

I) Contexte général :

i) Enjeux scientifiques : Le Higgs et la brisure de la symétrie électrofaible.

Nous ne savons pas pourquoi la plupart des particules possèdent une masse, encore moins les différences entre ces masses (par exemple, un proton a une masse mille fois plus élevée que celle d'un électron).

Les physiciens postulent qu'une particule, le boson de Higgs, qui porte le nom de son inventeur, Peter Higgs, pourra expliquer l'origine de la masse. Le boson de Higgs n'est pas une particule de matière mais plutôt une particule « messagère », comme une force. On pense qu'il porte l'interaction donnant aux particules cette propriété que nous percevons comme étant la masse. On ne peut pas observer le boson de Higgs lui-même, mais seulement les particules résultant de sa désintégration.

L'interaction électrofaible unifie l'interaction électromagnétique et l'interaction faible. Elle résulte donc de la symétrie locale d'iso spin faible dû à l'interaction faible décrite par le groupe $SU(2)$ et de la symétrie qui décrit l'interaction électromagnétique $U(1)$. On peut alors dire que la brisure de symétrie qui a eu lieu lors de la dissociation de la force électrofaible est du type : $SU(2) \otimes U(1) \rightarrow U(1)$ et $SU(2)$ est brisée lors de cette dissociation.

En considérant la symétrie $SU(2) \otimes U(1)$ et en utilisant les invariances de jauge nécessaire, on voit apparaître quatre quanta de champ tous de spin 1 qui ne sont rien d'autre que les bosons des forces électromagnétique et faible : le photon et les trois bosons de jauge de l'interaction faible W^+, W^- et Z^0 , qui par ailleurs ont été détectés après leur prédictions par la théorie. Seulement dans la première esquisse de l'unification, ces quatre quanta de champ possédaient une masse nulle. Ce qui n'est pas en accord avec les observations expérimentales. Il est bien connu que l'interaction faible possède un portée finie très courte, ce qui implique une masse importante pour les bosons W^+, W^- et Z^0 (approximativement $90 GeV$ pour le Z^0 et environ $80 GeV$ pour W^+, W^-).

Comment alors réconcilier l'unification de ces deux forces avec l'expérience. Il faut pour cela considérer le mécanisme de Higgs. On mentionne qu'on pouvait étudié le Lagrangien nommé Lagrangien en Phi-4. Et bien c'est la forme qu'on obtient pour le Lagrangien décrivant l'interaction électrofaible quand on introduit un champ de Higgs qui interagit avec le champ de jauge :

$$L \propto \partial^\mu \phi^* \partial_\mu \phi - V(\phi)$$

où ϕ est un champ complexe et $V(\phi)$ est de la forme :

$$V(\phi) = \mu^2 |\phi|^2 + \lambda |\phi|^4$$

et λ ainsi que μ^2 sont des nombres réels. λ est positif. Ce qui revient à dire qu'il y a une brisure de symétrie pour des énergies faibles comme on l'a expliqué dans le cadre l' 3He (μ^2 joue alors le rôle d'un paramètre d'ordre).

L'introduction du champ de Higgs et du boson associé de spin 0 permet de rétablir la masse pour les bosons de l'interaction faible. Cependant le boson de Higgs n'a toujours pas été détecté. On pense que la symétrie électrofaible devrait être restaurée pour des énergies supérieures à $100 GeV$. Le défi actuel est donc de détecter ce boson de Higgs afin de valider la théorie d'unification de l'électrofaible. Mais sans attendre les résultats des collisionneurs les physiciens ont au vu de cette théorie électrofaible penser qu'il était possible d'unifier le reste des forces.

Avec la montée en puissance du Tevatron, la recherche du boson de Higgs pourrait se révéler concluante avant le démarrage du LHC. L'importance d'une telle découverte n'a pas besoin d'être
(1)

rappelée, et si la masse du boson de Higgs est de l'ordre de 130 GeV, comme certaines prédictions expérimentales et théoriques indiquent, sa recherche au LHC sera difficile, et bénéficiera énormément d'une première observation au Tevatron.

