

Physique Expérimentale

Les annihilations e^+e^-

Au LAPP deux groupes expérimentaux travaillent auprès du LEP, le plus grand collisionneur e^+e^- en service actuellement. Cet accélérateur circulaire de 27 km de circonférence fait partie du grand complexe du CERN. Les faisceaux d'électrons et de positrons possèdent la même énergie et entrent en collision en 4 points de l'anneau. Depuis 1995, le LEP est entré dans la phase LEP2, c'est-à-dire que l'énergie des collisions délivrées par la machine est augmentée graduellement en ajoutant des cavités accélératrices plus performantes. Ainsi, dès l'automne 1995, des énergies de 130 GeV ont été obtenues. En 1996, le seuil de production de paires W^+W^- a été atteint (161 GeV, été 96) puis le seuil de production de paires Z^0Z^0 en 1997 et ainsi jusqu'à atteindre 204 GeV en cette fin d'année 1999, proche de la valeur limite de 206 GeV qui sera atteinte en l'an 2000. En même temps que l'énergie du LEP s'élevait, la luminosité de la machine était progressivement augmentée. Ainsi, depuis le mois de juin 1999, 80 pb^{-1} à 196 et 200 GeV et 50 pb^{-1} à 202 GeV ont été collectés par expérience. Les données enregistrées à ces très hautes énergies permettent de poursuivre les études de processus prédits par le modèle standard et aussi d'effectuer des recherches directes ou indirectes de nouvelles particules à de nouveaux seuils d'énergie.

Un autre groupe travaille auprès du collisionneur e^+e^- PEP-II (SLAC, Stanford, USA). Cette machine produit des collisions depuis l'été 1999. Ses deux faisceaux d'énergie 9.0 GeV pour les électrons et 3.1 GeV pour les positrons collisionnent à une énergie de 10.58 GeV dans le centre de masse pour produire la résonance $Y(4s)$, laquelle se désintègre en une paire $B^0\bar{B}^0$ ou B^+B^- . Elle doit fonctionner à très haute luminosité, $L = 3 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, ce qui lui vaut le surnom d'usine à B.

L'étude des désintégrations de certains canaux des mésons B est directement liée à la violation de CP, observée actuellement dans le seul secteur des mésons K. La violation de la symétrie CP, bien que découverte il y a plus de 30 ans, reste encore très mal connue et constitue un problème fondamental pour la physique. Une seule expérience, BaBar, est installée sur la zone d'interaction e^+e^- .

Expérience ALEPH au LEP

Participation du LAPP

Physiciens : B. Pietrzyk, R. Barate, D. Buskulic, I. De Bonis, D. Decamp, P. Ghez, C. Goy, S. Jezequel, J.P. Lees, M.N. Minard

Ingénieur : D. Dufournaud

Doctorants : F. Martin, E. Merle, B. Trocmé

Stagiaire : B. Trocmé

Collaboration

Collaboration internationale regroupant 32 instituts dont 6 laboratoires français : LAPP Annecy, LPC Clermont-Ferrand, CPPM Marseille, LAL Orsay, LPNHE Ecole Polytechnique Palaiseau, CEA-DAPNIA Saclay.

Dates clés

1986 : le LAPP rejoint l'expérience ALEPH

1989 : début de la prise de données

1995 : évolution vers LEP 200

Abstract

From 1998 to 1999, the LAPP group has pursued its activities in the ALEPH collaboration. The analyses of the standard model and beyond the standard model physics are made using LEP 2 and LEP 1 data. In addition, the group actively participates to many general purpose tasks of the experiment.

Présentation générale

Le groupe du LAPP participe à la prise de données au collisionneur e^+e^- LEP 2 qui a augmenté son énergie par paliers entre 189 et 202 GeV. Le groupe travaille activement au contrôle de la bonne qualité des données et à leur analyse. Avec les données de LEP1, l'analyse des paramètres de la résonance Z a été finalisée et celle de la durée de vie du méson B_s est en cours d'achèvement. La majeure partie de l'activité du groupe est désormais consacrée à l'analyse des événements de LEP 2 avec deux et quatre fermions dans l'état final.

