Collaboration DØ /IN_2P_3
3 Juillet 2000

Etat d'Avancement de l'Engagement sur DØ
Perspectives du Tevatron avant le LHC

1 Introduction

Le 30 Juillet 1997 nous avons soumis au CS de l'IN_2P_3 une *Proposition de Participation à la Phase II de l'Expérience DØ à Fermilab*, manifestant ainsi notre intérêt pour un programme de physique très riche au Tevatron. Dans une lettre datée du 27 Octobre 1997, la direction et le CS de l'IN_2P_3 ont approuvé cette proposition.

La participation IN_2P_3 regroupe les cinq instituts suivants:

- CPPM Marseille
- IPN Lyon
- ISN Grenoble
- LAL Orsay
- LPNHE Paris

Le groupe DØ du SPP/DAPNIA participe à l'expérience depuis le Run I et s'est fortement renforcé pour le Run II.

Ce rapport a pour but d'informer le conseil scientifique sur l'état de l'engagement de la collaboration IN_2P_3 sur DØ et sur les perspectives du Tevatron avant le LHC.

Pour rappel les groupes de l'IN_2P_3 se concentreront sur la physique du top et la recherche de particules supersymétriques.

Institut	Noms	Statut	Comment.
CPPM Marseille			
	A. Duperrin	cnrs	
	E. Kajfasz	cnrs	
resp.	E. Nagy	ens.	
	S. Négroni	thèse	E. Nagy
	M. Talby	ens.	
	F. Villeneuve	thèse	M. Talby
IPN Lyon			
	E. Chabanat	ens.	
resp.	P. Lebrun	cnrs	
	M. Lethuillier	cnrs	
	JP. Martin	cnrs	
	S. Muanza	cnrs	
ISN Grenoble			
	Y. Arnoud	ens.	
	A. Besson	thèse	G. Sajot
	S. Crépé	cnrs	
	P. Demine	thèse	G. Sajot
	N. Parua	visiteur	départ 10/00
resp.	G. Sajot	ens.	
LAL Orsay			
	A. Abdesselam	thèse	M. Jaffré
	F. Beaudette	thèse	JF. Grivaz
	V. Bhatnagar	visiteur	départ 7/02
	L. Duflot	cnrs	
	JF. Grivaz	cnrs	
	M. Jaffré	cnrs	
resp.	P. Pétroff	cnrs	
	M. Ridel	thèse	P. Pétroff
LPNHE Paris			
resp.	U. Bassler	cnrs	
	G. Bernardi	cnrs	retour 9/00
	F. Fleuret	cnrs	retour 9/01 (LBL)
	F. Machefert	ATER	départ 9/00
	B. Olivier	thèse	G. Bernardi

Table 1: Participants IN_2P_3 par groupe

2 Les Groupes IN_2P_3

Il y a en tout 22 physiciens et 8 thésitifs.

Le détail des participants par groupe est donné dans la table 1.

3 Le Tevatron et le Détecteur

3.1 Le Tevatron

Après la mise en service réussie du Main Injector (Juin 1999), le démarrage de la prise de donnés de physique du Run II est fixé au 1er Mars 2001.

Il n'existe plus de Run III à haute luminosité mais un Run II long en deux étapes. Pour le Run II A, il est prévu une luminosité intégrée de 2.6 fb^{-1} mi-2003. Ensuite par diverses améliorations dans le stockage des anti-protons et dans les conditions de fonctionnement de la machine il est prévu pour le Run II B une augmentation de la luminosité pour délivrer environ 15 fb^{-1} par expérience vers 2007.

3.2 Le Détecteur

Une description détaillée du détecteur se trouve dans la proposition de participation (30 Juillet 1997). Le détecteur est maintenant dans une phase d'installation et de tests afin d'être prêt pour début Mars 2001. Le calendrier d'installation est donné dans la table 2.

3.3 Les Perspectives de Physique avant LHC

La période A permettra de faire des mesures de précisions (masse du W, masse du top, etc ..) et de couvrir un grand domaine dans la recherche de SUSY inaccessible à LEP (squarks et gluinos). Comme l'a montré CDF, il sera possible de faire des mesures très précises sur le quark b avec une incertitude inférieure à 0.03 par expérience sur $\sin(2\beta)$ et probablement une mesure de $\sin(2\alpha)$ bien avant le démarrage du LHC.

