01/07/1998

H1 Recherche du contenu étrange du proton avec le détecteur H1 auprès du collisionneur e-p HERA

Stage de maîtrise du 1 au 30 juin

Benjamin VIERNE, Nicolas CLAIRE

tuteur:Cristinel DIACONU

Remerciements

Nous remercions en premier lieu notre tuteur, Monsieur Cristinel DIACONU, qui nous a aidé et qui a su nous faire pleinement profiter de ce stage.

Nous tenons aussi à remercier Monsieur Chafik BENCHOUK qui en plus de son aide de tous les instants, nous a supportés toute l'année et, sans qui, ce stage aurait été impossible.

Un grand merci à Mademoiselle Isabelle NEGRI qui a partagé son bureau et sa bonne humeur.

Et nous n'oublierons pas Monsieur Smain KERMICHE pour son aide informatique,toute l'équipe du groupe H1, ainsi que tous le personnel du centre toujours chaleureux.

Table des matières

Chapitre 1

Introduction

Le contenu en quark **s** (étrange) du proton se manifeste à travers la production du quark **c** (charme) dans les événements de type "courant-chargé". En effet, l'échange d'un boson vectoriel chargé $W^{\pm}$ entre l'électron (positron) incident et le quark **s** conduit à la production simultanée d'un neutrino et de particules contenant le quark **c** ("charmées"). Si la présence du neutrino dans l'état final est déterminée à partir de l'énergie manquante dans le plan transverse de la réaction, les particules charmées sont identifiées en utilisant les détecteurs de traces et notamment le nouveau détecteur de vertex à silicium.

Le but du stage est de faire une première étude de l'étiquetage de l'état final charmé, à commencer par l'identification des particules à longue durée de vie (Λ , K_s^0) et la reconstruction totale ou partielle des particules charmées.

Dans un premier temps la présentation des appareils de mesures nous permetra de comprendre l'expèrience,suivra l'énoncé physique du probleme, une présentation du Monte-Carlo puis des coupures.

Chapitre 2

Présentation de H1 à HERA

1 L'accélérateur HERA

HERA n'est pas seulement le nom d'une déesse greque, mais aussi l'acronyme de "Hoch Energie Ring Anlage".Il s'agit d'un collisionneur de haute energie positron-proton construit par nos voisin allemand sur le site de DESY a Hamburg (figure 2.1).

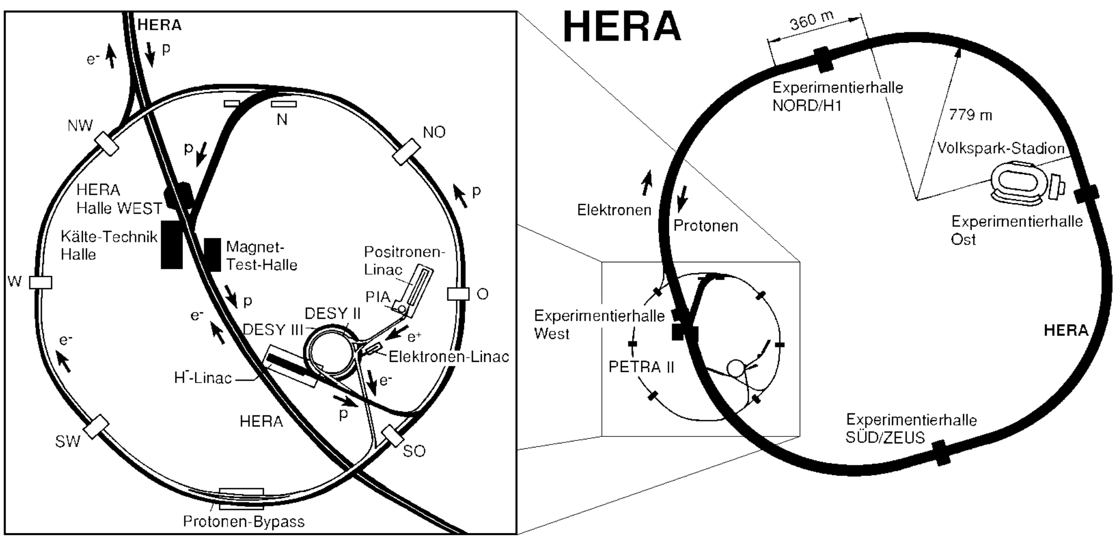

Figure 2.1: HERA

1.1 Chemin des faisceaux dans les préaccélérateurs

Les électrons produits par un des préaccélérateurs sont regroupés par paquets de 4.10^{10} particules et accélérés jusqu'à 12 GeV dans l'anneau PETRA 2 (figure 2.1).

