

FR 9000202

EP-PNHE-RA-1988

**Rapport  
d'activité  
1988**

**PHYSIQUE  
NUCLEAIRE  
DES  
HAUTES ENERGIES**

**ECOLE POLYTECHNIQUE**

**E**n 1794, à l'instigation de Gaspard MONGE et de Lazare CARNOT, la Convention crée, en pleine période révolutionnaire, l'Ecole Polytechnique destinée « à former des ingénieurs en tous genres, à rétablir l'enseignement des sciences exactes et à donner une haute formation scientifique à des jeunes gens, soit pour être employés par le Gouvernement aux travaux de la République, soit pour reporter dans leur foyer l'instruction qu'ils auront reçue et y prodiguer les connaissances utiles ».

Dans un environnement aujourd'hui bien différent notre mission demeure ; le monde a changé et de si considérable façon que notre tâche est plus vaste et plus complexe.

L'Ecole Polytechnique c'est environ sept cent cinquante élèves présents à Palaiseau, plus de deux cents enseignants, près de neuf cents chercheurs, ingénieurs ou techniciens dans les laboratoires, environ cinq cents militaires et civils se consacrant à la formation des élèves et à la marche générale de l'établissement.

De cette longue tradition nous avons hérité deux principes qui guident notre action :

- l'excellence à rechercher sans cesse,
- la pluridisciplinarité pour rester ouvert aux formes multiples du savoir.

**Maurice BERNARD**  
Directeur de l'Enseignement  
et de la Recherche

# PHYSIQUE NUCLEAIRE DES HAUTES ENERGIES

Directeur : **Joao MEYER**

Ingénieur au CEA

Professeur à l'Université de Campinas (Brésil)

Laboratoire Associé au CNRS / IN2P3

Téléphone : (33) (1) 60 19 41 34

## SOMMAIRE

<b>PERSONNEL DE RECHERCHE</b>	<b>2</b>
<b>EXPOSE GENERAL</b>	<b>5</b>
<b>EXPOSE ANALYTIQUE</b>	<b>6</b>
<b>1 - Expériences en cours d'analyse</b>	<b>6</b>
<b>2 - Expériences en construction</b>	<b>9</b>
<b>3 - Etudes et projets futurs</b>	<b>18</b>
<b>4 - Services techniques</b>	<b>21</b>
<b>PUBLICATIONS</b>	<b>26</b>
<b>Revue Scientifiques</b>	<b>26</b>
<b>Communications à des congrès</b>	<b>28</b>
<b>Thèses</b>	<b>29</b>

EP - PNHE - RA - 1988

## PERSONNEL DE RECHERCHE

## CHERCHEURS

Joao	MEYER	Directeur du Laboratoire, Ingénieur au CEA Professeur à l'Université de Campinas (Brésil).
Jean	BADIER	X55, Docteur ès-Sciences Directeur de Recherche au CNRS.
Louis	BEHR	ENS Ulm 58, Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS.
Pierre	BEILLIERE	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS Détaché au Collège de France
Pierre	BENKHEIRI	Docteur ès-Sciences, Maître de Conférences à l'Université Paris 6.
Denis	BERNARD	X78, Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS.
Alain	BLONDEL	X72, Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS Détaché au CERN (Suisse).
Gérard	BONNEAUD	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS.
Jean	BOURDITE	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS
Jean-Claude	BRIENT	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS
Violette	BRISSON	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS.
Philippe	BUSSON	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS.
Claude	CHARLOT	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS.
Bernard	CHAURAND	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS.
Bernard	DEGRANGE	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS. Chargé de cours à l'ENSMP
Patrick	FLEURY	X55, Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS.
Maurice	HAGUENAUER	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS.
François	JACQUET	X60, Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS. Maître de Conférences à l'Ecole Polytechnique.
Louis	KLUBERG	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS.
Daniel	LELLOUCH	ENS Ulm 75, Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS Détaché à l'Institut Weizmann (Israël).
Remy	LESTIENNE	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS. Détaché à l'Université Paris 6.
Philippe	MINE	ENS Ulm 66, Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS. Chargé de Travaux Pratiques à l'Ecole Polytechnique
François	MOREAU	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS.
Ung	NGUYEN-KHAC	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS. Chargé de cours à l'ENSMP
Eric	PARE	ENS Ulm 79, Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS Détaché à Harvard (Etats-Unis).
Pierre	PETIAU	X57, Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS.

Albert	ROMANA	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS Chargé de cours à l'ENSMP.
André	ROUGE	ENS Ulm 60, Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS. Maître de Conférences à l'Ecole Polytechnique.
Roberto	SALMERON	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS.
Sylvain	TISSERANT	X76, Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS.
Marcel	URBAN	Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS. Chargé de Travaux Pratiques à l'Ecole Polytechnique
Claude	VALLEE	X78, Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS.
Ioana	VIDEAU	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS.
Henri	VIDEAU	X63, Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS. Maître de Conférences à l'Ecole Polytechnique.
Michel	WEINFELD	Docteur ès-Sciences, Directeur de Recherche au CNRS, Chef de Travaux Pratiques à l'Ecole Polytechnique.
Sylvain	WEISZ	X72, Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS Détaché au CERN (Suisse).
J.Pierre	WUTHRICK	X66, Docteur ès-Sciences, Chargé de Recherche au CNRS.

#### VISITEURS ETRANGERS

Maria-Gabriella	CATANESI	CIES
Maria Agnese	CIOCCI	IN2P3
Peter	DINGUS	IN2P3
Erietta	SIMOPOULOU	CNRS

#### STAGIAIRES

Peter	BIELICZKY	ENS Ulm 84, Stagiaire
Frédéric	BRAEMS	Boursier MRES
Jean Dominique	GASCUEL	Scientifique du contingent
Rémy	GUIRLET	Boursier MRES
Yves	MINET	X82, Boursier MRES
Pascal	PERRODO	X82, Allocataire Ecole Polytechnique
Christophe de la	TAILLE	X83, Stagiaire C.G.R. (Thomson)
Didier	ZWIERSKI	X83, Allocataire Ecole Polytechnique

#### INGENIEURS, TECHNICIENS, ADMINISTRATIFS

Marc	BACHELERIE	Louis	KALT
André	BARRILLIEZ	Brigitte	KLEIN
Michel	BERCHER	Yves	LAZARO
Ursula	BERTHON	Christian	LEMOINE
Claudia	BILLAT	Brigitte	LEPINE
Alain	BONNEMAISON	Pascal	MANIGOT
Jean	BOURNIAC	Roland	MARBOT
Françoise	BOUSSER	Mercédès	MARCHAND
Jacques	BRAIZET	Laurence	MARCKMANN
Alain	BUSATA	Brigitte	MAROQUESNE

Claude	CATRAIN	Pierre	MATRICON
Muriel	CERUTTI	Michel	MAUBRAS
Michel	CHAUVIN	Jean-Claude	MONNEVEUX
Jean-Marie	CHEVALIER	Michel	MONTEILLARD
Luc	CHRISTOPHE	Barnabé	MONTES
Alain	DEBRAINE	Roland	MORANO
Christine	DECHANDOL	Gilles	MORINAUD
Jean-Marie	DIEULOT	Jean-Pierre	PHARABOD
Rolande	DONATI	Patrick	POILLEUX
Joëlle	DOUBLET	Régine	PRAT
Anne-Marie	DUCRETET	Lethilang	ROSENTHAL
Evelyne	EDY	Christian	ROY
Françoise	ESCHENBRENNER	Michèle	RUMPF
Jean	FANCHON	André	SIMON
Gérard	FOUQUE	Symphorien	SODOGANDJI
Anne-Marie	GAILLAC	Marie-Josèphe	SURMONT
Chantal	GENESTE	Justo	TORRES
Flora	GHENO	Marcelle	VALEIX
Charles	GRAUSSEAU	Roland	VASCHY
Charles	GREGORY	Catherine	VIOLET
Jean	GUILLOIN	Alain	VIOLET
Thong	HOANG-XUAN	Elisabeth	ZLATEVSKI
Pierre	JOLICLERQ	Luc	ZLATEVSKI
Yves	JOUEL		

### EXPOSE GENERAL

En 1988, l'évènement majeur de la discipline est l'attribution du prix Nobel de Physique à L. Lederman, M. Schwartz et J. Steinberger pour leur découverte à Brookhaven (Etats-Unis), de deux types de neutrinos (1962): le neutrino associé à l'électron et le neutrino associé au muon. Depuis cette découverte, c'est au CERN que la physique des interactions faibles a connu ses plus grands développements avec les découvertes du "courant neutre" (1973) dans les interactions de neutrinos (le laboratoire ayant grandement contribué à cette recherche sous l'impulsion de A. Lagarrigue) et des "bosons de jauge"  $W^+$  et  $Z^0$  (1983). Ces succès de la recherche européenne ont permis de confirmer la théorie unifiée des interactions électromagnétiques et faibles.

Les thèmes de recherche du laboratoire sont orientés vers divers domaines de la physique fondamentale des interactions, soit dans le cadre du modèle standard: quarks lourds, bosons de jauge, bosons de Higgs..., soit dans le cadre des phénomènes exotiques: plasma quark-gluon, instabilité du nucléon, masse du neutrino... L'année 88 se termine avec la fin des activités des groupes de physique étudiant les collisions élastiques d'anti-protons sur protons, les collisions d'ions lourds sur des cibles fixes et la désintégration du nucléon. Une grande partie des physiciens de ces groupes s'orientent depuis quelques temps déjà vers d'autres projets: nouvelles techniques d'accélération des particules chargées, étude de la double désintégration bêta des noyaux.

La préparation des expériences auprès des grands accélérateurs en construction (LEP à Genève, "Large Electron Positron" accelerator et HERA à Hambourg, "Hydrogen Electron Ring Accelerator" a progressé rapidement. Le laboratoire est en effet engagé dans deux grandes expériences ALEPH et H1 avec des collaborations internationales. Ces expériences vont contribuer à l'étude détaillée des bosons de jauge  $W$ ,  $Z$  et des bosons de Higgs (nécessaires pour le phénomène de brisure spontanée de la théorie électrofaible) et à la mise en évidence éventuelle des "quarks lourds".