II) Motivations personnelles pour le choix de thèse :

Mon année de maîtrise m'a permis de découvrir la physique des particules à travers un enseignement optionnel. Les méthodes pédagogiques de monsieur Chauveau m'ont encouragées à m'orienter vers cette spécialité de la physique et donc à délaissier la physique nucléaire.

Parmi l'ensemble des propositions de thèses proposées, j'ai voulu m'orienter vers la physique du top. Des raisons administratives m'ont empêché d'intégrer le groupe CDF ; je me suis ainsi dirigé vers le groupe DO. Parmi leur propositions, j'ai opté pour l'étude du Higgs. Pourquoi cette décision ?

Le boson de Higgs est une particule prédite par le fameux « modèle standard » de la physique des particules élémentaires. Elle constitue en quelque sorte le chaînon manquant et la pierre d'achoppement de ce modèle. En effet, cette particule est supposée expliquer l'origine de la masse de toutes les particules de l'univers. Donc on peut dire que le boson de Higgs est une clé fondamentale de l'univers, et ça mérite que je passe 3 ans de ma vie pour être parmi les gents qui font la recherche dans ce domaine.

La chose aussi très importante qui m'a poussé de choisir ce sujet, c'est l'ensemble du groupe DO, surtout le directeur de ce sujet Monsieur Gregorio Bernardi, qui a apparemment des qualités et de l'expérience nécessaires pour m'aider et m'orienter pendant les années de ma thèse.

La période du stage que j'ai effectué l'année dernière, dans le laboratoire LPNHE m'a permis de connaître et de contacter des chercheurs, des enseignants, et des informaticiens, que j'aurai besoin de leurs aides pendant ces années.

III) Présentation de l'équipe :

1) Le laboratoire LPNHE:

Le LPNHE est une unité mixte de recherche de l'Institut National de Physique Nucléaire et de physique de Particules (IN2P3), institut du CNRS et des universités de Paris6 et Paris7.

Ce laboratoire a pour domaine de recherche la physique expérimentale des particules, de la cosmologie et des astroparticules. Il s'agit dans tous les cas de participations à de grandes collaborations internationales. Les expériences ont lieu auprès d'accélérateurs de particules ou sur des sites observationnels repartis dans le monde entier. Par ailleurs, le LPNHE héberge une petite équipe de théoriciens en phénoménologie des particules.

2) Le groupe DO :

i) Les activités du groupe DO :

Le travail du groupe DO est axé sur la recherche du boson de Higgs et l'études détaillées du quark Top au Run II du Tevatron (jusqu'au le démarrage du LHC, le Tevatron est le seul machine au monde capable de produire et de pouvoir étudier le quark top et de rechercher de nouvelles particules jusqu'à des masses de quelque centaines de GEV) à grande luminosité intégrée.

DO collabore avec 79 instituts, 18 pays, et il contient presque 650 physiciens.

Cette année, le groupe au LPNHE propose deux sujets de thèses :

- La recherche du boson de Higgs dans le canal $p\bar{p} \rightarrow WH$, sous la direction du Mr. Gregorio Bernardi
- La mesure de la masse du Top, sous la direction de Mme Ursula Bassler.

i i) Membres du groupe :



Physiciens:

- Gregorio Bernardi.
- Bernard Andrieu.
- Ursula Bassler.
- Lars Sonnenschien
- Sophie Trincaz-Duvoid

Informatique:

- Evelyne Lebreton

Electronique :

- Philippe Boilly.
- Herve Lebbolo.
- Alain Vallereau.

Le groupe $D\emptyset$ concentre ses activités techniques sur le calorimètre Uranium-Argon liquide, tant par le suivi de son opération au jour le jour que par de nombreuses responsabilités dans la reconstruction calorimétrique et dans l'identification des objets. L'expertise acquise dans ce domaine s'avère d'une grande valeur pour la compétitivité au niveau des analyses de physique : la recherche du boson de Higgs et les propriétés du quark top.

