

# FISICA E FISICI A PISA NEL '900

Convegno promosso dal  
CENTRO PONTECORVO DEL DIPARTIMENTO DI FISICA

*La fondazione della fisica delle particelle a Pisa negli anni '50  
e gli esperimenti senza acceleratori*

Raccolta materiale e consultazione di Carlo Bemporad  
Relatore Marco Grassi

## Nota iniziale

Il materiale fonte di questa relazione, selezionato da Carlo Bemporad, e le trasparenze di appoggio di questa relazione, a cura di Marco Grassi, saranno inevitabilmente **parziali, non libere da inesattezze ed incomplete.**

Resta lo sforzo di raccogliere ed ordinare ricordi, testimonianze, e documenti. Questi saranno a disposizione di chi in futuro vorrà fare analisi storicamente rigorose della storia della fisica di Pisa negli anni '900, ma soprattutto dei fisici.

# La fondazione della fisica delle particelle

La “Fisica della Particelle” **non ha certo avuto origine a Pisa**, ma è piuttosto da ricollegarsi con le attività del gruppo formatosi agli inizi del ‘30 a Roma intorno ad **Enrico Fermi** (1901-1954) e favorita da **Orso Maria Corbino** (1876-1937).



Altre attività basilari sono state gli studi dei raggi cosmici, iniziati e potenziati in Italia principalmente ad opera di **Bruno Rossi** (1905-1993), **Gilberto Bernardini** (1905-1996) ed altri a Firenze, Milano, Torino, Padova.



Nel **1951** è costituito l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Nel **1954** fu istituita a Pisa la “Sezione Sincrotrone”, poi trasferita a Frascati.

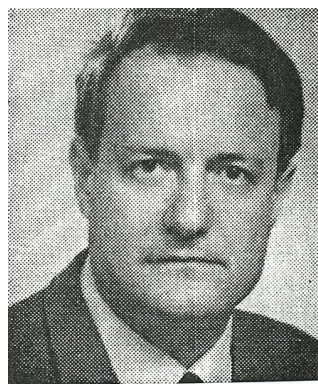
Nel **1956** furono istituite le Sezioni INFN di Bologna e **Pisa**.

**Questo ritardo, fra l'istituzione delle prime sezioni INFN e l'aggiunta della sezione di Pisa, rispecchia la scarsa presenza di Pisa nelle attività legate alla “fisica nucleare”**

Il brusco cambiamento di passo è da ricondursi alla **temporanea** presenza nell'università di alcuni ricercatori, provenienti da altre istituzioni:



Marcello Conversi (1917-1988)  
dal 1951 al 1959,



*Carlo Franzinetti*

Giorgio Salvini (1920-2015)  
dal 1952 al 1955



Carlo Franzinetti (1923-1980)  
dal 1955 al 1966

# Marcello Conversi

Laureato a Roma nel 1940, a Pisa dal 1951 al 1959

Iniziatore della Fisica delle alte energie a Pisa

Co-autore del famoso esperimento “Conversi, Pancini, Piccioni” [1947] che dimostrò la natura leptonica del mesone  $\mu$  (furono utilizzate le lenti magnetiche ideate da Luigi Puccianti, professore a Pisa dal 1917 al 1947).

Il profondo significato del risultato dell’esperimento fu messo in luce da Fermi e anche da Luis Alvarez, nella sua relazione al Nobel, lo considera come **l’iniziatore della moderna fisica delle particelle**.

Uno dei maggiori contributi di Conversi durante la sua stagione pisana, prima del trasferimento a Roma, è stata l’invenzione, insieme ad **Adriano Gozzini**, dei “**Flash Tubes**” ed il primo utilizzo nel 1955.

Una importante funzione fu svolta da Conversi nel periodo della costruzione del primo **calcolatore elettronico italiano**, quello realizzato a Pisa su suggerimento di Fermi; Conversi fu chiamato a presiedere (fra il 1955 e il 1969) il Comitato Direttivo del **CISE** (Centro Studi Calcolatori Elettronici), dal quale poi nacque l’Istituto per l’Elaborazione dell’Informazione del CNR

# Giorgio Salvini

Laureato a Roma nel 1940, a Pisa dal 1952 al 1955

19 gennaio 1953 si decise su proposta di Gilberto Bernardini di dotare l'INFN con una **macchina acceleratrice di elettroni di 500 - 1000 MeV**. Dice il verbale: *"dopo alcuni scambi di idee il Presidente propose di affidare la direzione della costruzione della macchina a Giorgio Salvini dell'università di Pisa. La proposta venne accolta all'unanimità"*.



1954. Un gruppo di ricercatori e tecnici parte da Pisa con le prime attrezzature che daranno vita ai Laboratori Nazionali di Frascati.

A Pisa Salvini svolse attività di docente sia presso l'Università che presso la Scuola Normale; contribuì a selezionare alcuni validi fisici che **formarono il primo nucleo pisano di ricercatori in fisica delle particelle**

1957

Italo Mannelli

Vittorio Silvestrini

Carlo Rubbia



# Carlo Franzinetti

Laureato a Roma nel 1945, a Pisa dal 1955 al 1966

Giovanissimo collaborò con Cecil Frank Powell presso a Bristol poté quindi impadronirsi della “Tecnica delle Emulsioni Nucleari”. Tornato in Italia **formò a Roma un gruppo di emulsioni in** collaborazione con **Amaldi, Castagnoli, Augusta Manfredini, Giustina Baroni** ed altri. Esponendo emulsioni a grande altezza mediante palloni areostatici furono studiate particelle di vario tipo: pioni, mesoni K, Iperoni. Insieme a **Giacomo Morpurgo** scrissero un primo importante lavoro sulle **proprietà delle particelle strane** (1957)

1959

**Ernesto Corinaldesi e Carlo Franzinetti** alla cena in onore di Adriano Gozzini, neoprofessore a Pisa (1959). (Cortesia: Silvia Gozzini).





A Pisa, Franzinetti, come esperto dei meccanismi di scarica nei gas, contribuì allo sviluppo dei **Flash Tubes** di Conversi e Gozzini.

In collaborazione col biologo Giovanni Moruzzi diedero inizio a una pionieristica **scuola di biofisica**.

Franzinetti operò la sistematica “**sprovincializzazione**” della ricerca pisana quasi obbligando tutti i giovani ricercatori a passare dei periodi all'estero ed adottandosi a trovare le opportune collocazioni; Luciano Bertanza a Brookhaven, Italo Mannelli passò al' MIT e Brookhaven, Paolo Franzini a all'Università di Columbia, Giorgio Bellettini al CERN nel gruppo di Giuseppe Cocconi, Carlo Bemporad alla Tufts University di Boston e il Cambridge Electron Accelerator.

# Tecniche e misure dei primi anni

## Camere a bolle

Marcello Conversi il suo iniziatore in ambito pisano. Durante i primi anni di direzione e subito dopo l'invenzione della camera a bolle da parte di Glaser (1952), **Giuseppe Martelli e Luciano Bertanza** appena laureato, iniziarono una attività sperimentale volta a sviluppare piccole camere a bolle a liquido pesante.

*L. Bertanza, G. Martelli, A. Zacutti, Some Measurements on Overheated Liquids, Nuovo Cimento XI, 250, (1954)*

*L. Bertanza, G. Martelli, A. Zacutti, Operation Conditions of a Bubble Chamber, Nuovo Cimento X, 487, (1955)*

In collaborazione con **Jack Steinberger** si consolidò il gruppo di camere a bolle con primi allievi di Conversi: **Paolo Franzini, Italo Mannelli, Carlo Rubbia, Vittorio Silvestrini, Luigi di Lella;**

## Demonstration of Parity Nonconservation in Hyperon Decay\*†

F. EISLER, R. PLANO, A. PRODELL, N. SAMIOS, M. SCHWARTZ, AND  
J. STEINBERGER, *Columbia University, New York, New York*  
and *Brookhaven National Laboratory, Upton, New York*  
P. BASSI, V. BORELLI, G. PUPPI, G. TANAKA, P. WOLOSCHKE,  
AND V. ZOBOLI, *Istituto di Fisica, Bologna, Italy*  
M. CONVERSI, P. FRANZINI, I. MANNELLI, R. SANTANGELO, AND  
V. SILVESTRINI, *Istituto di Fisica, Pisa, Italy*

AND

D. A. GLASER, C. GRAVES, M. L. PERL,  
*University of Michigan, Ann Arbor, Michigan*

(Received October 21, 1957)

Una camera a **idrogeno liquido, esposta al Cosmotrone di Brookhaven**, produsse primi rilevanti risultati sulla non conservazione della parità nei decadimenti con iperoni, la determinazione dello spin della  $\Lambda^0$  e della  $\Sigma^-$ , a misura della vita media di  $\Lambda^0$ ,  $\Theta^0$ ,  $\Sigma^-$ .