La course aux hautes énergies va donc commencer avec la mise en place des collisionneurs LEP ( $e^- 60$  GeV sur  $e^+ 60$  GeV) et HERA ( $p$  de 820 GeV sur  $e^-$  de 26 GeV), respectivement en été 89 et vers la fin de l'année 90. A plus long terme, d'autres projets sont déjà bien avancés: le SSC, "Superconducting super-collider" ( $pp$  à 20 TeV, aux Etats-Unis en 1996), le LHC "Large Hadron Collider" ( $pp$  à 8 TeV ou  $e^-$  de 50 GeV sur  $p$  de 8 TeV, au CERN en 1995). Les défis "énergies élevées", "luminosités élevées" sont bien posés aux physiciens des particules, mais on ressent déjà les limites technologiques et il ne sera sans doute pas possible d'augmenter indéfiniment l'énergie sans parvenir à "d'autres techniques d'accélération". D'autre part, la physique "sans accélérateur", en particulier l'étude de la double désintégration bêta des noyaux, la physique du neutrino... est un programme complémentaire pour les phénomènes de basse énergie qui jouent sans aucun doute un rôle fondamental dans la compréhension des interactions entre particules à haute énergie.

EXPOSE ANALYTIQUE1) EXPERIENCES EN COURS D'ANALYSEMESURE DE LA PRODUCTION INCLUSIVE DE  $\pi^0$  ET PHOTONS DANS LES INTERACTIONS pp A 630 GeV DANS LE CENTRE DE MASSE (UA 7)

Equipe : Physique : M. HAGUENAUER, V. INNOCENTE, E. PARE

Collaboration: Université Rikkyo, ICRR Tokyo, Université Waseda, INFN Naples

Thème :

La densité au niveau du sol de particules produites dans des interactions de rayonnement cosmique dans la haute atmosphère peut être interprétée, soit par une proportion importante d'ions lourds (fer,...), soit par une section efficace plus haute que prévue, soit par une violation de l'invariance d'échelle de Feynman dans la région de fragmentation. L'énergie dans le centre de masse au collisionneur pp du CERN  $2 \times 10^{14}$  eV est dans le domaine des rayons cosmiques de très haute énergie.

La mesure de production inclusive des  $\pi^0$  et photons dans le domaine de cinématique - quelques milliradians par rapport aux particules primaires - comparable aux particules observées au niveau du sol et provenant d'interactions de rayons cosmiques fournit un élément important pour différencier les hypothèses précitées.

Participation du laboratoire:

Prise en charge de l'installation des détecteurs, de la prise de données et de leur analyse. Une part importante du travail concernant la calibration des calorimètres électromagnétiques compacts Silicium/tungstène a été à la charge du laboratoire.

Résultats

L'analyse des données a fait l'objet de la thèse de E. Paré (Décembre 88). Elle a mis en évidence la conservation de l'invariance d'échelle de Feynman dans la région cinématique correspondant à la fragmentation des quarks spectateurs dans les interactions de nucléons sur un domaine de presque deux ordres de grandeur en énergie dans le centre de masse.



**ETUDE DES INTERACTIONS NOYAU-NOYAU A TRES HAUTE ENERGIE: LE QUAGMA (NA 38)**

**Equipe :** Physique : Ph. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON  
Electronique et Informatique: M. BERCHER, C. BILLAT, J. BOUNIAC, A. DEBRAINE, G. FOUQUE, T. HOANG XUAN, M. MAUBRAS, J.Y. PAREY, Ch. ROY, A. SIMON.

**Collaboration** : CERN, CRN-Strasbourg, IPN-Lyon, IPN-Orsay, LAPP-Annecy, LIP-Lisbonne, LPC-Clermont-Ferrand.

**Thème :**

Le but de l'expérience est la mise en évidence, en laboratoire, du "quagma", une phase particulière par laquelle la matière serait passée lors de la création de l'Univers. Le quagma est un plasma où les constituants ultimes de la matière, les quarks et les gluons, apparaissent déconfinés alors que, normalement ils se trouvent confinés à l'intérieur des hadrons qui forment les noyaux des éléments usuels. Selon les modèles théoriques sur la dynamique des quarks, un changement de phase peut se produire lors de fortes compressions de la matière ordinaire, avec formation de ce type de plasma.

La thermalisation du quagma s'accompagne de la création de photons virtuels (avec matérialisation ultérieure en paires de muons) par annihilation de paires quark-antiquark avec des lois de formation différentes de celles du mécanisme habituel (Drell-Yan).

Une autre manifestation de la création du quagma en laboratoire est l'absence dans l'état final, de résonances telles que le  $J/\Psi$  (qui se désintègre en deux muons). Ceci est dû à l'effet d'écran induit par le quagma sur le potentiel de couleur, responsable de la liaison des quarks dans les états résonants.

**Moyens :**

L'appareillage utilisé est un spectromètre bien adapté à la détection et à la mesure des paires de muons de masse effective supérieure à 1 GeV/c.

La détection du quagma à travers l'étude des paires de muons produites dans les réactions avec des ions lourds ultrarelativistes implique une luminosité élevée obtenue d'une part avec un faisceau incident intense (plusieurs  $10^7$  ions incidents par seconde) et, d'autre part, avec une cible "active". Cette cible consiste en une série de 20 cibles d'Uranium de 1 mm d'épaisseur chacune, entourées de 24 détecteurs annulaires à scintillation. Elle permet d'identifier la cible où a eu lieu l'interaction primaire et de détecter les événements où l'un des produits de la réaction primaire interagit à son tour. Un calorimètre électromagnétique formé de fibres plastiques scintillantes immergées dans une matrice de plomb est installé juste en aval de la cible. Il permet de mesurer l'énergie produite lors de chaque interaction et donc sa "violence" (ou degré de compression).

Le laboratoire a assumé la conception, fabrication et mise au point des

mémoires tampons utilisées pour l'acquisition des données. Ces mémoires sont associées à un microprocesseur CAB, également conçu au laboratoire. Le laboratoire a pris la responsabilité du logiciel spécifique de cette partie de l'acquisition ainsi que de l'adaptation du spectromètre au cas particulier des faisceaux d'ions lourds.

### Résultats

L'analyse des données prises avec des faisceaux incidents d'Oxygène et de Soufre de 200 GeV par nucléon sur cibles d'Uranium et Cuivre indique de façon cohérente que, par rapport au continuum de paires de muons, le J/Y est d'autant moins abondant que la densité d'énergie de la réaction (déduite de la mesure d'énergie dans le calorimètre) est élevée. L'effet ainsi mis en évidence par l'expérience est en accord qualitatif avec les prédictions découlant de la création du quagma même si, une partie de l'effet observé est due à des phénomènes nucléaires classiques.

### EXPERIENCE SUR LA STABILITE DU NUCLEON ( $\tau_p$ )

Equipe : Physique : L. BEHR, B. DEGRANGE, Y. MINET, U. NGUYEN-KHAC, P. SERRI, S. TISSERANT.

Electronique et Informatique : F. BOUSSER, A. DEBRAINE, A.M. GAILLAC, R. MARBOT, J.P. PHARABOD

Collaboration : LAL-Orsay, CEA-Saclay, et Universités de Wuppertal et Aix-la-Chapelle-RFA.

### Thème :

1) Mesure de la durée de vie du nucléon (sensibilité jusqu'à  $10^{32}$  années) au moyen d'un détecteur calorimétrique à grain fin de 912 tonnes installé dans le laboratoire souterrain de Modane (Tunnel de Fréjus). Cette mesure est un test des théories de Grande Unification.

2) Observation du rayonnement cosmique de très haute énergie. Composition chimique du rayonnement primaire entre 100 TeV et 10000 TeV. Sources de neutrinos extra-terrestres de haute énergie. Dans cette étude, les 1600 m de roches surplombant le laboratoire jouent le rôle d'un filtre ne laissant passer que les muons d'énergie supérieure à 3 TeV dans les gerbes cosmiques atmosphériques.

### Moyens :

Le détecteur de Fréjus, installé à partir de l'été 1983, a fonctionné de Mars 1984 à Septembre 1988. Sa masse (912 tonnes) et son excellente résolution spatiale en ont fait le meilleur calorimètre détecteur de traces adapté à la recherche de la désintégration du nucléon et complémentaire des expériences concurrentes fondées sur l'observation de la lumière Cherenkov dans l'eau.

Résultats:

1) La recherche des modes de désintégration du nucléon est indissociable de l'étude des interactions des neutrinos produits par les gerbes cosmiques atmosphériques qui en constituent le bruit de fond. On a observé 199 interactions dans le volume central du détecteur. Dans tous les modes de désintégration du nucléon, le nombre de candidats est, soit nul, soit compatible avec le nombre attendu d'interactions de neutrinos. Les limites inférieures sur la vie moyenne partielle  $\tau/B$  sont de  $1/3$  à  $3 \cdot 10^{31}$  années pour les processus  $N \rightarrow \nu + \text{hadrons}$  et voisins de  $0,5 \cdot 10^{31}$  ans pour  $p \rightarrow e \pi$ ,  $p \rightarrow e \eta$ ,  $p \rightarrow \mu \pi$ . Ces valeurs excluent les modèles simples ( $SU_5$  "minimal") de Grande Unification.

2) On a analysé 12600 groupes de muons souterrains (qui proviennent des grandes gerbes cosmiques d'énergie supérieure à 500 TeV) au moyen d'une méthode de maximum de vraisemblance qui permet de corriger les effets d'acceptance. On a pu mesurer les flux de gerbes produisant un nombre donné de muons à la profondeur du Fréjus et déterminer la distribution latérale des muons en fonction de leur nombre. Les résultats excluent les compositions chimiques dominées par les noyaux lourds (fer par exemple) dans la région de 1000 TeV.