L'activité d'analyse du groupe du LAPP est basée sur les domaines suivants :

- Physique avec les données de LEP 1 :
 - ajustement des paramètres de la résonance Z
 - désintégrations exclusives des mésons B en deux mésons charmés
 - désintégrations semi-inclusives du méson B_s^0 court en deux mésons D_s
- Physique avec les données de LEP 2, avec deux fermions dans l'état final :
 - mesure des sections efficaces fermioniques et des asymétries leptoniques
 - mesure de production des saveurs lourdes et de leurs asymétries
 - interprétation en terme de nouvelle physique
 - mesure de l'énergie du faisceau du LEP
- Physique avec les données de LEP 2, avec quatre fermions dans l'état final :
 - mesure de la masse de W

- corrélations de Bose-Einstein dans les désintégrations de paires de W
- mesure des couplages chargés à trois bosons.

Analyses et résultats

a) Physique avec les données de LEP 1

Les résultats définitifs d'ALEPH sur les paramètres fondamentaux du modèle standard mesurés à LEP 1 ont été publiés en 1999. Le groupe du LAPP a joué un rôle important dans l'obtention de ces résultats en particulier pour ce qui concerne la détermination des sections efficaces hadroniques (déjà présentées dans le rapport précédent). Le groupe du LAPP a participé à l'ajustement final des paramètres de résonance Z. Les résultats d'ajustement de neuf paramètres

$M_Z(\text{GeV}/c^2)$	91.1888 ± 0.0031
$\Gamma_Z(\text{GeV})$	2.4957 ± 0.0043
$\sigma_{\text{had}}^0(\text{nb})$	41.539 ± 0.058
R_e	20.684 ± 0.075
R_μ	20.802 ± 0.056
R_τ	20.715 ± 0.063
$A_{\text{FB}}^{0,e}$	0.0188 ± 0.0034
$A_{\text{FB}}^{0,\mu}$	0.0170 ± 0.0028
$A_{\text{FB}}^{0,\tau}$	0.0166 ± 0.0028

avec le programme MIZA sont présentés dans la table. Le programme MIZA a été initié dans ALEPH puis exclusivement développé et utilisé durant les dernières années par le groupe du LAPP. Les résultats d'ajustement à la forme de résonance du Z sont comparés aux données mesurées sur la Figure 1.

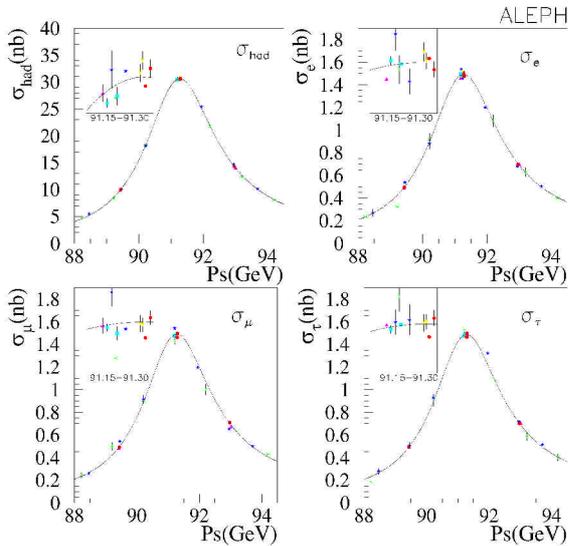


Fig 1 : Les résultats des mesures des sections efficaces hadroniques et leptoniques (e , μ , τ) à LEP 1 et des ajustements de la forme de résonance du Z.

L'analyse des désintégrations exclusives des mésons B en deux mésons charmés a été publiée. L'étude des mésons beaux étranges B_s^0 courts se désintégrant en $D_s^+ D_s^-$ et autres modes semblables a été poursuivie en utilisant l'état final semi-inclusif $\phi\phi X$. Une mesure de la différence de temps de vie entre les mésons B_s^0 courts et B_s^0 longs (analogue au système K_s^0/K_L^0) est en cours.

b) Physique avec les données de LEP 2 avec deux fermions dans l'état final

Depuis le début de la montée en énergie du LEP, à chaque palier en énergie, la mesure des sections efficaces di-fermioniques et des asymétries avant-arrière est le premier test du modèle standard effectué.

Le groupe du LAPP assure la mesure de sections efficaces hadroniques et leptoniques et des asymétries avant-arrière des di-leptons. Il est aussi engagé dans la mesure des processus $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}$ et $e^+e^- \rightarrow c\bar{c}$ à haute énergie. L'identification des quarks b et c parmi les événements hadroniques a amené à développer des techniques d'identification spécifiques, en utilisant dans des réseaux de neurones, les observables caractéristiques (cinématique, durée de vie, type de particule, charge). Le groupe assure la mesure des sections efficaces partielles R_b, R_c (voir Figure 2) et aussi la mesure des asymétries A_{FB}^b et A_{FB}^c .

