

Workshop in onore di *Rinaldo Santonico*
Roma 20 febbraio 2014

L'esperimento NADIR e gli RPC

Cesare Bini

Sapienza Università e INFN Roma.

Breve Introduzione

- Tre passaggi importanti dell'avventura scientifica di Rinaldo Santonico:
 - NADIR
 - FENICE
 - ATLAS
- Tre passaggi importanti nella storia degli RPC attraverso >30 anni di attività
- Ma non solo RPC: anche analisi dati...

L'esperimento NADIR - I

Focus sulle “**GUT**” negli anni 80:

-- Proton decay,...

-- **neutron-antineutron oscillations**

Due approcci:

-- **Neutroni nei nuclei**

(by-product di proton-decay)

(2001: ultimo risultato $T > 1.3 \times 10^8$)

-- **Oscillazioni libere:**

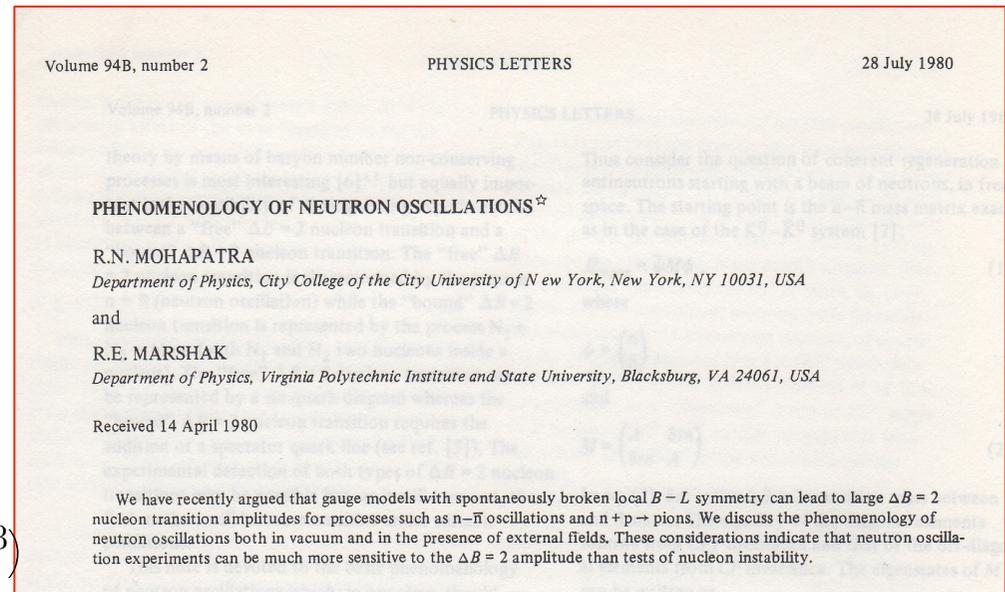
Grenoble experiment(s)

(1985: primo risultato $T > 1 \times 10^6$)

(1994: ultimo risultato $T > 9 \times 10^7$)

NADIR al reattore di Pavia

(1989: risultato unico $T > 0.5 \times 10^6$ s)



Nei modelli **left-right symmetric**, la violazione di B-L genera transizioni $\Delta B=2$

Vite medie predette: **$T \approx 10^6$ s.**

Nuove proposte in circolazione

L'esperimento NADIR - II

- L'esperimento è approvato dall'INFN (CSN2) nel 1981
- Due gruppi INFN:
 - **Pavia** (comprendente anche Lab.LENA dell'Università di Pavia, C.C.R. Euratom, Ispra, e CESNEF Politecnico, Milan):
 - **Rome group** (in seguito diviso tra Sapienza e Tor Vergata)
- Il sito: reattore TRIGA MARK II del lab.LENA (Laboratorio per l'Energia Nucleare Applicata) all'Università di Pavia

Search for free neutron-antineutron oscillations*

G. Bressi, E. Calligarich, M. Cambiaghi, R. Dolfini, M. Genoni, A. Gigli Berzolari, A. Lanza, G. Liguori, F. Mauri, A. Piazzoli, S.P. Ratti, P. Torre

Dipartimento di Fisica Nucleare e Teorica, Università di Pavia, and INFN Sezione di Pavia, Italy

C. Bini, M. Conversi**, G. De Zorzi, P. Gauzzi, F. Massa, D. Zanello

Dipartimento di Fisica, Università "La Sapienza", Roma and INFN Sezione di Roma, Italy

R. Cardarelli, R. Santonico

Dipartimento di Fisica, Università "Tor Vergata", Roma and INFN Sezione di Roma, Italy