*F. Eisler et al., Demonstration of Parity Nonconservation in Hyperon Decay, Phys. Rev. 108, 1353, (1957)*

*F. Eisler et al., Experimental Determination of the  $\Lambda^0$  and  $\Sigma^-$  Spins Nuovo Cimento X, 222, (1958)*

*F. Eisler et al., Lifetime of  $\Lambda^0$ ,  $\Theta^0$  and  $\Sigma^-$ , Nuovo Cimento X, 150, (1958)*

Una piccola **camera a bolle a ciclo rapido** (5 espansioni al secondo), costruita interamente a Pisa, fu utilizzata in un esperimento presso il sincrotrone nazionale.

*L. Bertanza et al., A Rapid Cycling Bubble Chamber, Nuclear Instruments 9, 403 (1960)*

*L. Bertanza et al., A Bubble Chamber Experiment to Measure the Polarization of the Recoil Proton in the Photoproduction of  $\pi^0$  Mesons from Hydrogen, Nuovo Cimento XIX, 853 (1961)*





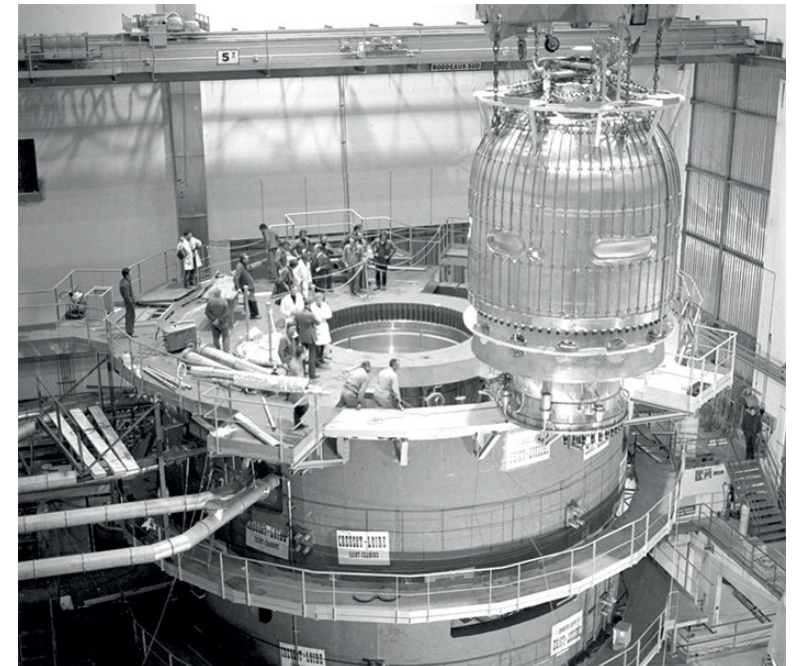
Il numero di eventi e la necessità di miglior risoluzione, spinse il gruppo di camera a bolle pisano ad impegnarsi nella costruzione di vari **proiettori per fotogrammi in successione** (“Frankenstein”, “mangiaspago”) collegandoli poi on-line (1965) con il nuovo computer CEP costruito a Pisa

Dagli anni '70 fino al termine della fisica perseguita mediante camera a bolle (1987), il gruppo di camere a bolle di Pisa condusse molti esperimenti utilizzando prima la camera a idrogeno da 81 cm di Saclay, poi la camera a idrogeno da 2 m (1973) ed infine la grande camera europea BEBC (1974).

Elevato è il numero di risultati ottenuti:

- annichilazione di antiprotoni con produzione di stati mesonici,
- diffusione o di interazione di mesoni  $K^-$ ,
- studio di particelle “charmate” prodotte da fasci di neutrini,
- studio delle interazioni di corrente carica e di corrente neutra,
- oscillazioni neutriniche

7 Novembre 2017



# Electronica veloce

L'inizio della **sperimentazione con elettronica e rivelatori** a Pisa è certamente dovuta alla iniziativa di Carlo Franzinetti.

Creò le condizioni perchè questa avvenisse, curando l'assunzione a Pisa di alcuni giovanissimi fisici anche da altre istituzioni: **Giorgio Bellettini**, **Carlo Bemporad** da Roma e **Lorenzo Foà** da Firenze.

Furono ideatori ed utilizzatori di molti rivelatori con tecniche d'avanguardia. Ad esperimenti presso i LNF ad esempio furono utilizzati **contatori di Cerenkov** integrali, di una prima **elettronica veloce a semiconduttori**, di uno speciale **bersaglio a idrogeno liquido**

Furono preparati in **contemporanea** di alcuni esperimenti:

- un esperimento di elettrodinamica sulla annichilazione di positroni in volo, condotto da **Pierluigi Braccini, Arnaldo Stefanini, Gabriele Torelli, Romana Torelli Tosi**

*P.L. Braccini et al., Annihilation in Flight of 800 MeV Positrons, Nuovo Cimento XXIX, 1215, (1963)*

- la misura dell' Effetto Primakoff condotto da **Giorgio Bellettini, Carlo Bemporad, Pierluigi Braccini e Lorenzo Foà**

*G. Bellettini et al., Primakoff Effect and  $\pi^0$  Lifetime, Nuovo Cimento XL, 1139, (1965)*

*G. Bellettini et al., A Precision Detector for High-Energy Neutral Pions, Nuovo Cimento XLIV A, 946, (1966)*

- stessi autori per lo studio della fotoproduzione su idrogeno di pioni neutri nella regione della seconda risonanza pione-nucleone

*G. Bellettini et al., Single- $\pi^0$  Photoproduction from Hydrogen Around the "Second Resonance", Nuovo Cimento XLIV A, 239, (1966)*

Il gruppo di Pisa durante l'esperienza al sincrotrone. Da sinistra: Pierluigi Braccini, Alberto Bechini, Carlo Betti, Antonio Mariotti, Lorenzo Foà, Carlo Bemporad, Giorgio Bellettini, il direttore dei LNF Italo Federico Quercia, l'operatore del sincrotrone Ed Gradl.



# I Giovani

Agli inizi degli anni '60 il nucleo iniziale di **giovani ricercatori pisani** è costituito.

Conversi e Salvini avevano già lasciato Pisa, Franzinetti diventa Senior Physicists al CERN nel 1962, si trasferisce definitivamente a Torino nel 1966

Verso la metà dei '60 molti ricercatori pisani collaborano ad esperimenti presso i laboratori esteri (CERN, DESY, SERPUKHOV, DARESBURY), oltre che presso il laboratorio Nazionale di Frascati, con una forte caratterizzazione in fisica delle particelle agli acceleratori

**Italo Mannelli** e parte del gruppo di camera a bolle utilizzarono questa tecnica prima a Brookhaven, poi al CERN e successivamente a Serpukhov dal 1965 al 1975

*I. Mannelli et al.,  $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$  Charge-Exchange Scattering at High Energy, Phys. Rev.L. 14, 408 (1965)*

*W.D. Apel et al., Study of the reaction  $\pi^- + p \rightarrow \omega + n$  at 3, 8, 6 and 8 GeV/c, Phys. Lett. 55B, 111 (1975)*

**Gherardo Stoppini** si trasferì a Pisa (1964) con parte del suo gruppo di Roma.

Sempre in collaborazione con **Edoardo Amaldi** fu portata avanti la sperimentazione al Sincrotrone con esperimenti di elettroproduzione (1969)

*M. Balla et al., A measurement of pion electroproduction cross-section near threshold, Lett. Nuovo Cimento 1, 247, (1969)*

**Carlo Bemporad, Pierluigi Braccini e Lorenzo Foà** decisero trasferirsi a DESY (1965), dove era stato appena avviato il nuovo sincrotrone da 6 GeV di energia, per eseguire una misura della vita media del mesone  $\eta^0$  mediante l'effetto Primakoff

*C. Bemporad et al., Experimental Determination of the eta lifetime by the Measurement of the Primakoff Effect, Phys.Lett. 25B, 380 (1967)*

**Marcello Giorgi, Arnaldo Stefanini, Alberto Del Guerra, Adalberto Giazotto**, ad approfittare dell'avvio del sincrotrone di Daresbury per portare le esperienze di elettroproduzione in Inghilterra (1968)

*D.R. Botterill et al., The total cross-section for  $\pi^+$  electroproduction on hydrogen near threshold, Phys.Lett. 45 B, 405, (1973)*

*A. Del Guerra et al., The pion form-factor at a timelike momentum transfer of approximately 1/fermi-squared from  $\pi^+$  electroproduction at threshold, Phys.Lett. 50 B, 487, (1974)*



**Giorgio Bellettini**, dopo un periodo passato al CERN nel gruppo di Cocconi, iniziò una serie di esperimenti all'ISR (1972), ai quali si associarono **Lorenzo Foà** e **Pierluigi Braccini** al termine degli esperimenti a DESY (1970)

*M. Borghini et al., Measurement of the polarization parameter in  $\pi+p$  elastic scattering at 10, 14 and 17.5 GeV/c and for  $t > 2$  GeV/c-squared, Phys.Lett.36B., 493 (1971)*

*S. Amendolia et al., Measurement of the total proton proton cross-section at the ISR, Phys.Lett.44B., 119 (1973)*

# Elementi chiave

In pochi anni si costituì a Pisa un gruppo di ricercatori in fisica delle “particelle” competente, intraprendente e capace di fare scuola.