L'ensemble de ces mesures est comparé aux prédictions du modèle standard et donne un bon accord dans la gamme d'énergie étudiée (voir Figure 3). D'éventuelles déviations pourraient être le signe d'une nouvelle physique.

Les physiciens du groupe participent également à plusieurs

groupes du travail dans ce domaine : combinaison des résultats des quatre expériences LEP (LEP EWWG) et étude des nouveaux logiciels de calculs et générateurs d'événements (LEP2 Monte-Carlo Workshop).

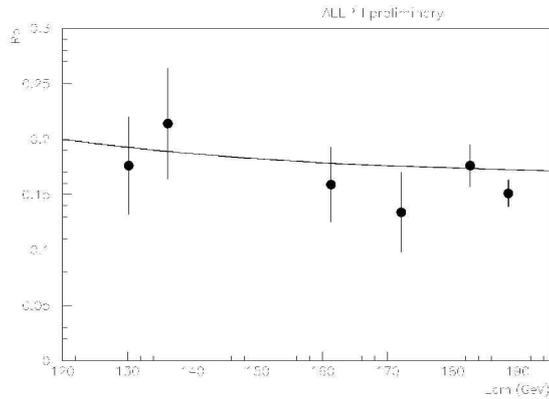


Fig 2 : Sections efficaces partielles de production de paires de quarks b R_b à LEP 2.

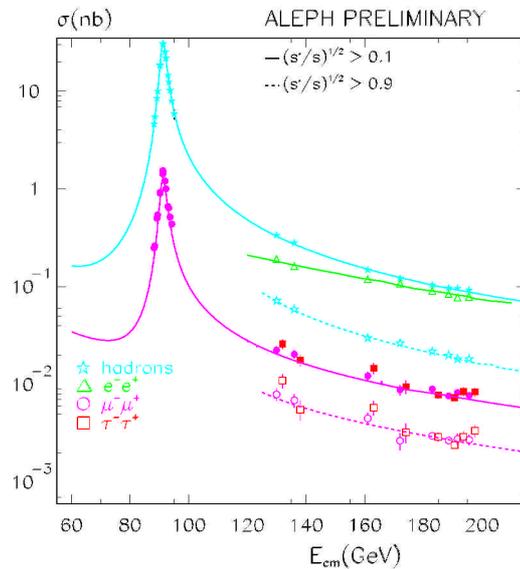


Fig 3 : Sections efficaces de production de paires de fermion à LEP 2 comparée aux prédictions du modèle standard.

Loin du pôle du Z, une contribution importante aux sections efficaces di-fermioniques provient d'événements $e^+e^- \rightarrow Z\gamma$, où le photon provient de la radiation d'un électron/positron incident, la masse reconstruite à partir de deux fermions de l'état final est alors celle du Z, mesurée précisément à LEP 1. Ce processus est utilisé pour déterminer avec précision l'énergie des faisceaux du LEP. A l'issue de LEP 2 une précision d'environ 20 MeV sur l'énergie des faisceaux est attendue par cette méthode.

c) Physique avec les données de LEP 2 avec quatre fermions dans l'état final

Depuis 1996, les expériences LEP observent des événements provenant de la production de paires de W qui se désintègrent à leur tour hadroniquement ou leptoniquement. On obtient alors des événements à 4 quarks (4 jets), 2 quarks (2 jets) et 2 leptons ou 4 leptons. La mesure précise de la masse de W

a une importance primordiale. La comparaison du résultat de la mesure avec la prédiction du modèle standard constitue le test le plus précis des corrections radiatives électrofaibles qui dépendent entre autre de la masse du quark t et du Higgs. Une méthode originale pour la mesure de la masse a été développée par le groupe et a été comparée aux autres méthodes. Le groupe du LAPP a eu une contribution importante au développement des programmes généraux d'analyse d'ALEPH .