VI) Présentation de sujet de thèse :

i) Introduction :

Le modèle standard de la physique des particules est la théorie quantique des champs décrivant les phénomènes observables à l'échelle des particules élémentaires.

A ce jour, tous les résultats expérimentaux de physique des particules sont explicables par le modèle standard. Néanmoins, il ne permet pas d'expliquer certaines questions fondamentales, comme par exemple la simple observation que la plupart des particules élémentaires ont une masse non nulle alors que la théorie nécessiterait qu'elles soient toutes nulles pour être cohérente.

Le mécanisme de Higgs, qui peut être intégré dans le modèle standard, permet de répondre à cette contradiction apparente, en expliquant l'origine de la masse des autres particules élémentaires comme résultant du couplage entre ces particules et le champ de Higgs. Ce mécanisme implique aussi l'existence d'une particule scalaire associée à ce champ : « le boson de Higgs ».

Théoriquement, la masse de Higgs est très peu contrainte. Expérimentalement, sa recherche n'a pas encore permis sa découverte. Les expériences auprès du LEP ont récemment observé un léger excès d'événements pouvant être des candidats Higgs, mais la statistique est insuffisante pour pouvoir en tirer des conclusions définitives. Cette recherche se poursuit donc auprès de Tevatron de Fermilab, et, si elle s'y révèle infructueuse, il faudra alors attendre le démarrage du Large Hadron Collider du CERN pour espérer connaître la réponse centrale de la physique de hautes énergies.

ii) Partie théorique :

1) Le modèle standard :

Afin de décrire le cadre théorique du modèle standard, nous passons en revue les constituants élémentaires puis leurs interactions avant de passer à une description des symétries propres au Lagrangien du modèle standard

-Les constituants élémentaires :

Les particules élémentaires sont classées suivant leurs propriétés[0]. On distingue deux grandes catégories : les bosons (Photon, Graviton, W et Z, les Gluons, et le boson de Higgs.), et les fermions (les Quarks et les Leptons). A chaque particule élémentaire est associé un ensemble de nombres permettant de la classer, et aussi associée une antiparticule.

-Les interactions fondamentales :

Il existe 4 interactions fondamentales :

* l'interaction gravitationnelle : agit sur toutes les particules massives, le boson responsable de cette interaction est le graviton.

* l'interaction électromagnétique qui agit entre toutes les particules ayant une charge électrique.

* l'interaction faible qui agit sur tous les fermions et sur les bosons de l'interaction faible, les bosons responsables de cette interaction sont W et Z.

* l'interaction forte qui agit sur les particules ayant une charge de couleur, les bosons responsables de cette interaction sont les 8 gluons.

-Les symétries :

Il existe 2 catégories de symétries : les symétries externes qui proviennent de la structure d'espace-temps, et les symétries internes qui s'appliquent directement sur le lagrangien et le théorème de Noether implique que les courants et les charges sont conservés sous une transformation locale dite de jauge[1].

2) La recherche du boson de Higgs :

Nous allons passer en revue les contraintes théoriques et expérimentales sur les valeurs de la

masse du boson de Higgs ainsi que la production et la désintégration d'une telle particule dans le cas du
(4)

collisionneur Tevatron.

-La masse du boson de Higgs :

La masse du boson de Higgs est théoriquement $m^2=2\lambda v^2$ mais λ a une valeur inconnue à l'heure actuelle.

-Le boson de Higgs au Tevatron :

Le Tevatron est un collisionneur p-pbar avec une énergie dans le centre de masse de 1.96 Tev, où l'on peut effectuer une recherche du boson de Higgs dans le modèle standard. La production du boson de Higgs au Tevatron provient principalement de 2 mécanismes : la fusion de gluons $gg \rightarrow H$ et la radiation d'un boson de Higgs par un boson hors de sa couche de masse $q\text{-}q\text{bar} \rightarrow V^* \rightarrow VH$ où $V = W$ ou Z .

La production du boson de Higgs par fusion de gluons se fait par l'intermédiaire d'une boucle de quark top.

