur SE_T l'effet de structure en "store" de la luminosité, chaque pic correspondant au début d'un nouveau "store".*

2.3.5 Identification des Jets

L'IN2P3 est responsable de ce groupe de travail depuis sa formation en 1999. Après une première étape d'écriture des algorithmes et de leur code (décrite plus haut), l'effort s'est porté après le démarrage de la prise de données à la définition des critères de jets acceptables pour l'analyse. Ces critères utilisent des variables usuelles telle la densité d'énergie ou le nombres de cellules du jet. Un travail particulier a dû être entrepris pour contrecarrer la présence de jets déformés par la présence de bruit dans les couches externes du calorimètre hadronique (CH), dont le bruit électronique est nettement plus important qu'au run I. Ceci est particulièrement gênant dans la physique du top, où le nombre de jets dans l'état final est important : une sélection trop dure réduit le nombre de jets reconstruits, et rend plus difficile l'extraction du signal, puisque le signal se trouve alors masqué dans le bruit de fond d'origine QCD qui comporte en général un nombre de jets plus petits. Une modification de la sélection des graines initiales a permis de résoudre ce problème et de garder une sélection efficace des jets au dessus de 15 GeV en énergie.

Les responsabilités de ce groupe couvrent également la détermination des efficacités de déclenchement, de sélection et de reconstruction, qui sont ensuite raffinées lors du stade final des différentes analyses.

Une fois les jets bien identifiés, ils sont corrigés en énergie, comme décrit dans la section suivante.

2.3.6 Calibration en énergie des Jets

La calibration des jets [21] est en général la source principale d'incertitude systématique dans les analyses de physique auprès d'un collisionneur hadronique. L'IN2P3 est impliquée dans ces calibrations in-situ qui permettent de déterminer les propriétés des jets de particules à partir de celles des jets reconstruits à l'aide d'algorithme de cône dans le calorimètre. Nous menons deux études dans ce cadre. L'une porte sur la soustraction de l'énergie sous-jacente des jets (elle-même systématique dominante dans la calibration des jets) et la seconde porte sur la détermination d'une réponse spécifiques aux jets issus de quarks b (dont les propriétés de fragmentation sont différentes des jets de quarks légers ou de gluons).

La première de ces corrections est régulièrement établie pour le MC et, indépendamment, pour les données depuis la fin de l'année 2001 et a servi dès le début 2002 dans la plupart des résultats de physique présentés par la collaboration.

La seconde est à l'étude exclusivement sur du MC pour l'instant. C'est une méthode originale qui est complémentaire de la reconstruction du pic du $Z \to b\bar{b}$. Il s'agit d'utiliser l'équilibre en impulsion transverse d'événements $\gamma + b$ pour établir une réponse spécifique aux jets de b. Les résultats préliminaires montrent que celle-ci est d'environ 6 à 7% inférieure de celle des jets de quarks légers ou de gluons. Il est envisageable d'établir des corrections de rayonnement hors du cône également spécifique aux jets de b. Ces corrections spécifiques devraient contribuer à l'amélioration de la résolution en masse pour des résonances se désintégrant en paires de quarks b, comme un boson de Higgs de basse masse par exemple. Elles devraient également contribuer à améliorer la reconstruction de la masse du quark top.

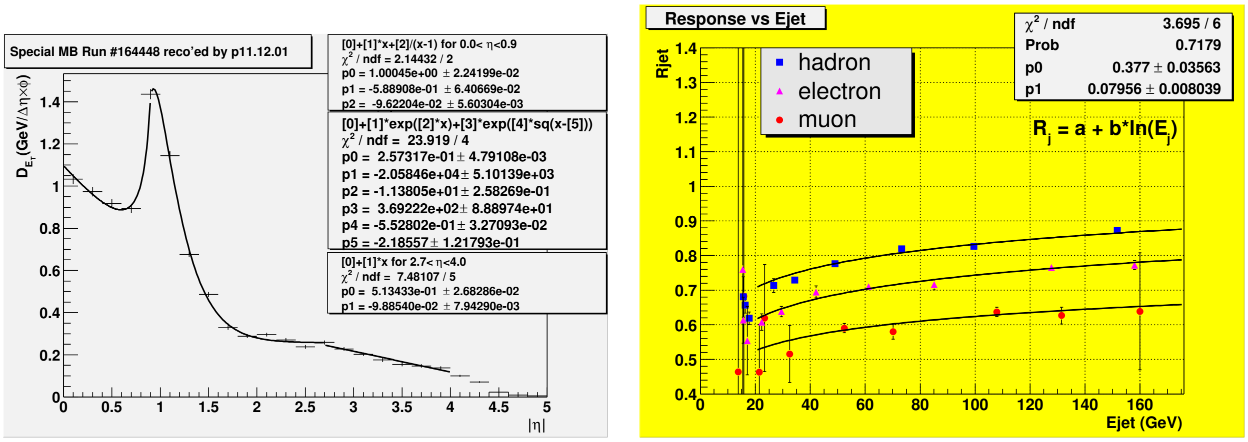

FIG. 8: *Densité d'énergie sous-jacente des jets dans les données (a) et réponse des jets de b en fonction de leur énergie et de leurs compositions (b).*

La partie gauche de la Fig. 8 montre une courbe de densité d'énergie transverse sous-jacente dans les données, utilisée dans une version récente du programme officiel de calibration des jets. La partie droite de la Fig. 8 montre l'estimation MC de la réponse des jets de b en fonction de leur énergie pour différentes compositions : désintégration hadronique, semi-électronique ou semi-muonique du hadron beau.

Les notes DØ 4110, 4112 et 4115 décrivent en détail la calibration des jets et notamment leurs corrections d'énergie sous-jacente.

2.3.7 Identification des jets de quark b

L'identification des quarks b intervient dans l'étude de nombreux processus physiques : violation de la symétrie CP dans la désintégration des hadrons beaux, étude des propriétés du quark top, recherche du bosons de Higgs et de particules supersymétriques notamment.

