

Expérience DØ au Tévatron

La deuxième phase du Tévatron et des expériences DØ et CDF, est actuellement en préparation. Le Run II offrira une opportunité unique pour la physique 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.

DØ et le Tévatron au Run II

Les améliorations du Tévatron permettront une augmentation de la luminosité d'un facteur dix à vingt, ainsi qu'une augmentation en énergie de 10% pour atteindre 1 TeV par faisceau. La première étape de ce projet a été achevée par la mise en service du "Main Injector" en juin 1999. Le début de la prise de données de physique est prévu pour mars 2001 avec une luminosité intégrée de 1 fb^{-1} par an.

L'amélioration essentielle de l'expérience DØ est un nouveau système de mesure des traces chargées. Les composantes principales en sont un détecteur de vertex et un détecteur de traces à fibres scintillantes en cours de production. DØ sera également équipé d'un champ magnétique de 2 T fourni par un solénoïde (achevé en 1997) à l'intérieur du cryostat, qui permettra la mesure de l'impulsion des

particules chargées. L'installation d'un détecteur de pied de gerbes entre le solénoïde et le cryostat pallie la présence de matériaux non-instrumentés en amont du calorimètre. Pour ce dernier, seule l'électronique a été adaptée aux nouveaux paramètres temporels de l'accélérateur.

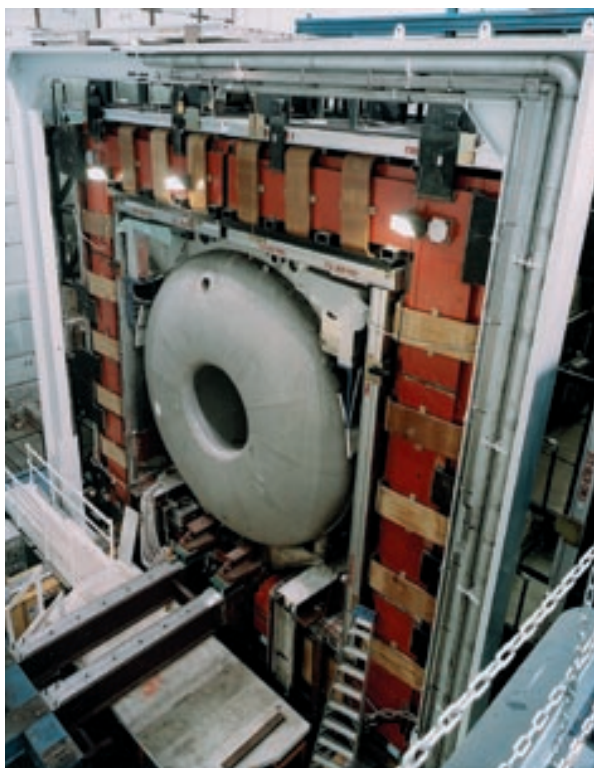


Fig. 1: Le calorimètre central de DØ entouré par les toroïdes du système de mesure des muons

La participation à DØ au Run II a été recommandée par les conseils scientifiques du LPNHE et de l'IN2P3 en septembre 1997.

L'entrée officielle dans la collaboration des laboratoires de l'IN2P3, le CPPM (Marseille), l'ISN (Grenoble), le LAL (Orsay) et le LPNHE a eu lieu en janvier 1998 et a été conclue par la signature d'un «Memorandum of Understanding» (MOU) entre l'IN2P3 et FNAL. En avril 2000 une équipe de l'IPNL (Lyon) viendra renforcer la participation française, qui comprend, en outre, une équipe du DAPNIA.

L'équipe du LPNHE a concentré ses activités sur la calorimétrie, un élément essentiel pour la recherche de nouvelle physique et des mesures de précision. Les efforts dans ce domaine s'étendent de la réalisation du système de calibration en-ligne au développement des algorithmes de reconstructions. Des études de physique sur les données du Run I permettent d'apprendre les spécificités d'une analyse auprès d'un collisionneur hadronique.

La calibration du calorimètre

Les nouveaux paramètres du Tevatron nécessitent non seulement une nouvelle électronique d'acquisition mais aussi un nouveau système de calibration électronique. La conception et la construction ont fait partie des activités principales du groupe du laboratoire, qui en a la responsabilité en collaboration avec le LAL. Le système de calibration est décrit plus en détail dans la chapitre dédié à l'électronique.

