

Anna Maria Cartacci

# Il gruppo “lastre” dell’Istituto Antonio Garbasso di Firenze (1953-1983)

*The “plates” group of the Antonio Garbasso Institute of  
Florence (1953-1983)*

Dipartimento di Fisica e Astronomia dell’Università di Firenze

**Sommario.** Si descrive l’attività del gruppo “emulsioni nucleari” di Firenze dal 1953 fino alla chiusura dell’attività (1983).

**Parole chiave.** Lastre, emulsioni, particelle, elementari.

Le “lastre” sono emulsioni fotografiche ad alto contenuto di bromuro d’argento. I granuli di bromuro d’argento possono essere attivati, oltre che dalla luce, dal passaggio di particelle cariche. Con un processo di sviluppo (simile a quello delle emulsioni fotografiche) i grani colpiti da radiazione vengono resi visibili e indicano il passaggio di una particella carica con una serie di punti allineati (traccia della particella). L’aspetto di ciascuna traccia dipende dalla carica, dalla massa e dalla velocità della particella.

Questo metodo di ricerca fu introdotto a Firenze, nei primi anni ’50, dal Prof. Michele Della Corte, che aveva passato un anno al laboratorio Leprince-Ringuet della École Polytechnique, laboratorio all’avanguardia in questa tecnica. Fu lui a

**Abstract.** Description of the activity of the “nuclear emulsions” group of Florence from 1953 up to the termination of its activities in 1983.

**Keywords.** Plates, emulsions, elementary, particles.

“Plates” are photographic emulsions with a high silver bromide content. The silver bromide granules can be activated by light and also by the passage of charged particles. In a process of development similar to that of photographic emulsions, the grains struck by radiation are rendered visible and indicate the passage of a charged particle by a series of aligned dots (particle track). The appearance of each track depends on the charge, the mass and the speed of the particle.

This method of research was introduced in Florence in the early 50s by Prof. Michele Della Corte, who had spent a year at the Leprince-Ringuet laboratory of the École Polytechnique,



fare i primi importanti acquisti: microscopi di alta qualità con adeguato corredo di obiettivi, filtri, oculari ed un apparato per la fotometria delle tracce.

Le prime ricerche furono sui raggi cosmici per la determinazione della carica e della massa delle particelle.

Nel 1959, da neolaureata, entrai a far parte del gruppo; in quel periodo il Prof. Della Corte guidava la ricerca e stava già indirizzandosi verso collaborazioni con altre università italiane: la collaborazione Firenze-Genova-Torino si occupò dello studio di interazioni di protoni da 25 GeV/c del Proton Synchrotron del CERN determinando le caratteristiche delle interazioni, la collaborazione Parma-Firenze riguardò invece lo studio di prodotti finali nelle interazioni  $K^-p \rightarrow \Sigma^- + \pi^+$  e  $K^-p \rightarrow \Sigma^+ + \pi^-$  a riposo in emulsioni nucleari; l'analisi confermò il differente comportamento in perdita di energia tra particelle positive e negative. Il gruppo di Firenze era allora composto, oltre che dal Prof. Della Corte e da me, da Grazia Daghiana, Letizia Tocci, Pier Giorgio Bizzeti, più un certo numero di osservatori particolarmente allenati alla "scansione" di eventi al microscopio.

Nel 1964, con l'entrata in funzione delle grandi camere a bolle del CERN, il gruppo abbandonò la tecnica delle emulsioni nucleari per passare all'analisi di fotogrammi in camera a bolle (periodo 1964-1972). Il passaggio non fu difficile: gli osservatori al microscopio si trasformarono facilmente e con profitto in osservatori di camere a bolle. Pier Giorgio Bizzeti abbandonò il gruppo per dedicarsi alla fisica nucleare e il Prof. Michele Della Corte passò alla medicina nucleare. Entrarono nel gruppo Giuliano Di Caporiacco e poco più tardi Giuliano Parrini. Vennero acquistati alcuni proiettori che riportavano sui tavoli di misu-

which was in the vanguard in this technique. It was he who made the first important acquisitions: high-quality microscopes appropriately equipped with lenses, filters, eyepieces and a device for photometry of the traces.