Alcuni elementi chiave sono stati:

- un gruppo di **brillanti ricercatori** quasi **coetanei**, alcuni provenienti da altre istituzioni
- una totale **libertà di iniziativa e azione** affidata a dei giovanissimi (25-35 anni)
- l’ “apertura al mondo” a partire dalla “**sprovincializzazione**”, voluta sempre da Franzinetti, con le permanenze, quasi imposte, dei ricercatori pisani in altri laboratori
- l’esistenza di uno “zoccolo duro” di ricercatori fortemente **impegnati nella didattica** e principalmente costituito dai gruppi di camera a bolle che, pur coinvolti in collaborazioni internazionali, hanno sempre avuto una presenza in sede ben maggiore di quella possibile ai fisici impegnati in esperienze con elettronica e rivelatori

## Riuniti insieme

Nel 1976 una cerimonia tenuta presso la Scuola Normale per il settantesimo compleanno di **Gilberto Bernardini** ha fornito l'occasione per una foto di gruppo nella quale compaiono, insieme a molti altri, alcuni dei protagonisti delle attività fin qui riportate

Qualcuno ha individuato:

GIAN CARLO WICK , PIETRO MENOTTI, Porzione di LUIGI RADICATI DI BROZOLO, GIUSEPPE PIERAZZINI, GIAN CARLO PUPPI, EN-NIO BERTOLUCCI, ARNALDO STEFANINI, RAUL GATTO, ALBERTO DEL GUERRA, ANGELO SCRIBANO, ADALBERTO GIAZOTTO, JOHN BELL, Porzione di CARLO BEMPORAD, MARCELLO GIORGI, MARIO CALVETTI, CARLO RUBBIA (nobel), GIUSEPPE FIDECARO, ITALO MANNELLI, MARIA FIDECARO, GIGI ROLANDI, GENNARO BROSCO, GIAMPAOLO GORINI, EMILIO ZAVATTINI, UGO AMALDI, LORENZO FOA, EMILIO PICASSO, PIERLUIGI BRACCINI, RAFAEL ARMENTEROS, GIACOMO MORPURGO, DANIELE AMATI, STEFANO FANTONI, T.D. LEE (nobel), GIORGIO BELLETTINI, JOHN ADAMS, LUCIANO BERTANZA, GIORGIO SALVINI, CARLO FRANZINETTI, LEON LEDERMAN (nobel), EDWIN GOLDWASSER, GILBERTO BERNARDINI, MARCELLO CONVERSI, NESTORE BERNARDO CACCIAPUOTI, BRUNO ROSSI, SERGIO FUBINI.

Ma la lista non è completa!



Archivio Storico SNS  
Raccolta fotografica:  
Compianto di Gilberto Bernardini  
(1976)



7 Novembre 2017

# La rinascita degli studi sulla Radiazione Cosmica

Causa di tutto ciò è stata la crescente consapevolezza della **interdisciplinarietà** fra vari campi di fisica: la Fisica delle Particelle, la Fisica della Radiazione Cosmica, l'Astrofisica, la Cosmologia

Tra i **problemi dibattuti alla fine degli anni '70** si ricordano brevemente: l'origine ed i meccanismi di **accelerazione** dei raggi cosmici specialmente ad alta energia, la **composizione** dei primari, la identificazione di **sorgenti** della radiazione cosmica, la "materia oscura" e le nuove particelle come WIMPS, neutralini, monopoli, etc., la nascente **astrofisica dei neutrini**.

Alcuni dei nuovi esperimenti per la ricerca di eventi rari, potevano essere condotti esclusivamente in condizioni di "**silenzio cosmico**", cioè l'abbattimento dei fondi mediante gli schermaggi naturalmente realizzati negli esperimenti sotterranei.

Esempi iniziali furono le esperienze estere volte a mettere in evidenza il decadimento del protone, previsto dalle teorie GUT, o la misura del flusso dei neutrini solari.

L'occasione per il passaggio dalle parole ai fatti fu colta dall'INFN, su iniziativa di **Antonino Zichichi**, allora Presidente, quando verso il termine degli scavi del traforo del Gran Sasso (circa 1982) riuscì a pianificare la costruzione ed ottenere un finanziamento da parte del governo, di un laboratorio sotterraneo



Una delle prime visite agli scavi per il laboratorio del Gran Sasso; Antonino Zichichi conduce la marcia. .. (1982).

# L'esperimento MACRO

Fatto il laboratorio bisognava costituire una **comunità** ed un **grande esperimento**

La collaborazione MACRO iniziò totalmente italiana, ma fu subito chiaro che in un nascente laboratorio nazionale doveva entrare una **collaborazione internazionale**.

Si prospettò l'ingresso di circa sei università americane coordinate dal **Barry Barish**. Questo portò ad un riassetto italiano con il gruppo di Torino che decise di uscire ed anche alcuni singoli, certe responsabilità furono riassegnate...

Era la **prima volta** che una grande collaborazione USA proponeva di venire a fare un esperimento in Italia!

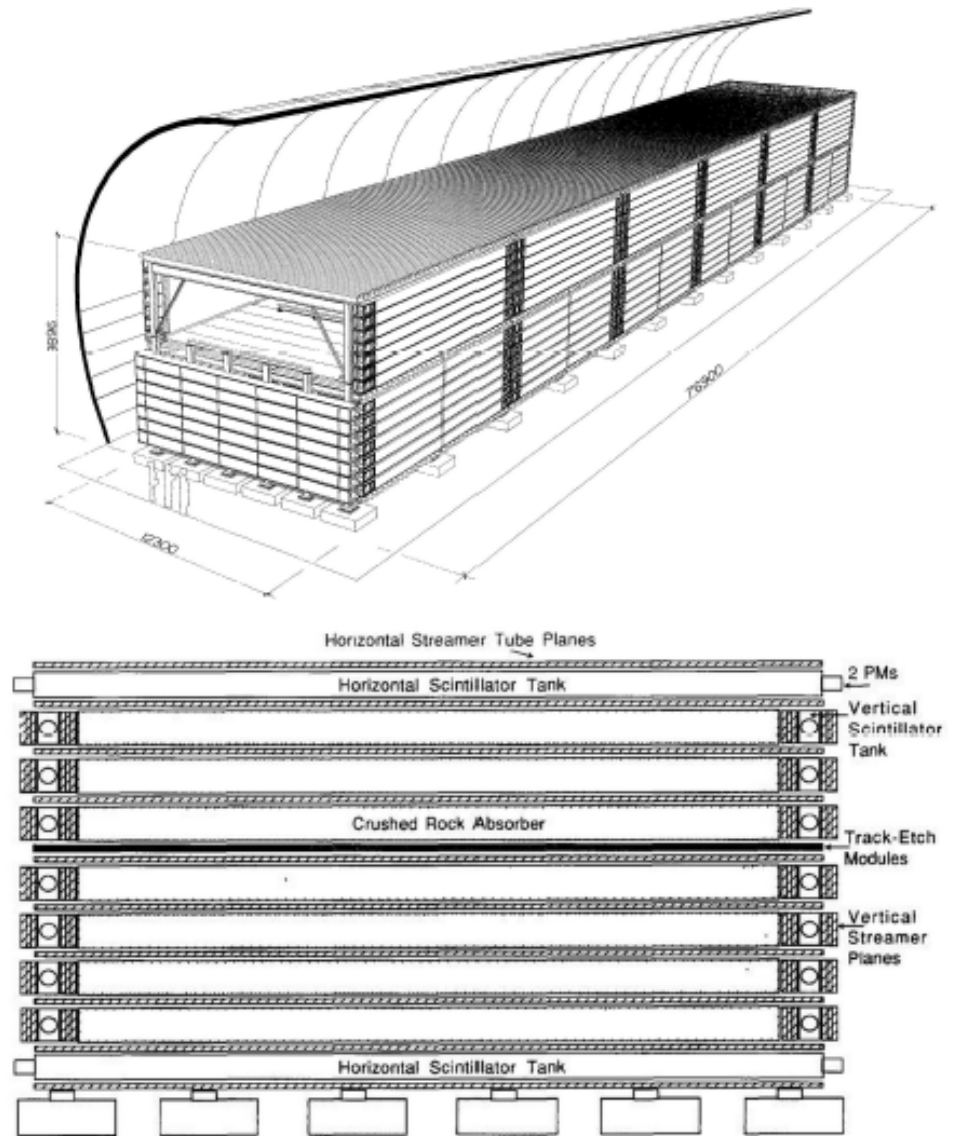
E' stato il **primo grande esperimento** di "Fisica senza Acceleratori" effettivamente costruito, l'iniziatore di una serie di esperimenti di questo tipo sia per Pisa che per l'INFN.