La production radiative d'un boson de Higgs ($q\text{-}q\text{bar} \rightarrow W^* \rightarrow WH$) a une section efficace de production au Tevatron entre 0.2 pb et 0.3 pb pour des masses de boson de Higgs comprises entre 100 et 200 Gev. Le même type de production utilisant un boson Z à la place du boson W a une section efficace de production 2 à 3 fois plus petite du fait de sa plus faible valeur de couplage.

Dans le modèle standard, le boson de Higgs se couple aux fermions et aux bosons de jauge. Le boson de Higgs se désintègre soit en une paire de fermion_anti-fermion soit dans une paire de bosons.

La largeur de désintégration de Higgs en une paire de fermions est proportionnelle au carré de la masse du fermion final. Pour des masses de boson de Higgs inférieures au seuil de production de paire de bosons de l'interaction faible, le quark b étant le quark de masse la plus élevée accessible, le boson de Higgs va se désintégrer en paire $b\text{-}b\text{bar}$.

Pour des masses de boson de Higgs supérieures au seuil de production de paire de boson, la largeur de désintégration du boson de Higgs en paire de boson devient prépondérante sur celle du boson de Higgs en paire de fermions. Le boson de Higgs se désintègre dans le canal $H \rightarrow WW^*$ pour des masses de boson de Higgs supérieures à 135 Gev.

Pour des masses de boson de Higgs inférieures à 135 Gev, le boson de Higgs se désintègre en paire de $b\text{-}b\text{bar}$. Dans le cas d'une production par fusion de gluons, le signal $b\text{-}b\text{bar}$ de désintégration de boson de Higgs est noyé dans le bruit de fond de la production QCD $p\text{pbar} \rightarrow b\text{-}b\text{bar}$. Le boson de Higgs est alors recherché dans le cas d'une production associée $PP\text{bar} \rightarrow WH \rightarrow W b\text{bar}$ ou $PP\text{bar} \rightarrow ZH \rightarrow Z b\text{bar}$.

Pour des masses supérieures à 135 Gev, le boson de Higgs se désintègre principalement en paire de boson W .

Plusieurs analyses sont développées pour effectuer des recherches du boson de Higgs du modèle standard dans les différents canaux. Etant donné les sections efficaces de production, il faut combiner les différents canaux de recherches. Une étude de prospective [2] a permis de déterminer approximativement la luminosité nécessaire pour déterminer une limite à 95% de niveau de confiance sur une valeur de masse ou constater une observation.

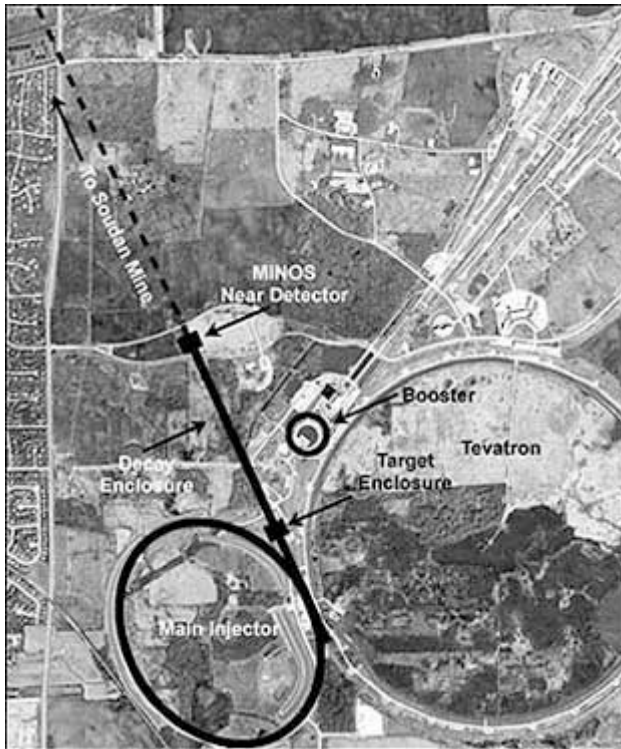
iii) Partie expérimentale :

1) Dispositif expérimental :

Le Tevatron est un collisionneur proton-antiproton situé au laboratoire national de Fermi (FNAL [3]), dans les environs de Chicago. Deux points de collisions sont équipés des détecteurs CDF et DO.