Les membres de l'IN2P3 sont intervenus progressivement à différents stades, d'abord pour développer des algorithmes d'identification de quarks b dans DØ, puis pour les tester sur des données réelles. Ainsi le groupe de Grenoble a-t-il proposé un étiquetage qui combine plusieurs variables (distance de vol, masse invariante, muon de faible moment transverse) par la méthode du maximum de vraisemblance. Le groupe de Marseille a participé au développement du déclenchement de troisième niveau grâce à la reconstruction rapide de vertex décalés [14].

Les groupe d'Orsay et de Grenoble ont exploité l'algorithme d'identification d'électrons par la méthode de la route pour rechercher un signal de désintégration b→eX dans les données. Pour ce faire, un lot d'événements étiquetés par la présence d'un muon énergique dans un jet hadronique a été utilisé, et un signal d'électron a été recherché dans le jet opposé. La comparaison des caractéristiques cinématiques de ces candidats électrons avec celles de candidats similaires obtenus dans des jets hadroniques énergiques a permis la mise en évidence non ambigüe d'un signal de quark b au niveau attendu, avec une efficacité d'environ 38% lorsque un jet de b contient un électron central d'impulsion transverse supérieure à 4 GeV/c, pour un taux de mauvaise identification de 0.2%. Cette méthode d'étiquetage, décrite dans les notes DØ 3828 [33], 3976 [34] et 4032 [35], a été validée par la collaboration. Plus récemment le groupe de Strasbourg a repris une méthode qui avait déjà fait ses preuves

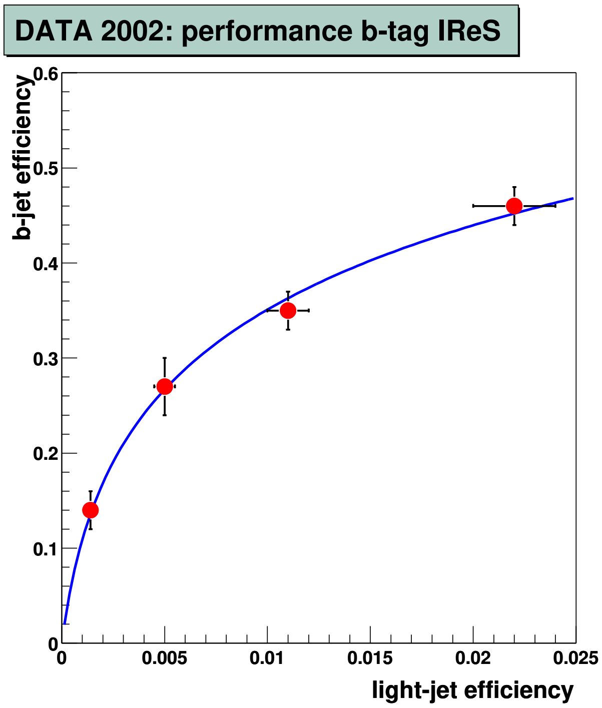

FIG. 9: *Efficacité d'identification des jets de quark b en fonction de celle des quarks légers (u,d,s) : obtenue sur des données réelles muon+jet et multi-jets.*

au LEP : une probabilité est calculée pour chaque jet de particules à partir des paramètres d'impact mesurés (distance extrapolée la plus courte entre une trace et le vertex primaire d'interaction). Cette probabilité est distribuée uniformément entre zéro et un pour des jets de saveur légère, elle tend vers zéro pour des jets de quark c ou b quand une particule de longue durée de vie est produite. Les données réelles sont utilisées pour calibrer cette distribution de probabilité qui est exploitable pour près de 72% des jets reconstruits. A partir de lots d'événements enrichis en désintégrations de hadrons beaux en muons (b$\rightarrow \mu X$), plusieurs méthodes indépendantes ont permis d'établir que l'on pouvait atteindre une efficacité d'identification de jets de quark b de 35% tout en rejetant 99% du bruit de fond des quarks légers. Cette technique est en cours de certification dans la collaboration (note DØ 4069 [36] et figure 9).

Ces différents algorithmes sont pour le moment utilisés indépendamment, mais il est prévu de les combiner. Une première étude a ainsi démontré qu'associer les informations en paramètres d'impact et en muon reconstruit permettait, pour un même niveau de bruit de fond, de doubler l'efficacité d'identification des quarks b pour les jets contenant un muon.

3 Proposition de Participation du groupe LPC

D'une façon générale, l'approche du LPC consiste à entrer dans le courant de l'activité DØ-France, et ses activités seront développées en cohérence avec celles des autres groupes français. Nos centres d'intérêts que sont la calorimétrie et la recherche de nouvelles particules ('new phenomena') dans le secteur de Higgs et la supersymétrie rentrent pleinement dans cet esprit. Ainsi le LPC abordera dans un premier temps ce qu'il convient d'appeler les outils de l'analyse dans le but d'appréhender le détecteur et particulièrement le calorimètre. Ensuite et progressivement, il abordera les analyses de physique dans le secteur de 'New Phenomena'.

Du point de vue des taches d'interêt général, comme groupe de l'IN2P3, le LPC participera aux prises de données du Calorimètre et à l'effort global pour promouvoir le CCin2p3 comme 'Remote Analysis Centre'. Pour ce qui concerne les outils, le calorimètre y est central et ils gravitent autour de la reconstruction des objets off line et on line.

Ainsi, le LPC désire s'investir dans les champs suivants en allant du court terme au plus long terme :

i) Trigger niveau 3 pour les électrons et les jets : ceci consiste en la maintenance des packages, la certification des releases et l'amélioration des logiciels (e.g. track cluster association, variables d'identification). La reconstruction rapide des jets permettrait de réduire le goulot d'étranglement du niveau 3.

ii) Reconstruction des jets "offline" : celle-ci permet d'étendre le champ d'investigation des analyses. Des algorithmes d'Energy-Flow ont été initiés au sein de la collaboration. Le développement de ces procédures est un thème où des améliorations peuvent se faire jour en particulier grâce à la mise en place d'algorithmes innovants et à l'intégration des améliorations que peut apporter désormais le système de trajectographie. Notre investissement pourrait consister en la participation aux tâches de maintenance des codes existants, de certification des releases et à l'amélioration des performances.

iii) Visualisation 3D et event display : la visualisation des événements revêt un rôle important pour le développement des analyses de 'new phenomena'. A plus long terme et en parallèle avec les points précédents le LPC pourrait consacrer une partie de ses efforts en ce sens en synergie avec les analyses de physique que nous aborderions.