D. Scannicchio

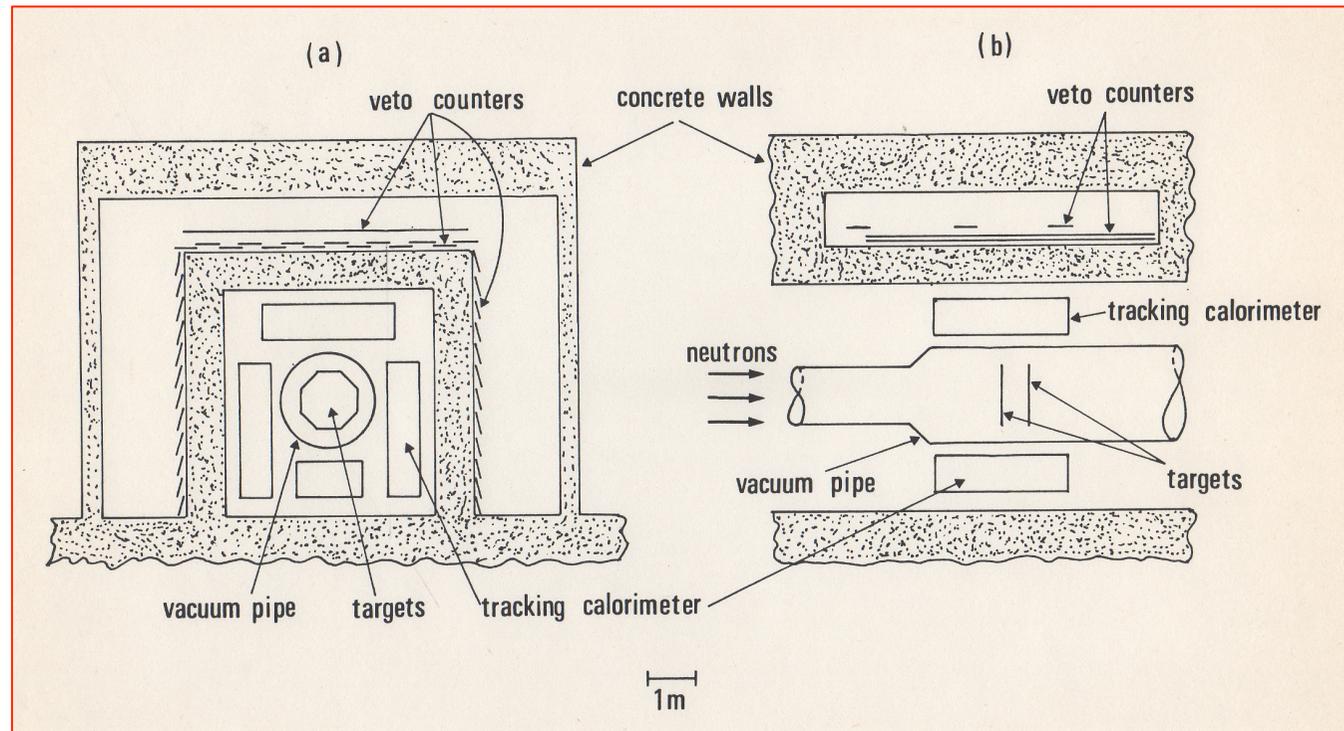
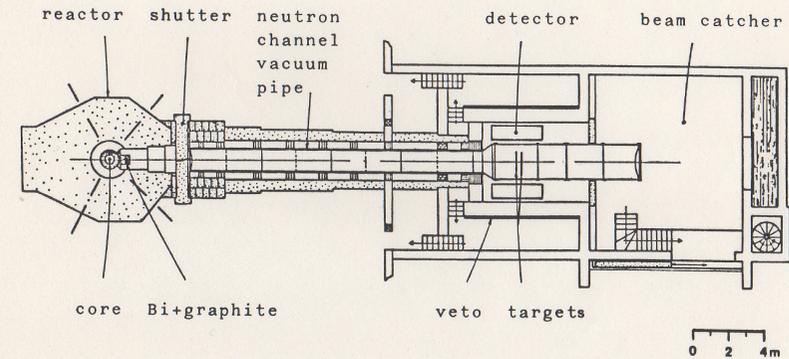
Istituto di Matematica e Fisica, Università di Sassari and INFN Sezione di Pavia, Italy

M. Terrani

Centro Studi Esperienze E. Fermi, Politecnico di Milano, and INFN Sezione di Pavia, Italy