Dans ce chapitre nous décrivons les systèmes permettant la création, l'accélération et la collision des protons et des anti-protons dans le Tevatron puis le détecteur DO utilisé pour l'analyse des événements issus des collisions proton-antiproton.

2) Les systèmes d'accélération et le Tevatron :



La première étape est la création de protons libres, ces derniers sont attirés par le champ électrique sur une plaque de Cisium. Les protons entrent ensuite dans un premier petit synchrotron appelé Booster qui permet d'accélérer les protons d'environ 0.5 MeV/tour à 8 GeV. A cette énergie, ils sont finalement injectés dans l'injecteur principale.

La production d'antiprotons utilise quant à elle, des protons issus de l'injecteur principal et ayant une énergie de 120 GeV qui sont envoyés sur une cible de nickel de 10 cm de diamètre et de 2 cm d'épaisseur. Les antiprotons produits sont envoyés dans le Debuncher. Ce dernier est un tunnel triangulaire muni de cavités radio fréquence, long de 505m. il permet de réduire la dispersion en énergie et en direction du faisceau.

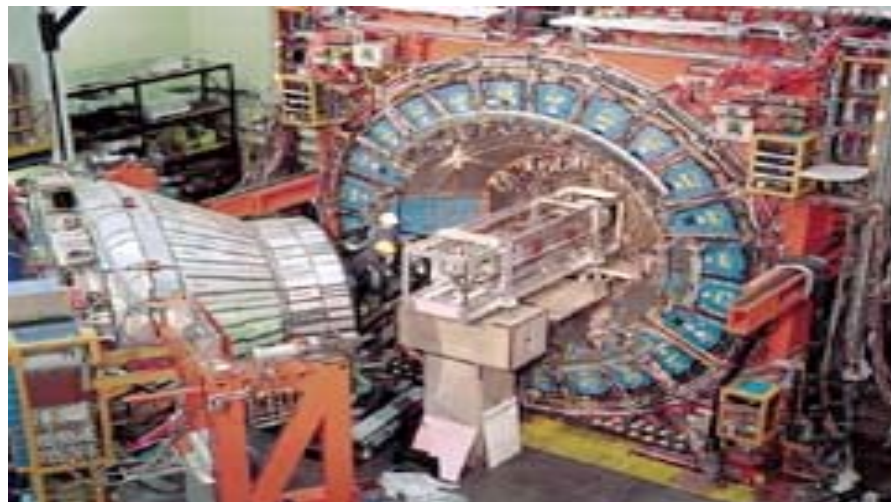
Après que les faisceaux aient été créés et accélérés, ils sont injectés dans l'anneau de collision : le Tevatron [4]. C'est un synchrotron supraconducteur de 6.28 km de circonférence. Il permet d'accélérer les faisceaux de 150 GeV à 980 GeV. Les deux faisceaux circulent en sens inverse dans l'anneau et interagissent dans les régions de CDF et DO.

Depuis le début du Run II en mars 2001, une luminosité intégrée de 420/pb a été fournie par la machine aux deux expériences.

3) Le détecteur DO :

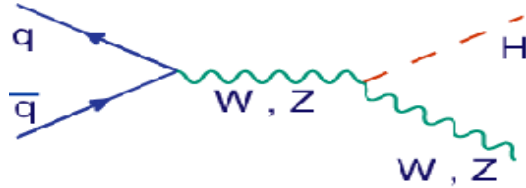
Le détecteur DO [5] est l'un des 2 plus gros détecteurs situé sur l'anneau de collision du Tevatron. Il se compose de sous détecteurs emboîtés les uns dans les autres autour des faisceaux. En commençant au plus proche des faisceaux, on rencontre principalement :

- un détecteur de vertex à micro pistes de silicium .
- un détecteur de traces à fibres scintillantes .
- un calorimètre à argon liquide (composé d'une partie électromagnétique et d'une partie hadronique).
- un détecteur de muons.