Une fois cette énergie atteinte les 70 paquets sont envoyés dans l'anneau de HERA où ils atteignent, après quelques tours, une énergie de 27.5 GeV. L'opération se répètera 3 fois afin d'optenir 210 paquets.

Les protons proviennent d'ions hydrogène qui, aprés avoir été accélérés à 40 GeV dans PETRA 2, sont envoyés dans l'anneau HERA par paquets de 70 augmentant ainsi leur énergie jusqu'à 820 GeV. L'opération sera renouvellée jusqu'à l'obtention de 210 paquets.

Dans l'anneau HERA, les paquets de meme type sont séparés de 96 ns, cela implique d'avoir un systeme de déclenchement rapide pour les détecteurs.

1.2 Caractéristiques des faisceaux dans HERA

L'énergie et les particules des deux faisceaux étant différentes, chaque faisceau se trouve dans un anneau qui lui est propre. Les caractéristiques de ces deux anneaux sont les suivantes:

- l'anneau du faisceau d'électrons possède des cavités radio-fréquences (RF) supraconductrices pour l'accélération et la compensation de l'énergie perdue par rayonnement synchrotron. Les aimants classiques sont utilisés pour le maintenir en place
- le faisceau de protons necessite pour se maintenir en place dans l'anneau, des aimants supraconducteurs de B=4.68 T. Les cavités RF sont elles beaucoup moins puissantes que pour l'anneau des électrons

Afin de maximiser la durée de vie des faisceaux et de limiter les interactions faisceau-gaz résiduelle, l'accélérateur HERA tient un vide poussé de 1 à 2.10^{-9} hPa.

1.3 Luminosité

La luminosité que délivre la machine est donnée en fonction du temps (figure 2.2).

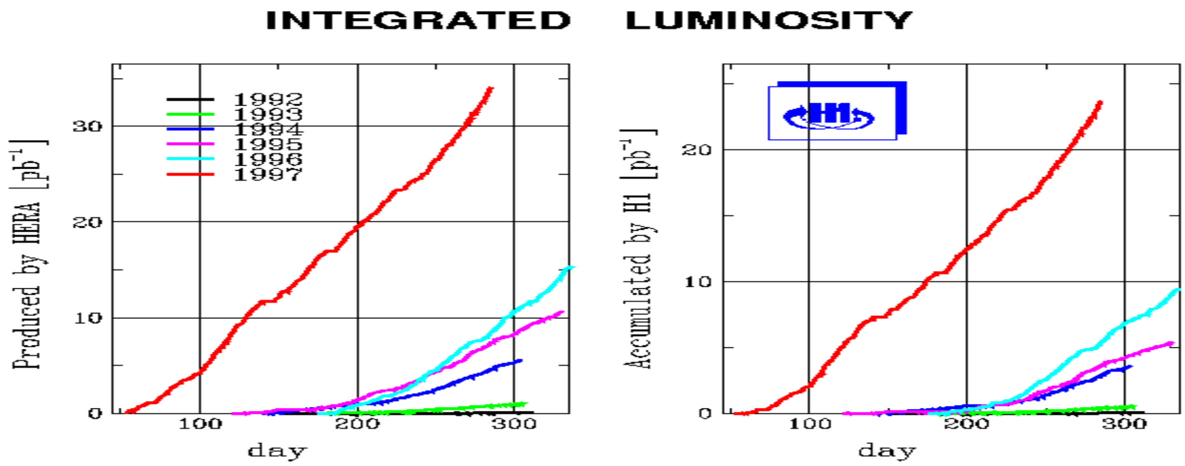

Figure 2.2: Luminosité de HERA

1.4 Les expèriences

Les faisceaux de positrons et de protons se croisent a deux endroits, au Nord, où se trouve le détecteur H1, au Sud, où se trouve l'expérience ZEUS. Il est a noté que sur le faisceau de positron se trouve HERMES, dans le hall Est, et sur le faisceau de proton HERA B, a l'Ouest.