L'apparato NADIR

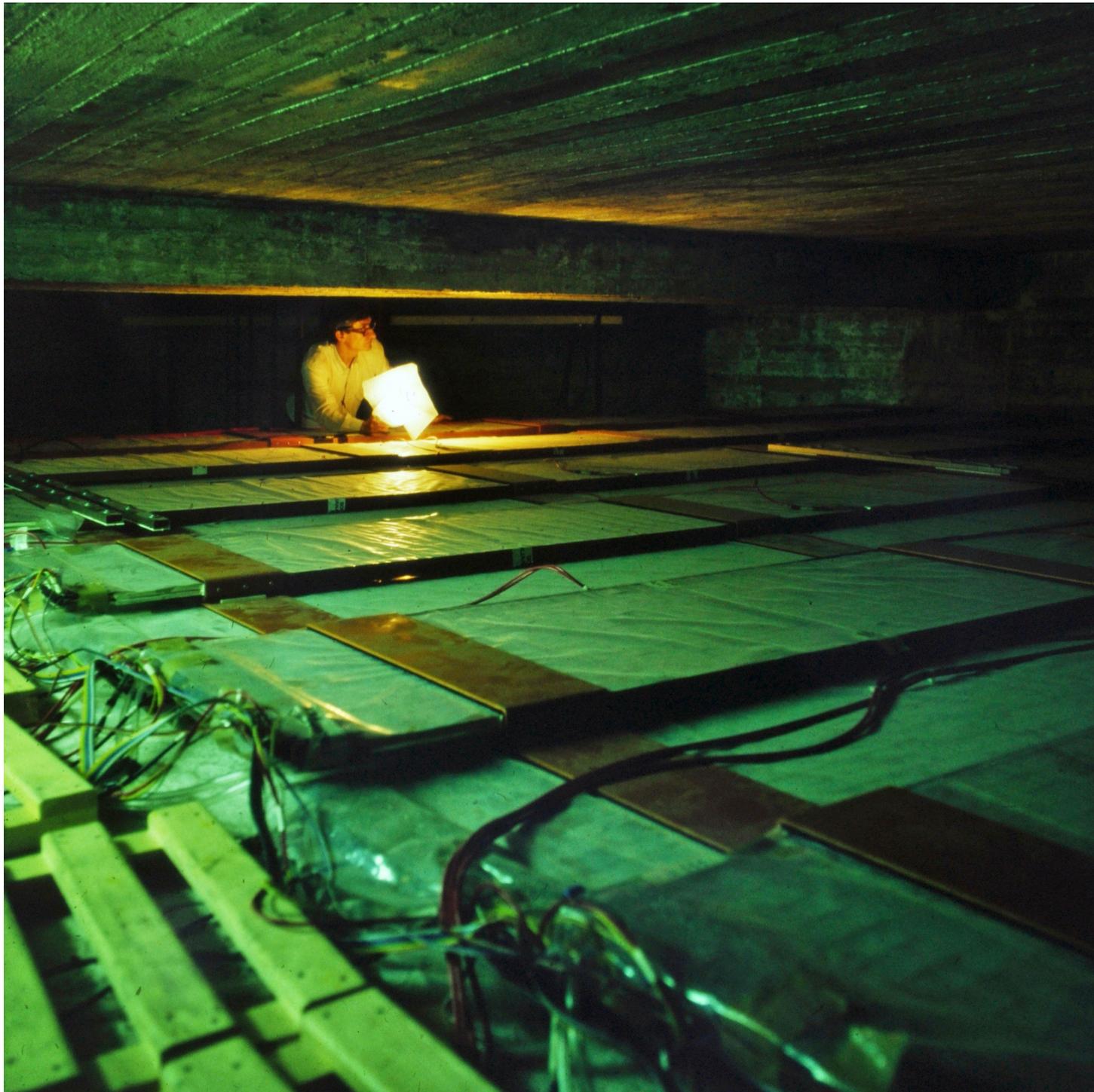
- Sorgente di neutroni termici
- Canale neutronico (schermato da Bt)
- Doppia targhetta
- Rivelatore (“tecnologia made in Rome”)
 - **Flash tubes hodoscope**
 - **Trigger scintillators**
 - **RPC veto**





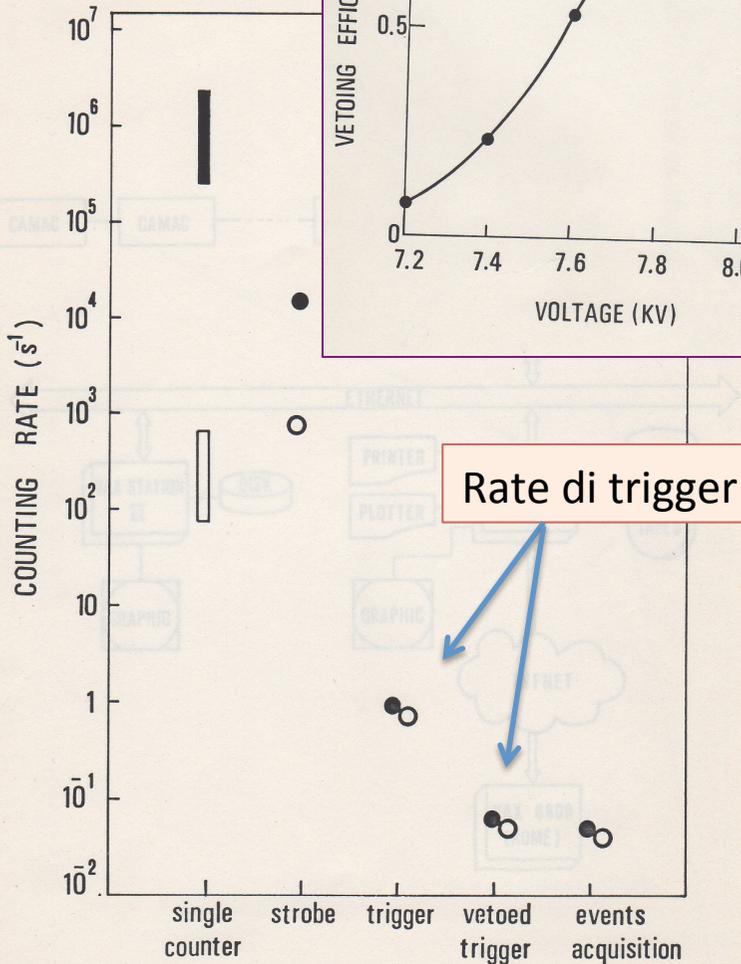
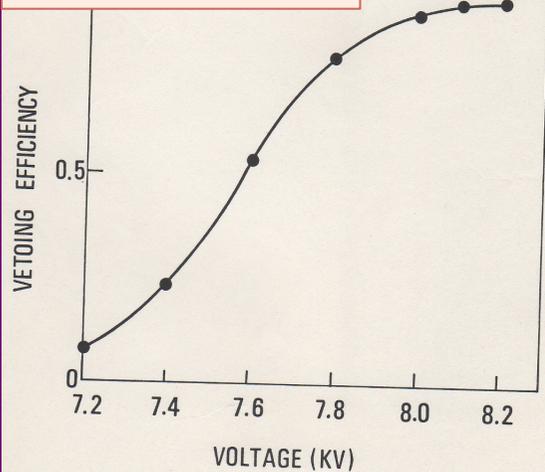