The first research was carried out on cosmic rays to determine the charge and the mass of the particles.

I joined the group in 1959, just after graduating; in that period Prof. Della Corte was in charge of the research and was already moving in the direction of collaborations with other Italian universities. The Florence-Genoa-Turin collaboration dealt with study of the interactions of 25 GeV/c protons of the CERN Proton Synchrotron, determining the characteristics of the interactions. The Parma-Florence collaboration was instead engaged with studying the final products of the  $K^-p \rightarrow \Sigma^- + \pi^+$  e  $K^-p \rightarrow \Sigma^+ + \pi^-$  interactions at rest in nuclear emulsions; the analysis confirmed the different energy-loss behaviour of positive and negative particles. At the time, in addition to Prof. Della Corte and myself, the Florence group consisted of Grazia Daghiana, Letizia Tocci, Pier Giorgio Bizzeti and a certain number of observers who were particularly well-trained in the "scanning" of events under the microscope.

In 1964, when the large bubble chambers of the CERN came into operation, the group abandoned the nuclear emulsions technique for the analysis of bubble chamber photographs (1964-1972 period). It was not a difficult passage: the microscope scanners easily and fruitfully transformed themselves into bubble chamber scanners. Pier Giorgio Bizzeti left the group to devote himself to nuclear physics and Prof. Michele Della Corte moved on to nuclear medi-

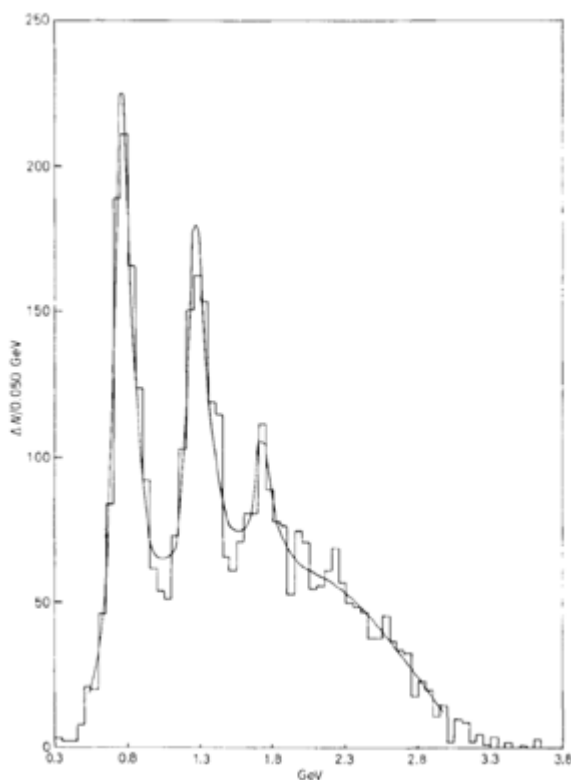


Fig.1. Spettro di massa invariante per  $\pi^+ \pi^-$  prodotti nella reazione  $\pi^+ n \rightarrow p \pi^+ \pi^-$  a 9 GeV/c da un complesso di 3724 eventi (Armenise 1970).

Fig.1. Invariant mass spectrum for  $\pi^+ \pi^-$  produced in the reaction  $\pi^+ n \rightarrow p \pi^+ \pi^-$  at 9 GeV/c by a complex of 3724 events (Armenise 1970).

cine. Giuliano Di Caporiacco joined the group, and shortly afterwards so did Giuliano Parrini. A number of projectors were purchased to project the photographs taken at the CERN bubble chamber onto the measuring tables; the digitised readers providing the coordinates of the tracks were constructed in situ. The major programmes for the reconstruction of the events were used, exploiting the supercomputing centre at Casalecchio di Reno (Cineca).