ZEUS et H1 ont fonctionné à partir de l'année 92, HERMES fin 95.

2 Le détecteur H1

Le détecteur H1 mesure 15 m de long, 10 m de large et 12 m de haut pour un poids de 2800 tonnes. Le faisceau de proton étant plus énergétique, le jet est projeté vers l'avant ce qui donne à H1 une forme assymétrique.

Pour l'analyse chaque point du détecteur est repéré en coordonnées sphériques:

- l'axe Oz est paralelle aux faisceaux et de meme sens que le proton, l'origine de l'interaction sera pris en z=0
- (x,y) est le plan transverse
- θ est l'angle polaire définie par rapport a z>0 et ϕ est l'angle azimutale par rapport a l'axe x

H1 est constitué de sous détecteurs et de systemes de mesures (figure 2.3):

- détecteurs de trace [2],[3]: il détermine l'impulsion des particules ainsi que le vertex d'interaction
- le calorimètre à Argon liquide [4],[5]: il mesure l'énergie des particules
- la bobine supraconductrice cylindrique [6]: elle crée un champ magnétique de 1.5 Tesla. Elle est utilisée pour courber les trajectoires des particules chargées permetant ainsi une mesure de leur impulsion
- la structure en fer instrumentée [10]: elle permet de détecter les muons et sert également de calorimètre de fin de gerbes hadroniques.Elle assure aussi le retour des lignes de champs magnétiques de la bobine
- autres détecteurs: calorimètre hadronique avant [13],spectrometre à muons [9],calorimètre arrière [12]...