*"I contributi del gruppo di Pisa furono sempre di grande qualità, tali da imporsi alla stima di tutta la collaborazione; e infine le relazioni sul campo con i fisici americani e con Barish furono in generale assai soddisfacenti; la collaborazione funzionava!"*



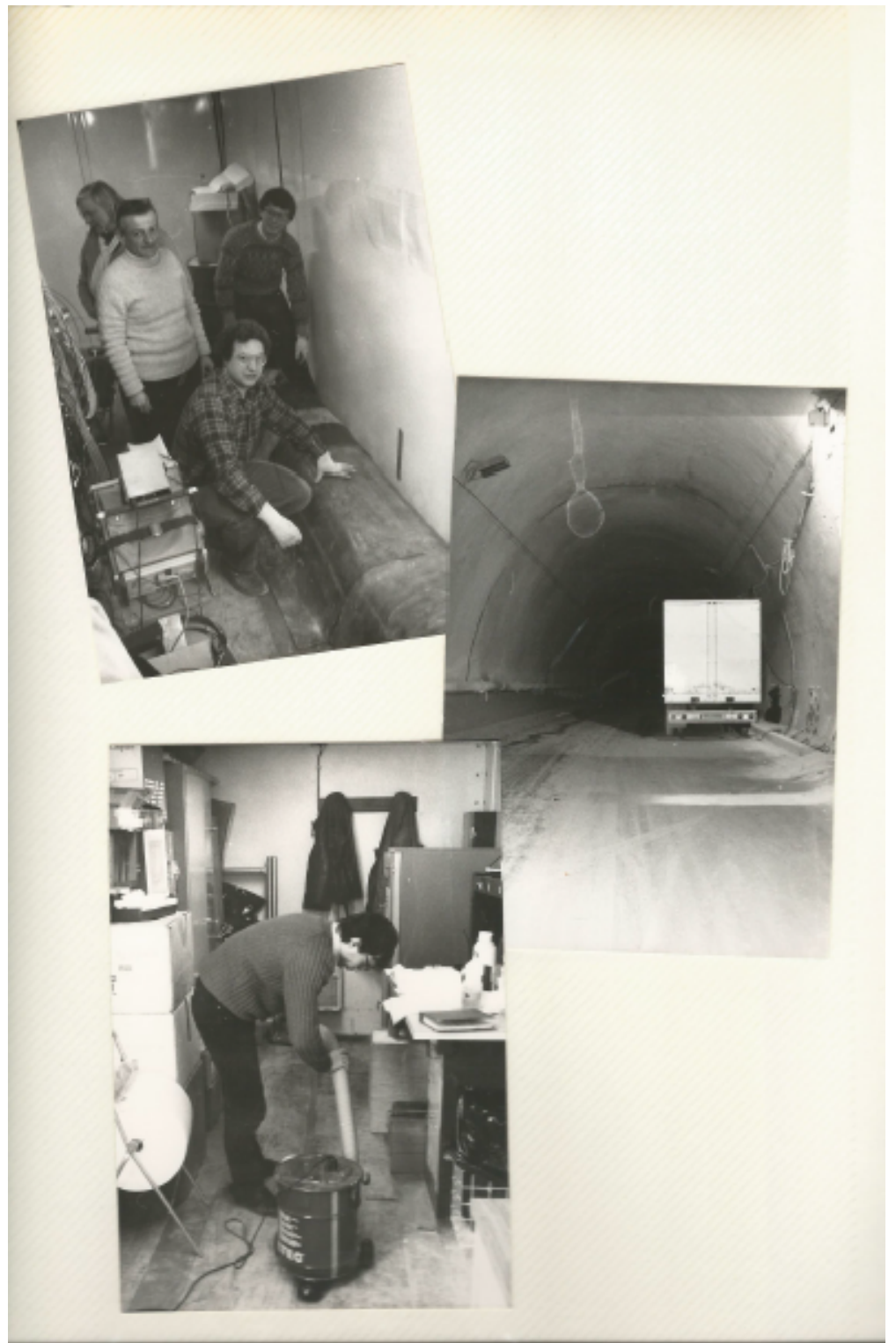
Le più importanti caratteristiche di MACRO.

- Copertura di roccia equivalente di almeno **3200 m.w.e.**
- Volume di **75.6x12x4.8 m<sup>3</sup>**.
- 290 contatori a scintillazione, ognuno di **11.9x0.75x0.26 m<sup>3</sup>**.
- massa totale installata di scintillatore era di **560** tonnellate.
- Tubi a streamer per un totale di circa **31200** fili.
- Strato di plastica per la rivelazione dei mono-poli circa **920 m<sup>2</sup>**.
- I muoni singoli raggiungenti MACRO erano circa **700/h**.
- Gli eventi di neutrino rivelati nel caso dell'esplosione di una supernova al centro della galassia sarebbero stati circa **125**.



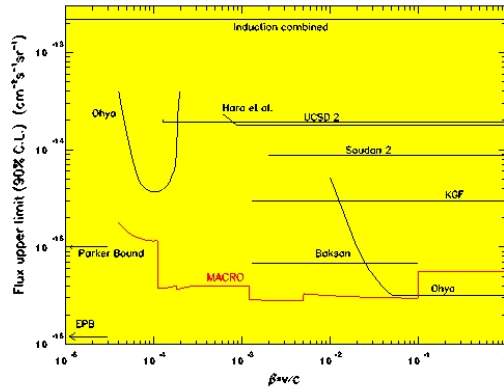
I primi tempi sono stati pionieristici  
e si possono raccontare molti  
aneddoti.

Lavoro comunque aveva anche  
momenti piacevoli all'Albergo  
Fiordigigli, quasi foresteria del  
nascente laboratorio

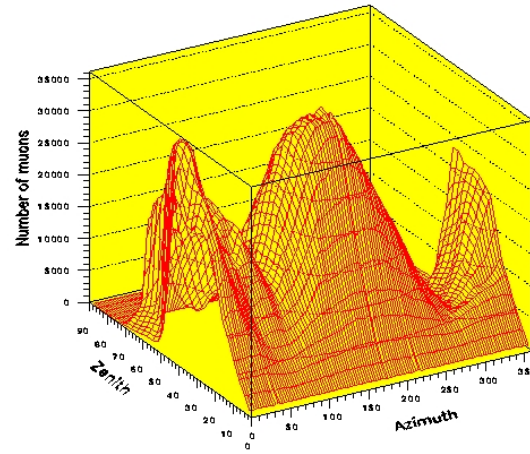


## SEARCH FOR G.U.T. MAGNETIC MONOPOLES

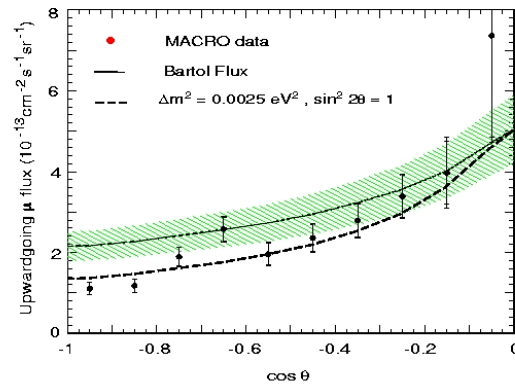
The MACRO detector, optimized for the search for supermassive ( $M > 10^{17}$  GeV) magnetic monopoles (MM) predicted by Grand Unified Theories (GUT) of the electroweak and strong interactions, has a modular structure with three types of detectors: streamer tubes, liquid scintillators and nuclear track detectors which allow redundant informations. No monopole candidate was observed.