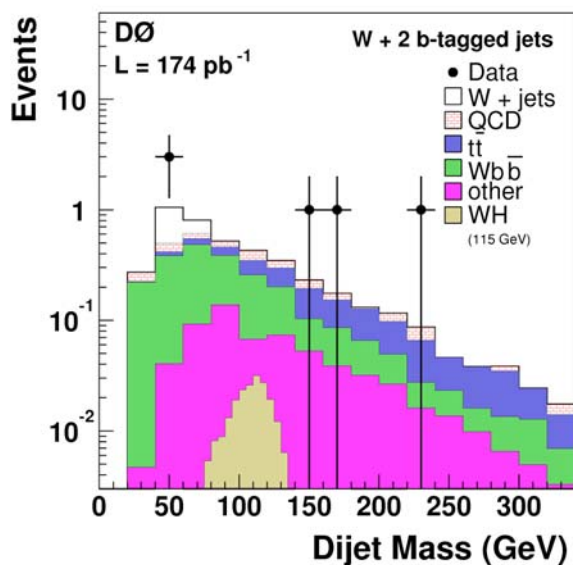
i v) Spécificité du sujet de thèse :

Le sujet de thèse consistera faire la recherche en WH, puis faire la combinaison avec les résultats obtenus dans les autres branches.

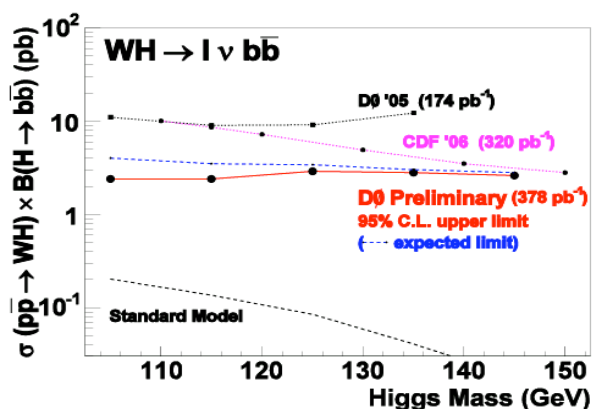


Avec son énergie dans le centre de masse de 1,96 TeV, le Tevatron est le seul collisionneur en service qui permet l'étude des quarks top et la recherche du boson de Higgs. Dans les deux domaines, les signatures expérimentales, basées sur la présence d'un lepton, d'énergie transverse manquante et de jets de b, sont semblables. Cette particularité nous a permis de développer des outils et des techniques communs tout en préservant une certaine variété dans les questions de physique abordées.

Par ailleurs, la production électrofaible du quark top est un des bruits de fond principaux pour la recherche du boson de Higgs.



Une première thèse au sein du groupe sur la recherche de la production WH s'est conclue à l'été 2004 et a conduit à une publication excluant la présence d'un boson de Higgs de 105 à 135 GeV, mais en supposant une section efficace supérieure à celle attendue dans le modèle standard. Ceci a montré le potentiel de découverte de l'expérience une fois que plus de luminosité aura été accumulé, comme cela est prévu à l'échelle 2008-2009.



La nouvelle génération de recherche qui fait l'objet de la thèse proposée se focalisera sur l'amélioration des points cruciaux : étiquetage des jets de b, calibration des jets issus d'un quark b (puisque le Higgs se désintègre majoritairement en $b+\text{anti-}b$ lorsque sa masse est inférieure à environ 140 GeV), mais aussi introduction de réseau de neurones pour améliorer la recherche en combinant les autres canaux possibles (production ZH ou le Z va en leptons chargés ou en neutrinos, mais aussi les canaux où le Higgs est supposé avoir une masse de l'ordre de 160 à 180 GeV).