3) La recherche de neutrinos de haute énergie venant de sources extra-terrestres est importante pour connaître l'origine des rayons cosmiques. Les plus grands détecteurs actuels ne permettent que des études exploratoires. L'expérience du Fréjus a donné des limites supérieures des flux de neutrinos provenant des sources suivantes: le pulsar du Crabe, les systèmes binaires à rayons X, Cygnus X3 et Hercules H1 et la Supernova SN 1987A apparue le 23 Février 1987 dans le Grand Nuage de Magellan.

Ce travail a fait l'objet de la thèse de M. Yves Minet

Calendrier

- 1980-1982 : Proposition de l'expérience  
Prototype et tests en faisceau
- 1982-1983 : Réalisation de l'électronique de lecture  
Ecriture et tests des logiciels d'acquisition
- 1983-1984 : Installation du détecteur à Modane
- 1984-1988 : Prise de données et analyse.

2) EXPERIENCES EN CONSTRUCTIONALEPH - UN DETECTEUR POUR LEPEquipe :

Physique : J. BADIÉ, D. BERNARD, A. BLONDEL\*, G. BONNEAUD, J. BOUROTTE,  
F. BRAEMS, JC. BRIENT, M.A. CIOCCI, R. GUIRLET, F. JACQUET,  
A. ROUGE, E. SIMOPOULOU, H. VIDEAU, I. VIDEAU, D. ZWIERSKI.

Electronique, Informatique et Mécanique:

M. BERCHER, U. BERTHON, A. BONNEMAISON, J. BOUNIAC, J. BRAIZET,  
 A. BUSATA, C. CATRAIN, M. CERUTTI, J.M. CHEVALIER, L. CHRISTOPHE,  
 A. DEBRAINE, C. DECHANDOL, E. EDY, G. FOUQUE, Y. JOUEL, L. KALT,  
 C. LEMOINE, P. MANIGOD, P. MATRICON, L. MARCKMANN, M. MAUBRAS,  
 J.C. MONNEVEUX, R. MORANO, G. MORINAUD, J.Y. PAREY, P. POILLEUX,  
 L. ROSENTHAL, C. ROY, M. RUMPF, A. SIMON, S. SCDOGANDJI, J. TORRES,  
 R. VASCHY, A. VIOLET, C. VIOLET, L. ZLATEVSKI.

\* Actuellement au CERN

\*\* Visiteur de l'Institut Demokritos d'Athènes (Grèce)

Collaboration :

En France : CEA-DPHPE (Saclay), LAL (Orsay), Universités de Clermont-Ferrand  
 et de Marseille.

A l'étranger: le CERN et des laboratoires d'Allemagne, Autriche, Chine, Danemark  
 Espagne, Etats-Unis, Grèce, Italie.

Thème :

Préparation d'une expérience auprès du collisionneur  $e^+ e^-$  LEP qui doit  
 entrer en fonctionnement au CERN à l'été 1989.

Dans sa phase initiale le LEP fonctionnera à une énergie de 100 GeV et  
 produira des dizaines de milliers de bosons  $Z^0$  par jour. Ceci permettra une  
 vérification très détaillée du modèle dit "Standard" de Glashow, Salam et  
 Weinberg, la mesure précise de ses paramètres, la recherche des bosons de  
 Higgs - particules dont ce modèle prévoit l'existence mais dont il ne  
 détermine ni la masse ni le nombre, et enfin la recherche de nouveaux types  
 de particules, comme par exemple les particules supersymétriques, dont la  
 découverte viendrait confirmer les prévisions de modèles théoriques allant  
 au-delà du modèle standard. Pendant cette première phase de fonctionnement  
 une amélioration importante consistera à polariser longitudinalement les  
 électrons. Il en résultera pour une même durée d'accumulation des données,  
 un gain en précision d'un ordre de grandeur sur la mesure des paramètres du  
 modèle standard.

La deuxième phase de LEP correspond à un doublement de l'énergie des  
 faisceaux. L'intérêt de cette phase, outre le fait qu'elle permettra de  
 pousser la recherche de nouvelles particules à des masses plus élevées, est  
 de pouvoir produire des bosons W dans la réaction  $e^+ e^- \rightarrow W^+ W^-$  et d'étudier  
 un des couplages fondamentaux de l'interaction électro-faible, le couplage  
 $Z^0 / W^+ / W^-$ .

Ces recherches nécessitent un système de détection permettant de  
 mesurer autant que possible toutes les particules issues des collisions ce  
 qui implique une couverture en angle solide voisine de  $4\pi$  et une grande  
 masse.

La collaboration ALEPH a entrepris la réalisation d'un appareillage  
 grand et de fonctionnement complexe: l'accent a été mis sur la précision de  
 mesure et sur le pouvoir de résolution des traces chargées; le même souci de  
 résolution se retrouve dans la conception du calorimètre électromagnétique  
 dont la très fine granularité permettra une excellente reconnaissance des  
 électrons ainsi qu'une très bonne reconstruction des photons.

L'appareillage est formé d'un détecteur de traces chargées, la TPC

(Time Projection Chamber), entouré d'un calorimètre électromagnétique, le tout placé dans la bobine d'un solénoïde supra-conducteur de 2,5m de rayon, 6,5m de longueur et assurant un champ magnétique de 1,5 Tesla. Le fer servant de retour du champ magnétique est entièrement équipé de chambres de lecture qui permettent la mesure de l'énergie des particules hadroniques ainsi que l'identification des leptons  $\mu$ .

A présent la construction du détecteur est achevée et son installation dans le puits expérimental est en cours.

Les laboratoires français participant à cette collaboration ont réalisé la partie cylindrique du calorimètre électromagnétique (le baril).

La technique utilisée est celle de l'échantillonnage gazeux dans un radiateur laminaire en plomb. La détection se fait dans des chambres à fils fonctionnant en mode proportionnel légèrement saturé. La granularité choisie impliquait un nombre considérable de canaux de lecture -environ 300.000- ce qui nous a imposé le choix d'un système de multiplexage à deux niveaux dans l'électronique.

#### Contribution du laboratoire:

Le laboratoire a pris une part importante dans le choix du type de calorimètre en participant dès 1981 à la construction de prototypes et à leur étude.

En ce qui concerne le détecteur nous avons eu en charge la construction des grands plans ( $5 \times 1 \text{ m}^2$ ) de lecture qui sont constitués de cathodes finement divisées en damiers d'environ  $3 \times 3 \text{ cm}^2$ . Pour cette réalisation nous avons conçu et réalisé des outillages de grandes dimensions pilotés par micro-ordinateur. Ces outillages ont donné entière satisfaction. La production des plans de cathodes a été achevée au printemps 1988.

Pour la partie électronique la responsabilité du laboratoire est la construction de contrôleurs de chassis Fastbus appelés ROC, qui assurent la lecture des données fournies par le calorimètre: ces mêmes contrôleurs seront utilisés pour les bouchons du calorimètre électromagnétique, construits par nos collaborateurs de Grande-Bretagne. Le ROC est un module Fastbus constitué de deux cartes, une comportant un processeur rapide en tranches, l'autre une mémoire de masse de 4 Méga-octets. Ce travail est mené en étroite collaboration par nos équipes d'électroniciens et d'informaticiens. L'année 1988 a été consacrée à la construction des 12 exemplaires définitifs de ce module. Six d'entre eux sont intégrés au Cern dans le système de lecture du baril et leur fonctionnement est conforme aux spécifications. Les six autres modules sont encore en région parisienne - au laboratoire ou au LAL (Orsay) - où ils servent à la mise au point des logiciels d'acquisition.

Le système d'acquisition des données a été conçu et est réalisé au CERN par un groupe dont fait partie J. Bourotte. Une première version est déjà fonctionnelle et a pu être utilisée avec succès lors de tests en faisceau en 1986 et 1987 et 1988. Nous envisageons une répétition générale du système définitif sur le site de l'expérience à la fin du mois de mars 1989.

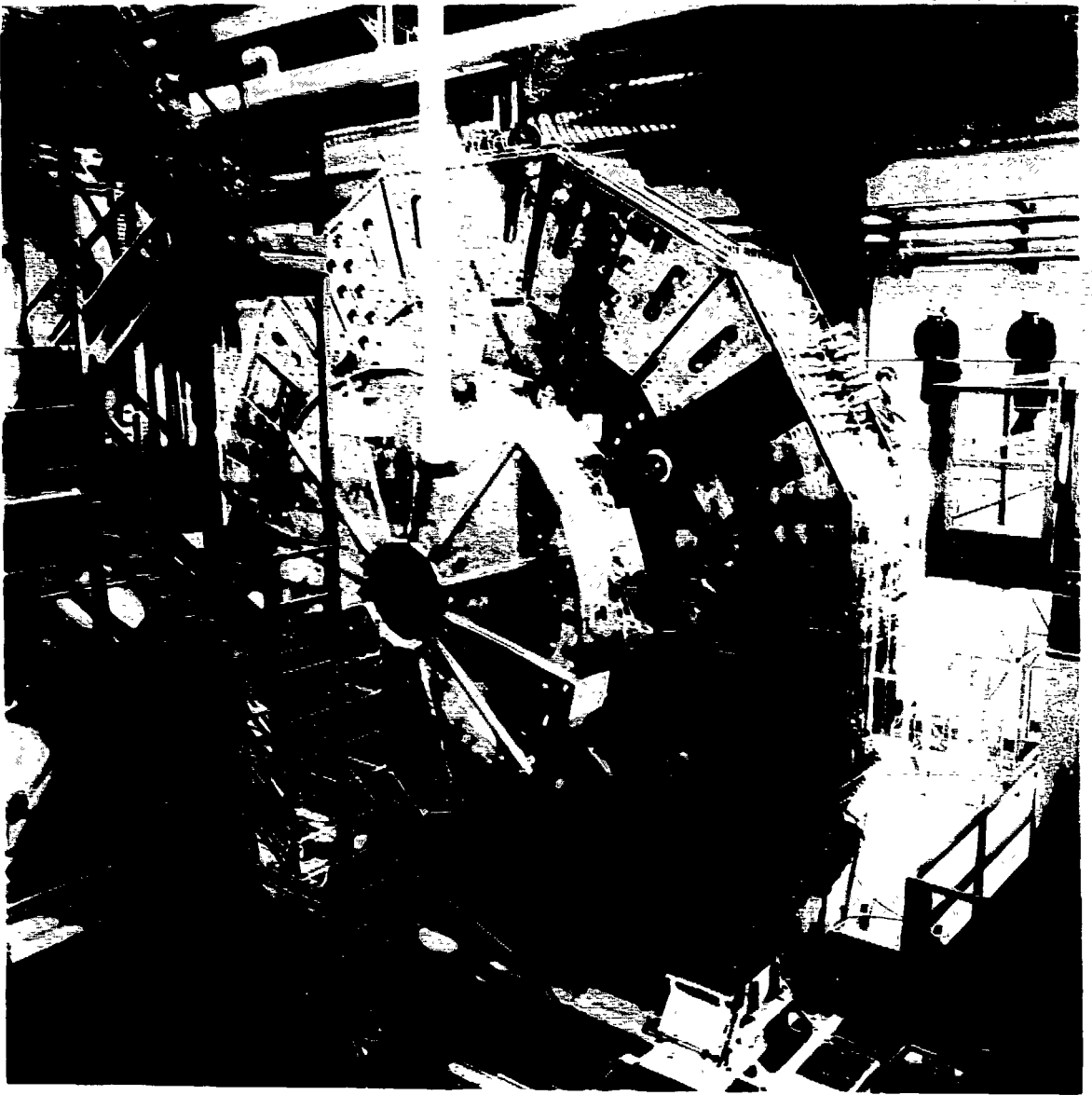
Enfin nous participons à la conception des algorithmes et des structures des programmes de simulation et analyse des données. Nous réalisons plus particulièrement ce qui concerne le calorimètre électromagnétique. Un effort important a été fait pour modéliser la description du détecteur et des données selon un schéma d'Entités-Relations. Nous participons aussi au développement du système graphique pour l'examen visuel des données.