## MUON "RADIOGRAPHY" OF THE GRAN SASSO MOUNTAIN

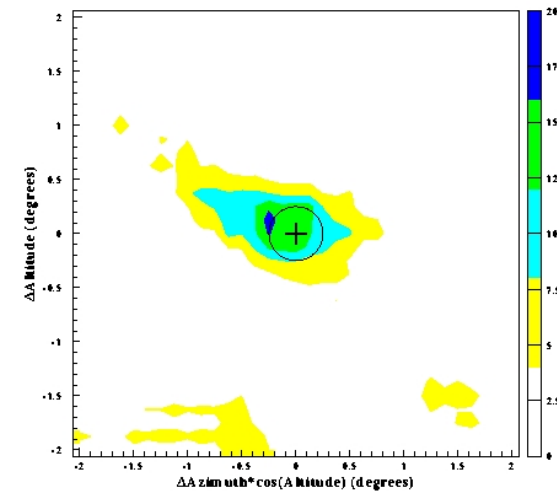


## ZENITH DISTRIBUTION AND MONTECARLO PREDICTIONS FOR UPGOING MUONS (Average $\nu_\mu$ energy $\sim 100$ GeV)



## SHADOWING OF COSMIC RAYS BY THE MOON

The pointing accuracy of MACRO can be established from the observation of the shadow of the primary cosmic rays flux by the moon.

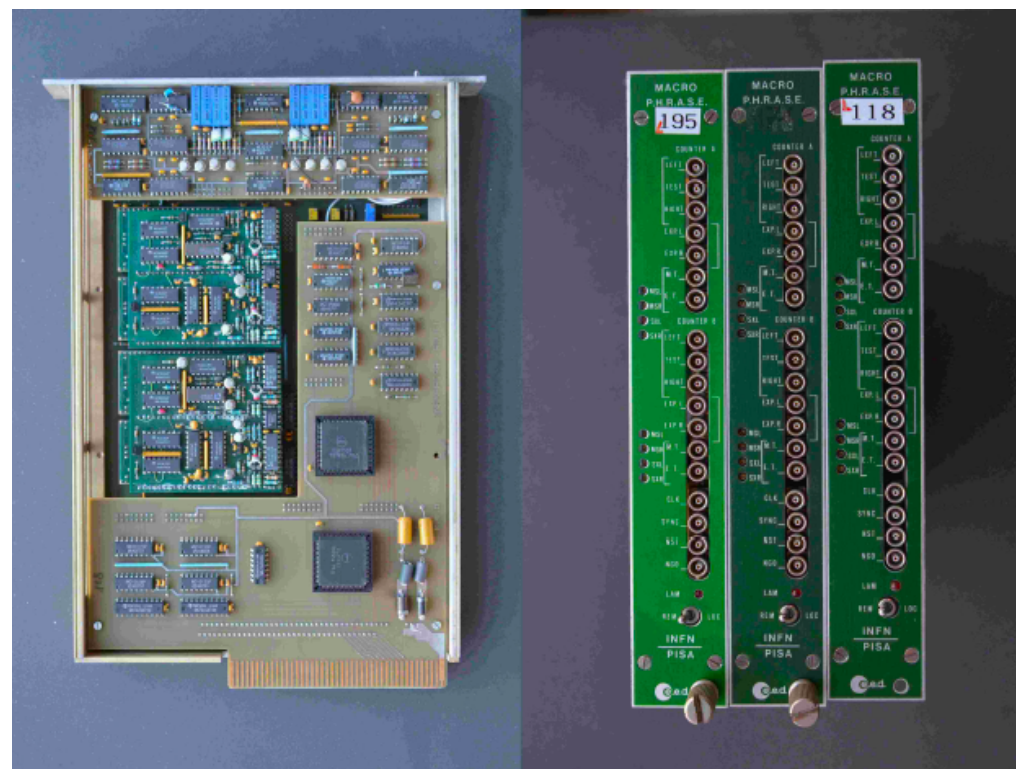


Il gruppo di Pisa ha avuto la responsabilità della rivelazione dei **Neutrini da Collassi Stellari Gravitazionali**. Si noti che il gruppo se ne è occupato dal 1983 prima della rivelazione del 1987 (... da allora nulla!)

Fu disegnato, costruito ed operato un sistema elettronico PHRASE con caratteristiche innovative per l'epoca (1986-1988). Il circuito, ideato da **Gianrossano Giannini, Roberto Pazzi e Marco Grassi**, fu realizzato con il contributo di tutto il gruppo. Era un compatto e complesso modulo CAMAC "multilayer".

Aveva **caratteristiche innovative** per l'epoca

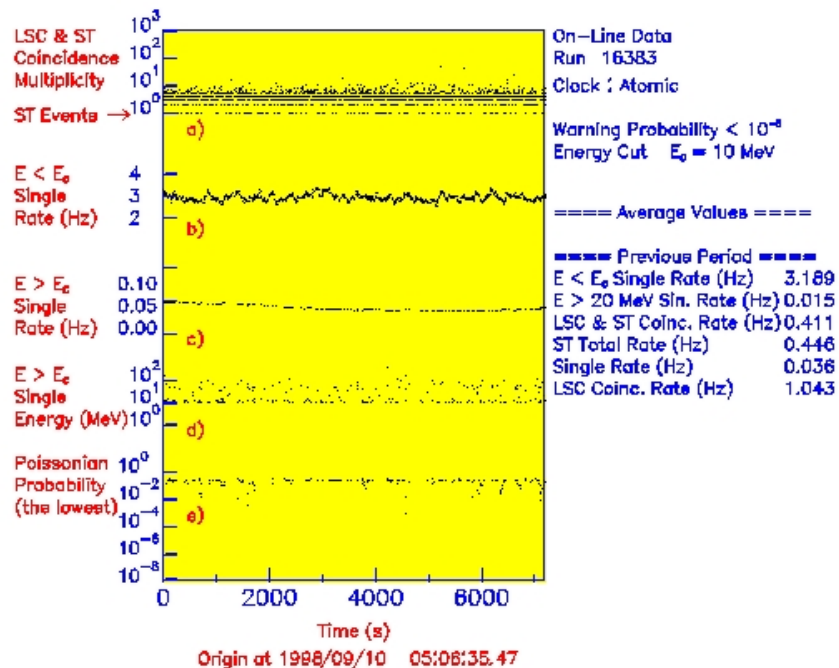
- **WFD a 100 MHz**
- **Correzione per la non uniformità dei contatori**
- **Regolazione online delle costanti di calibrazione**
- **Sincronizzazione al ns su tutto l'apparato**
- **Funzione di trigger per antineutrini da Collassi Gravitazionali**



Date le **attitudini dei colleghi americani**, decisero di costruire un sistema alternativo ERP. Noi tirammo dritto per la nostra strada ed alla fine il sistema di Pisa ha surclassato il parallelo sistema americano, che, fra l'altro, ha sempre dovuto dipendere per le sue calibrazioni e la definizione della scala di energie, dai dati elaborati dai pisani.

### REAL TIME NEUTRINO BURST DETECTION

A real time program collects and analyses events of the MACRO detector. The probability for the measured event clustering is computed, and if this probability exceeds a preset limit a message is sent via computer lines to the SuperNova International Alert Network and via portable phone to experts on-call.



Il sistema PHRASE era in grado di riconoscere **online** le caratteristiche interazioni degli antineutrini, e la seguente cattura del neutrone.

Fu quindi ideato e messo in funzione e operato per quasi 10 anni un **monitor online** che su base statistica forniva un allerta al fisico in turno di un possibile evento candidato di supernova per l'eventuale emissione di una IAU Circular. Era nato l' **Early Supernova Watch**.

Il sistema è oggi operativo nella rete dei grandi rivelatori di grande massa attivi nella rivelazione di collassi stellari.

Il gruppo era piccolo non potevamo organizzare turni 7/24 decidemmo di affidarci alla **moderna tecnologia dei telefoni veicolari connettibile con un calcolatore portatile.**

Non fu facile, ci volle una autorizzazione esplicita del presidente ad acquistare uno di questi telefoni ed adattarlo in un sistema trasportabile.



# Gli esperimenti senza acceleratori a Pisa

MACRO è stato il primo **ambizioso esperimento** in fisica “Astroparticellare” nel quale Pisa abbia fatto un notevole investimento.

Molti altre iniziative sono nate a Pisa. Se identifichiamo l’effettivo “inizio” con la data di sottomissione di una proposta ufficiale, non tenendo in conto gli studi preliminari e la ricerca della collaborazione, questa è la lista.

- **MACRO 1983**
- **VIRGO 1989 (IRAS 1985)**
- **GAL 1992**
- PVLAS 1994
- **CHOOZ 1994**
- CLUE 1995
- NOMAD 1996 (**relazione di L. Di Lella**)
- GLAST/FERMI 2001
- MAGIC 2002
- AMS2 2002
- ANTARES 2006
- NEMO 2006
- GINGER
- CALET
- CREAM
- LSPE

# L'esperimento VIRGO

L'iniziativa in Italia degli studi per la rivelazione di onde gravitazionali con metodi interferometrici è certamente dovuta a **Adalberto Giazotto** e risale al 1980.