Gli RPC nell'esperimento NADIR

Curva di plateau



Rate di trigger

TABLE 1

Summary of main features of detector components

Trigger system
(scintillators)

counter dimensions	270x27x4 cm ³
number of counters	117
number of PM's and HV channels	234
number of resistive mixers and discrimination channels	117

Charged track detector
(Flash chambers of plastic material)

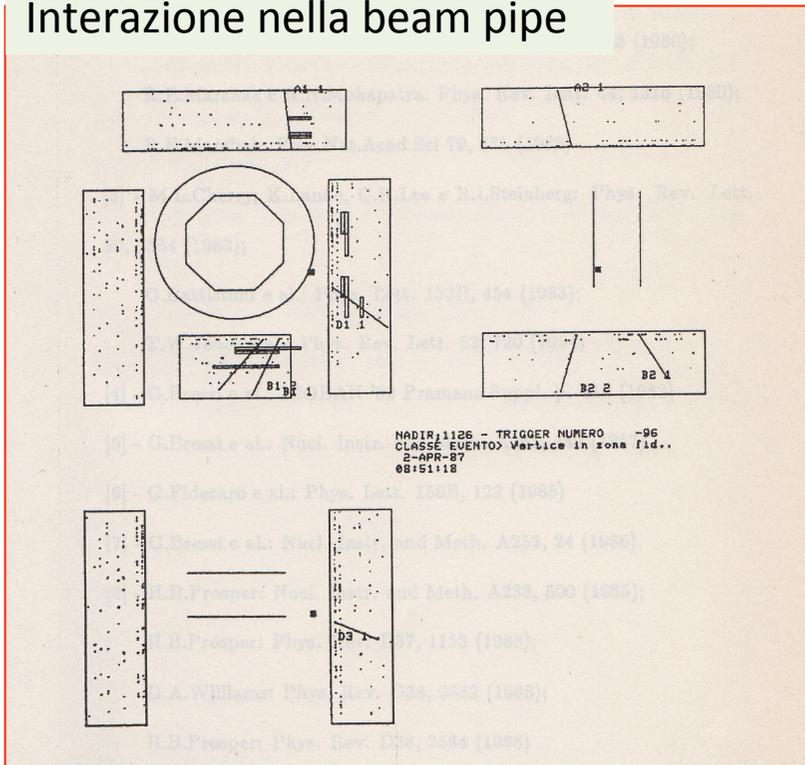
gas volume (4 calorimeters)	5 m ³
number and dimensions of the 32 "quadrigap" chambers	24: 300x300 cm ² 8: 150x300 cm ²
number of read-out channels	58,240
transverse cell size	0.5x0.5 cm ²
H.V. pulse rise time	~ 100 ns
H.V. pulse width	~ 500 ns
operating H.V.	4.2 KV
single gap efficiency (typical)	80%
memory time without clearing field	~ 5 μs
" " with " " (2V, 50 s ⁻¹)	~ 1 μs
gas mixture	80% Ne + 20% He
gas flow	1 Vol/ hour
gas percentage loss	0.3%
absorber thickness x number	0.5 cm Pb x 3 + 2.0 cm Fe x 3

Veto system
(RPC counters)

total area	120 m ²
number of counters	41
counter dimensions	600 x 50 cm ²
area of single spacer	0.8 cm ²
number of spacers/m ²	100
counter efficiency for m.i.p.	98% + 99%
operating d.c. high voltage	~ 8 KV
gap width	2 mm
typical pulse on 50Ω pick-up strip line	10 ns x 0.5 V
gas mixture	~67% Ar + 33% Butane + 0.3% Freon
gas volume	0.5 m ³
gas flow	0.1 Vol/hour

