

Physique proton antiproton : DØ

Le Run II du Tevatron a débuté au printemps 2001 après cinq années d'amélioration de la machine et des expériences CDF et DØ. Il offre des possibilités uniques pour la physique des hautes énergies sur accélérateur avant le démarrage du LHC. De nouveaux résultats sont attendus particulièrement pour la recherche de nouvelles particules et du boson de Higgs, ainsi que dans le domaine du quark top, découvert par CDF et DØ en 1995. On attend également de nouvelles mesures de précision dans le domaine électrofaible ainsi que des études originales dans le domaine de la physique du quark b.

DØ et le Tevatron au Run II

Les améliorations du Tevatron, dont l'énergie par faisceau a augmenté de 10 % pour atteindre 980 GeV, permettront in fine une augmentation de la luminosité instantanée d'un facteur vingt. Après une phase d'étude de la machine pendant le printemps 2000 et sa qualification à l'automne 2000, le début de la prise des données de physique a eu lieu le 1^{er} mars 2001. Les premiers mois de fonctionnement ont été utilisés pour la mise au point de l'accélérateur et des détecteurs. L'accumulation d'une luminosité intégrée d'environ 30 pb^{-1} a permis de présenter des premiers résultats aux Rencontres de Moriond 2002.

L'amélioration principale de l'expérience DØ est un nouveau système de mesure des traces chargées, dont



les composantes principales sont un détecteur de vertex et un détecteur de traces à fibres scintillantes. Un solénoïde situé à l'intérieur du cryostat et fournissant un champ magnétique de 2 T permet la mesure précise de l'impulsion des particules chargées. Un détecteur de pied de gerbes entre le solénoïde et le cryostat pallie la présence de matériaux non instrumentés devant le calorimètre. Pour ce dernier, seule l'électronique a été changée afin d'être adaptée aux nouveaux paramètres temporels de l'accélérateur.

Figure 1 : la collaboration DØ avec le détecteur en position finale.

La participation à la deuxième phase de DØ a été recommandée par les conseils scientifiques du LPNHE et de l'IN2P3 en septembre 1997. L'entrée officielle des laboratoires de l'IN2P3 (CPPM-Marseille, ISN-Grenoble, LAL-Orsay et LPNHE-Paris) a eu lieu en janvier 1998. En 2000 et 2001 les équipes de l'IPNL (Lyon) et de l'IreS (Strasbourg) sont venues renforcer la participation française, qui comprend en outre l'équipe du DAPNIA (Saclay) qui fait partie de DØ depuis le Run I.

L'équipe du LPNHE a concentré ses activités autour de la calorimétrie, un des éléments essentiels pour la recherche de nouvelle physique et les mesures de précision. Les efforts dans ce domaine s'étendent de la réalisation du système de calibration en ligne au développement des algorithmes de reconstruction. Deux analyses sur les données du Run I ont permis de maîtriser les spécificités de ce type de travail auprès d'un collisionneur hadronique.

Qualification calorimétrique

Les nouveaux paramètres temporels imposés par l'accélérateur, (temps de croisement des paquets passant de 3.5 μ s à 396 ns) nécessitent non seulement une nouvelle électronique d'acquisition pour le calorimètre, faisant appel à des techniques de temporisation des signaux, mais aussi un nouveau système de calibration électronique. La réduction du temps de mise en forme du signal exige pour le Run II une forme du signal de calibration proche du signal physique. La conception et la construction du nouveau système de calibration électronique du calorimètre de DØ, en collaboration avec le LAL, a été l'une des activités principales du groupe du laboratoire de 1998 à

2000. La première partie de cette activité s'est achevée avec la fin de l'installation du système à l'hiver 2000. Elle s'est poursuivie avec la mise au point précise du système et la qualification du calorimètre dans son ensemble.