Le développement d'algorithmes originaux pour améliorer les points précédents fera donc également l'objet de la thèse et seront ensuite mis à disposition de la collaboration dans son ensemble. Mais l'objectif central de cette thèse est de mettre en évidence le boson de Higgs du modèle standard, ou de l'exclure dans une large gamme de masse (100-200 GeV) à 95% de niveau de confiance, ce qui rendrait improbable l'explication de la brisure de la symétrie électrofaible par le mécanisme de Higgs et pourrait nécessiter de nouvelles approches théoriques.

v) Programme et déroulement du stage :

Jusqu'au démarrage du LHC, le Tévatron offre la seule opportunité pour la recherche directe du boson de Higgs, particulièrement dans le domaine de masse entre 115 et 130 GeV, qui est favorisé par les ajustements sur les mesures électrofaibles. Néanmoins, une luminosité importante sera nécessaire pour atteindre un nombre d'événements suffisant pour espérer une telle découverte.

Une première étape dans la recherche du boson de Higgs consiste à comprendre avec une bonne précision la section efficace σ_{eff} , bruit de fond principal avec la production électrofaible du top.

Pour cette analyse, l'étiquetage des quarks b utilise également l'algorithme spécifié pour ça, mais l'analyse a d'abord été effectuée dans le canal électron en demandant que les 2 jets présents dans l'état final soient étiquetés. Cette analyse, basée sur 174 pb^{-1} de luminosité intégrée a d'abord été faite dans le canal «électron» et a permis d'établir une limite supérieure de production WH de 12 pb, en supposant que le boson de Higgs a une masse de 115 GeV. Ils ont ensuite étudié le canal «muon» sur une statistique de 394 pb^{-1} , et la combinaison de ce nouveau résultat avec le canal électron, en cours de réalisation, devrait conduire à une amélioration importante du résultat, laissant présager une observation possible, si le boson de Higgs est léger, avec une statistique de l'ordre de 2 à 4 fb^{-1} .

Le sujet de stage est orienté vers la recherche de bosons de Higgs dans le canal WH et la production $Wb\text{-}b\bar{b}$ qui est le bruit de fond principal pour un Higgs avec une masse dans l'intervalle considéré, de 105 à 135 GeV. C'est la production de Higgs la plus favorable dans cette intervalle au Tévatron où des protons et des anti-protons sont collisionnés avec une énergie de masse de 1.96 TeV.

Le canal de désintégration le plus favorable est $WH \rightarrow l \nu b \bar{b}$ et le canal leptonique avec un muon.

L'analyse du canal électronique est poursuivie par un autre institut et finalement la combinaison des deux canaux pour des limites plus restrictives sera effectuée.

Pour l'instant on arrive à des limites d'exclusion de 95% de niveau de confiance sur la section efficace de $\sim 4\text{-}5 \text{ pb}$ pour la production de $Wb\text{-}b\bar{b}$ dans le canal muonique.

Pour la production de WH la limite dépend de la masse du boson de Higgs. Pour une masse de 105 GeV la limite est de $\sim 7 \text{ pb}$ et elle évolue jusqu'à ~ 10 pour une masse de 135 GeV dans le canal muonique.

V) Perspectives :

Une luminosité intégrée supérieure à 1200 pb^{-1} a déjà été accumulée, et les prévisions pour le futur sont excellentes, ils ont dans un domaine inexploré, comparé aux résultats du Run I.

Les améliorations dans les algorithmes et les calibrations ont permis une nouvelle itération de la reconstruction de toutes les données prises pour les publications des analyses présentées.

L'intégration dans le programme de reconstruction des améliorations concernant le calorimètre a constitué le point culminant de l'activité dans ce domaine, et maintenant les efforts se concentrent sur l'analyse des nouvelles données. Sur les données du Run Iia (qui a terminé en mars 2006), ils vont finaliser le programme de mesure des propriétés du quark top. Ensuite sur l'ensemble des données (Run Iia et Iib \rightarrow 2009) ils concentreront les efforts sur la recherche du boson de Higgs standard.