Nessuno a Pisa aveva precedente esperienza nel campo della rivelazione delle onde gravitazionali; Giazotto iniziò una nuova disciplina comprendendo pienamente tutti i punti critici del progetto.

I primi studi con la proposta IRAS (1984)

*Interferometer for Seismic noise Active Reduction*

portarono allo sviluppo dei

Superattenuatori (1987) con la

partecipazione di **Raffaele Del Fabbro,**

**Angela Di Virgilio, Adalberto**

**Giazotto, Hans Kautzky, Vinicio**

**Montelatici, Diego Passuello, Arnaldo**

**Stefanini**


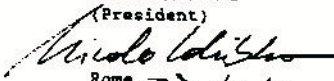




La collaborazione con **Alain Brillet**, la disponibilità del sito di Cascina, grazie al sindaco **Franco Viegi**, l'accordo di puntare obiettivo ambizioso in termini di sensibilità e frequenza si conclusero con la scrittura della proposta **VIRGO (1989)**

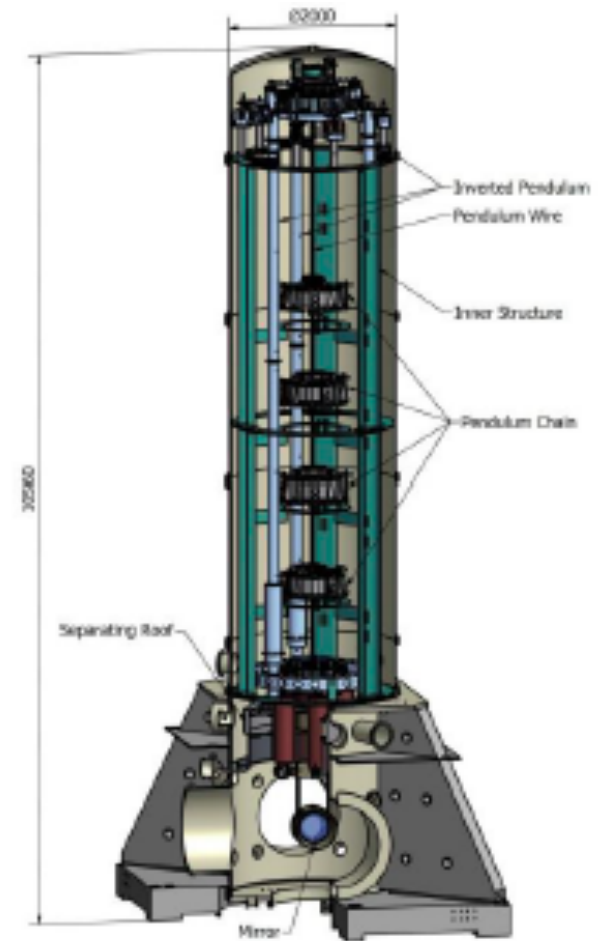
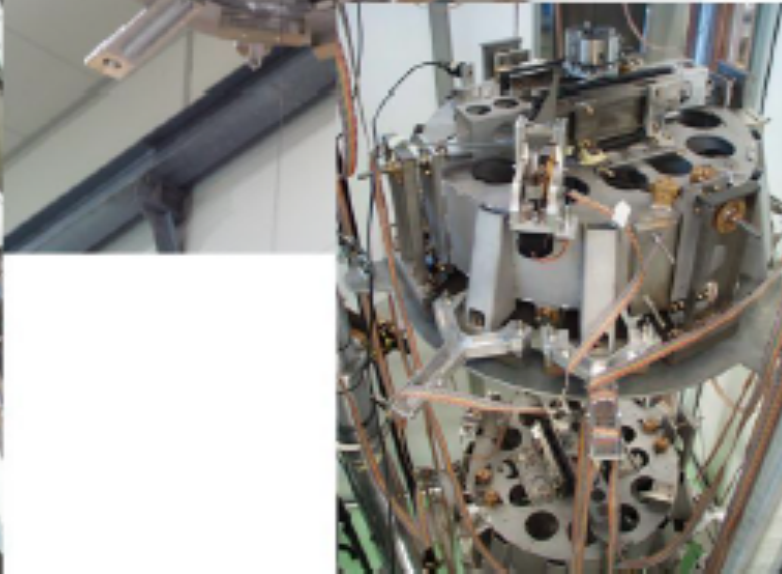
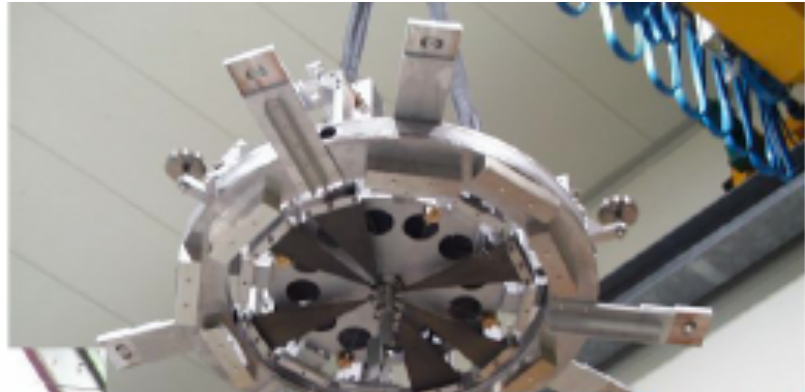
Il presidente INFN Nicola Cabibbo, dopo verifica della determinazione dei proponenti e della Sezione di Pisa nel perseguire il progetto, appoggiò l'iniziativa.