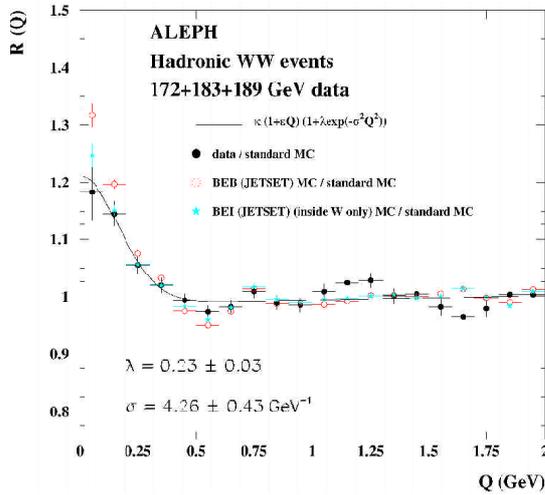


Fig. 4 : Les résultats des mesures de corrélations de Bose-Einstein entrées les produits des désintégrations de paires de W

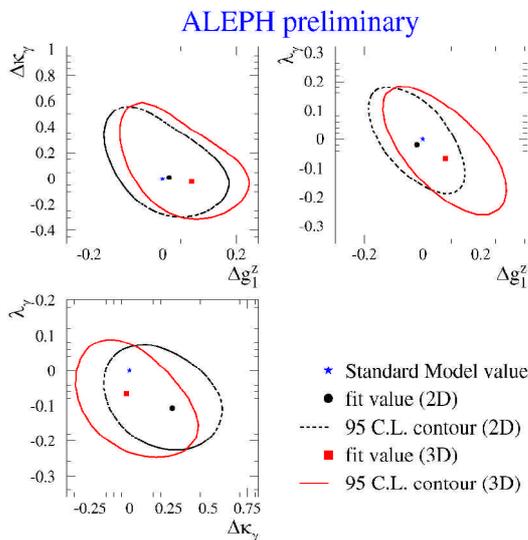


Fig. 5 : Les résultats des mesures à 183 et 189 GeV des trois paramètres qui qualifient les possibles déviations du modèle standard des couplages à trois bosons.

Dans le canal à 4 quarks, des effets subtils probablement non perturbatifs de reconnections de couleur et/ou de corrélations de Bose-Einstein entre les produits de fragmentation de quarks issus de W différents peuvent avoir lieu. L'équipe du LAPP étudie les corrélations Bose-Einstein en utilisant une méthode originale limitant les erreurs statistiques et systématiques. Ces corrélations ne sont pas observées dans les données jusqu'à présent analysées

(voir Figure 4). L'étude de ces corrélations est également importante pour la détermination des erreurs systématiques de la mesure de la masse du W.

La production de paires de W permet l'étude des vertex chargés à trois bosons $W^+W^-\gamma$ et W^+W^-Z . Dans le cadre de $SU(2) \times U(1)$, trois paramètres quantifient les possibles déviations au modèle standard. La mesure est basée sur celle de la section efficace de production $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$ et des angles de production des quatre produits de désintégration. Pour cette mesure, le LAPP travaille sur l'ensemble des canaux de désintégration (voir Figure 5) et participe au groupe de travail de combinaison des résultats des expériences LEP et Tevatron.

Collaboration IN2P3-Pologne

Depuis plusieurs années, le groupe collabore avec les théoriciens de Cracovie qui ont développé les générateurs essentiels pour la physique du LEP (KORALZ, BHLUMI, BHWIIDE, KORALW, KK...). Les résultats du travail sur la précision théorique d'ajustement des paramètres de résonance Z ont été publiés dans deux articles :

- On the precision of calculations of initial state radiation in the Z line-shape fits, S. Jadach, B. Pietrzyk and M. Skrzypek, Phys. Lett. B456 (1999) 77.
- Initial-final-state interference in the Z line-shape, S. Jadach, B. Pietrzyk, E. Tournefier, B.F.L. Ward and Z. Was, Phys. Lett. B465 (1999) 254.

Le travail continue sur les différents générateurs des physiques pour LEP2 (paires des fermions et des W).

Tâches d'intérêt général

Les chercheurs du LAPP contribuent activement aux tâches générales d'ALEPH depuis de nombreuses années. En suivant l'ordre historique des étapes aboutissant à la production d'un résultat de physique, les participations notables du LAPP à l'effort général de la collaboration lors des deux années écoulées sont les suivantes :

- Avant et pendant la prise de données: représentation de la collaboration auprès de la machine du LEP («LEP contact») en 1998 et 1999.
- Prise de données («shifts») .
- Calibration du détecteur: participation à la calibration en ligne (avec une source de ^{55}Fe) du ECAL.
- Gestion complète des programmes concernant le ECAL: calibration du ECAL (depuis 1991); la montée en énergie du LEP depuis 1995 a rendu inapplicable la méthode de calibration utilisée à LEP 1 à partir d'événements «Bhabha»; des méthodes nouvelles, basées sur les événements $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma \rightarrow e^+e^-e^+e^-$ permettent d'atteindre une intercalibration de 0.4% et une calibration absolue de 0.7%.
- Le contrôle de qualité de données en ce qui concerne l'identification des électrons et des gammas.
- La détermination de l'énergie du LEP pour chaque prise de données en tenant compte des corrections propres à ALEPH et de sa luminosité instantanée.