Risultati dell'esperimento NADIR

Event display di un candidato
Interazione nella beam pipe



Distribuzione delle posizioni dei vertici
dei candidati: nessun evento nelle targhette

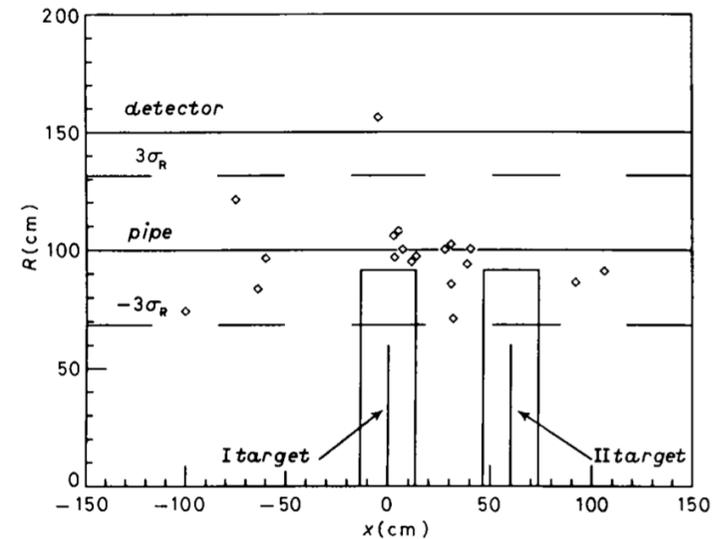


Fig. 10. - Reconstructed vertex distribution of 22 events which survive the final step of analysis. x and R are respectively the coordinate along the n beam and the radial distance respect to the beam axis. The 3σ fiducial areas around the targets are shown, as well as the 3σ fiducial region around the pipe. Three events are outside the figure.

$$t_{n-\bar{n}} > t_{\text{eff}} \sqrt{\frac{I_n T \epsilon_t \epsilon_a}{K(90\%)}}$$

Lower limit: $t_{nn} > 4.9 \times 10^5 \text{ s}$

Ancora NADIR: raggi cosmici

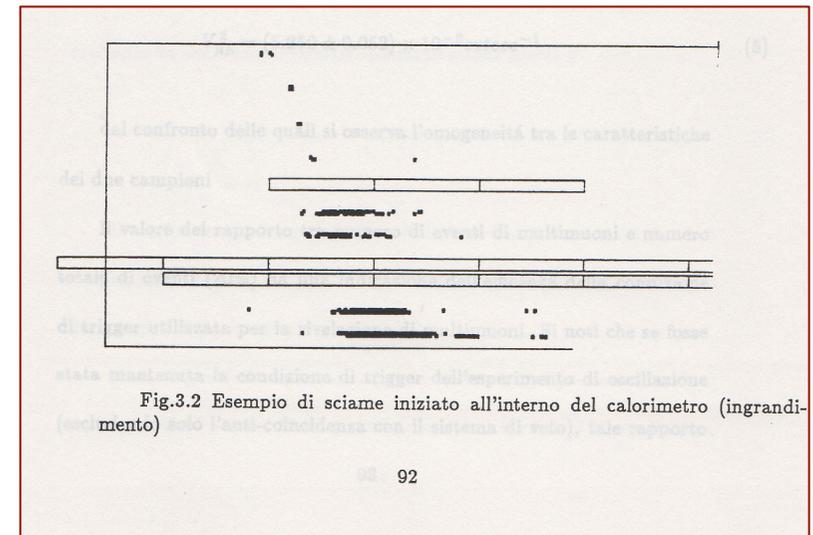
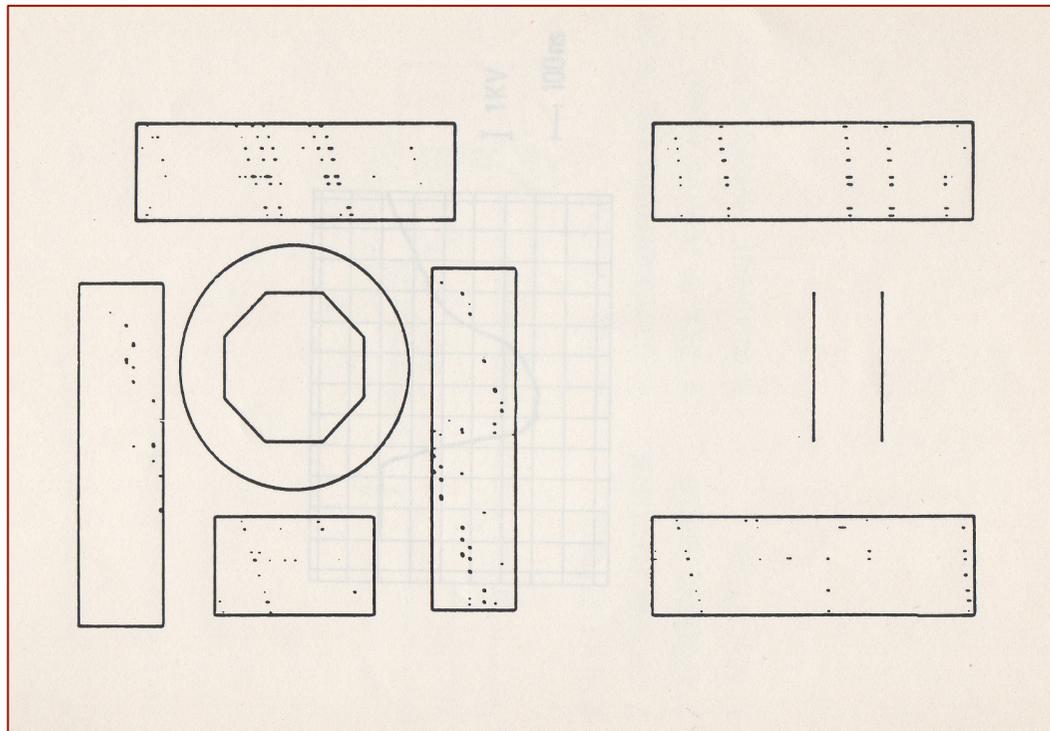
Reactor off runs: → eventi molto puliti