Logiciels de calibration

L'intégration de la calibration électronique dans le système en-ligne nécessite le développement des logiciels spécifiques qui gèrent les diverses tâches de communication à partir de la salle de contrôle jusqu'aux pulsers, la détermination des

constantes de calibration et leur acheminement jusqu'aux bases de données pour la reconstruction. Ils permettront une intercalibration des 55000 canaux du calorimètre et un premier facteur de conversion des coups ADC mesurés en énergie sont déterminés. La grande flexibilité du système de calibration permettra également son utilisation intensive lors de la qualification de l'électronique du calorimètre. Une calibration «off-line» complétera la calibration en-ligne. Une réflexion est en cours sur les stratégies à adopter pour la calibration à l'aide des résonances comme le J/Ψ , le Upsilon et le Z^0 , ainsi que pour la calibration hadronique qui peut-être obtenue avec des événements γ -jet

Les algorithmes de reconstruction

Dans la mouvance actuelle d'une programmation orientée objet, DØ a décidé une réécriture en C++ de l'ensemble des logiciels utilisés par l'expérience. Le développement des algorithmes pour la reconstruction calorimétrique s'inscrit dans cet effort.

Énergie transverse manquante

Une quantité cruciale dans la recherche de nouvelles particules est l'énergie transverse manquante. En collaboration avec une équipe du LBL, différentes sources de détériorations sont à l'étude, comme la réjection des "cellules de bruit", i.e. des cellules du calorimètre qui ne contiennent pas d'énergie issue de l'événement. En tenant compte de l'énergie mesurée dans les cellules voisines d'une éventuelle cellule de bruit, un nouvel algorithme a été développé, qui garde une bonne efficacité de réjection tout en diminuant le taux de mauvaises identifications par rapport au Run I.

Électrons dans les interstices en ϕ

L'identification et la reconstruction des électrons est l'une des activités principales des groupes de l'IN2P3. Une contribution est le développement d'un algorithme de reconstruction des électrons dans les interstices en ϕ du calorimètre.

Le calorimètre central est constitué de 32 modules dans le plan azimutal. Les interstices non instrumentés entraînent une perte d'énergie considérable, et la réjection de 10 à 20% des électrons. Les corrélations entre l'énergie mesurée dans la partie électromagnétique et hadronique du calorimètre permettent de restaurer l'énergie de la plupart des électrons proches des interstices avec une résolution meilleure que celle obtenue en utilisant le système de mesure des traces, pour des énergies supérieures à 20-30 GeV.

Électrons à basse énergie

Le nouveau système de mesure des traces ouvre la possibilité de mesurer les électrons d'énergie ≤ 10 GeV issus, par exemple, des désintégrations semi-leptoniques des mésons b, avec une résolution meilleure qu'avec le calorimètre. L'identification des candidats électrons à partir du système de mesure des traces, est validée par le détecteur de pied de gerbes et le calorimètre. Le développement et l'implémentation d'un algorithme d'identification des électrons de basse énergie est actuellement en cours par un jeune physicien du laboratoire, effectuant un séjour au LBL.

La production des événements simulés.

La préparation du Run II demande une simulation précise des processus physiques dans le détecteur. Assurer la production d'événements

Monte Carlo constitue un engagement important de l'IN2P3. Le LPNHE a fourni une contribution essentielle, en collaboration avec le LAL, pour la première production de 200 000 événements sur une ferme LINUX mise en place au CCIN2P3 de Lyon. L'adaptation des outils utilisés à FNAL à l'architecture du Centre de Calcul est d'une grande importance, afin d'assurer la production des données et leur transmission efficace entre Lyon et les Etats-Unis. Le succès de cette participation à la production d'événements simulés a consolidé le statut de précurseur du CCIN2P3 parmi les sites de production en dehors de Fermilab et a entraîné un grand intérêt pour les possibilités de calcul à distance.