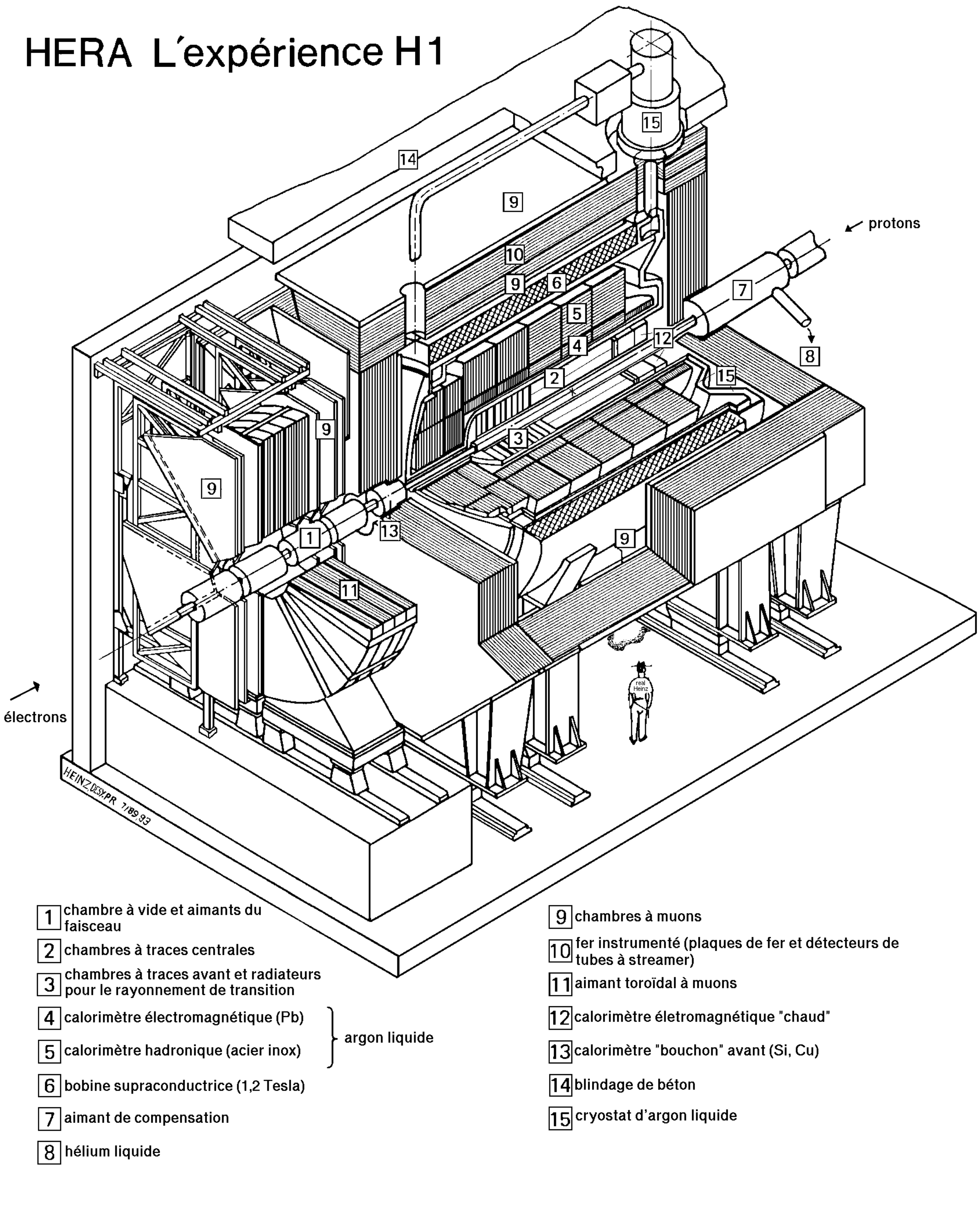

Figure 2.3: Détecteur H1

Chapitre 3

Enoncée physique

Le proton est constitué de 3 quarks dits de "valence" trés fortement liés entre eux, les forces qui les confinent à l'intérieur du proton peuvent-être décrites comme un échange de particules appelées "gluons" qui se transforment souvent en paire de quarks et d'antiquarks.

Ces gluons et ces paires de quarks sont présentes en grandes quantités dans le proton et constituent ce que l'on appelle la "mer" (figure 3.1).

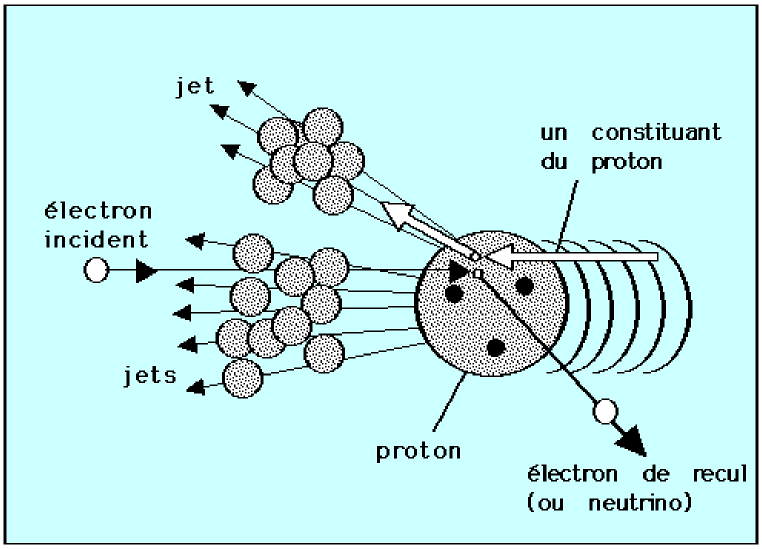

Figure 3.1: schéma de la collision e-p

Quand un électron rencontre un proton, il peut frapper soit un quark de valence, soit tout autre composant du proton.

Pour nous, le seul évenement qui nous intéresse, parmis tous ceux possibles, est celui où l'électron interagit avec un quark **s**, par l'intermédière du boson vecteur W^+, qui se transforme en quark **c**.

Un quark ne pouvant exister à l'état libre, il s'associe à d'autres quarks formant ainsi 2 types de particules:

- les mésons, lorsque le quark **c** s'associe avec un antiquark. Il se forme alors des particules D^0 et D^+ ayant des durées de vie courtes (longueur de vol de l'ordre du 0.1 mm). Le D^+ se désintègre inclusivement en K^- qui laisse une trace similaire à π^- dans H1, K^- n'est donc pas un bon candidat pour la détection. Reste D^0 qui se désintègre inclusivement en K^0, lui-même se désintègrant en π^+ et π^- (figure 3.2).