Un dernier point qui nous paraît très important est la constitution dans ALEPH de groupes d'études qui se sont donnés pour but de regarder à l'aide de programmes de simulation la meilleure manière d'analyser les données que LEP nous fournira, nous l'espérons, l'été prochain. Les physiciens du laboratoire participent activement dans ces groupes de travail en s'intéressant particulièrement à l'analyse des réactions  $e e \rightarrow \tau \tau$  zinsi qu'aux réactions qui permettraient de mettre en évidence l'existence de leptons plus lourds que le  $\tau$ .

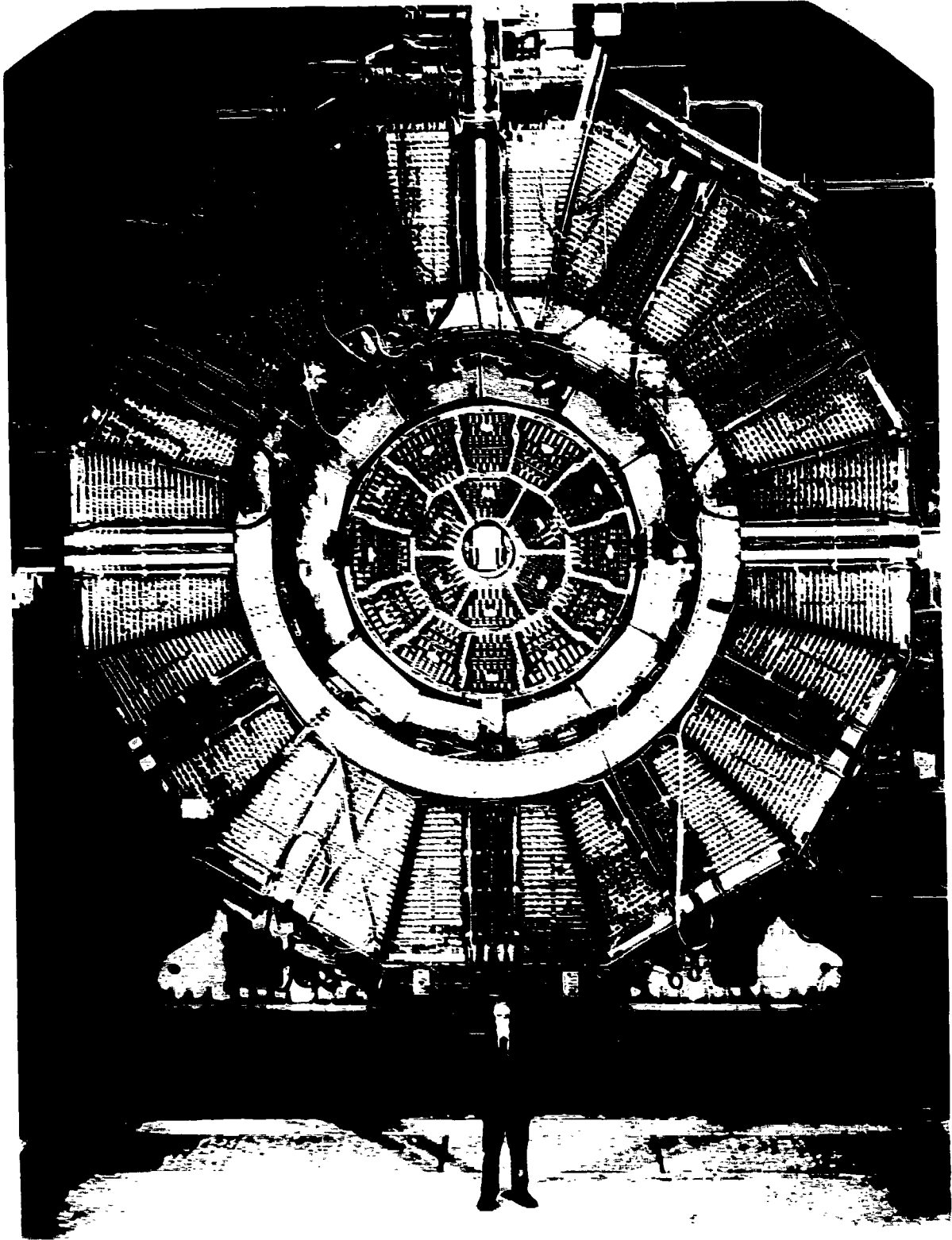
Depuis septembre 1987, M. Didier Zwierski a rejoint l'équipe Aleph pour préparer une thèse de doctorat dont le sujet est "Mesures précises de la masse et largeur du  $Z^0$  à LEP".

Plus récemment, en septembre 1988, MM. Frédéric Braems et Rémy Guirlet se sont aussi joints à notre groupe pour préparer leur thèse. Les sujets respectifs sont "Mise en évidence directe de leptons lourds au LEP" et "Etude de la polarisation du  $\tau$  dans ses modes de désintégration hadronique".

- Calendrier :
- 1981 - Tests au laboratoire sur divers modes de détection par chambres à fils.  
Construction d'un premier prototype de calorimètre. Tests à Stanford (SLAC).
  - 1982 - Tests au CERN. Modification du prototype et développement du système d'acquisition.
  - 1983 - Réalisation d'un second prototype, en collaboration avec le LAL (Orsay). Nouveaux tests au CERN.  
Etude mécanique-électronique-informatique pour la réalisation automatisée des grands plans de cathodes.  
Pré-étude sur l'électronique d'acquisition et sur les logiciels d'analyse.
  - 1984 - Construction des machines automatisées.  
Etude et conception du contrôleur de chassis Fastbus.  
Conception des logiciels du ROC à l'aide du VAX-750 du laboratoire
  - 1985 - Production des premiers plans de cathodes.  
Suite des études concernant le contrôleur de chassis et début de l'implantation des cartes Fastbus; réalisation des outils logiciels.
  - 1986 - Production des plans de cathodes: nous avons fabriqué 188 plans au 31 Décembre 1986.  
Le premier module du calorimètre est transporté au CERN en Août 1986 et testé dans des faisceaux d'électrons, mésons  $\pi$  et  $\mu$ . Fin de l'implantation des cartes du contrôleur, fabrication des circuits imprimés, câblage et tests; fin de la réalisation des outils logiciels.
  - 1987 - Suite de la production des plans de cathodes.  
Vérifications et modifications de deux prototypes du ROC à l'aide des logiciels de test. Préparation de l'implantation finale pour envoi en production.  
Tests dans des faisceaux du CERN d'un deuxième module du calorimètre en juillet, août et septembre 1987.
  - 1988 - Fin de la production des plans de cathode en mars 1988.  
Production et tests de réception des 12 exemplaires définitifs des ROCs. Développement des programmes d'acquisition devant tourner dans les Roccs.  
Tests en faisceau au CERN pendant l'été 1988, vérification



Un des deux bouchons du détecteur.



Le Professeur Jack Steinberger, porte-parole de l'expérience Aleph, devant le baril d'Aleph dans le puits expérimental.



des 12 modules du calorimètre avant leur installation dans le puits expérimental.  
Installation du détecteur dans la zone expérimentale à partir de septembre 1988.

1989 - Les premières collisions  $e^+e^-$  au LEP sont attendues pour le 14 juillet 1989. Tous nos efforts pendant cette année seront donc concentrés à faire marcher correctement le détecteur ainsi que les logiciels nous permettant d'étudier le plus rapidement les données acquises.

#### PREPARATION DE L'EXPERIENCE H1 AUPRES DE HERA

Equipe : Physique : P. DINGUS, M. HAUENAUER, V. SIROIS, M. URBAN

Electronique, Informatique et Mécanique:

M. BERCHER, U. BERTHON, C. BILLAT, J. BOUNIAC, J. BRAIZET, A. BUSATA,  
M. CHAUVIN, L. CHRISTOPHE, E. EDY, C. GREGORY, L. KALT, Y. LAZARO,  
P. MANIGOT, B. MONTES, G. MORINAUD, J.Y. PAREY, J.P. PHARABOD,  
A. SIMON, J. TORRES, R. VASCHY, A. VIOLET.