Études des données du Run I

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

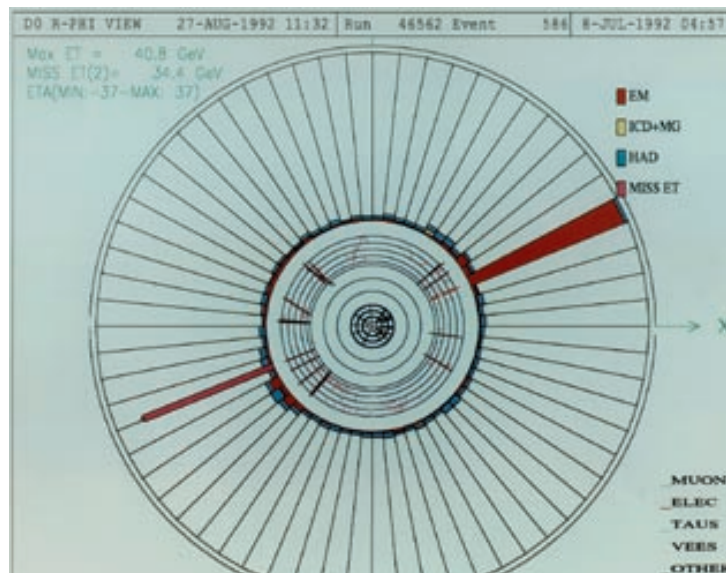


Fig. 2 : Événement $W \rightarrow e\nu$ vu dans $DØ$. L'électron est identifié par le dépôt électromagnétique et la présence d'une trace, le neutrino par l'énergie manquante dans la direction opposée.

La masse du boson W

Les analyses de précision, comme la mesure de la masse W, ont été restreintes durant le Run I à $\eta < 1$, c'est à dire à la partie centrale du détecteur. Une extension du domaine cinématique et un accroissement du nombre d'événements W et Z sont obtenus grâce à l'identification des électrons dans les calorimètres bouchons. Afin de déterminer la masse du boson W avec ces événements, ces calorimètres ont été intercalibrés avec le calorimètre central en ajustant la masse du Z à la valeur obtenue par le LEP. Cette mesure a réduit les erreurs sur la mesure de la masse du W de 120 à 91 MeV. Actuellement le nombre limité de Z^0 représente la principale contribution à cette erreur. Avec une luminosité intégrée de 2 fb^{-1} , après deux ans de prises de données, une erreur ΔM_W de 20-40 MeV peut être espérée.

La recherche du *stop*

Suite au calcul de la désintégration en quatre corps du *stop*, publié par Djouadi et al. en juillet 1999, un nouveau champ de recherche s'est ouvert pour ce partenaire supersymétrique du quark top. Cette voie de désintégration se distingue par ses signatures leptoniques et peut être dominant dans la région des faibles masses, accessible au Tévatron. Néanmoins, l'identification des électrons aux plus basses énergies possibles et une bonne reconstruction de $E_{t,miss}$ sont primordiales pour obtenir les sensibilités nécessaires.

Après adaptation du générateur PYTHIA, l'évaluation d'une recherche du *stop* dans cette voie avec les données du Run I et ses perspectives pour le Run II sont en cours. Le développement des tech-

niques d'analyse multidimensionnelle, telles que les réseaux de neurones ou les minima de vraisemblance, est indispensable pour obtenir un rapport signal/bruit optimal.

Une autre voie à explorer sont les désintégrations rares du top, où la production d'un seul *stop* conduit à des signatures expérimentales prometteuses. Ce processus peut être d'un grand intérêt avec les données du Run II, où environ 1000 événements top sont attendus.

Perspectives

La mise en fonction du système de calibration et son utilisation lors de la qualification de l'électronique du calorimètre continuera d'être une des activités importantes du groupe à court terme. Le but est d'assurer une calibration du calorimètre dès le début de la prise de données d'abord par la calibration en-ligne, mais également par l'exploitation des premières données pour la calibration in situ.

Notre intérêt est surtout porté sur la physique du top qui, par sa grande masse de 175 GeV peut jouer un rôle particulier dans les manifestations d'une physique au-delà du Modèle Standard. L'augmentation de la statistique devrait permettre la réduction de l'erreur ΔM_{top} à 2-3 GeV et contraindre davantage le domaine de masse prédit pour un boson de Higgs dans le Modèle Standard.

U. Bassler

G. Bernardi, F. Fleuret,
F. Machefert, B. Olivier.

Equipe technique :

Ph. Bailly, J.F. Huppert, H. Lebbolo,
E. Lebreton, A. Vallereau.