The major international collaborations came into being. In collaboration with the groups of Bologna, Bari and the Institut de Physique Nucléaire di Orsay results on the research into new particles in resonant  $\pi^+ \pi^-$  systems, produced in interactions of the 5.1 GeV/c positive pion beam of the CERN Proton Synchrotron in a bubble chamber filled with deuterium were published. The three Italian groups then continued the research with the 9 GeV/c beam. Figure 1 shows the  $\pi^+ \pi^-$  invariant mass spectrum. The signals of the known resonances in two pions are clearly visible, as well as a signal around 1.7 GeV/c<sup>2</sup>; the parameters of the new signal were determined in the article.

A new collaboration with the groups of Milan, Bologna and Oxford continued the study on the production of new states in interactions of  $\pi^-$  at 11.2 GeV/c in a hydrogen bubble chamber.

With the birth of the QCD (1973) and the prediction of the existence of new unstable particles, research into particles containing heavy quarks began, and for the plates group too this ushered in an era of renewed enthusiasm after several years of repetitive experiments in bubble chambers devoted to the systematic study of the characteristics of mesonic and baryonic states already brought to light in previous experiments.

ra i fotogrammi presi al CERN alla camera a bolle, vennero costruiti in sede i lettori digitalizzati che fornivano le coordinate delle tracce. Si usarono i grandi programmi di ricostruzione di eventi utilizzando il centro di calcolo di Casalecchio di Reno (Cineca).

Nacquero le grandi collaborazioni internazionali. In collaborazione con i gruppi di Bologna, Bari e con l'Institut de Physique Nucléaire di Orsay vennero pubblicati risultati sulla ricerca di nuove particelle in sistemi risonanti  $\pi^+ \pi^-$ , prodotte in interazioni del fascio di pioni positivi da 5.1 GeV/c del Proton Synchrotron del CERN in camera a bolle riempita con deuterio. I tre gruppi italiani proseguirono poi la ricerca con il fascio da 9 GeV/c. In figura 1 è riportato lo spettro di massa invariante  $\pi^+ \pi^-$ . Sono ben evidenti i segnali delle risonanze note in due pioni e un segnale intorno a 1.7 GeV/c<sup>2</sup>; nell'articolo vennero determinati i parametri del nuovo segnale.

Una nuova collaborazione con i gruppi di Milano, Bologna e Oxford proseguì lo studio sulla produzione di nuovi stati in interazioni di  $\pi^-$  di 11.2 GeV/c in camera a bolle a idrogeno.

Con la nascita della QCD (1973) e la previsione dell'esistenza di nuove particelle instabili, iniziò la ricerca di particelle contenenti quark pesanti e cominciò anche per il gruppo lastre un'epoca di rinnovato entusiasmo dopo alcuni anni di esperimenti ripetitivi in camere a bolle dedicati allo studio sistematico delle caratteristiche di stati mesonici e barionici già evidenziati in esperimenti precedenti.

La teoria sviluppata in quegli anni prevedeva che le particelle contenenti il più leggero dei nuovi quark, il quark "charm", avessero una massa nell'intervallo 1.5 – 2.1 GeV/c<sup>2</sup> e una vita media dell'ordine di 10<sup>-12</sup> secondi.

The theory developed at that time posited that the particles containing the lighter of the new quarks, the "charm" quark, had a mass in the interval 1.5 – 2.1 GeV/c<sup>2</sup> and a mean life in the order of 10<sup>-12</sup> seconds.

The discovery of these particles called for a detector of extremely high spatial resolution (in the order of a few microns): consequently the nuclear emulsion technique came back into fashion.

The Florence group still had all its equipment intact: excellent quality microscopes complete with eyepieces and lenses, equipped with platens featuring high-precision movements, brightrooms and photographic equipment. But above all, it still had a group of scanners with lengthy experience who, over the years of scanning the photographs of bubble chambers, had conserved the qualities necessary for an excellent scanning in emulsion. I should like here to mention the contributions made by some of them – Anna Perini, Gabriella Gheri and Guglielma Simonetti – which were fundamental to the successful outcome of the experiments.