La période B avec l'augmentation de la luminosité jusqu'à $5.10^{32} cm^{-2} sec^{-1}$ donnera accès à la recherche du Higgs entre 115 et 180 GeV. Une découverte avant le LHC n'est pas impossible. Les détecteurs de microvertex des deux expériences devront être partiellement remplacés par du silicium endurçi courant 2003. Un programme est engagé dans ce sens avec en plus des améliorations notables sur ces détecteurs.

Détecteur	Status	date
Solenoïde	installé	9/98
Preshower central	installé	9/98
Muon central	installé	6/99
Preshower avant	installé	5/00
Détecteur intercryostats	installé	5/00
Fibres scint.	installation	8/00
Lecture fibres VLPC	installation	9/00
Electronique du calo.	installation	12/00
trigger pixels muons	installation	8/00
Chambres muons avant	installation	8/00
Silicium microstrips	installation	9/00
Détecteur sur faisceau		02/01

Table 2: Planning du détecteur

4 Les Engagements de l'IN_2P_3 dans DØ

4.1 Calibration du Calorimètre

La calibration du calorimètre online et offline est à la charge des groupes français (CPPM, IPN, LAL, LPNHE). Le groupe de l'ISN a pris la responsabilité de la mesure de la pureté de l'argon. Une collaboration avec le groupe de l'Université de Mayence est envisagée.

4.1.1 Calibration en Ligne du Calorimètre

La contribution principale de l'IN_2P_3 à l'amélioration du détecteur DØ est le système de calibration électronique du calorimètre qui a été pris en charge par un groupe du LAL (1 physicien, 1 thésard, 5 ITA) et du LPNHE (3 physiciens, 1 thésard, 4 ITA). Ursula Bassler est responsable devant la collaboration de ce travail et Hervé Lebollo (ingénieur) est responsable du projet.

Le système comprend 12 unités de calibration pour le calorimètre et 1 unité pour le détecteur localisé entre les cryostats, chaque système étant composé d'un pulseur et de son alimentation (LPNHE), qui permet de contrôler les différents paramètres du pulse et qui délivre un courant continu au répartiteur actif (LAL), où le pulse est formé et injecté aux préamplis. Un PIB (Pulser Interface Board - LPNHE) assure la communication entre les pulseurs et le système VME, la production d'un en-tête avec l'état actuel des pulseurs pour les événements de calibration et une automatisation du mécanisme des rampes de linéarité et de timing. La production et l'installation des pulseurs et des répartiteur s'est terminée fin 1999 et la qualification et l'intégration dans l'environnement en-ligne est en cours, mise à part la partie correspondant au bouchon Sud du calorimètre qui ne sera accessible que durant le mois d'Octobre. Les mesures effectuées montrent des précisions en termes de linéarité et d'uniformité de quelques pour mille, ce qui devrait permettre une calibration des 55000 voies du calorimètre au pourcent.

Pour la production des logiciels nécessaires à l'exploitation de la calibration une collaboration avec Stony Brook et l'Université de Mayence s'est mise en place. La conception et la réalisation des bases de données utilisées "en-ligne" et "hors-ligne" ainsi que l'infrastructure nécessaire à leur application dans la reconstruction est en cours.

4.1.2 Calibration Offline

Pour la calibration in situ du détecteur plusieurs processus physiques peuvent être utilisés. En plus des résonances telles que $Z, J/\Psi, \Upsilon \rightarrow e^+e^-$, qui permettent d'obtenir l'échelle absolue en énergie et la linéarité de la response électromagnétique, le $W \rightarrow e\nu$ peut être utilisé pour l'intercalibration en φ, ainsi que la comparaison E/p. Ceci permettra une meilleure précision sur l'échelle hadronique qui a été determinée lors du Run I avec des événements $\gamma + \text{jet}$.

Une première étude a été réalisée par Marseille sur la calibration du calorimètre avec le processus $Z \rightarrow e^+e^-$. Cette étude montre que pour une statistique correspondant à un mois de données $(0.1 fb^{-1})$ il est possible de corriger une dérive des constantes de calibration de 1% à 0.2% près.