Collaboration :

France: DPhPE (CEA), LAL(Orsay), Univ. Paris 6,

Etranger: DESY (Hambourg), et une trentaine de laboratoires d'Allemagne de l'Ouest, Allemagne de l'Est, Belgique, Etats-Unis, Grande-Bretagne, Italie, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Union Soviétique, Pologne.

Thème :

La mise en route du premier anneau de collisions électron-proton est prévue pour fin 1990 sur le site de DESY/Hambourg. Son énergie dans le centre de masse de 314 GeV fournira un microscope capable de sonder le proton avec une résolution plus que 10 fois meilleure que les mesures précédentes. Les deux expériences prévues H1 et ZEUS fourniront des indications plus précises sur les quarks et gluons à l'intérieur du proton. Le caractère nouveau et unique de ce collisionneur électron-proton (à comparer avec LEP, uniquement des leptons  $e^+e^-$  ou SppS- uniquement des hadrons pp) permettra la détection d'éventuels nouveaux types d'interactions (courants droits) et/ou de nouvelles particules (lepto-quarks, lepto-gluons...).

#### Contribution du laboratoire

La mesure de l'énergie des particules issues des interactions électron-proton (excepté les neutrinos) se fait par absorption totale dans un calorimètre. Le laboratoire a eu une contribution majeure dans le choix des différents paramètres du calorimètre à argon liquide: structure en acier inoxydable, type de cellules de lecture. Ce calorimètre est segmenté en 7 roues de 4,50 m de diamètre, la France a en charge la construction de 3 d'entre elles.

L'ensemble devant fonctionner à 85<sup>0</sup> K, le laboratoire a eu en charge la mesure des déformées intérieures et extérieures d'un octant de roue pendant

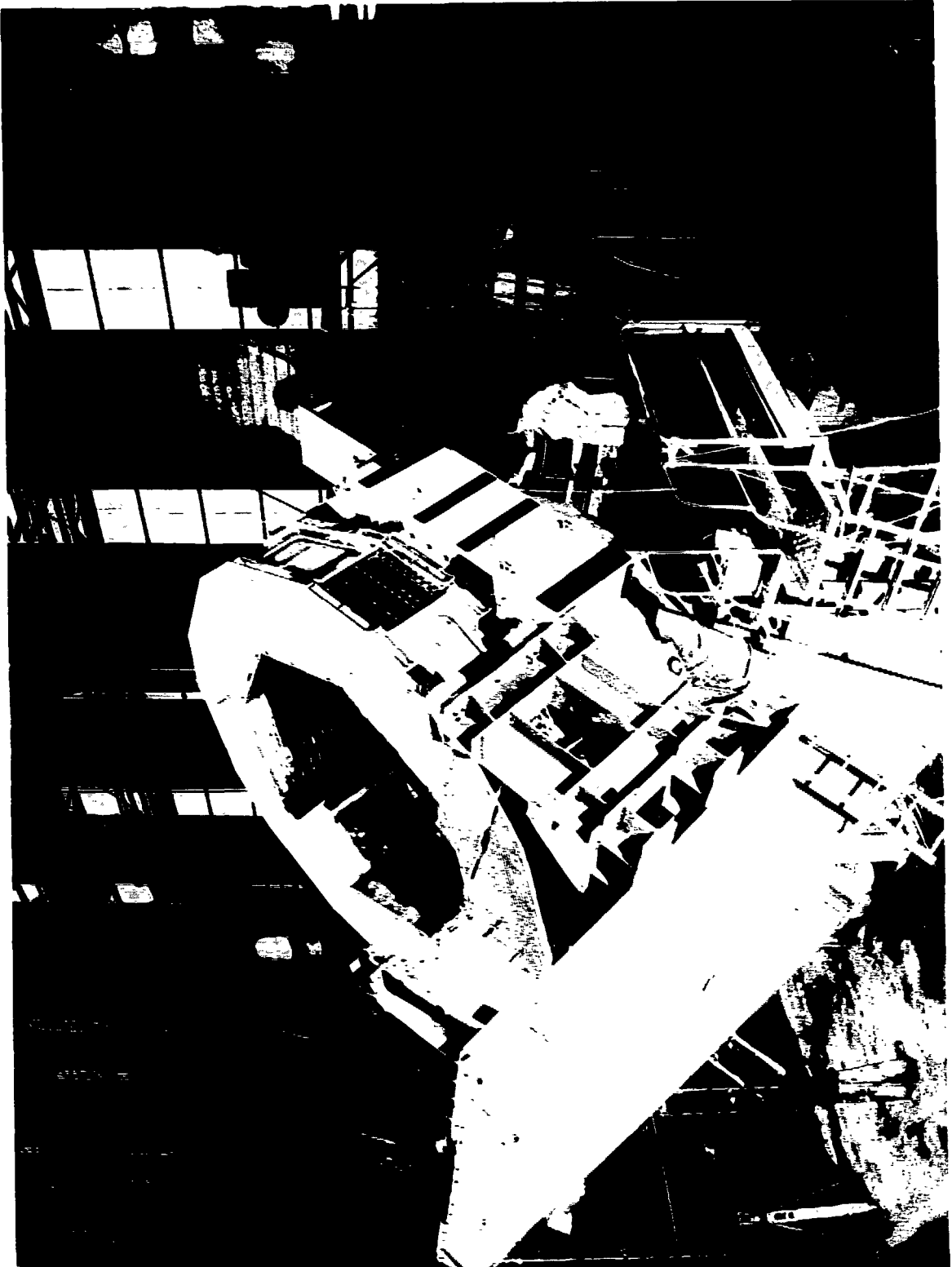
les phases de refroidissement et réchauffement. La connaissance de ces déformées est essentielle pour la tenue mécanique de la roue et de l'espace disponible pour les cellules de lecture de l'énergie déposée. Pour cela un système de mesure basé sur 200 jauges de contrainte a été mis en place dans l'atelier de mécanique du laboratoire. Les résultats des mesures ont montré des déformées à l'intérieur des tolérances et le feu vert a pu être donné pour la suite de la construction des octants de calorimètre chez Framatome.

Les exigences de la mesure ont amené à minimiser la tenue mécanique extérieure de ces roues de 60 tonnes, leur manutention est une opération délicate. Le laboratoire a eu la charge de l'étude et de la réalisation de l'outillage pour l'usinage, le montage, le transport et la mise à la verticale des 3 roues de calorimètre. Le plateau support d'un diamètre de 5m ne devait fléchir que de quelques  $1/10^{\text{èmes}}$  de millimètres sous la charge de 70 tonnes. Le plateau a été livré chez Framatome début septembre 88 et depuis il a servi avec succès à la première mise à la verticale d'une roue de calorimètre.

La mesure de l'énergie des particules se fait par conversion analogique-digitale du signal recueilli dans les cellules de lecture. La base de ce signal varie suivant l'environnement: bruit électrique, température, variation des tensions d'alimentation électrique. Jusqu'à présent la soustraction de la base se faisait de façon digitale et moyennée sur un temps assez long. Le laboratoire a réalisé une électronique permettant de soustraire la base de façon digitale quelques microsecondes après le signal. Ceci a l'avantage de s'affranchir du bruit électrique cohérent le plus important (50 HZ) après le succès du test d'un prototype en Août 87. Nous avons réalisé une pré-série de cartes électronique en standard VME. L'ensemble a fonctionné de façon stable pour les essais de divers octants de calorimètre au CERN et permet d'améliorer sensiblement la résolution en énergie du calorimètre.

Actuellement, l'effort de l'équipe se concentre sur les calculs et la préparation des divers moyens informatiques essentiels pour l'analyse des interactions. Elle contribue à un effort concerté des laboratoires français pour se doter de l'ensemble des programmes de simulation et de reconstruction nécessaires pour la physique étudiée par H1. Elle a en charge une partie du développement des programmes et algorithmes de H1 nécessaires à la reconstruction de l'énergie déposée dans le calorimètre et à l'identification des particules (méthodes de corrections des pertes d'énergie dans les zones inertes du volume calorimétrique; identification des électrons, pions et jets). Elle a récemment complété l'écriture de programme permettant de reconstituer la géométrie détaillée des cellules du calorimètre pour les divers algorithmes de reconstruction.

L'équipe participe aux efforts de réalisation, dans un environnement de stations de travail APOLLO, d'une visualisation pratique et rapide des événements.



Mise à la verticale chez le constructeur FRAMATOME/CREUSOT des structures d'une roue de calorimètre hadronique.

ETUDE ET SIMULATION DES GERBES HADRONIQUES DANS UN CALORIMETRE

Equip. Physique: V. BRISSON, P. PERRODO, C. VALLEE  
Informatique: P. PHARABOD.

Les données des tests de calorimétrie à l'argon liquide réalisées au CERN de 1986 à 1988 (pour l'expérience H1) ont été utilisées pour mettre au point la détermination de l'énergie des hadrons dans un calorimètre. Un nouvel algorithme de simulation des gerbes hadroniques (ALGORIX), doté d'une signification physique, plus performant que ceux déjà existants, a été élaboré et ajusté aux données des tests. Les méthodes dites de "pondération" ont été améliorées, permettant de réduire les fluctuations de déposition d'énergie et donc d'améliorer la résolution de mesure de l'énergie des gerbes hadroniques.

Ce travail a constitué la thèse de P. Perrodo.

3) ETUDES ET PROJETS FUTURSACCELERATION PAR LASER DANS LES PLASMAS.

Equipe: Physique: P. BENKHEIRI, F. JACQUET, J. MEYER, P. MINE, E. PARE  
Electronique, Informatique et Mécanique: M. BERCHER, C. BILLAT,  
 J. BOUNIAC, J.M. DIEULOT, E. EDY, G. FOUQUE, Ch. GREGORY, T. HOANG-XUAN  
 P. MANIGOT, B. MONTES, P. POILLEUX, A. SIMON.