L'objectif principal du groupe est de poursuivre la recherche du boson de Higgs entamée au LEP, tant dans le Modèle Standard qu'au delà. L'importance du Calorimètre et de l'energy-flow est directe dans de telles études. La mesure des bruits de fond des analyses de recherche du boson de Higgs, W + 2jets, $Wb\bar{b}$, seraient des points auxquels le LPC pense consacrer ses premiers travaux d'analyse.

4 Analyses du Run I produites par l'IN2P3

4.1 Recherche de supersymétrie violant la R-parité

4.1.1 Etat final multi-leptonique

L'état final multi-leptonique est une signature importante dans la recherche de la Supersymétrie. DØ a étudié un tel signal avec les données du Run I et n'en a trouvé aucun au-delà de ce que l'on attend dans le MS. Nous avons réinterprété ce résultat pour le cas où la R-parité est violée par des constantes de couplage non nulles λ_{ijk} $i, j, k = 1{,}2{,}3$. Dans un tel cas, la particule supersymétrique la plus légère est instable et l'état final doit contenir encore plus de leptons. Ainsi nous avons pu augmenter considérablement le domaine d'exclusion de l'espace paramétrique du modèle supersymétrique considéré (Fig. 10) [39].

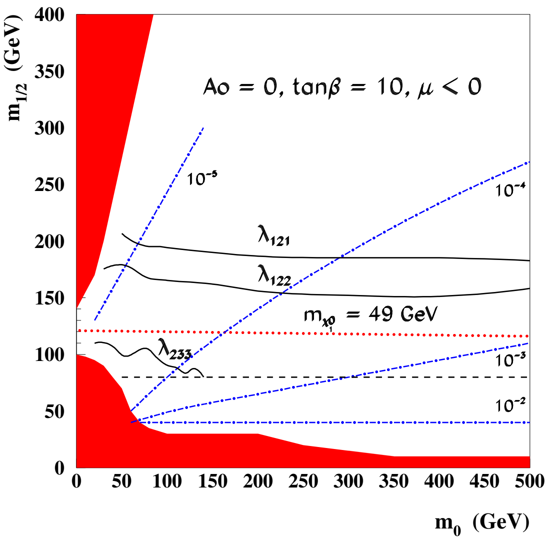

FIG. 10: *Contours d'exclusion obtenus pour différents types de couplage de Yukawa dans l'espace paramétrique du modèle mSUGRA. Les régions sous les lignes continues, étiquetées par les couplages λ_{ijk} sont exclues.*

4.1.2 Production résonante de sleptons

La recherche de particules supersymétriques produites dans la voie s a été effectuée pour la première fois au Tevatron sur les données du Run I dans le canal dimuons plus jets. Les sleptons, $\tilde{\nu}_\mu$ et $\tilde{\mu}$ sont produits par résonance avec violation de la R-parité dans le couplage λ'_{211} non nul. L'avantage de ce mode est la production d'une seule particule supersymmétrique et donc d'avoir accès à des domaines de masses plus élevés que dans la production par paire.

L'analyse met une limite supérieure sur λ'_{211} égale à 0.07 et une limite sur la masse des sleptons à $260GeV/C^2$. Ce travail qui a fait l'objet d'une thèse a été publié [40].

4.2 recherche du partenaire supersymétrique du top

Le stop est un squark particulièrement intéressant à rechercher car il apparaît dans de nombreuses réalisations de la supersymétrie comme le squark le plus léger. Alors que jusque là le stop n'avait été recherché que dans le mode de désintégration stop $\rightarrow$ charm-neutralino au Tevatron, nous avons étudié deux autres possibilités de désintégration de ce squark qui sont tout aussi probables : nous avons recherché la production de paires de stop dans l'état final inclusif électron-muon-énergie transverse manquante en utilisant un échantillon d'événements $p\bar{p}$ correspondant à 108.3 pb^{-1}, en supposant que nous etions dans le modèle supersymétrique standard minimal (MSSM) et que :

1) le sneutrino est la particule supersymétrique la plus légère (LSP). Pour les deux désintégrations dominantes, $\tilde{t} \rightarrow b\tilde{\chi}_1^+$ et $\tilde{t} \rightarrow b\ell\tilde{\nu}$, nous n'avons pas trouvé trace de signal

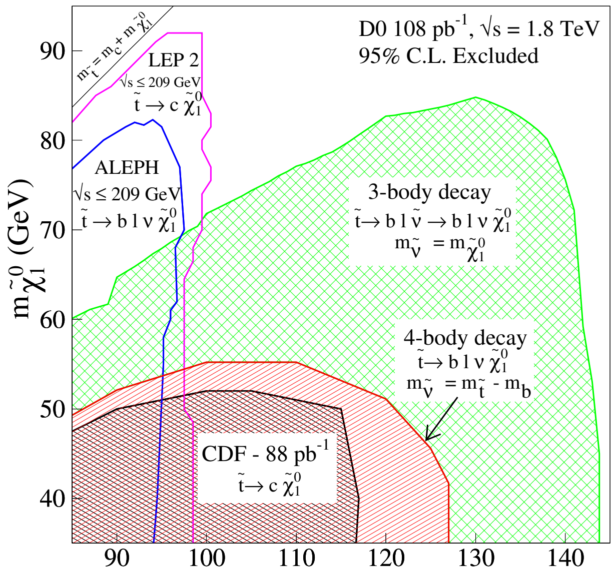

FIG. 11: *Régions exclues dans le plan $(m_{\tilde{t}}, m_{\tilde{\chi}_1^0})$ pour le canal $\tilde{t} \rightarrow b\ell\nu\tilde{\chi}_1^0$ du MSSM, en supposant une désintégration à 3- ou 4-corps avec un sneutrino intermédiaire de masse égale respectivement à $m_{\tilde{\chi}_1^0}$ et $m_{\tilde{t}} - m_b$. La masse du chargino considéré est $m_{\tilde{\chi}_1^+} = 140$ GeV. Les resultats de notre analyse (DØ 108 pb^{-1}) sont comparés à ceux obtenus pour le canal $\tilde{t} \rightarrow c\tilde{\chi}_1^0$ au LEP et au Tevatron (par CDF), et dans le canal $\tilde{t} \rightarrow b\ell\nu\tilde{\chi}_1^0$ au LEP (par ALEPH)*

et avons déduit les meilleures limites existantes pour ce squark, en fonction de la masse du stop ($\tilde{t}$), chargino ($\tilde{\chi}_1^+$), et sneutrino ($\tilde{\nu}$) [41].