Avec une bonne maîtrise du lot d'événements top, des mesures de masse plus précises peuvent être envisagées : avec une luminosité intégrée de 2 fb^{-1} , une réduction à 2 GeV de l'erreur ΔM_{top} contraindra davantage le domaine de masse prédit pour le boson de Higgs dans le modèle standard et viendra en complément de sa recherche directe.

IV) Conclusion :

Les études effectuées sur les données 2002-2003 du Tevatron prises par l'expérience DO correspondant à $174/\text{pb}$ de luminosité intégrée, les événements ayant un signal $Wb\text{-}b\bar{b}$ dans l'état final dans le but de mettre en évidence la production d'un boson de Higgs en association avec un boson $W \rightarrow e \mu$. Cette recherche a nécessité la reconstruction et l'étiquetage des jets comme provenant de quarks b mais aussi la reconstruction et l'identification des électrons et de l'énergie transverse manquante.

L'étude du processus $W(\rightarrow e \mu) b\text{-}b\text{-}\bar{b}$ qui est un bruit de fond irréductible du signal de boson de Higgs a permis d'établir une limite supérieure sur sa section efficace de production de 20.3 pb .

Cette étude a été suivie par une recherche d'un signal de boson de Higgs pour des masses comprises entre 105 GeV et 135 GeV . Des limites sur les sections efficaces de productions multipliées par les rapports d'embranchement de désintégrations ont été obtenues. Pour une masse de boson de Higgs de 115 GeV , ils ont obtenus une limite supérieure de 12.4 pb .

En considérant les canaux de désintégration électronique et muonique du boson W, nous attendons 1 événement de production associée du boson de Higgs de masse 115 GeV dans $1.4 / \text{fb}$ de données. Le Tevatron devrait donc permettre l'exclusion ou l'observation d'un boson de Higgs de masse de l'ordre de 115 GeV dans les années à venir.

Le grand concurrent américain du LEP, le Tevatron, a des chances de mettre la main sur le grand boson de Higgs à l'aide de la réaction $q\bar{q} \rightarrow Wh$ ou plus précisément, à partir de la désintégration résultante du boson W. Ces événements sont directement identifiés à l'aide de leptons chargés, issus de la désintégration de W. L'observation d'un boson de Higgs, associé à un boson W^\pm , y est également envisageable. Dans ce cas, l'étude se concentre sur les désintégrations $b\bar{b}$ puisque les désintégrations $\gamma\bar{\gamma}$ ne produisent pas suffisamment d'événements pour être significatives. À ce moment, les événements de fond nuisibles sont principalement $Wb\bar{b}$ et WZ associés à une grande production de quarks. Il est cependant à noter que ce bruit de fond est inférieur aux estimations pour le LHC dans des conditions similaires.

La région énergétique étudiée par le Tevatron est d'une grande importance puisqu'elle se situe entre la limite d'étude du LEP2 et une région plus difficilement atteignable par le LHC.

(9)

VII) Bibliographie :

- [0] S. Weinberg. A model of leptons. Phys. Rev. Lett., 19 :1264 – 1266, 1967.
- [1] H.Georgi, S. L. Glashow. Unity of all elementary particle forces. Phys. Rev. Lett. 32:438-441, 1974.
- [2] M. Carena, i in. Report of the Tevatron higgs working group. 2000.
- [3] Cole. F T, Ed Goldwasser, E L , Wilson R. R. National accelerator laboratory design report January 1968.
- [4] R. Moore. An overview of tevatron collider RunII at fermilab. Beam-doc-190 v1, 12 dec. 2002.
- [5] DO Collaboration. The do detector. Nucl. Instr . and Methods, A 338, 1994.

<http://xxx.lanl.gov/pdf/hep-ph/0503172>

<http://xxx.lanl.gov/pdf/hep-ph/0503173>

<http://www-d0.fnal.gov/Run2Physics/WWW/results/prelim/HIGGS/H18/H18.pdf>

VIII) Annexe :