Grâce au renfort de l'IPN, la contribution majeure dans la calibration viendra des groupes français (CPPM, IPN, LAL, LPNHE). Au niveau français, les deux responsables sont Ursula Bassler et Steve Muanza.

4.1.3 Mesure de la Pureté de l'Argon

L'ISN Grenoble a réalisé un banc de mesure de la pureté de l'argon inspiré du système développé à l'ISN pour ATLAS. Le système de mesure est achevé et en cours de transfert à Fermilab. Il permet de mesurer le degré de pureté de l'argon avant remplissage du calorimètre et pendant l'expérience de vérifier ce degré de pureté par prélèvement d'argon dans le calorimètre. Les mesures à Grenoble donnent une précision sur la pollution en oxygène de l'ordre de 0.2 ppm avec une source α. L'installation à Fermilab aura lieu du 5 au 19 Juillet. Le responsable du projet est Gérard Sajot.

4.2 Construction du Détecteur de Microvertex

L'IN_2P_3 n'a pas d'engagements financiers dans le silicium, toutefois DØ a fait appel à Eric Kajfasz du CPPM, expert en silicium. Il est coordinateur pour la production et les tests. Un autre physicien de Marseille a participé aux tests du silicium au cours d'un séjour de 3 mois.

4.3 Préparation à l'Analyse

Au sein de la collaboration DØ les groupes "objets physiques" ont la charge de la définition des objets physiques pour l'analyse depuis le 1er niveau du trigger jusqu'au offline. Les différents groupes sont les suivants: b-id, EM-id, jets et énergie manquante, muon-id, tau-id, luminosité, mesures diffractives.

Les groupes de l'IN_2P_3 sont impliqués dans les groupes EM-id (ISN, LAL et LPNHE), jets et énergie manquante (LAL et LPNHE) et b-id (CPPM et ISN). Le groupe de Saclay est engagé dans le groupe muon-id. Les instituts français sont donc impliqués dans les groupes objets physiques les plus importants dans l'analyse pour l'étude du top et la recherche de particules supersymétriques.

4.3.1 Identification et Mesure des Electrons

Michel Jaffré est actuellement co-responsable de ce groupe.

Ce groupe développe des algorithmes pour assurer une bonne mesure de l'énergie des électrons isolés (mesure de la masse du W) et pour identifier les électrons proches des jets (étiquetage des quarks b, SUSY). Il utilise pour cela les caractéristiques de la forme de la gerbe électromagnétique (méthode de la matrice de covariance inversée - LAL) et l'association spaciale combinée au rapport énergie-impulsion (fonction de vraisemblance - ISN). Les réseaux de neurones viendront compléter ces outils d'identification.

Des études sur la reconstruction des électrons dans les interstices en φ ont été menées au LPNHE qui permettent de restaurer l'énergie de la plupart des électrons en tenant compte de l'énergie déposée dans la partie hadronique du calorimètre.

4.3.2 Reconstruction des Jets

Le LAL est impliqué dans la reconstruction des jets et le LPNHE dans la reconstruction de l'énergie manquante. Laurent Duflot est actuellement co-responsable du groupe jets et énergie manquante.

Les différents algorithmes de jets utilisés au Run I ont été recodés en C++ avec des améliorations pour le Run II. Ces algorithmes sont maintenant intégrés dans le programme général de reconstruction de DØ .

Le LAL a amélioré le programme de simulation du calorimètre en incluant l'effet d'empilement des événements se superposant à l'événement de physique dur et en tenant compte de la réponse de l'électronique. Par la suite ce programme de simulation de l'effet d'empilement a été étendu à tous les sous-détecteurs.

Le groupe du LAL s'est engagé dans l'écriture d'un algorithme de flot d'énergie qui combinera les informations des différents détecteurs. Dans une première étape un nouvel algorithme de clusterisation a été développé, exploitant complètement la granularité et la segmentation en profondeur du calorimètre.