2) en supposant que le neutralino est la LSP. Dans ce cas différents types de désintégration du stop, à 3 ou 4 corps dans l'état final, peuvent avoir lieu. Après une étude détaillée des différents scénarios nous avons établi de nouvelles limites d'existence de ce squark, résumées dans la figure 11 [42].

5 Objectifs pour la Physique du Top, la recherche de SUSY et du Higgs au Run II du Tevatron

5.1 La physique du Top au Tevatron

Plusieurs thèses sont en cours sur l'étude du top :

- Une partie de nos études est consacrée aux propriétés de base du top : dans un premier temps nous mesurerons la section efficace de production $t\bar{t}$ à 2 TeV, afin de la comparer à la mesure du Run I à 1.8 TeV dans le centre de masse. Puis, lorsque l'échantillon sera suffisant une amélioration de la mesure de la masse du top sera faite. Cette masse est un paramètre important du Modèle Standard et permet, avec l'aide de la masse du W, de prédire la masse du boson de Higgs avec une assez bonne précision et donc de tester la cohérence du modèle Standard en combinant cette prédiction avec les résultats des recherches directes (cf figure 12).

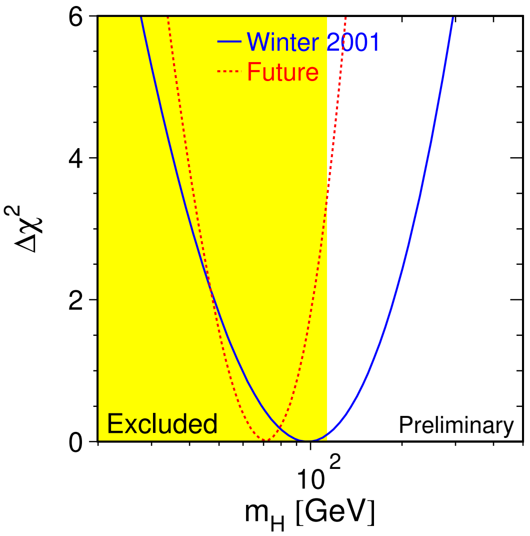

FIG. 12: *Prédiction actuelle de la masse du Higgs dans le cadre du Modèle Standard obtenue à partir des masses mesurées du top et du W comparée avec la prédiction obtenue en supposant une luminosité de 15 fb^{-1}. L'amélioration attendue de la précision sur m_{top} et m_W conduit à une diminution d'environ un facteur 2 de la "largeur" de la courbe [48].*

- Une autre composante de notre programme a pour but de mettre en évidence la production électrofaible du quark top aussi appelée "single top" car un seul quark top est produit dans l'état final, alors que dans la production forte qui domine, la production se fait toujours par paire. Cette mesure a pour but dans un premier temps de vérifier si la prédiction du modèle standard pour la section efficace est correcte, mais vise ensuite à séparer les 2 contributions principales de ce mode de production : le processus dominant est la fusion W-parton, mais au Tevatron la voie s ($q\bar{q} \to t\bar{b}$) a une section efficace comparable (0.7 pb contre 1.7 pb pour la fusion W-parton). Elle peut donc être isolée sur des critères topologiques et donne alors accès à un processus fondamental qui permet par exemple de mesurer directement la largeur du W en $t\bar{b}$. Comme le LHC est un collisionneur pp, la voie s ne peut y être obtenue que par interaction sur les quarks de la mer, si bien que le rapport des sections efficaces des 2 processus est d'environ 25, a comparer à 1.7/0.7 au Tevatron. Ceci rend l'isolation de la voie s très difficile au LHC et il est donc important de faire ces mesures précisément au Tevatron.

5.2 La Recherche de Physique au delà du Modèle Standard

Le Modèle Standard, malgré ses succès, ne peut pas être la théorie ultime, car il n'inclut pas toutes les interactions connues à ce jour, et contient des insuffisances mathématiques. Le Tevatron avec la plus haute énergie atteinte à ce jour est le meilleur endroit pour observer des nouveaux phénomènes, parmi lesquels on compte la supersymétrie (SUSY), les leptoquarks, les dimensions supplémentaires, ou encore les bosons de jauge de très grande masse. Au sein de DØ-IN2P3 nous nous intéressons principalement à la SUSY mais nous faisons des recherches sur les leptoquarks également.

La SUSY, la symétrie des interactions par rapport à la permutation fermion-boson, est un ingrédient incontournable pour l'unification des forces dans une théorie finie. La recherche du Higgs (voir Section 5.3) peut répondre à la question si la SUSY existe dans une forme minimale. En effet, si on exclut l'existence d'un Higgs neutre de masse inférieure à $\sim$130 GeV, on exclut également cette variante de la SUSY. D'autre part la SUSY prédit des phénomènes incompatibles avec le Modèle Standard, comme la production des particules lourdes se désintégrant en plusieurs leptons, jets et des particules indétectables. Ces incompatibilités avec le Modèle Standard deviennent encore plus spectaculaires dans le cas où la R-parité n'est pas conservée.

Le Tevatron est le seul accélérateur actuellement en service avec lequel on peut observer la SUSY de façon directe. Dans le Run II on a un fort potentiel pour découvrir [43] les gluinos et les $s$quarks dans les états finaux avec jets (leptons) et énergie manquante, pour observer les charginos et neutralinos dans les états finaux multi-leptoniques, ou les quarks stop et sbottom, tester la version GMSB de la SUSY dans le canal photon + énergie manquante [44], ainsi que de vérifier la conservation de la R-parité [45]. La sensibilité pour les gluinos et les $s$quarks dans le Run II est étendue jusqu'à 400-500 GeV et celle pour les charginos jusqu'à 150-180 GeV, bien au-delà des limites actuelles. Il faut souligner que dans ces recherches la luminosité intégrée joue un rôle très important comme le montre [43] la figure 13.