In the meantime, Bianca Monteleoni and Antonio Conti had joined the group of the Florence physicists.

As soon as a project on the use of nuclear emulsions in association with the CERN Omega spectrometer in the search for "charmed" particles was presented, the Florence group enthusiastically joined in. The experiment (WA58) was proposed by Prof. Giordano Diambri Palazzi of Genoa. An international collaboration was set up, comprising the CERN and the groups of Bologna, Florence, Genoa, Madrid, Moscow, Paris (LPNHE), Santander, Valencia, Bonn, Glasgow, Lancaster, Manchester, Rutherford and Sheffield.

Per la scoperta di tali particelle occorreva un rivelatore ad altissima risoluzione spaziale (dell'ordine di pochi micron): tornò perciò di moda la tecnica delle emulsioni nucleari.

Il gruppo di Firenze aveva ancora intatta tutta l'attrezzatura: microscopi di ottima qualità corredati di oculari ed obiettivi, dotati di "platines" con spostamenti di grande precisione, "camere chiare" e attrezzatura fotografica. Ma soprattutto aveva ancora un gruppo di osservatori di lunga esperienza che, negli anni della osservazione di fotogrammi di camere a bolle, aveva conservato le qualità necessarie per un eccellente scanning in emulsione. Vorrei ricordare qui il contributo di alcuni osservatori, Anna Perini, Gabriella Gheri, Guglielma Simonetti, fondamentale per la buona riuscita degli esperimenti.

Nel frattempo erano entrati nel gruppo dei fisici di Firenze Bianca Monteleoni e Antonio Conti.

Appena fu presentato un progetto sull'uso di emulsioni nucleari in associazione con lo spettrometro Omega del CERN per la ricerca di particelle "charmate", il gruppo di Firenze aderì con entusiasmo. L'esperimento (WA58) venne proposto dal prof. Giordano Diambri Palazzi di Genova. Si formò una collaborazione internazionale comprendente i gruppi del CERN, di Bologna, Firenze, Genova, Madrid, Mosca, Parigi (LPNHE), Santander, Valencia, Bonn, Glasgow, Lancaster, Manchester, Rutherford e Sheffield.

Le emulsioni (di dimensioni  $20 \times 5 \text{ cm}^2$  e  $600 \mu\text{m}$  di spessore) vennero esposte, una alla volta, ad un fascio di fotoni di energia compresa tra 20 e 70 GeV/c, prodotti al Super Proton Synchrotron del CERN. Gli eventi registrati dallo spet-

The emulsions (measuring  $20 \times 5 \text{ cm}^2$  and  $600 \mu\text{m}$  thick) were exposed one at a time to a beam of photons of an energy comprised between 20 and 70 GeV/c, produced at the Super Proton Synchrotron of the CERN. The events recorded by the spectrometer were reconstructed using a programme that made it possible to predict the vertex of the event with the precision of a few millimetres in emulsion. A scrupulous scanning was performed around the predicted point with highly magnifying immersion lenses (X100).

The Florence group entered this collaboration in a leading role and, not incidentally, it was in Florence that the first event of associated production of a "charmed" meson and a "charmed" baryon was identified. The event is shown in figure 2.

All the tracks observed under the microscope corresponded to the same number recorded by the spectrometer. This made a complete reconstruction of the event possible. The vertex  $O'$  was interpreted as the decay of a  $\Lambda_c^+$  into  $\Lambda^0 \pi^+$  (the  $\pi^+$  is the track indicated as 4.1); the vertex  $O''$  was interpreted as the decay of a  $\bar{D}^0$  which decays into  $K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ ; the vertex formed by the two tracks, not seen in emulsion but reconstructed by the spectrometer, was interpreted as a  $\Lambda^0$  which decays into  $p \pi^-$ . Figure 3 shows the CERN Omega spectrometer as used for the WA58 experiment.