- les baryons, lorsqu'il s'associe à deux quarks. Il se forme majoritairement des particules Λ_c qui, comme D^0, ont une courte durée de vie, ils forment eux des Λ se désintégrant en proton et en π (figure 3.3).

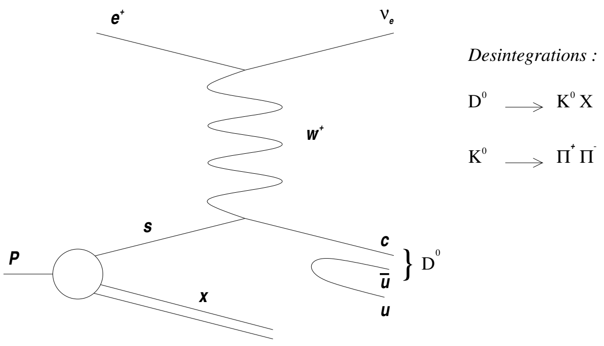

Figure 3.2: La production de mésons D^0.

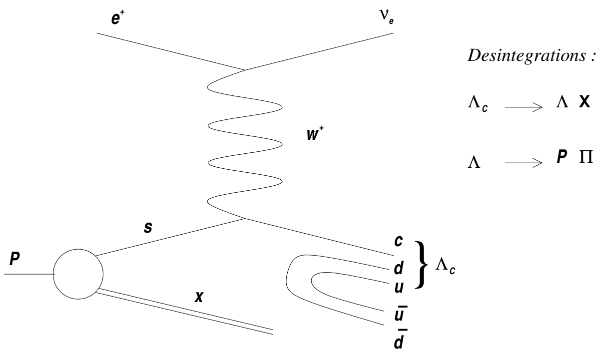

Figure 3.3: La production de baryons Λ_c.

Sur tous les évenements réalisés, une sélection des K^o, puis des K^o provenant du D^o, des Λ, puis des Λ provenant du Λ_c sera effectuée ce qui permetra de ne sonder que le contenue étrange du proton.

Chapitre 4

Le Monte-Carlo

Le Monte-Carlo est un logiciel de génération et de simulation d'évenement:

- de génération car il est capable de générer toutes les particules connues (observées ou non) avec toutes leurs caractéristiques pour pouvoir simuler différents types de collisions
- de simulation car il est capable de simuler une collision dans le détecteur avec toutes les données d'une expèrience réelle: trace, énergie déposée dans le calorimètre, jets....

Après une simulation au Monte-Carlo on obtient des données vraies, exemptes de tout bruit de fond dû à la mesure. On peut ainsi tester et mettre au point des coupures pour séléctionner la réaction voulue parmis les autres générées. L'optimisation des séléctions sur le Monte-Carlo sera ensuite appliquée sur les données réelles.

Chapitre 5

Variables

Listes des variables utilisées dans les coupures:

- av0ppj: projection de l'impulsion du vertex secondaire sur son vecteur position
- av0rd: distance entre le vertex primaire et le vertex secondaire
- av0mk0: masse reconstruite du K^0 a partir de la masse invariante des 2 particules filles (Π^+ Π^-)
- av0mph: masse reconstruite du photon a partir de la masse invariante des 2 particules filles (deux électrons)
- av0alpha1k0cm: angle dans le centre de masse entre l'impulsion de la particule 1 et l'impulsion du vertex primaire
- av0ptv1: impulsion de la particule 1 dans le plan transverse à l'impulsion du vertex secondaire
- av0ptv2: impulsion de la particule 2 dans le plan transverse à l'impulsion du vertex secondaire
- av0pt1: impulsion de la particule 1 dans le plan transverse de l'impulsion du proton (donc du positron)
- av0pt2: impulsion de la particule 2 dans le plan transverse de l'impulsion du proton.