Avec une luminosité de $\sim$ 2 fb^{-1} la recherche sera effectuée d'abord pour des grandes

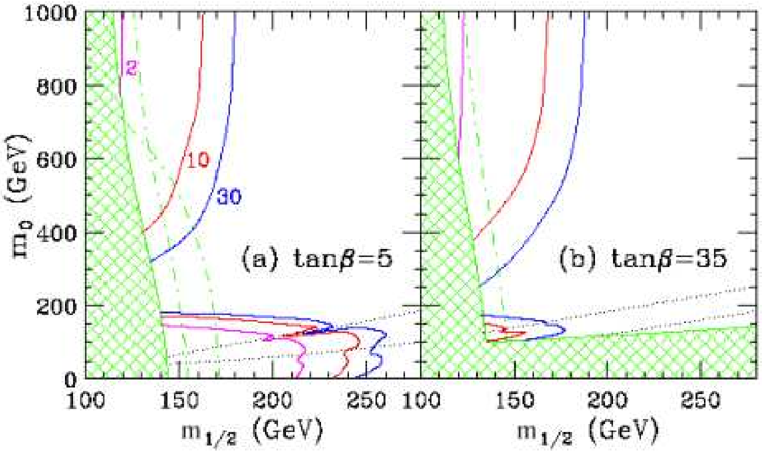

FIG. 13: *Les domaines accessibles dans le canal trilepton pour tester le modèle mSUGRA avec $A_0 = 0$ et $\mu > 0$. Les régions hachurées sont exclues par le LEP. Les chiffres sur les courbes indiquent la luminosité intégrée correspondante (2, 10 et 30 fb^{-1}).*

valeurs de $\tan\beta$, domaines moins explorés par le LEP, et où l'identification des quarks b et des leptons τ, outil inexistant dans le Run I joue un rôle important. Parmi les modèles le mSUGRA est le mieux testé jusqu'à présent. On doit avoir une luminosité importante, (voir figure 13) pour dépasser les limites existantes. Par contre, en abandonnant certaines contraintes (e.g. celles de l'unification des masses) dans les modèles où la brisure de la SUSY est transmise par la gravitation, ou en considérant les modèles où cette brisure est transmise par l'interaction jauge (GMSB), il restera des larges domaines à tester même avec une luminosité de l'ordre de ~ 2 fb^{-1}. En même temps on cherchera l'existence des particules supersymétriques d'une manière indépendante du modèle par la présence de pics ou des "end-points" dans la distribution des masses invariantes, caractéristiques d'une désintégration en cascade [46].

Nous avons commencé les études de ces phénomènes nouveaux et plusieurs thèses ont été déjà soutenues sur ces sujets. La luminosité intégrée délivrée jusqu'à présent n'a pas encore permis d'obtenir des conclusions au-delà de celles du Run I, mais ces études ont démontré que tous les ingrédients de l'analyse sont déjà en place.

5.3 La recherche du Higgs au Tevatron

Au Tevatron, la section efficace totale de production d'un boson de Higgs de 120 GeV, est d'environ 1 pb [49]. Cette production s'effectue essentiellement par fusion de gluons. La figure 14 montre que la désintégration principale d'un Higgs léger (de masse inférieure à 135 GeV) se fait dans le canal $b\bar{b}$, canal dominé par le bruit de fond QCD existant dans les collisionneurs hadroniques. La recherche d'un Higgs léger au Tevatron doit donc se faire en cherchant les productions associées (WH et ZH), où les bosons W et Z se désintègrent leptoniquement.

Si le Higgs a une masse supérieure à environ 140 GeV, on peut alors le rechercher par production directe, puisque il se désintègrera préférentiellement en $WW^\star$.

Actuellement la recherche se fait en sélectionnant les événements W + jets qui permettent d'étudier à la fois la physique du top et du Higgs. La discrimination entre ces 2 types de physique se fait en identifiant les b et en comptant le nombre de jets dans l'état final. Pour le Higgs produit par WH on s'attend à l'ordre le plus bas à un lepton+ 2 jets de b + de l'énergie transverse manquante dans l'état final. Pour le canal "1 lepton + jets" du top, on s'attend à un lepton, 2 jets de b, 2 jets du W et de l'énergie transverse manquante dans l'état final. D'une façon similaire, le canal ZH est étudié en recherchant les événements contenant une paire de leptons ou de neutrinos, accompagnée de deux jets de b. La signature, dans le cas où le Z se désintègre en une paire de neutrinos, consiste en deux jets de b acoplanaires, avec une grande énergie transverse manquante.

Les premières mesures que nous devrons faire pour la recherche du Higgs seront celles des sections efficaces W/Z + 2 jets et $W/Zb\bar{b}$. Ensuite l'isolation d'un signal éventuel dans le spectre de masse invariante $b\bar{b}$ dépendra crucialement de la résolution sur la mesure de l'énergie des jets.

La figure 15 montre les résultats attendus au Tevatron en fonction de la luminosité. Nous pouvons y voir pour les 3 niveaux de confiance (exclusion à 95%, signal à 3σ et découverte à 5σ) la luminosité nécessaire en fonction de la masse du Higgs. Il est à noter que ceci prend en compte la combinaison de tous les canaux ainsi que la combinaison des résultats attendus aux deux expériences du Tevatron (CDF et DØ).