As a result of the accuracy of the measurements, both in emulsion and in the spectrometer, the reconstruction of the event showed no ambiguity. The mass of the new particle was reconstructed ( $1.847 \pm 0.007 \text{ GeV}/c^2$ ) and its decay time, equal to  $(0.86 \pm 0.01) \times 10^{-13}$  seconds.

The mass and the decay time of the second charmed particle were also reconstructed as  $(2.33 \pm 0.05) \text{ GeV}/c^2$  and  $(0.57 \pm 0.02) \times 10^{-13}$  seconds.

trometro vennero ricostruiti con un programma che permetteva di prevedere il vertice dell'evento con una precisione di pochi millimetri in emulsione. Intorno al punto previsto veniva fatto uno "scanning" accurato con obiettivi ad immersione a forte ingrandimento (X100).

Il gruppo di Firenze entrò da protagonista in questa collaborazione e, non a caso, proprio a Firenze, venne trovato il primo evento di produzione associata di un mesone "charmato" e di un barione "charmato". L'evento è riportato in figura 2.

Tutte le tracce osservate al microscopio corrispondevano ad altrettante segnalate dallo spettrometro. Fu così possibile una ricostruzione completa dell'evento. Il vertice O' fu interpretato come il decadimento di un  $\Lambda_c^+$  in  $\Lambda^0\pi^+$  (il  $\pi^+$  è la traccia indicata come 4.1); il vertice O'' fu interpretato come il decadimento di un  $\bar{D}^0$  che decade in  $K^+\pi^-\pi^+\pi^+$ , il vertice formato dalle due tracce, non viste in emulsione ma ricostruite dallo spettrometro, fu interpretato come un  $\Lambda^0$  che decade in  $p\pi^-$ . In figura 3 è riportato lo spettrometro Omega del CERN per l'esperimento WA58.

Grazie all'accuratezza delle misure sia in emulsione che nello spettrometro, la ricostruzione dell'evento non presentava ambiguità. Fu ricostruita la massa della nuova particella ( $1.847\pm 0.007$  GeV/c<sup>2</sup>) e il suo tempo di decadimento, pari a  $(0.86\pm 0.01)\times 10^{-13}$  secondi.

Fu possibile ricostruire anche la massa del  $\Lambda_c^+$  che risultò  $(2.33\pm 0.05)$  GeV/c<sup>2</sup>, per il tempo di decadimento fu trovato  $(0.57\pm 0.02)\times 10^{-13}$  s

Nel seguito molti altri eventi furono identificati e ricostruiti con sicurezza. Il gruppo "lastre" lavorò ancora per tre anni all'esperimento WA58. Al CERN era già iniziata la costruzione di LEP e dei quattro rivelatori L3, ALEPH, DELPHI

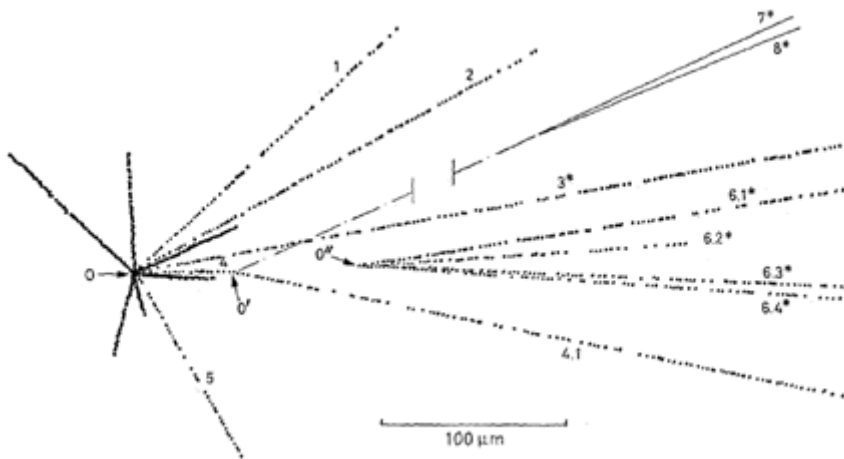


Fig. 2. Micrografia dell'evento di produzione associata di un mesone "charmato" e di un barione "charmato" effettuata al microscopio con l'aiuto della camera chiara (Fiorino 1981).