Collaboration : Centre de Physique théorique X(CPT) - Lab. National d'Utilisation des Lasers Intenses (Palaiseau)(LULI) - LPNHE-X, Lab. des Solides Irradiés-X (LSI), Lab. de Physique des Gaz et Plasma(Orsay), Lab. de l'Accélérateur Linéaire (Orsay) (LAL) - Lab. Physique Corpusculaire (Clermont-Ferrand)(LPC).

Thème :

L'idée d'obtenir des champs électriques longitudinaux intenses par oscillation d'un plasma a été développée depuis quelques années. Cette oscillation du plasma est obtenue en envoyant 2 ondes laser de fréquences voisines telles que la fréquence de battement soit à peu près égale à la fréquence propre du plasma. Il y a alors excitation résonnante du plasma et les calculs théoriques prédisent des champs accélérateurs pouvant atteindre le Giga volt par mètre. Le but de la collaboration est de tester expérimentalement les estimations théoriques.

Moyens

L'expérience doit se faire en plusieurs étapes:

- Création d'un plasma par multi-photoionisation de l'hydrogène gazeux (printemps 89). Pour cela une enceinte à hydrogène très propre est en construction et une nouvelle méthode d'alignement des faisceaux laser et des

diagnostiques a été mise au point (PNHE).

- Construction d'une deuxième fréquence laser (LULI) et envoi des deux fréquences dans l'enceinte, essai de diagnostic optique des oscillations du plasma.

- Transport des faisceaux laser dans une salle d'expérience du LSI, construction d'une nouvelle enceinte à hydrogène permettant d'introduire des électrons et finalement injection des électrons fournis par le Van de Graf du LSI.

Les différentes étapes auront des recouvrements et impliqueront essentiellement le LULI, le LPNHE, le LSI (de l'Ecole Polytechnique), le LFGP (d'Orsay) et le Centre de Physique Théorique de l'Ecole Polytechnique. Si tout se déroule convenablement ce travail devrait se dérouler sur 88-89-90 et peut être 91. Il devrait faire l'objet de 1 ou 2 thèses.

**PROJET DE DETECTEUR UTILISANT UN LIQUIDE A TEMPERATURE AMBIANTE POUR LA RECHERCHE DE LA DOUBLE DESINTEGRATION  $\beta$**

**Equipe: Physique** : B. DEGRANGE, F. MOREAU, U. NGUYEN-KHAC, C. de la TAILLE\*  
S. TISSERANT, J.P. WUTHRICK  
**Electronique, Informatique et Mécanique**: C. BILLAT, F. BOUSSER,  
C. CATRAIN, J.M. DIEULOT, J. GUILLON.

\* Thomson-CGR

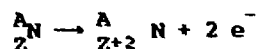
**Thème**

L'un des problèmes les plus fondamentaux de la Physique des Particules porte sur les masses des neutrinos dont on ne connaît que des limites supérieures et qui sont incomparablement plus faibles que celles des leptons chargés associés (électron, muon, tau). Le Modèle Standard élude le problème en postulant (sans justification) une masse nulle pour les neutrinos, mais les théories de "Grande Unification" doivent trouver une explication à ce paradoxe.

Une solution élégante consiste à décomposer le neutrino, supposé obéir à l'équation de Dirac, en une superposition de deux particules de même masse, chacune d'elle étant sa propre antiparticule. Si ces nouveaux états (appelés neutrinos de Majorana) sont considérés comme fondamentaux, on doit alors renoncer à leur attribuer un nombre leptonique (qui distingue particule et antiparticule) et l'on peut, plus généralement, introduire des états de Majorana de masses différentes. Dans ce cas, des processus violant le nombre leptonique  $L(\Delta L = 2)$  sont autorisés dans la mesure où les masses des neutrinos sont non nulles. Ainsi, l'apparente conservation de  $L$  observée jusqu'à présent reflèterait seulement la faiblesse de  $m_\nu$ .

La double radioactivité  $\beta$  sans neutrino est sans doute la manifestation la plus directe de ces nouveaux phénomènes  $\Delta L = 2$ . Pour certains noyaux, la désintégration  $\beta$  ordinaire est énergétiquement interdite, mais la transition vers un noyau ayant deux charges de plus est permise. Dans le cas où le nombre leptonique est rigoureusement conservé, on doit alors émettre 2

électrons et 2 antineutrinos selon:  ${}^A_Z N \rightarrow {}^A_{Z+2} N + 2 e^- + 2 \bar{\nu}_e$ , et le spectre de l'énergie déposée par les 2 électrons est continu. Si au contraire, les neutrinos sont des états de Majorana sans nombre leptonique conservé, le neutrino virtuel émis par un premier processus  $\beta^-$  peut être réabsorbé dans le second et l'on peut observer la désintégration sans neutrino ( $\Delta L = 2$ ):



dans laquelle l'énergie déposée par les électrons est fixée et égale à la différence de masse des deux noyaux. Cette dernière propriété constitue une remarquable signature du phénomène.

Les meilleures expériences actuelles utilisent comme détecteurs des cristaux de germanium (dont l'isotope 76 (7,8%) est susceptible de la double désintégration  $\beta$  et les masses disponibles sont limitées à quelques kilogrammes. Pour gagner au moins un ordre de grandeur sur le nombre de noyaux  ${}^{76}\text{Ge}$  nous étudions la possibilité d'utiliser une centaine de litres d'un liquide organo-métallique au germanium, tel que le Tétra-Méthyl-Germane (proche du Tétra-Méthyl-Silane ou TMS qui a servi aux études sur les détecteurs à liquide au laboratoire). Par ailleurs, une chambre à fils remplie de liquide permettrait (grâce à la localisation du dépôt d'énergie) de rejeter la plus grosse partie du bruit de fond dû à la radioactivité  $\gamma$ .

### Résultats

Au cours de l'année 1988 la purification du TMS a été améliorée, permettant d'obtenir un libre parcours moyen d'environ 2 cm. Cependant, avec l'installation à vide que nous avons, cette pureté, encore insuffisante, ne pouvait pas être maintenue pendant plusieurs semaines comme cela est nécessaire. Néanmoins nous avons pu déjà détecter dans la chambre à fils des signaux correspondants aux électrons émis par la source de  ${}^{207}\text{Bi}$ . Ces études et difficultés nous ont conduit à concevoir et réaliser un nouveau banc de purification en technique ultra-vide. De même des améliorations ont été apportées à la chambre à fils pour diminuer au maximum les risques de pollution du liquide.

Parallèlement à ces travaux la simulation d'un prototype de ~ 10 litres ainsi que du détecteur final (300 litres) sont en cours. Les cascades radioactives des chaînes d'Uranium-Thorium et Radium, principales causes du bruit de fond sont simulées, permettant ainsi de calculer les tolérances nécessaires des puretés radioactives des matériaux. De plus, une simulation de la perte d'énergie des électrons dans le liquide est aussi en cours; cette étude permettra d'obtenir, entre autre, une meilleure compréhension de facteurs pouvant influencer sur la résolution en énergie mesurée dans la chambre test à 3 fils.

### Calendrier et collaboration avec d'autres groupes

L'année 1989 devrait permettre d'apporter des éléments précis concernant la faisabilité de cette expérience  $\beta\beta$  à liquide chaud. Nous rappelons que cette activité se situe dans le cadre du groupe de travail sur la double désintégration  $\beta$  constitué au sein de l'IN2P3 en septembre 1987. Il comprend, outre notre laboratoire, le Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux-Gradignan, le Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire d'Orsay ainsi que le CRN de Strasbourg.

#### 4) SERVICES TECHNIQUES

La mécanique, l'électronique, l'informatique forment un ensemble important de moyens permettant aux différents groupes d'expériences et de projets de physique de mener à bien leurs travaux.

Le service général de secrétariat contribue aussi aux expériences lourdes que nous menons à distance (CERN à Genève, DESY à Hambourg, Fréjus à Modane...) en tant que soutien logistique essentiel.

#### MECANIQUE

1) Expérience ALEPH: La charge du laboratoire a consisté à fournir 675 cathodes de lecture de  $4,6 \times 1 \text{ m}^2$  à structure multicouche et subdivisées en damiers à faible maille. Ces cathodes équipent maintenant les 12 modules constituant la partie cylindrique du calorimètre électromagnétique. Ces cathodes ont été réalisées selon une technologie particulière: âme en P.V.C. (e: 1mm), couche de cuivre collée et découpée en damiers, sortie des signaux par fils noyés dans des rainures sur la face opposée, fils soudés aux damiers au moyen de trous percés au préalable, couverture côté cuivre par un mylar graphité (couche résistive) et par un mylar aluminisé (blindage) sur l'autre face.

La mise en oeuvre de la chaîne de fabrication a demandé l'étude, la réalisation et la mise au point d'une machine de collage, d'une machine de perçage et de soudage, de deux machines de fraisage et de test informatisées ainsi que plusieurs outillages de manutention et de stockage.

Réalisés pour la plupart en 1985, ces équipements sont entrés pleinement en production en 1986, et le premier module a pu être livré à la mi-mars.

A la fin de l'année 1986, 4 modules étaient livrés; à la fin de l'année 1987, 3 des 14 modules au total restaient à réaliser. Ce travail a été entièrement terminé au mois de juin 1988.

(Ont participé à ce travail : A. Bonnemaison, J. Braizet, A. Busata, L. Christophe, Y. Jouel, L. Kalt, C. Lemoine, J.C. Monneveux, G. Morinaud, P. Poilleux, J. Torrès, R. Vaschy, ainsi qu'une contribution du bureau d'études, et de 8 personnes extérieures, tuc ou vacataires).

2) Expérience H1 : La charge du laboratoire consistait d'une part à étudier et réaliser un banc de test cryogénique destiné à observer le comportement d'un module du calorimètre central d'un poids de 5 tonnes soumis à cycles thermiques entre la température ambiante et 85° Kelvin au moyen de ~ 200 jauges de contraintes.