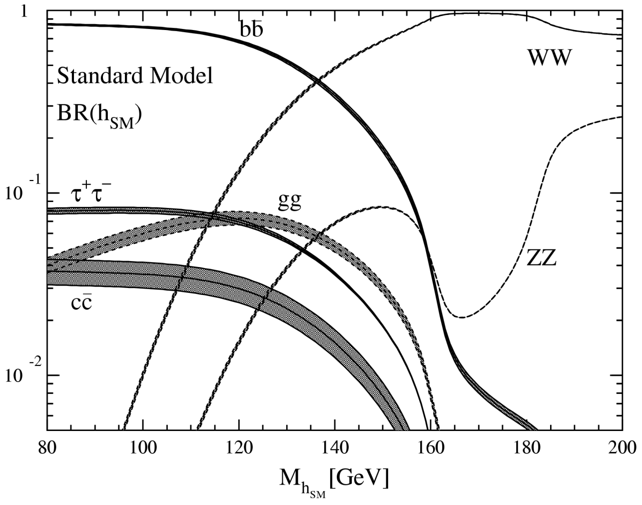

FIG. 14: *Rapport d'embranchement en fonction de la masse du Higgs. La désintégration en paire $b\bar{b}$ est le mode dominant pour des masses inférieures à 135 GeV.*

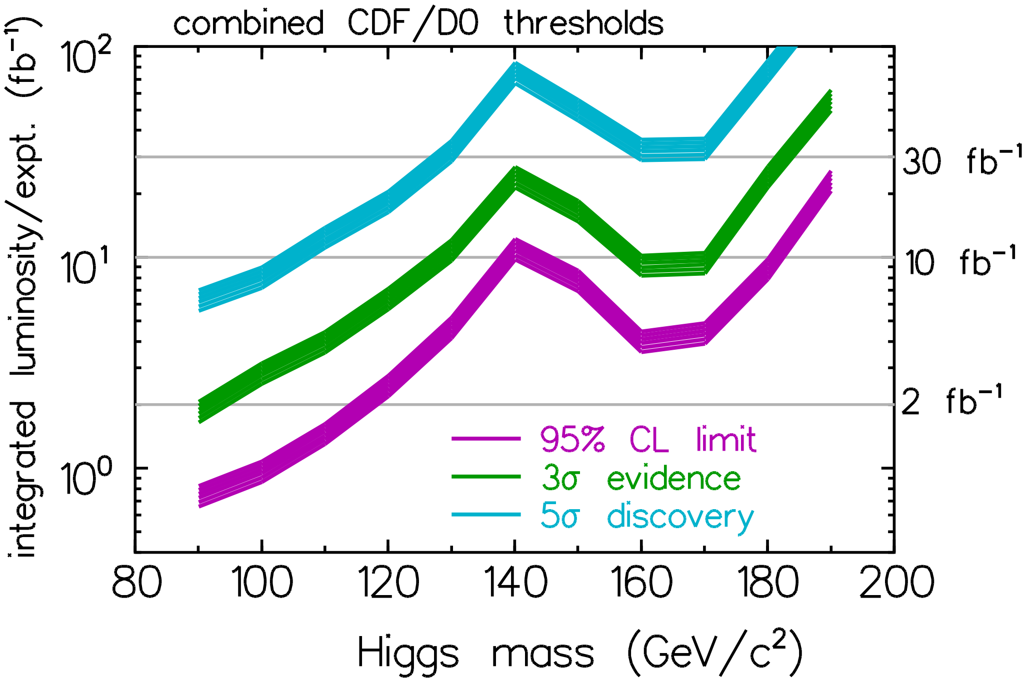

Fig. 15: *Masse de Higgs accessible en fonction de la luminosité intégrée au Tevatron pour différents niveaux de sensibilité (2σ, 3σ, 5σ).*

6 Estimations de la luminosité future du Tevatron

Le Run II a débuté en mars 2001 et à ce jour la luminosité instantanée maximale atteinte est de 4.5 10^{31}, soit un facteur 2 environ en dessous de la valeur nominale du Run IIa. Les prévisions réalistes et optimistes de la "Beam Division" sont données dans la figure 16.

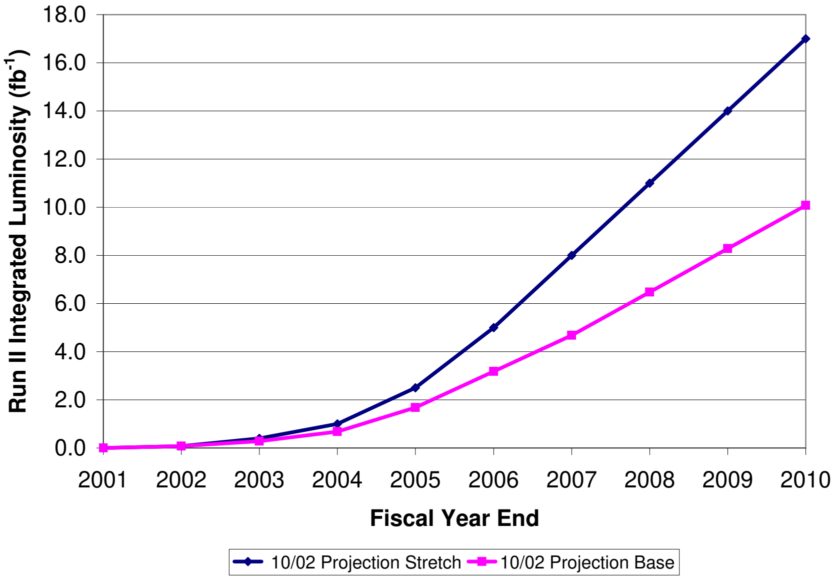

FIG. 16: *Prévisions optimistes et réalistes de la luminosité qui sera fournie par le Tevatron jusqu'en 2010. L'abscisse représente la fin de l'année fiscale, soit le 30 septembre de chaque année.*

7 Résumé des étapes du Run II

Ci-dessous sont données quelques grandes étapes du Run II, pour la recherche de nouveaux phénomènes et la physique du top et du Higgs, en relation avec les thèses effectuées au sein de l'IN2P3 :

300 pb^{-1} : prévu pour 2004

- Mesure de la section efficace de production du top à 2 TeV (avec étiquetage des b).
- Amélioration de la précision sur la masse du top (4-5 GeV).
- Recherche de SUSY au delà du Run I (luminosité et énergie dans le centre de masse (30-40%).
- Recherche du SUSY Higgs à grand tan β.
- Mesure de la section efficace $Wb\bar{b}$.