Fig. 2. Micrograph of the event of associated production of a "charmmed" meson and a "charmmed" baryon performed using the microscope with the help of the brightroom (Fiorino 1981).

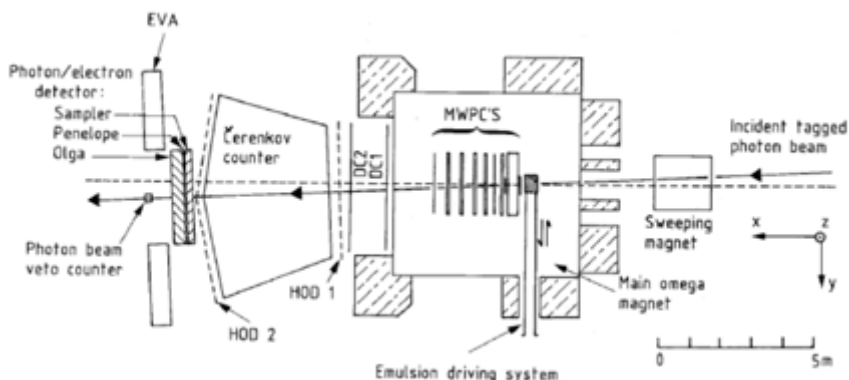


Fig. 3. Lo spettrometro Omega del CERN attrezzato per l'esperimento WA58

Fig. 3. The CERN Omega spectrometer equipped for the WA58 experiment.

e OPAL. Nel 1983 il gruppo "ex-lastre" di Firenze entrò in gran parte nella collaborazione L3, aiutato in questo passaggio dalla chiamata a Firenze di Piero Spillantini, già inserito nell'esperimento. L'attività del gruppo "lastre" fu così definitivamente conclusa.

Following this, many other events were identified and reconstructed with certainty. The "plates" group continued to work on the WA58 experiment for three years. At the CERN the construction of the LEP and of the four detectors L3, ALEPH, DELPHI and OPAL had already begun. In 1983 the former "plates" group of Florence mostly joined the L3 collaboration, assisted in this move by the summoning to Florence of Piero Spillantini, who was already part of the experiment. This marked the definitive conclusion of the activity of the "plates" group.

#### Bibliography

- Armenise, N. *et al.*, "Nonstrange boson resonances produced in  $\pi^+ d$  interactions at 9 GeV/c" *Lettere al Nuovo Cimento* Vol. 4 N. 5 199–205, 1970  
 Fiorino, A. *et al.*, "Associated photoproduction of a charmed meson and a charmed baryon", *Lettere al Nuovo Cimento* Vol. 30 N. 6 166–170, 1981

*Anna Maria Cartacci* graduated in Physics in February 1959. From 1962 to 2002 she lectured on physics in various university courses. She has worked on experiments on nuclear emulsions, in bubble chambers and on the L3 experiment at the CERN. She is currently engaged with the teaching of physics within the framework of the Science Degrees Plan of the Ministry of Education.

## Bibliografia

Armenise, N. *et al.*, “Nonstrange boson resonances produced in  $\pi^+$  d interactions at 9 GeV/c” *Lettere al Nuovo Cimento* Vol. 4 N. 5 199–205, 1970

Fiorino, A. *et al.*, “Associated photoproduction of a charmed meson and a charmed baryon”, *Lettere al Nuovo Cimento* Vol. 30 N. 6 166–170, 1981

*Anna Maria Cartacci* si è laureata in Fisica nel Febbraio 1959. Dal 1962 al 2002 è stata docente di Fisica in vari corsi universitari. Ha lavorato a esperimenti in emulsioni nucleari, in camera a bolle e all’esperimento L3 al CERN. Attualmente si occupa di didattica della Fisica nell’ambito del Piano Lauree Scientifiche del MIUR.