Outre la réalisation technique, l'intégration de la calibration électronique dans le système en ligne de DØ est en cours. Ceci comprend les diverses tâches de communication à partir de la salle de contrôle jusqu'aux générateurs d'impulsions, la détermination des constantes de calibration et leur acheminement jusqu'aux bases de données utilisées pour la reconstruction hors ligne du calorimètre. L'intercalibration des 55 000 canaux du calorimètre a montré une dispersion entre les canaux de l'ordre de 5 % et une première vérification de la conversion des coups ADC en énergie a fixé l'échelle absolue à 10 %. La grande souplesse du système de calibration permet également son utilisation intensive pour la qualification de la nouvelle électronique du calorimètre, dont un membre du groupe est responsable.

Avec les premiers événements une calibration in situ à l'aide de différents processus physiques complète la calibration en ligne. Parmi les laboratoires français le travail a démarré sur la calibration électromagnétique à l'aide de résonances, en particulier le J/Ψ et le Z, ainsi que sur la calibration hadronique qui peut être obtenue avec des événements $\gamma + \text{jet}$.

Les algorithmes de reconstruction

Énergie transverse manquante

La recherche de nouvelles particules et la physique du top nécessitent une reconstruction optimale de l'énergie transverse manquante. Différentes sources de détériorations ont été étudiées : l'effet d'une

mauvaise reconstruction du vertex et la présence de « cellules de bruit », définies de manière générale comme des cellules du calorimètre dont l'énergie n'est pas issue de l'interaction.

L'algorithme de réjection des cellules de bruit utilisé au Run I était limité par un taux élevé de réjections erronées. En tenant compte de l'énergie mesurée dans toutes les cellules voisines d'une éventuelle cellule de bruit, un nouvel algorithme (NADA) a été développé: il garde une bonne efficacité de réjection tout en diminuant le taux de mauvaises identifications et permet aussi d'identifier les cellules de bruit de basse énergie (1 GeV). L'utilisation intensive de cet algorithme par la collaboration s'est révélée cruciale depuis le début du Run II.

Électrons de basse énergie

Le nouveau système de mesure des traces permet de mesurer les électrons de basse énergie avec une résolution meilleure que celle obtenue avec le calorimètre. L'identification des candidats électrons à partir du système de mesure des traces est validée en utilisant les informations fournies par le détecteur de pied de gerbes et le calorimètre. Le développement et la mise en œuvre d'un algorithme d'identification des électrons de basse énergie a constitué la partie centrale de l'habilitation d'un des physiciens du groupe. Il a été développé en grande partie lors d'un séjour post-doctoral de 2 ans au LBL.

Production des événements simulés

Les études préparatoires au Run II ont nécessité une simulation précise des processus physiques dans le détecteur. Le LPNHE a fourni une contribution importante pour les productions sur une ferme LINUX

mise en place au CCIN2P3 de Lyon (plusieurs millions d'événements simulés). L'adaptation des outils utilisés à FNAL à l'architecture du Centre de Calcul est pour cela d'une grande importance afin d'assurer la production des données et leur transmission efficace entre Lyon et les États-Unis. Le succès de la contribution française à la production d'événements simulés a encouragé le développement de sites de production extérieurs à FNAL et de nouvelles solutions pour le calcul à distance au sein de la collaboration.

Physique

Recherche du stop (\tilde{t}) au Run I

Avant le redémarrage de l'expérience, l'étude des données du Run I, prises entre 1992 et 1996, a permis de se familiariser avec les contraintes et l'analyse des événements et constitue un premier test pour des stratégies d'analyse du Run II.

Deux analyses ont été faites au sein du groupe et ont fait l'objet de la première thèse dans DØ-IN2P3. La première, publiée dans Phys. Rev. Letter, supposait que le v scalaire (\tilde{v}) était la particule supersymétrique la plus légère: dans ce cas le stop se désintègre la plupart du temps en b -lepton- \tilde{v} , et l'étude de l'état final électron, muon et énergie transverse manquante, a permis d'obtenir des limites d'exclusion jusqu'à environ 140 GeV sur la masse du \tilde{t} , soit 20 GeV de mieux que ce qui avait été fait auparavant par CDF et 40 GeV de mieux que les expériences auprès du LEP.