1.5 - 2 fb^{-1} : prévu pour la 2005-2006

- Mesure de la masse du top : 3 GeV (et de la masse du W : 25 MeV).
- Première observation de la production électrofaible du top.
- Exclusion directe de $m_{Higgs} = 115$ GeV.
- Avancées dans les recherches de SUSY et SUSY Higgs.

5 fb^{-1} : prévu pour 2006 - 2008

- Observation possible (3 sigmas) du Higgs SM à $m_{Higgs} = 115$ GeV.
- ou exclusion du Higgs Standard entre 115-130 GeV et entre 155-170 GeV.
- Exclusion quasi totale du Higgs SUSY.
- Tests poussés des modèles supersymétriques minimaux.
- Mesures améliorées de m_{top} et m_W d'où une contrainte indirecte forte sur m_{Higgs}.
- Séparation entre voie s et voie t dans la production du "single" top, compétitif avec le LHC.

10 - 15 fb^{-1} : prévu pour 2009 - 2011

- Observation possible (5 sigmas) du Higgs SM à $m_{Higgs} = 115$ GeV.
- Observation possible (3 sigmas) du Higgs SM à $m_{Higgs} =$ 120-135, 150-175 GeV.
- Précision maximale au Tevatron pour le top, le W, et la physique du b.
- Si non observation : Exclusion à 95% CL du Higgs entre 115 et 180 GeV.
- Recherches extensives en supersymétrie.

Nous pouvons constater qu'avec une luminosité de 2 fb^{-1} nous pouvons apporter une première réponse sur un Higgs à 115 GeV, faire des mesures significatives sur le quark top et progresser significativement sur la recherche de la supersymétrie.

Cependant avec une luminosité de 5 fb^{-1} les contraintes qui seront établies sur le boson de Higgs deviennent beaucoup plus fortes : exclusion possible jusqu'à 170 GeV (à l'exception d'une "fenêtre" entre 130 et 155 GeV, qui pourra peut-être être comblée d'ici là par l'amélioration des techniques d'analyse), et en parallèle, prévision précise de la masse du Higgs dans le cadre du modèle standard grâce à la meilleure précision obtenue sur m_{top} et m_W. Ces deux contraintes ou observations sur la masse du Higgs permettront une avancée importante sur la compréhension du phénomène de brisure de la symétrie électrofaible.

8 Proposition de Projet scientifique

La communauté DØ-IN2P3 souhaite poursuivre sa participation au Run II au delà de 2003 afin d'exploiter pleinement le potentiel de physique unique du Tevatron et continuer à préparer des jeunes physiciens à la physique du LHC. Elle demande de pouvoir assurer le programme de recherche qu'elle a engagé (top, SUSY,Higgs), qui requiert une luminosité intégrée d'au moins 5 fb^{-1}.

Les thèses en cours se terminant en 2005-2006, une nouvelle serie de thèses sera lancée pour exploiter pleinement les données accumulées correspondant à cette luminosité, thèses qui se termineront autour de 2008. DØ-IN2P3 sera donc fortement engagé sur DØ au moins jusqu'à cette date. Au-delà de 2008, l'intensité de la participation à DØ dépendra des résultats obtenus, des performances du Tevatron et des progrès du LHC.

Une fraction significative de DØ-IN2P3 souhaite profiter de l'expertise acquise dans DØ, à la fois sur la qualification du calorimètre et du micro-vertex et sur l'analyse de la physique $p\bar{p}$, pour aider, à partir de 2006, à la mise en route des experiences du LHC, tant au niveau du détecteur que des analyses de physique.

Si les performances du Tevatron étaient nettement en retrait par rapport à celles attendues (par exemple si une luminosité intégrée de 2 fb^{-1} n'était pas atteinte fin 2006) la transition vers le LHC se ferait plus rapidement.

Références

[1] DØ Collaboration, FERMILAB-Conf-95-030-E,
The DØ detector upgrade,
E. Borchi, S. Majewski, J. Huston, A. Penzo and P. G. Rancoita, Nucl. Phys. **B**, Proc. Suppl. 44 (1995) 12.

[2] P. Cornebise et al., DØ Note 3731 (02/2000),
Run II - Calorimeter Calibration System.

[3] R. Chiche et al., DØ Note 3914 (10/2001),
Optimisation of the D0 Online Calorimeter Calibration for RunII.

[4] R. Zitoun, DØ Note 3997 (07/2002),
Study of the Non Linearity of the D0 Calorimeter Readout Chain.

[5] DØ Collaboration, (1998)
Technical Design Report of the Calorimeter Electronics Upgrade for Run II

[6] A. Besson, G. Bosson, G. Sajot, DØNote 3827 (07/2001),
Argon purity measurements of the CC and North EC with the Argon Test Cell

[7] A. Besson, Y. Carcagno, G. Mondin, G. Sajot, DØNote 3799 (11/2001),
Argon purity measurements with the Argon Test Cell for Run II

[8] DØ Silicon Tracker Technical Design Report - DØ note 2169

[9] SMT Barrel Assembly - DØ note 3849

[10] DØ Collaboration, *L2βeta Design Report*
http ://galileo.phys.virginia.edu/ rjh2j/l2beta/
http ://www.lal.in2p3.fr/recherche/d0/l2beta.html

[11] S. Beauceron and G. Bernardi, DØNote 4119 (3/2003),
Missing E_T Studies on Zero and Minimu-Bias events

[12] G. Bernardi, V. Zusthi and the JetMet group, DØNote 3986, (5/2002),
Hot Cells and Missing Transverse Energy in Run II

[13] G. Bernardi, V. Zusthi and the JetMet group, DØNote 3985 (3/2003),
Jets in Run II

[14] A. Duperrin, DØ Note 3940 (01/2002),
A propagator tool for the L3 trigger.

[15] T. Sjöstrand, L. Lönnblad, S. Mrenna and P. Skands, hep-ph/0108264. T. Sjöstrand, P. Eden, C. Friberg, L. Lönnblad, G. Miu, S. Mrenna and E. Norrbin, Computer Phys. Commun. 135 (2001) 238, hep-ph/0010017.

[16] F.E. Paige, S.D. Protopopescu, H. Baer and X. Tata, hep-ph/0001086.