L'amélioration de la recontruction de l'énergie transverse manquante (ETm) a fait l'objet d'une collaboration LBL Berkeley-LPNHE, qui a été financée par les Fonds France-Berkeley. Au cours de cette collaboration un algorithme a été developpé qui calcule la densité de probablité de l'ETm dans un événement et augmente le facteur de réjection des événements QCD dans un lot d'événements W d'un facteur 5. Une contribution du LPNHE à ce projet est un nouveau algorithme de réjection des cellules de bruit dans le calorimètre qui réduit le taux de mauvaise identification des cellules à moins d'un pourcent.

4.3.3 Détermination d'un Vertex Secondaire au Niveau 3 du Trigger

Le groupe de Marseille a pris en charge la reconstruction des vertex secondaires au niveau 3 du trigger. Les nouveaux algorithmes développés assurent une reconstruction en moins de 60ms avec une précision dans le plan xy de 400 μm. Ces deux algorithmes ont été intégrés dans le programme général de reconstruction au niveau 3 du trigger. Des tests sont en cours sur des événements complexes. Arnaud Duperrin et Mossadek Talby sont responsables de ce travail.

4.3.4 Etiquetage des Quarks b

L'ISN participe à ce travail par la détermination d'un maximum de vraisemblance sur la mesure des vertex secondaires. Des tables de probabilités sont en cours d'élaboration.

4.3.5 Monte Carlo rapide

Les groupes français apportent un effort particulier au développement et aux tests du Monte Carlo rapide de DØ . Le responsable côté français est Elemér Nagy. Le CCPM a participé à la conception du Monte Carlo et prépare une sortie en format ROOT-Tree (ROOT est maintenant officiellement intégré dans les programmes d'analyse de DØ).

Le groupe de Grenoble a réalisé un travail important sur le générateur SUSYGEN, le seul à traiter correctement la R parité violée. Un programme d'interface a été écrit pour DØ .

5 Analyses au Run I

Certains groupes ont entrepris une analyse des données du Run I afin de se familiariser avec les techniques d'analyse utilisées par la collaboration. C'est le cas du CCPM qui a soumis récemment le résulat d'une analyse sur la recherche de SUSY avec violation de la R parité à Phys.Rev D (Rapid Communication). C'est le cas aussi du LPNHE sur la mesure de la masse du W et la recherche du stop en quatre fermions. Le LAL participe aussi à cet effort avec une étude en cours sur la production de charginos et neutralinos avec violation de la R parité.

6 Calcul à Lyon

Comme prévu dans le MoU, nous avons commencé la production d'événements Monte Carlo au centre de calcul à Lyon sur la ferme Linux. Une première production de 250k événements a été réalisée et envoyée à Fermilab par le réseau. Ce travail a été assuré par le LAL et le LPNHE sous la responsabilité de Michel Jaffré.

L'arrivée du groupe de l'IPN permet de renforcer l'équipe chargée de la production Monte Carlo. De nouveaux outils adaptés de ceux de Fermilab sont en cours d'installation, ce qui va permettre de lancer une production Monte Carlo de l'ordre de 3 millions d'événements. L'amélioration importante des bandes passantes entre Lyon et le Cern et le Cern et Fermilab rend possible le transfert des données par le réseau. Ceci permettra également de faire l'analyse en parallèle avec le centre de calcul de Fermilab, sans décalage en temps.

7 Conclusion

En deux années de participation à l'expérience DØ les groupes français ont pris une place importante, de loin la plus importante parmi les groupes non américains (Allemagne, Angleterre, Argentine, Brésil, Pays-Bas, Suède, Russie, etc ..). Nous avons de nombreuses responsabilités dans l'expérience.

Une collaboration étroite existe avec Saclay. De nombreuses réunions communes sont organisées (cf notre page web DØ France : http://d0-France.in2p3.fr).

Les physiciens français ont publié plus d'une dizaine de notes DØ et fait plusieurs présentations à des conférences internationales.

Les engagements hardware sont respectés tant pour la calibration en ligne que pour la mesure de la pureté de l'argon.

Les engagements software, de loin les plus importants, respectent les échéances définies par la collaboration et nous mettent en très bonne position pour l'accès aux données et l'analyse au centre de calcul de Lyon.

Le nombre de thèses (8) montre que nous respectons l'engagement pris de former des jeunes physiciens à la physique sur collisionneur.