-- cosmic showers

-- multi-muon trigger

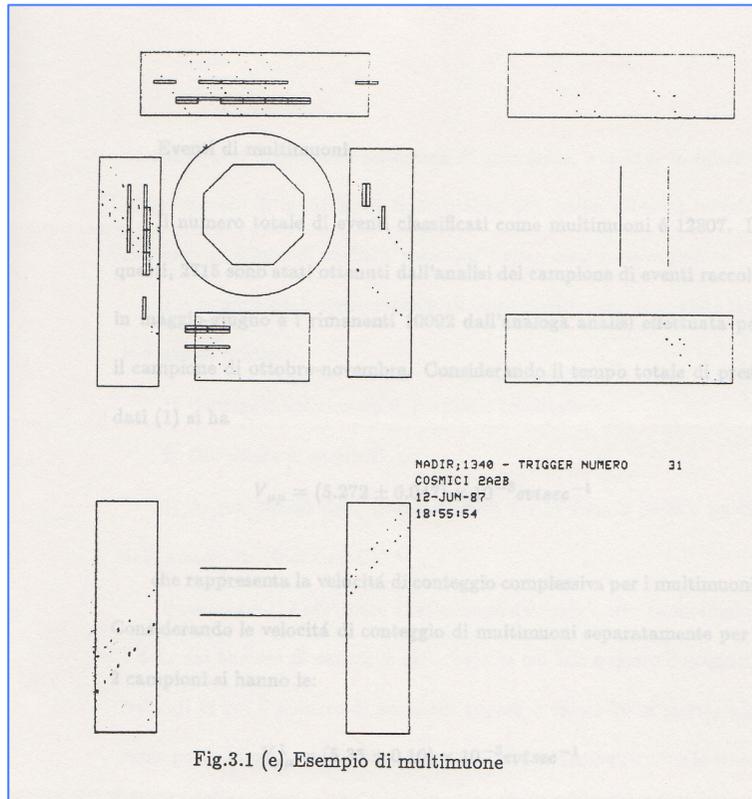
rate $\approx 10^{-2}$ Hz

risoluzione angolare \approx mrad

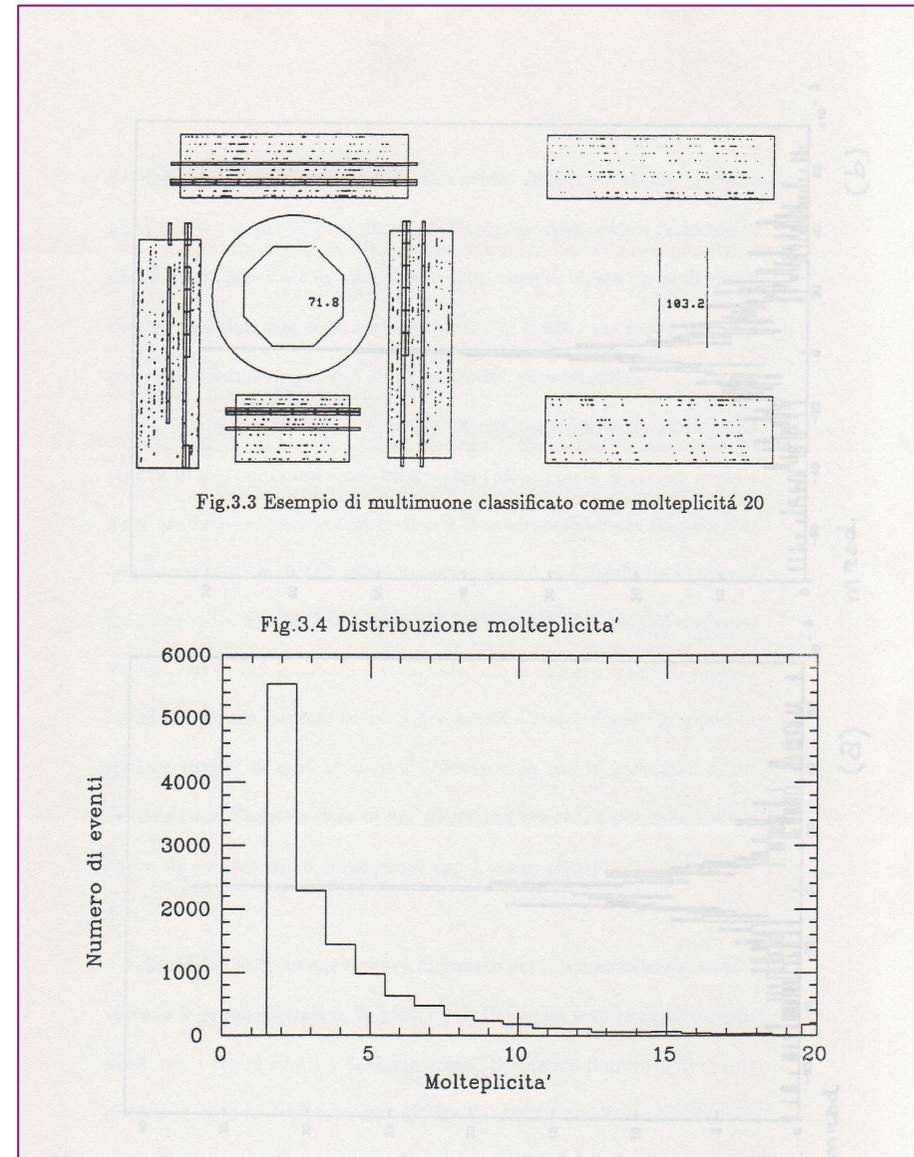


Si decide di prendere dati con reattore spento con trigger per eventi multi-muoni (veto off...)

Muon bundles - I



- Due direzioni di analisi (e due articoli)
- distribuzione in molteplicità e studio spettro in energia (Pavia)
 - distribuzione delle direzioni di arrivo ricerca di sorgenti e anisotropia (Roma)