“**Expression of common interest**” fu firmata tra INFN e CNRS nel 1991

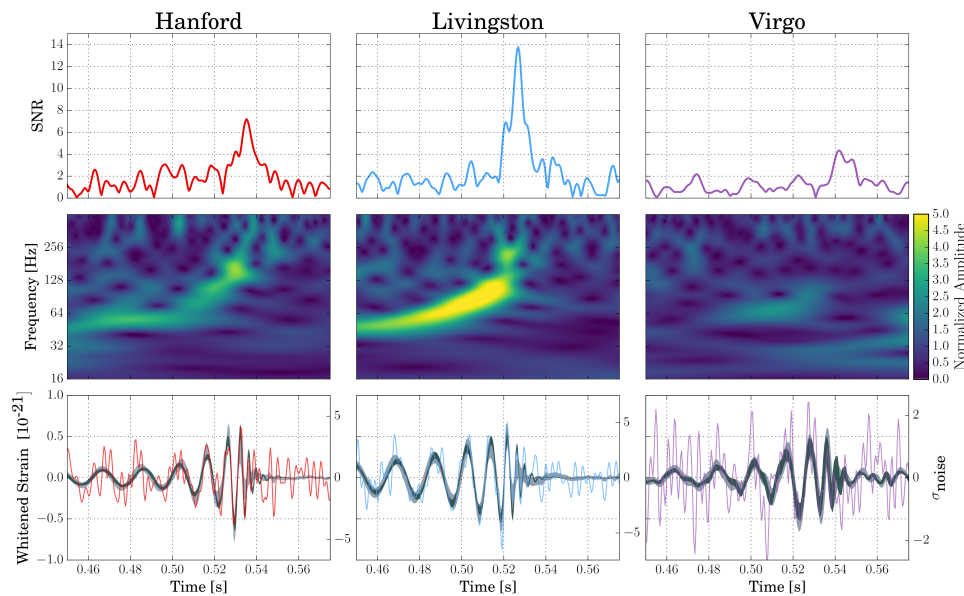
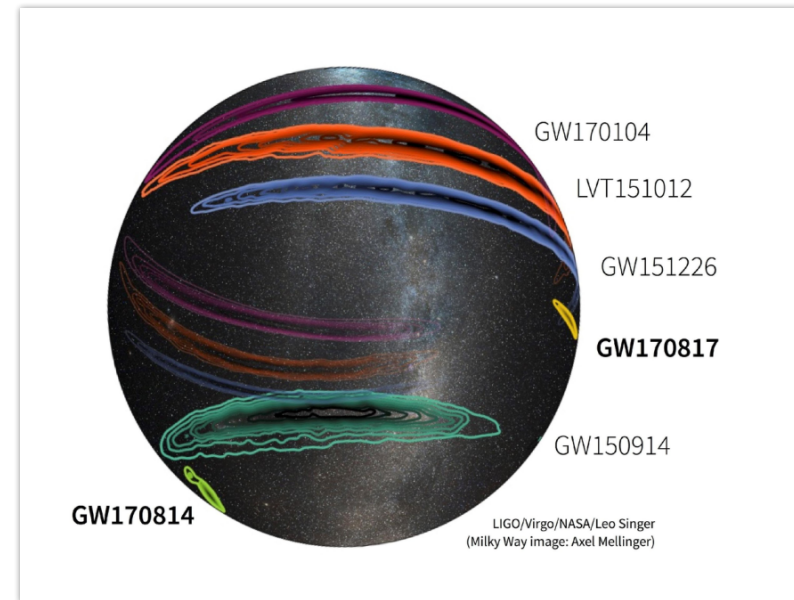
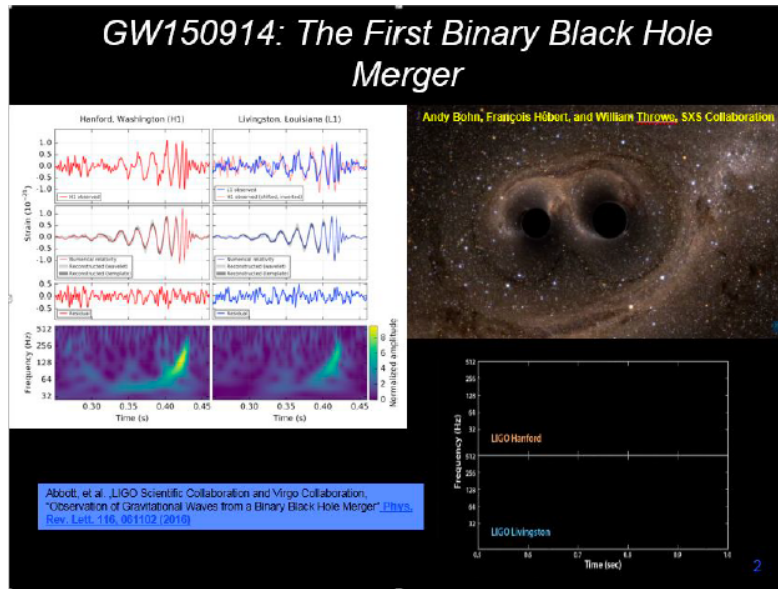
<b>VIRGO PROJECT</b>	September 1991	<b>CNRS and INFN</b>
Expression of common interest		express their common interest in continuing the studies in view of building and operating together the VIRGO antenna;
by		express their common interest in acquiring new partnerships (terms and conditions to be agreed upon);
<b>"CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE" (CNRS)</b>		agree that the collaboration will make all efforts in view of setting-up proper connections with other antenna projects;
and		agree to promote the setting up of an European ad-hoc Committee to organise an effective coordination between the representatives of the funded gravitational antenna projects in Europe;
<b>"ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE" (INFN)</b>		agree to promote in the appropriate time the same coordination with the US project;
Considering that the detection of gravitational waves would provide :		understand that a major step toward the complete definition of the project will be the "Final Design" of VIRGO;
- in the field of fundamental physics :		agree that any further decision can be taken only after the analysis and discussion of the Final Design.
. a direct proof of the existence of gravitational radiation;		
. a proof of the tensor character of the gravitational field;		
- in the field of astronomy and astrophysics :		
. new means of observing distant objects, the third means besides electromagnetic waves and neutrinos; this new means of observation will be unique for highly energetic phenomena such as collapses of supermassive and close binaries;		
Considering that a collaboration exists since several years between French and Italian teams, with complementary expertise, and that advances results have been obtained - cf. Annex		
	Paris, 27 Sept 1991	For CNRS Dr F. KOURILSKY (Director General)
		For INFN Prof. N. CABIBBO (President)  Rome, 27/9/91



# The Super-Attenuator



# La rivelazione delle Onde Gravitazionali da buchi neri, prima, e da stelle di neutroni, in seguito, è storia di oggi.



Dalle prime idee (1980), alla proposta (1989), alla approvazione del progetto (1994), al termine della costruzione (2003), ad una prima entrata in funzione (2007) trascorre un lasso di tempo lunghissimo; **rappresenta una frazione importante di una vita umana**; richiede doti di **dedizione, impegno, resistenza**, indubbiamente legate agli aspetti di un progetto tanto ambizioso, ma che ha finito per richiedere straordinarie qualità agli stessi sperimentatori proponenti.

*“A mio parere, fra i tanti progressi in fisica delle particelle ottenuti con il contributo pisano, la rivelazione delle onde gravitazionali è probabilmente quello di maggiore importanza.”*

Le osservazioni di fenomeni cosmici mediante segnali multipli è una delle maggiori speranze di progresso per l'astrofisica; le onde gravitazionali completano i mezzi osservativi già a nostra disposizione; **l'indagine astrofisica si basa ora su tutte e quattro le interazioni fondamentali.**

# L'esperimento GAL

L'esperimento GAL, iniziato nel 1992, proposto e condotto da **S.Carusotto**, **V.Cavasinni**, **F.Perrone**, **E.Polacco** indagato la **validità dell'universalità di  $g$**  studiando la caduta dei gravi con un apparato facente uso di moderni metodi ottici..  
Il risultato: l'universalità di  $g$  non appare violata.

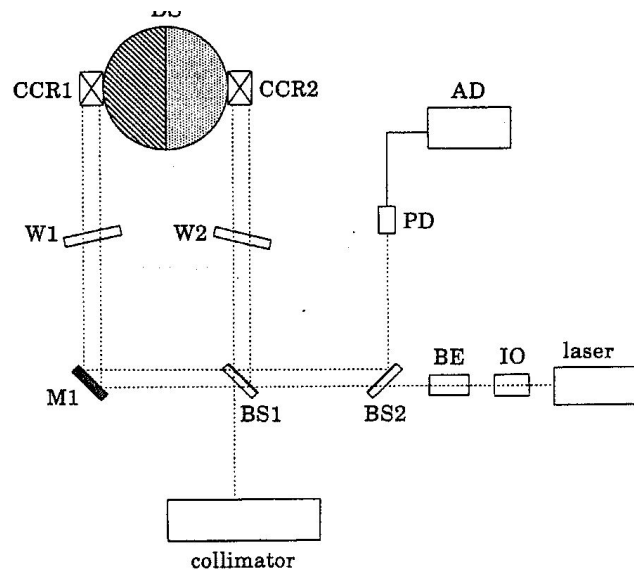


Fig. 1. – Schematic view of the apparatus. DS is the disk, CCR are corner-cube refl. optical windows, BS is a beam splitter, M are mirrors, BE is a beam expander, IO isolator. PD are photodiodes and AD is an analog-to-digital converter.

IL NUOVO CIMENTO

VOL. 111 B, N. 10

Ottobre 1996

## **$g$ -universality test with a Galileo's type experiment**

S. CARUSOTTO<sup>(1)</sup>, V. CAVASINNI<sup>(1)</sup>, F. PERRONE<sup>(1)</sup>, E. POLACCO<sup>(1)</sup>  
E. IACOPINI<sup>(2)</sup> and G. STEFANINI<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Dipartimento di Fisica, Università di Pisa - Pisa, Italy  
INFN, Sezione di Pisa - Pisa, Italy

<sup>(2)</sup> Dipartimento di Fisica, Università di Firenze - Firenze, Italy  
INFN, Sezione di Firenze - Firenze, Italy

<sup>(3)</sup> CERN - Geneva, Switzerland

(ricevuto il 17 Giugno 1996; approvato il 23 Luglio 1996)

**Summary.** — We describe in detail a Galilean experiment performed to test the  $g$ -universality and we present our final results. The experiment measures the simultaneous free falling of two masses of different nuclear composition. The results have shown no evidence for any composition-dependent acceleration within a sensitivity of  $\Delta a < 1 \mu\text{Gal}$ .

PACS 04.90 – Other topics in general relativity and gravitation.  
PACS 04.80 – Experimental studies of gravity.

# L'esperimento CHOOZ

Le prime discussioni sull'esperimento avvennero nel 1994 quando era ancora in corso MACRO al Gran Sasso; richiesero solo qualche breve viaggio negli USA e a Parigi per formare la piccola collaborazione .

In quell'epoca alcuni esperimenti sui neutrini solari ed atmosferici avevano misurato anomalie sul flusso di neutrini interpretabili col fenomeno delle oscillazioni. La verifica era possibile con gli antineutrini da reattore se il rivelatore era posto a distanza dell'ordine del km.