Le montage de l'installation a été réalisé au début de l'année 1988 et un premier cycle thermique a été effectué au mois d'avril et un deuxième au mois d'octobre.

La charge du laboratoire consistait d'autre part à étudier et réaliser l'outillage d'usinage, de montage, de mise à la verticale, de transport des roues constituant le baril central du calorimètre. Cet outillage d'un poids de 20 tonnes doit être à même de manipuler les roues équipées d'un poids de 60 tonnes sans leur infliger de contraintes destructives.

La mécano-soudure (de grande dimension) a été réalisée par l'industrie et l'ensemble de l'équipement a été réalisé à l'atelier du laboratoire dans la deuxième moitié de l'année 1988.

La première mise à la verticale d'une structure de roue complète a été faite en janvier 89 chez le constructeur.

(Ont participé à ce travail: A. Busata, E. Edy, Ch. Grégory, L. Kalt, P. Manigot, B. Montès, G. Morinaud, ainsi qu'une importante contribution de l'atelier).

3) Polarisation des électrons dans LEP : Un laser à Nd:Yag équipé d'un doubleur de fréquence et délivrant des impulsions 100 mJ/9 ns à 532 nm, à une cadence de tir de 30 Hz a été mis en place au mois de mars.

En relation avec le CERN, une étude a été menée sur les différents composants nécessaires à l'établissement du faisceau.

Au cours de la deuxième moitié de l'année 1988, ont été étudiés et construits et sont en cours de test, un système destiné à produire une polarisation circulaire susceptible d'être commutée droite ou gauche et un système télécommandable de mesure de circularité.

Ces ensembles sont en cours de test avant leur acheminement au CERN.

(Ont participé à ce travail: L. Kalt, G. Morinaud, ainsi qu'une contribution de l'atelier).

4) Accélération de particules par battement d'onde dans un plasma: L'étude d'un appareillage expérimental a débuté au milieu de l'année 1988. Cet appareillage de conception nouvelle doit permettre d'obtenir un plasma d'hydrogène de densité connue et stable à  $10^{13}$  près et d'effectuer des mesures de densité par diffusion Thomson. L'enceinte dans laquelle est produit le plasma fait appel aux techniques ultravide et une attention particulière a été apportée sur l'étuvage, le contrôle thermique, la mesure de pression. L'alignement précis des différents éléments optiques est entièrement extérieur à l'enceinte et se fait au moyen de lasers de contrôle et de diodes centroïdes.

L'ensemble est en cours de réalisation et devrait être en exploitation dans la première moitié de l'année 1989.

(Ont participé à ce travail: E. Edy, Ch. Grégory, P. Manigot, B. Montès, P. Poilleux ainsi qu'une contribution de l'atelier).

5) Détecteur à Liquides organo-métalliques : Une première phase d'étude de la mobilité électronique dans divers liquides organo-métalliques a été



menée à son terme début 1988 notamment par des mesures de parcours au moyen d'une cellule de jauge et l'obtention de signaux exploitables dans un détecteur à fils.

Sur la base de ces résultats, l'appareillage a été entièrement repensé, étudié et construit en mettant l'accent sur une minimisation maximale de contamination de la part des composants de l'appareillage (mise en oeuvre d'une installation et d'une procédure de nettoyage sophistiquées, et construction de type ultravide, réalisation de circuits et de contrôles évitant toute fausse manoeuvre). Cette installation sera en outre équipée d'une cellule de jauge et d'un détecteur à fil mieux adapté aux mesures et aux résultats visés.

Cette nouvelle installation est en cours de montage et devrait entrer en exploitation dans la première moitié de 1989.

(Ont participé à ce travail: J. Guillon, ainsi qu'une contribution du bureau d'étude et de l'atelier)

#### 6) Service Général

Ce service a assuré le transport des détecteurs pour le compte de différents laboratoires (Ecole Polytechnique, Collège de France, Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire, CEN Saclay) dont plusieurs en transport exceptionnel, ainsi que les opérations de déménagement et transformation des locaux.

Ce service assure par ailleurs de façon permanente la tenue d'un magasin inter-laboratoire de fournitures et d'outillage.

Ont participé à ce travail: M. CHAUVIN, Ch. GRAUSSEAU, Y. LAZARO, E. ZLATEVSKI.

#### ELECTRONIQUE

En 1988, le service d'électronique a principalement contribué aux expériences ALEPH, HERA, "Polarimètre", "Techniques d'Accélération" et "Détecteur à liquides organo-métalliques". Il a assuré un support de maintenance aux utilisateurs de processeurs Cab, ainsi qu'au Laboratoire souterrain de Modane avant de participer au démontage de cette expérience. L'année 1988 a aussi été celle de la mise en place d'un nouveau système de CAO-IAO.

1) Le processeur Roc destiné à l'acquisition des données du calorimètre électromagnétique de ALEPH a été construit en 12 exemplaires dont plusieurs ont été mis en fonctionnement au CERN et à Orsay. La carte VME, intégrée au Roc et lui servant de frontal, a été changée et supporte désormais le système OS9 et le réseau local Ethernet/cheapernet (C. Dechandol, P. Matricon, A. Simon, A. Violet, C. Violet, L. Zlatveski et la contribution de A. Barrilliez et J. Bouniac).

2) Pour HERA, le service d'électronique a réalisé, d'une part, en 6 exemplaires, une carte d'interface analogique de soustraction de bruit entre

les échantillonneurs bloqueurs d'Orsay et les convertisseurs ADC de Saclay et, d'autre part, l'appareillage nécessaire à la lecture d'environ 256 capteurs de contrainte et de température pour l'étude du comportement au froid des structures mécaniques (M. Bercher, J. Bouniac, A. Simon, A. Violet).

3) Comme participation à la mesure de la polarisation des faisceaux du LEP, un prototype d'appareillage a été étudié et évalué: il s'agit de mesurer à longue distance et de contrôler la polarisation du laser à impulsions qui inter-agira avec les électrons et les positons du LEP (A. Debraine, J.M. Dieulot, T. Hoang-Xuan, M. Monteillard et la contribution de M. Bercher et J. Bouniac).

4) Dans le cadre de l'étude de nouvelles "Techniques d'Accélération", des amplificateurs de charge, adaptés au détecteur Silicium d'électrons émis par un plasma excité par un laser YAG sub-nanoseconde de forte puissance, et une électronique, destinée à mesurer les positions horizontale et verticale de faisceaux laser continus ou pulsés, ont été développés (M. Bercher, J. Bouniac, J.M. Dieulot, T. Hoang-Xuan).

5) L'étude du "Détecteur à liquides organo-métalliques" a requis d'une part une nouvelle installation de purification de liquides, utilisant les techniques d'ultra-vide, d'autre part la réalisation des dispositifs d'amplification et de mise en forme des signaux issus de la chambre à fils, de l'automatisme d'acquisition en technologie ECL, ainsi que d'un dispositif de comptage destiné à pulser une lampe UV avec une gigue de phase minimale (C. Catrain, J.M. Dieulot).

6) Un nouveau système de CAO-IAO électronique a été mis en place. Il repose sur une station DEC VS3200 reliée au réseau local LAVC et sur les logiciels Valid, Secmai et System Hilo. Cet équipement permet la saisie de schéma graphique, la simulation logique et analogique, le placement-routage et la génération des documents de fabrication (M. Bercher).

7) Signalons enfin l'opération de coopération ayant abouti à la construction, puis à la fourniture d'un processeur Cab contrôleur de branche Camac interfacé IEEE488 à l'institut italien INFN, la société Lecroy ne commercialisant plus ce produit développé au laboratoire (A. Barrilliez).

#### INFORMATIQUE

##### Utilisations de l'informatique au laboratoire:

- Calcul scientifique, réduction de données, simulations.
- Acquisitions de données, traitement en temps réel.
- CAO bureautique
- Communication : L'essentiel des communications, dans les collaborations internationales se fait par des moyens télématiques.

### 1) Les matériels :

Le centre de calcul de l'IN2P3 à Villeurbanne (IBM 3090/600 sous VM/CMS) et le centre de calcul du CERN sont nos outils principaux pour la réduction de données, les simulations et le calcul scientifique.

Un VAX 750 et un micro VAX II sous VMS, dans le laboratoire, sont utilisés pour le développement de systèmes d'acquisition de données. Le VAX 750 est aussi utilisé pour les communications et pour le développement de programmes.

Un réseau de station de travail APOLLO est utilisé pour l'analyse interactive graphique, le développement de programmes et deux stations de travail DEC par le CAO.

Une quinzaine de PC et Mac Intosh sont utilisés pour des applications diverses: bureautique, tests électroniques...

Des terminaux banalisés (2 à 3 par bureau) ont accès, via le 7040, au réseau à commutation de circuits décrit plus loin.

### 2) Communications

Localement : le VAX 750 et les APOLLO communiquent, en protocole TCP/IP sur support Ethernet avec d'autres matériels de l'Ecole (VAX 8600 et SPS 7 de l'enseignement).

La connexion du VAX et de l'IBM 3090 via RSCS à l'IBM 4361 de l'Ecole permet l'accès aux imprimantes ainsi qu'au traceur BENSON de son centre d'informatique.

Vers l'extérieur le VAX 750 est le noeud du réseau EARN/BITNET et du réseau DECNET de physique des hautes énergies. Il supporte également les protocoles "coloured books" du réseau universitaire britannique (JANET).

L'IN2P3 (Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules du CNRS) a un double réseau: réseau à commutation de circuits pour la connexion de terminaux sur les ordinateurs de l'IN2P3 et du CERN, réseau privé X 25 pour la communication entre ordinateurs (IN2P3, CERN, DPhPE de Saclay). Le noeud X 25 installé au laboratoire est raccordé à TRANSPAC. Le débit de la ligne spécialisée qui relie Palaiseau au noeud du réseau IN2P3 de Paris a été porté à 64 kb/s en 1988.

L'équipe d'informaticiens du LPNHE se compose de 12 personnes, ingénieurs et techniciens qui ont en charge la gestion des ordinateurs du laboratoire et les développements de programmes, d'acquisition, de simulation et d'analyse pour les expériences.