[17] A. Djouadi,J-L. Kneur and G. Moultaka, hep-ph/0211331, (2002),
Suspect : a Fortran Code for the Supersymmetric and Higgs Particle Spectrum in the MSSM

[18] N.Ghodbane, S. Katsanevas, P. Morawitz, E. Perez, *Susygen 3.00/43*
http ://lyoinfo.in2p3.fr/susygen/susygen3.html
http ://www-d0.fnal.gov/computing/MonteCarlo/generators/susygen.html

[19] W. Beenakker, R. Hopker, M. Spira, P.M. Zerwas, Phys. Rev. Lett. 74 (1995) 2905. W. Beenakker, R. Hopker, M. Spira, P.M. Zerwas, Z. Phys. C69 (1995) 163. W. Beenakker, R. Hopker, M. Spira, hep-ph/9611232.

[20] S. Eno, S. Gouveia, N. Hadley, B. Klima, H. Melanson, E. Nagy, DØ Note 3460 (1998)
Proposal for the Functionality of a Parameterized M. C. Simulator for DØ in Run II,
G. Graham et al., DØ Note 4059 (10/2002)
Status of the Fast Simulation, PMCS

[21] DØ Collaboration, NIM A424 (1999) 352-394,
Determination of the Absolute Jet Energy Scale in the D0 Calorimeters

[22] B. Olivier, U. Bassler, G. Bernardi, B. Knuteson, M. Strovnik, DØ Note 3687 (09/1999),
NADA : A New Event by Event Hot Cell Killer

[23] G. Bernardi and S. Trincaz-Duvoid, DØ Note 4057 (12/2002),
Improvement of the NADA Algorithm : Hot Cell Killing in D0 Run II Data

[24] G. Bernardi and M. Kado, DØNote 4039 (10/2002),
Hot Cell Suppression at Level 3

[25] U. Bassler and G. Bernardi, DØNote 4124 (03/2003),
Towards a Coherent Treatment of Calorimetric Energies : Missing Transverse Energy, Jets, E.M. Objects and the T42 Algorithm

[26] J.R. Vlimant, U. Bassler, G. Bernardi, S. Trincaz-Duvoid, DØ Note 4146 (05/2003), *Technical description of the T42 algorithm for the calorimeter noise suppression*

[27] L. Duflot and R. Hirosky, DØNote 3746, (2/2000), *MC studies of jet algorithms in the RUN II framework*

[28] L. Duflot, DØNote 3749 (2/2000), *Simple cone preclustering for cone jets*

[29] L. Duflot and M. Ridel, DØNote 3923, (12/2001), *The CellNN algorithm : cell level clustering in the DØcalorimeter*

[30] L. Duflot and M. Ridel, DØNote 3927, (1/2002), *An energy flow algorithm for DØ, L. Duflot and M. Ridel*

[31] S. Protopopescu, S. Baffioni, E. Nagy, DØ Note 3979 (04/2002), *ThumbNail : a compact data format*

[32] S. Protopopescu, S. Baffioni, E. Nagy, E. Thomas, N. Lahrichi, DØ Note 3978, (04/2002), *The tmb-tree package*

[33] F. Beaudette and J.-F. Grivaz, DØ Note 3828 (01/2001), *b-tagging with electrons using the road method.*

[34] F. Beaudette and J.-F. Grivaz, DØ Note 3976 (04/2002), *The Road Method (an algorithm for the identification of electrons in jets).*

[35] F. Beaudette and J.-F. Grivaz, DØ Note 4032 (10/2002), *Electron identification and b-tagging with the road method.*

[36] D. Bloch, D. Gelé, S. Greder, I. Ripp-Baudot, F. Filthaut, B. Wijngaarden, DØ Note 4069 (12/2002), *Jet Lifetime b-tagging.*

[37] S. Crepe-Renaudin, DØ Note 4023, (09/2002), *Energy corrections for geometry effects for electrons in RunII.*

[38] E. Nagy et S. Negroni, DØ Note 3758, (06/2000), *Simultaneous Calibration of Various Parts of the D0 Electromagnetic Calorimeter.*

[39] E. Nagy and E. Smith, DØ Note 3656 (06/1999), *Study of R-parity violation through Yukawa λ couplings* The DØ Collaboration, Phys. Rev. D62, 71701 (2000), *Search for R-Parity Violation in Multilepton Final States in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{(s)}$=1.8 TeV*,

[40] The DØ Collaboration, Phys. Rev. Lett. 89, 2002, *Search for the production of Single Sleptons through R-parity violation in P anti-P collisions at sqrt(s) = 1.8 Tev*

[41] G. Bernardi and B. Olivier, DØNote 3821 (11/2001), *A search for the "stop $\rightarrow$ b lepton sneutrino" decay of the scalar top quark*, The DØ Collaboration, Phys. Rev. Lett. 88, 171802 (2002), *A Search for the scalar top quark in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{(s)}$=1.8 TeV*

[42] B. Olivier, U. Bassler, G. Bernardi and F. Machefert, DØ Note 3820 (11/2001), *first search of 4 -body decay of the scalar top quark*, The DØ Collaboration, subm. to Phys. Lett. B, *Search for 3 and 4-body decays of the stop quark* $p\bar{p}$ *Collisions at* $\sqrt{(s)}$*=1.8 TeV*,

[43] V. Barger, C.E.M.Wagner et al., hep-ph/0003154

[44] R. Culbertson et al., hep-ph/0008070

[45] B. Allanach et al., hep-ph/9906224

[46] ATLAS Collaboration, Detector and Physics Performance Technical Design Report, Vol II. p. 825, CERN/LHCC/99-15, ATLAS TDR 15, 25 May 1999

[47] http ://www-lpnhep.in2p3.fr/d0/d0-paris/activites/cs_lpnhe_03.ppt

[48] M. Grünewald et al., hep/ph 011217 (2001).

[49] DØ Collaboration, *Report of the Tevatron Higgs Working Group*, FERMILAB-Conf-00-279-T, M. Carena, J.S. Conway, H.E. Haber and J.D. Hobbs, hep-ph/0010338 (2000).