- Générateurs d'événements: collaboration avec plusieurs auteurs de générateurs d'événements pour l'adaptation de leurs programmes à l'environnement software d'ALEPH. Ceci concerne particulièrement les générateurs WW pour lesquels les physiciens du LAPP sont maîtres d'œuvre.
- Outils généraux d'analyse: responsabilité entière de la mise à jour régulière et complète de l'ensemble des programmes d'ALEPH au CC-IN2P3 grâce à un ingénieur du LAPP. En plus de la mise à jour du software d'Aleph, nous essayons de profiter des nouvelles possibilités techniques offertes par le Centre (Redwood, machine Linux). Le groupe utilise intensivement le Centre pour produire des événements simulés pour LEP 2.

Enfin, plusieurs chercheurs du LAPP occupent des responsabilités dans l'organisation générale de la collaboration (membre du bureau des "speakers", responsable de groupe ou de sous-groupe d'analyse).

Rapports

Nous indiquons ci-dessous les rapports internes et les contributions aux conférences explicitement signés par les physiciens du groupe ALEPH du LAPP ou par un groupe d'analyse auquel ils participent :

Rapports internes

Determination of M_w in the $4q$ channel with different jet and pairing algorithms

Ph. Ghez, ALEPH 98-034 PHYSIC 98-015

A combination of preliminary electroweak measurements and constraints on the standard model

LEP Electroweak Working Group (M.N. Minard, B. Pietrzyk), ALEPH 98-037 PHYSIC 98-018

Measurement of the $e^+e^- @ c\bar{c}$ cross-sections at $\sqrt{s} = 183 \text{ GeV}/c^2$

C. Goy, ALEPH 98-043 PHYSIC 98-022

New selection of the $e^+e^- @ t^+t^-$ processes. Measurement of the cross sections and forward-backward asymmetry at 183 GeV

E. Merle, ALEPH 98-051 PHYSIC 98-024

Study of W^+W^- à $lnqq$ events for triple gauge coupling measurement at 183 GeV

S. Jezequel, ALEPH 98-077 PHYSIC 98-030

Measurement of Bose-Einstein correlations between W decay products at $172, 183$ and 189 GeV

F. Martin, ALEPH 98-093 PHYSIC 98-042

Measurement of the cc forward-backward asymmetry at $\sqrt{s} = 183 \text{ GeV}/c^2$

C. Goy, ALEPH 99-002 PHYSIC 99-002

Fits to measurements of line shapes and forward-backward asymmetries

B. Pietrzyk, ALEPH 99-043 PHYSIC 99-021

Combination of LEP 2 difermion results

LEP EWWF difermion subgroup, E. Merle, M.N. Minard, ALEPH 99-082 PHYSIC 99-030

Complementary informations on the paper "Measurement of the Z resonance parameters at LEP"

ALEPH electroweak group, B. Pietrzyk, ALEPH 99-086 PHYSIC 99-033

Determination of $M_w(4q)$ using a NN-based fitting technique

Ph. Ghez, ALEPH 99-096PHYSIC 99-042

Measurement of R_b and A_{FB} at $\sqrt{s} = 189 \text{ GeV}$. Update with respect to the Winter conference note

C. Goy, ALEPH 99-106 PHYSIC 99-049

A measurement of the decay width difference in $B_s\bar{B}_s$ system

R. Barate, ALEPH 99-108 PHYSIC 99-051

Measurement of the Bose-Einstein correlations between W decay products using an analysis "à la DELPHI"