PUBLICATIONS

## REVUES SCIENTIFIQUES

J. BADIER

Measurements of polarisation in LEP  
CERN 88-06, p.3 - Vol. 2

G. BONNEAUD

Measurements of the average life time of hadrons containing bottom quarks.  
Phys. Rev. D Vol 37 (1988) 41

V. BRISSON, D. LELLOUCH, C. VALLEE,

Results from a Pb Cu liquid argon calorimeter  
HI Collaboration, Nucl. Inst. Meth. A265 (1988) 419

V. BRISSON, D. LELLOUCH, P. PERRODO, C. VALLEE

Results from a test of an Iron streamer tube calorimeter  
Nucl. Inst. Meth. A270 (1988) 334

Ph. BUSSON, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON, C. VALLEE

Open Beauty production in high energy  $\pi$  tungsten interactions  
Z. für Phys. C39 (1988) 7

Ph. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON

The production of  $J/\psi$  in 200 GeV/A Oxygen-Uranium interactions.  
Proceedings of Quark Matter' 87, Z. Phys. C38 (1988) 117

Ph. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON

A study of  $\pi$  and K production in p-U and O-U interactions at 200 GeV/A using  
decay muon  
Proceedings of Quark Matter'87, Z. Phys. C38 (1988) 129

Ph. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON

Angular distributions of muon pairs produced by negative pions on deuterium and  
tungsten  
Z. Phys. C37 (1988) 545

P. MINE

Test of an electromagnetic calorimeter using  $BaF_2$  scintillators and  
photosensitive wire chambers between 1 and 9 GeV  
Nucl. Inst. Meth. A267 (1988) 69

P. MINE

Test of a  $BaF_2$  - TMAE detector for positron emission tomography  
Nucl. Inst. Meth. A269 (1988) 385

P. MINE

Liquid and Solid organic photocathodes  
Nucl. Inst. Meth. A269 (1988) 149

P. MINE

A BaF<sub>2</sub>-TAME detector for positron emission tomography  
Nucl. Instrum. methods A273 (1988) 881

P. MINE

New applications of accelerators and nuclear detectors to medical diagnosis  
Nuclear Science Applications, A3 (1988).

Ph. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON  
Study of  $\pi$  and K production in ion collisions.  
Proceedings of the IX<sup>th</sup> Autumn Lisbon School. World Scientific,  
(1988), 173

Ph. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON  
Dimuon and  $\psi$  production in 200 GeV/nucleon oxygen-uranium interactions.  
Proceedings of the IX<sup>th</sup> Autumn Lisbon School. World Scientific  
(1988), 187

Ph. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON  
Dimuon and J/ $\psi$  production in ultrarelativistic ion collisions.  
Proceedings of the XXIV<sup>th</sup> International Conference on High Energy Physics,  
Munich, 1988

#### PUBLICATIONS A PARAITRE

L. BEHR, B. DEGRANGE, Y. MINET, U. NGUYEN-KHAC, P. SERRI, S. TISSERANT  
Results from the Fréjus experiment for nucleon decay modes into antineutrinos  
plus meson.  
Soumis à Nuclear Physics.

J.C. BRIENT

Measurements of the J/ $\psi$  decays into a vector and a pseudo-vector meson  
Soumis à Physical Review.

V. BRISSON, D. LELLOUCH, P. PERRODO, C. VALLEE

Results from a test of a Pb Fe liquid Argon calorimeter  
H1 Collaboration  
Soumis à Nucl. Instr. Meth.

V. BRISSON, D. LELLOUCH, P. PERRODO, C. VALLEE

Performance of a Pb-Cu liquid Argon calorimeter with an Iron Streamer Tube  
Tail Catcher  
Soumis à Nucl. Inst. Meth.

M. HAGUENAUER, E. PARE

Inclusive production of  $n^0$ 's and Feynman scaling test in the fragmentation  
region at the SppS collider  
Soumis à Phy. Rev. Lett.

F. MOREAU

A purity monitor for room temperature liquid ionization chambers  
Soumis à Nucl. Inst. Meth. A

Le Professeur Jack Steinberger, porte-parole de l'expérience Aleph, devant le baril d'Aleph dans le puits expérimental.

28

P. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON.  
Dimuon and  $J/\psi$  production in 200 GeV/N 016-U and 016-Cu interactions  
Proceedings of the International Conference on Physics and Astrophysics of Quark-Gluon plasma, Bombay, World Scientific

P. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON.  
Study of meson production in 200 GeV ion collisions using decay muons.  
Proceedings of the International Conference on Physics and Astrophysics of Quark-Gluon plasma, Bombay, World Scientific.

P. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON  
 $J/\psi$  suppression in 200 GeV/nucleon O-U, O-Cu and S-U interactions  
Proceedings of the XXIII Rencontre de Moriond, ed. J. Tran Thanh Van;  
Editions Frontières.

Ph. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON  
 $\pi$  and K production in 200 GeV/nucleon O-U and S-U interactions.  
Proceedings of the XXIII Rencontre de Moriond, ed. J. Tran Thanh Van;  
Editions Frontières.

Ph. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON  
Dimuon production in collisions of proton, Oxygen and Sulphur Ions on heavy targets at 200 GeV/nucleon;  $J/\psi$  production,  $\pi$  and K distributions.  
Proceedings of Quark matter 88, Lenox.

P. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON  
Calorimeter Data from NA/38  
Proceedings of Quark matter 88, Lenox

P. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON  
The production of  $J/\psi$  in 200 GeV/A oxygen-uranium and sulphur-uranium interactions.  
Proceedings of "Hadronic Matter in Collision", Tucson.

P. BUSSON, Cl. CHARLOT, B. CHAURAND, L. KLUBERG, A. ROMANA, R.A. SALMERON  
Production de  $J/\psi$  dans les collisions à 200 GeV/N de proton, Oxygène et Soufre sur cibles lourdes.  
Proceedings of II Entretiens Jacques Cartier, Montréal.

J.P. WUTHRICK  
Thermal neutron detection with a  $^6\text{Li}$  loaded liquid scintillator  
Soumis à Nuclear Instruments Methods.

#### COMMUNICATIONS A DES CONGRES

B. DEGRANGE  
International School of Non Accelerator Physics  
ICTP Trieste (Italie) 25 Avril-6 Mai 1988.

L. KLUBERG  
Heavy Ion Experiments at CERN,  
Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste, La Thuile, Aosta Valley,  
February 28-March 5 1988

**L. KLUBERG**

Properties of photons and dileptons produced in collisions at 60 and 200 GeV per nucleon.

Third International Conférence on Nucleus-Nucleus Collisions.  
Saint-Malo, June 6-11, 1988

**L. KLUBERG**

Heavy Ion Collisions.

XXIV<sup>th</sup> International Conference on High Energy Physics  
(Rochester Conference). Munich, August 4-10 1988.

**P. MINE**

The use of multiwire chambers for positron emission tomography.

EULIMA workshop on the potential use of light ion therapy  
Nice 3-5 November 1988.

**P. MINE**

Organometallic compounds as photocathodes in gaseous detector

International workshop on liquid state electronics,  
Berlin 7-10 November 1988.

#### **THESES**

**P. BUSSON**

Etude de la production de beauté dans les interactions  $\pi^-$   
Tungstène à 140, 194 et 286 GeV

Thèse de Doctorat de l'Université de Paris-Sud, 22 Septembre 1988

**C. CHARLOT**

Etude de la production du  $J/\psi$  dans les interactions oxygène-uranium  
à 200 GeV/c par nucléon

Thèse de Doctorat de l'Université L. Pasteur, Strasbourg, 24 Juin 1988

**E. PARE**

Mesure des sections efficaces de production inclusive de photons et  
de  $\pi$  dans la région de fragmentation dans des collisions pp à 630 GeV  
dans le centre de masse.

Thèse de Doctorat de l'Université de Paris-Sud, 16 Décembre 1988

**P. PERRODO**

Etude du calorimètre à argon liquide de l'expérience H1 à HERA.

Simulation rapide des gerbes produites par les hadrons dans un  
calorimètre, et étude des méthodes de pondération pour la mesure de  
l'énergie initiale des hadrons.

Thèse de Doctorat de l'Ecole Polytechnique, 21 Octobre 1988.

**C. VALLEE**

Effets nucléaires en production hadronique de paires de muons.

Thèse de Doctorat de l'Université de Paris-Sud, 22 Janvier 1988.

# **LABORATOIRES DE RECHERCHE**

## **DIRECTION DES LABORATOIRES**

### **BIOLOGIE**

Biochimie (BiOC)

### **CHIMIE**

Chimie Fine (DCFI)

Phosphore & Métaux Transition (DCPH)

Calculs Scientifiques (DCCS)

Synthèse Organique (DCSO)

Mécanismes Réactionnels (DCMR)

### **MECANIQUE**

Mécanique des Solides (LMS)

Météorologie Dynamique (LMD)

### **PHYSIQUE**

Solides Irradiés (SESI)

Optique Appliquée (LOA)

Optique Quantique (OPTQ)

Interfaces et Couches Minces (PICM)

Matière Condensée (PMC)

Biophysique (BIOP)

Milieux Ionisés (PMI)

Physique Théorique (CPHT)

Physique Nucléaire Hautes Energies (PNHE)

Utilisation des Lasers Intenses (LULI)

### **MATHEMATIQUES**

Mathématiques (MAT)

Mathématiques Appliquées (MAP)

### **SCIENCES HUMAINES**

Econométrie (CECO)

Epistémologie (CREA)

Recherche en Gestion (CRG)

### **INFORMATIQUE**

Informatique (LIX)



Mise à la verticale chez le constructeur FRAMATOME/CREUSOT des structures  
d'une roue de calorimètre hadronique.

**PNHE - 91128 Palaiseau Cedex**  
**Tél. (33)(1) 60 19 41 34 - Télex 601.596 F - Télécopieur 69.41.88.46**