In quegli anni c'è molto interesse per lo studio delle sorgenti di raggi γ : Cygnus X-3 e molte altre osservazioni. E nell'INFN nascono iniziative. Ci appassionammo a questa ricerca.

DETECTION OF 2×10^{15} TO 2×10^{16} eV GAMMA-RAYS FROM CYGNUS X-3

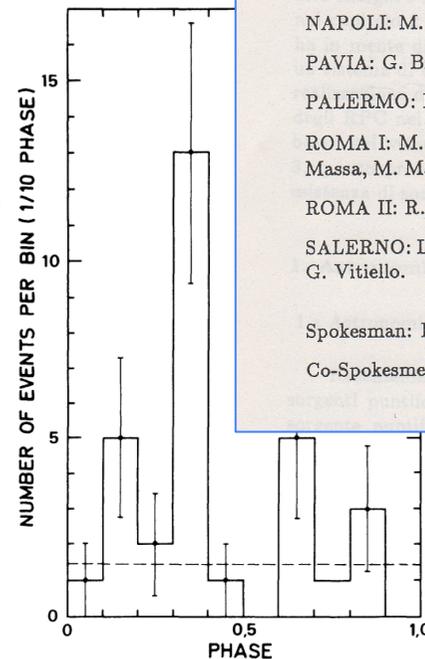
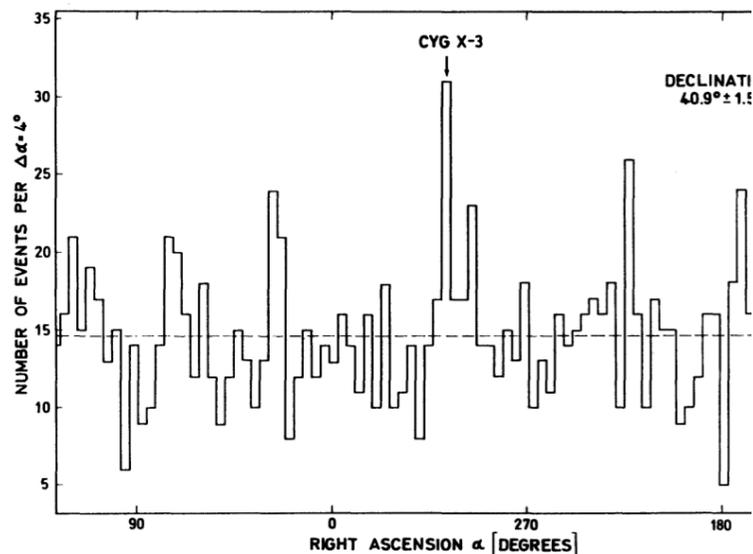
M. SAMORSKI AND W. STAMM
 Institut für Reine und Angewandte Kernphysik, University of Kiel
 Received 1982 November 22; accepted 1983 January 5