F. Martin, ALEPH 99-109 PHYSIC 99-052

Contributions aux conférences

Study of fermion pair production in e^+e^- collisions at $130-183 \text{ GeV}$

E. Merle, M.N. Minard, ALEPH 98-021 CONF 98-011

Production of D_s^{+} and D_s^{*0} mesons in hadronic Z decays*

R. Barate, D. Buskulic, ALEPH 98-022 CONF 98-012

Preliminary determination of LEP centre-of-mass energy from Z -gamma events

M.N. Minard, ALEPH 98-048 CONF 98-022

Study of fermion pair production in e^+e^- collisions at $130-183 \text{ GeV}$

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, ALEPH 98-060 CONF 98-031

A study of the width difference in the $B_s\bar{B}_s$ system

R. Barate, ALEPH 98-064 CONF 98-034

Bose-Einstein correlations in W -pair decays

F. Martin, B. Pietrzyk, ALEPH 98-065 CONF 98-035

Charged particle multiplicity in W -pair decays

B. Pietrzyk, ALEPH 98-066 CONF 98-036

LEP 1 results on Z resonance parameters and lepton forward-backward asymmetries

M. N. Minard, B. Pietrzyk, ALEPH 98-068 CONF 98-038

Measurement of the W mass in e^+e^- collisions from 161 to 189 GeV

P. Ghez, ALEPH 99-017 CONF 99-012

Fermion pair production in e^+e^- collisions at 189 GeV and limits on physics beyond the standard model

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, ALEPH 99-018 CONF 99-013

Measurement of triple-gauge-boson couplings at $183-189 \text{ GeV}$

S. Jezequel, ALEPH 99-019 CONF 99-014

Multi-parameter fits of triple-gauge-boson couplings using data at $172-189 \text{ GeV}$

S. Jezequel, ALEPH 99-025 CONF 99-019

Charge particle multiplicity and momenta in e^+e^- à W -pair decays at 189 GeV

B. Pietrzyk, ALEPH 99-026 CONF 99-020

Bose-Einstein correlations in W -pair decays

F. Martin, B. Pietrzyk, ALEPH 99-027 CONF 99-021

Bose-Einstein correlations in W -pair decays

F. Martin, B. Pietrzyk, ALEPH 99-061 CONF 99-036

Determination of the LEP centre-of-mass energy from Zg events

M.N. Minard, B. Trocmé, ALEPH 99-071 CONF 99-045

Measurement of triple gauge-boson couplings at $183-189 \text{ GeV}$

S. Jezequel, ALEPH 99-072 CONF 99-04

Preliminary results on standard model processes in e^+e^- collisions above 190 GeV

E. Merle, M.N. Minard, ALEPH 99-077 CONF 99-049

Vancouver 1998

Study of fermion pair production in e^+e^- collisions at 130-183 GeV and resulting limits on new physics

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, Abstract 906 Session 1

Bose-Einstein correlations in W -pair decays

F. Martin, M.N. Minard, S. Jezequel, B. Pietrzyk, Abstract 894 Session 1

Charged particle multiplicity in W -pair decays

B. Pietrzyk, Abstract 909 Session 1

Observation of doubly-charmed B decays at LEP

R. Barate, JP. Lees, Abstract 941 Session 8

Production of D_{s1}^+ and D_{s2}^{+} mesons in hadronic Z decays*

D. Buskalic, Abstract 944 Session 3

Final results of the Z resonance parameters and lepton forward-backward asymmetries at LEP1

M.N. Minard, B. Pietrzyk, Abstract 284 Session 1

Tampere 1999

Bose-Einstein correlations in W -pair decays

F. Martin, B. Pietrzyk, Abstract 1_388

Charge particle multiplicity and momenta in $e^+e^- \rightarrow W$ -pair decays at 189 GeV

B. Pietrzyk, Abstract 1_387

Measurement of triple gauge-boson couplings

S. Jezequel, Abstract 6_399

Determination of the LEP centre-of-mass energy from Zg events

M.N. Minard, B. Trocmé, Abstract 6_391

Preliminary results on standard model processes in e^+e^- collisions above 190 GeV

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, Abstract 1_392

Measurement of the Z resonance parameters at LEP

M. N. Minard, B. Pietrzyk, Abstract 6_402

Production of D_{s1}^+ and D_{s2}^{+} mesons in hadronic Z decays*

D. Buskalic, Abstract 5_409

Measurement of the W mass in e^+e^- collisions

P. Ghez, Abstract 6_403

Study of fermion pair production in e^+e^- collisions at 130-183 GeV

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, Abstract 7_424

Fermion pair production in e^+e^- collisions at 189 GeV and limits on physics beyond the standard model

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, Abstract 6_694

Voir aussi liste des publications et communications à des conférences en fin de rapport.