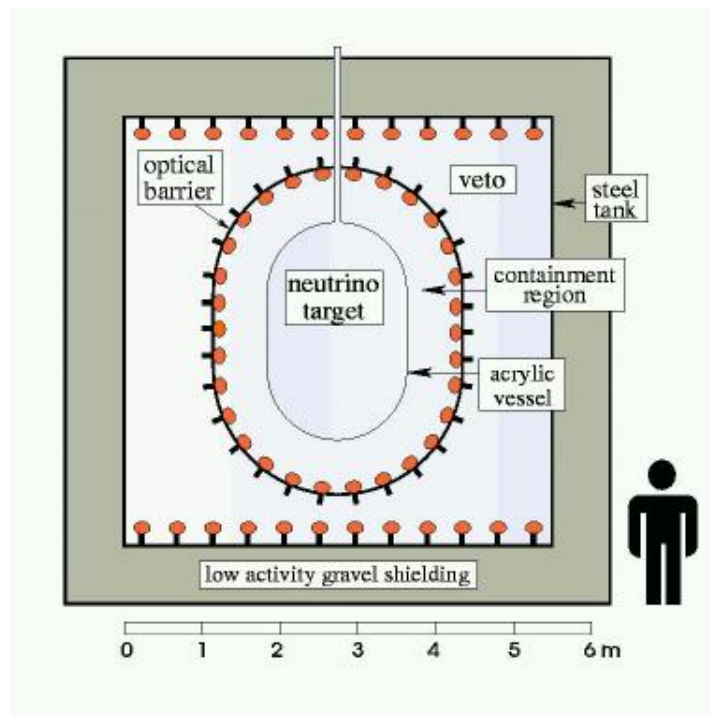
La proposta fu completata velocemente (1994) con la partecipazione completa del gruppo di Pisa di MACRO. **A.Baldini, C.Bemporad, F.Cei, M.Grassi, D.Nicolò, R.Pazzi**

EdF stava completando un nuovo sito con due reattori gemelli di nuova concezione da 4,3 GWth vicino al vecchio sito Chooz A nel quale aveva operato un delle prime centrali francesi nel periodo post bellico.

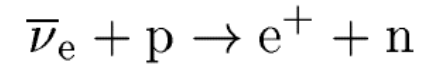
Condizione ideale individuata e proposta dai colleghi francesi.







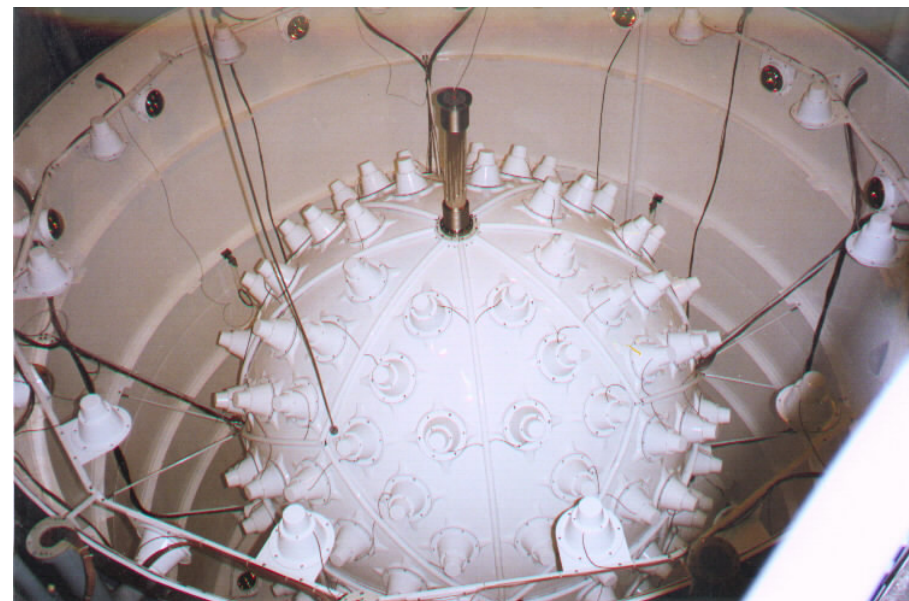
La tecnica di rivelazione era consolidata



seguita dalla cattura del neutrone su gadolinio ma condotta in ambiente a basso fondo.

### Struttura alla Borexino

- Bersaglio dei neutrino  
**5t scintillatore liquido caricato al Gd**
- Contenimento energia  
**17t scintillatore liquido**
- Anticoincidenza  
**90t scintillatore liquido**



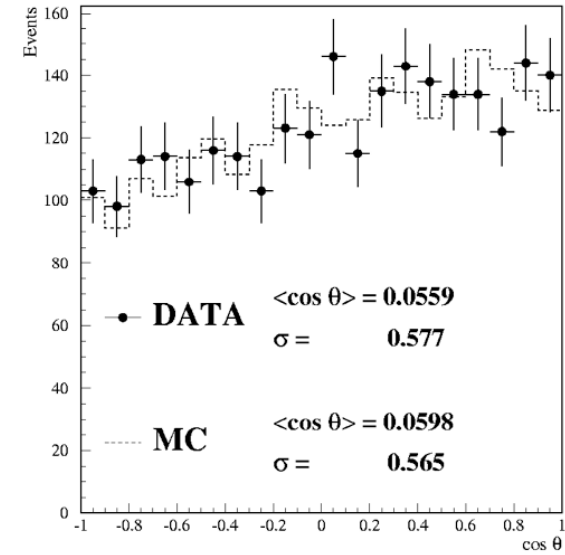
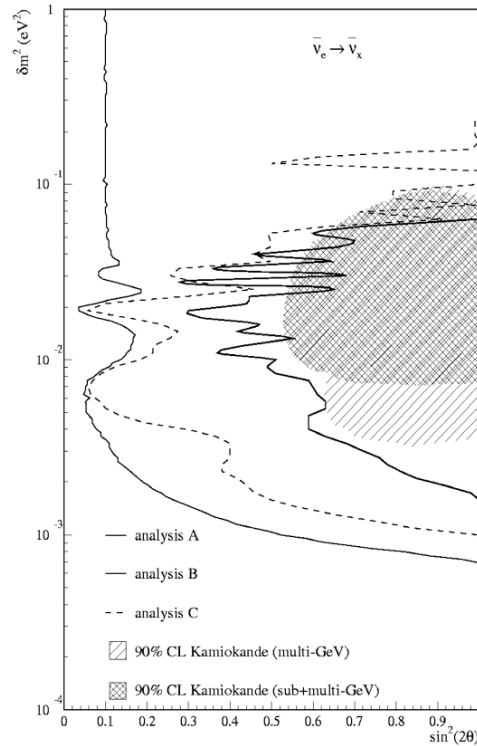
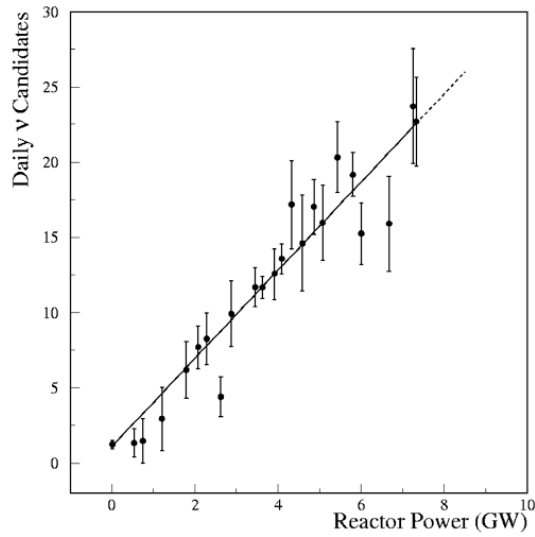
La logistica iniziale era un incubo, con lunghi viaggi, ma finalmente fu pronta la foresteria allestita nel **Chateau d'Aviette**, che il Consiglio Regionale delle Ardenne e il suo presidente, senatore Jacques Sourdille, aveva fatto ristrutturare e ci avevano messo a disposizione. Anche qui si possono raccontare vari aneddoti.



Credo che poche collaborazioni abbiano ricevuto un simile trattamento, che è rimasto impresso anche nei ricordi dei nostri tecnici



L'esperimento si è concluso velocemente (17 mesi di presa dati) **escludendo la regione dell'anomalia come causata da oscillazione di neutrini e**



## Commenti finali

Quando si esamina un lungo periodo storico, anche se in modo parziale, riveste un certo significato il riconoscere come si sia modificato nel tempo il peso dei vari tipi di sperimentazione fisica.

In questo arco temporale si è costituita a Pisa una comunità di fisici delle particelle che si è affermata partecipando ad esperimenti in (quasi) tutti i principali laboratori mondiali con macchine acceleratrici.

Uno spostamento verso tematiche di fisica non richiedenti l'uso di acceleratori avvenne a Pisa con la proposta VIRGO e con l'avvio dell'esperimento MACRO presso il Laboratorio del Gran Sasso.

Il consolidamento delle ricerche in fisica astro-particellare, o più ampiamente in fisica cosmo-particellare, è avvenuta nei primi anni del 2000 con la partecipazione ad un consistente numero di rilevanti esperimenti senza acceleratori.

Quindi anche se “Il futuro ha un cuore antico”, citando Carlo Levi, non ci resta che attivamente operare ed ogni tanto cercare di avere una visione più ampia di quanto ci circonda.