Chapitre 6

Coupures

Les données analysées ont été receuillies par H1 le

Seul une infime partie des données nous intéressent, car la section efficace de nos reactions (production du K^0 et du Λ) est faible par rapport à la section efficace totale des autres réactions possibles.Des critères de selection doivent étres pris en compte pour éliminer le plus d'évènements parasites. Nous avons donc mis en place les coupures suivantes:

- pour l'hypothèse K^0

  (1) 0.3<av0mk0<0.7 GeV qui traduit le fait que le pic du K^0 devrait-être à 0.5 GeV

  (2) av0ppj>0 qui traduit le fait que les jets sont dirigés vers l'avant, l'energie du proton étant superieur à celle du positron

  (3) av0rd>2 cm qui traduit le fait que le K^0 à une certaine longueur de vol

  (4) av0mph>0.1 GeV qui traduit le fait qu'on ne veut que des photons réels

  (5) cos(av0alpha1k0cm)<0.8 GeV empirique

  (6) abs(av0ptv1)>.1 GeV empirique

  (7) abs(av0ptv2)>.1 GeV empirique

  (8) av0ptv1>0.1 GeV empirique

  (9) av0ptv2>0.1 GeV empirique

  Le seul graphe acceptable du K^0 est celui tracé avec les données du Monte-Carlo (figure 6.1).

- pour l'hypothese Λ

  Les différentes coupures effectuées sur la courbe du Λ ne sont pas convaincantes, ni sur le Monte-Carl ni sur les données réelles.

Le graphe blanc correspond aux K^0 provenant de tous les canaux, le graphe noirci correspond aux K^0 provenant du canal courant chargé.

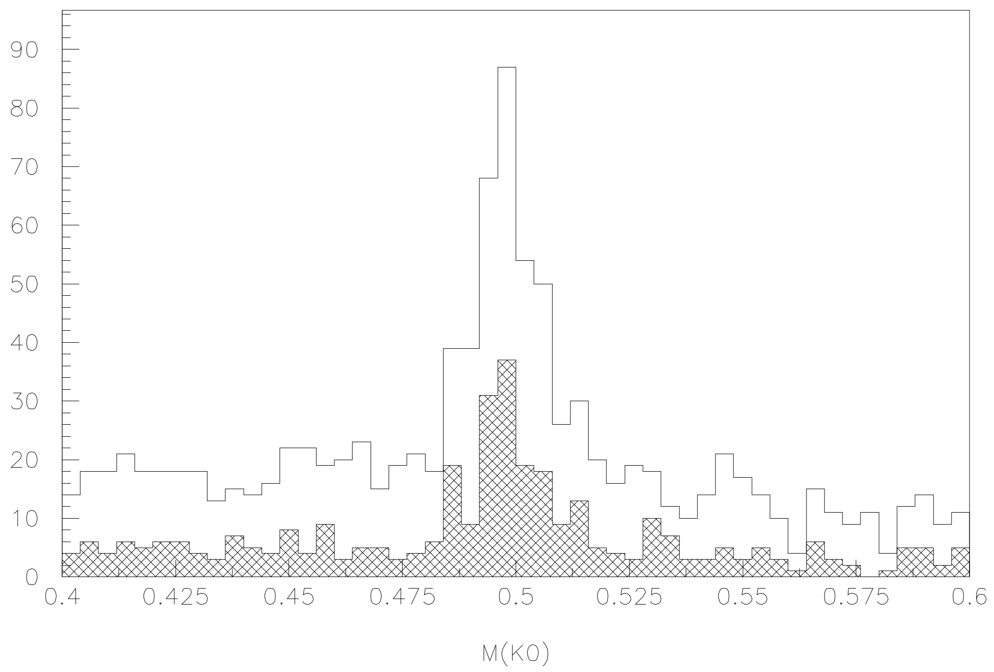

Figure 6.1: courbe de mk0 sur le Monte-Carlo

Chapitre 7

Conclusion

Notre objectif était de faire apparaître un pic du K^0 et un pic du Λ sur les données des expèriences pour pouvoir sonder le contenu étrange ($\mathbf{s}$) du proton.

Nous n'avons pu que mettre en evidence la présence de K^0 provenant d'un courant chargé sur les données Monte-Carlo, la mise au point de coupures plus efficaces necessitant un travail de plus longue haleine.

A l'avenir, l'affinement des coupures pourrait permettre un calcul de la section efficace expérimentale du canal étudié voir de l'efficacité du détecteur.

Ce stage nous a permis de prendre un premier contact avec une équipe de chercheurs, de nous familiariser avec ce que pouvait-être la recherche et de comprendre le fonctionnement d'un laboratoire international.