Le calcul de la désintégration en quatre corps du \tilde{t} (A. Djouadi et al., 1999) a permis une nouvelle stratégie de recherche du stop. Le laboratoire a développé cette étude et une deuxième publication avec les nouvelles limites d'exclusions obtenues est en cours de préparation.

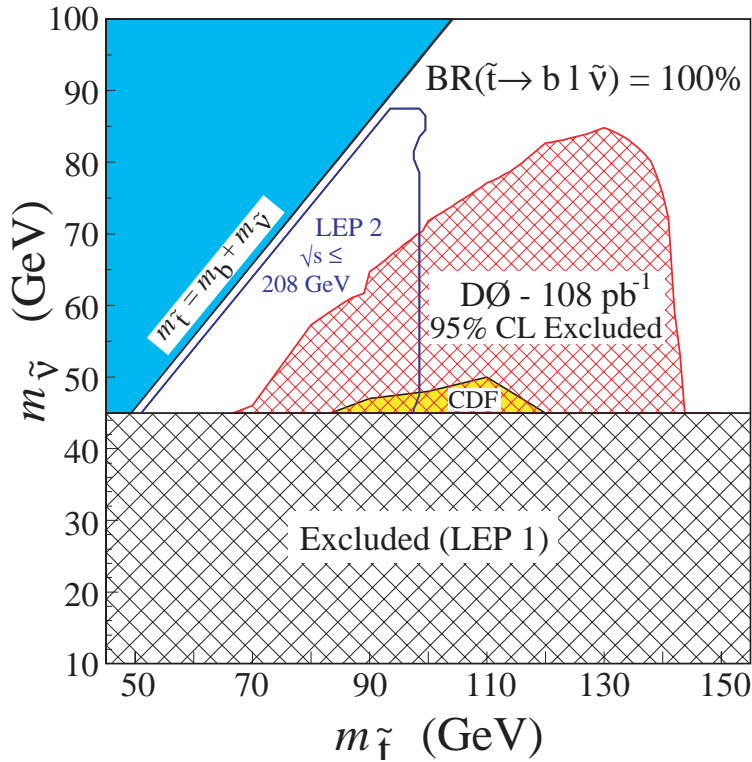


Figure 2 : limite d'exclusion du \tilde{t} dans le canal $b l \tilde{\nu}$ dans un modèle SUSY, si le $\tilde{\nu}$ est la particule supersymétrique la plus légère.

Perspectives

Le développement des potentialités du système de calibration du calorimètre continuera à être une des activités importantes du groupe, et rejoindra naturellement le travail fait sur les algorithmes hors ligne du calorimètre.

Pour l'analyse, nos centres d'intérêt se portent sur la physique du top, qui en raison de sa masse élevée d'environ 175 GeV peut jouer un rôle particulier dans les manifestations d'une physique au-delà du Modèle Standard, et dans la recherche du boson de Higgs, axe majeur de la physique des particules actuelle.

L'augmentation de la statistique des événements top permettra la mesure de la section efficace de production ainsi que des mesures de sa masse avec une grande précision. Une thèse sur ce sujet débutera à la rentrée 2002. La réduction de l'erreur jusqu'à $\Delta M_{\text{top}} \sim 2$ GeV contraindra davantage le domaine de masse prédit pour le boson de Higgs dans le Modèle Standard. La recherche

directe du boson de Higgs a démarré en 2001 au laboratoire avec une étudiante en thèse sur ce sujet. La recherche de la production électrofaible du quark top est aussi un sujet intéressant le groupe du laboratoire, et un étudiant en thèse commencera ce travail à l'été 2002. Ces deux dernières études nécessitent une luminosité importante et une compréhension précise des jets de quark b ainsi que de l'énergie transverse manquante, en bonne harmonie avec les spécialités techniques du laboratoire.

G. Bernardi

B. Andrieu, U. Bassler,
S. Beauceron, F. Fleuret, T. Kurça,
F. Machefert, B. Olivier,
S. Trincaz-Duvoid.

Électronique:

Ph. Bailly, H. Lebbolo, A. Vallereau.

Informatique:

J.-F. Huppert, E. Lebreton.