ABSTRACT

The experimental data of the extensive air shower experiment at Kiel have been analyzed with respect to showers from Cyg X-3. The measurements have been performed from 1976 March 18 to 1980 January 7 with an angular resolution of 1° . The effective on-source observation time was 3,830 hr at a sensitive area of 2,800 m². The time-averaged analysis gives a 4.4σ excess of showers from the direction $\delta = 40^\circ 9 \pm 1^\circ 5$ and $\alpha = 307^\circ 8 \pm 2^\circ 0$. In addition, the excess showers show the typical 4-hr modulation, with a signal-to-noise ratio of 9 in the phase maximum. The time-averaged integrated γ -ray flux derived is $(7.4 \pm 3.2) \times 10^{-14}$ photons cm⁻² s⁻¹ for $E_0 \geq 2 \times 10^{15}$ eV and $(1.1 \pm 0.6) \times 10^{-14}$ photons cm⁻² s⁻¹ for $E_0 \geq 10^{16}$ eV. It corresponds to a luminosity of 6×10^{36} ergs s⁻¹ in the energy region 2×10^{15} eV to 2×10^{16} eV. This is the first experimental evidence for a clearly identified γ -ray point source emitting at energies greater than 10^{15} eV.

Subject heading: gamma rays: general

GAMMA-RAYS FROM CYG X-3



November 6, 1988

UN PROTOTIPO DI TRACCIAMENTO DI MUONI
 PER ASTRONOMIA DI GAMMA E NEUTRINI
 FACENTE USO DI CONTATORI RPC

BARI: G. Iaselli, F. Nuzzo, F. Romano;

COSENZA: A. Rossi, G. Susinno;

LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI: A. Grillo, A. Marini, F. Ronga, V. Valente;

LECCE: P. Bernardini, P. Pistilli;

NAPOLI: M. Ambrosio, G. Barbarino, B. Bartoli, V. Silvestrini;

PAVIA: G. Bressi, A. Lanza, M. Cambiaghi, S. Ratti;

PALERMO: R. Buccheri, M. Carollo, O. Catalano, J. Linsley, L. Scarsi;

ROMA I: M. Bonori, M. Conversi, G. D'Agostini; M. De Vincenzi, P. Lipari, F. Massa, M. Mattioli, A. Nigro;

ROMA II: R. Cardarelli, R. Santonico;

SALERNO: L. De Cesare, G. Grella, M. Guida, F. Mancini, G. Marini, G. Romano, G. Vitiello.

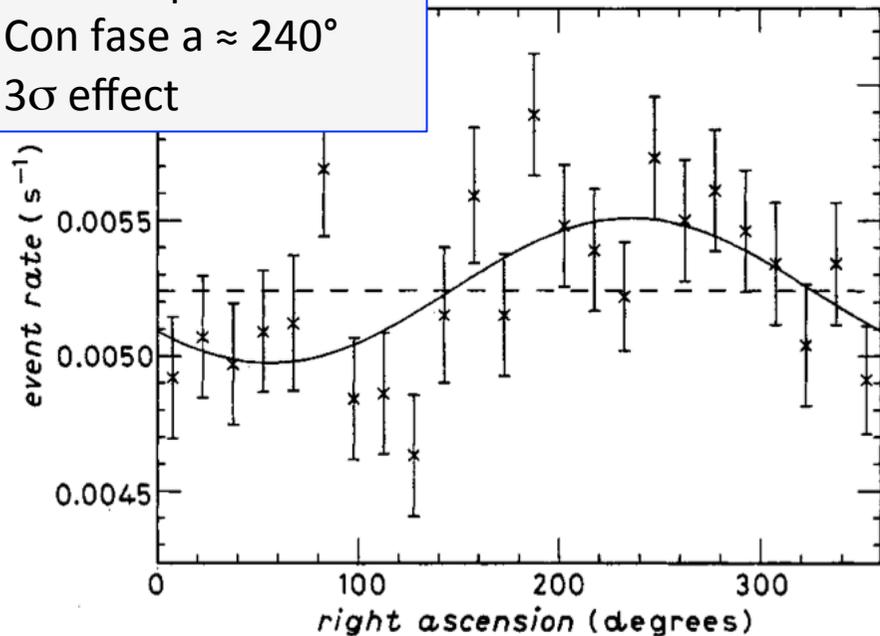
Spokesman: P. Pistilli

Co-Spokesmen: M. Ambrosio, R. Santonico.

Muon bundles - II

Non osservammo Cygnus X-3 (eravamo a energie un ordine di grandezza inferiori $0.6 \div 4 \times 10^{15}$ eV un rate 20 volte più alto). Ma osservammo una **anisotropia** a livello di 3σ che pubblicammo

Anisotropia del $\approx 5\%$
Con fase a $\approx 240^\circ$
 3σ effect



Confronto con Akeno
(high muon content data)

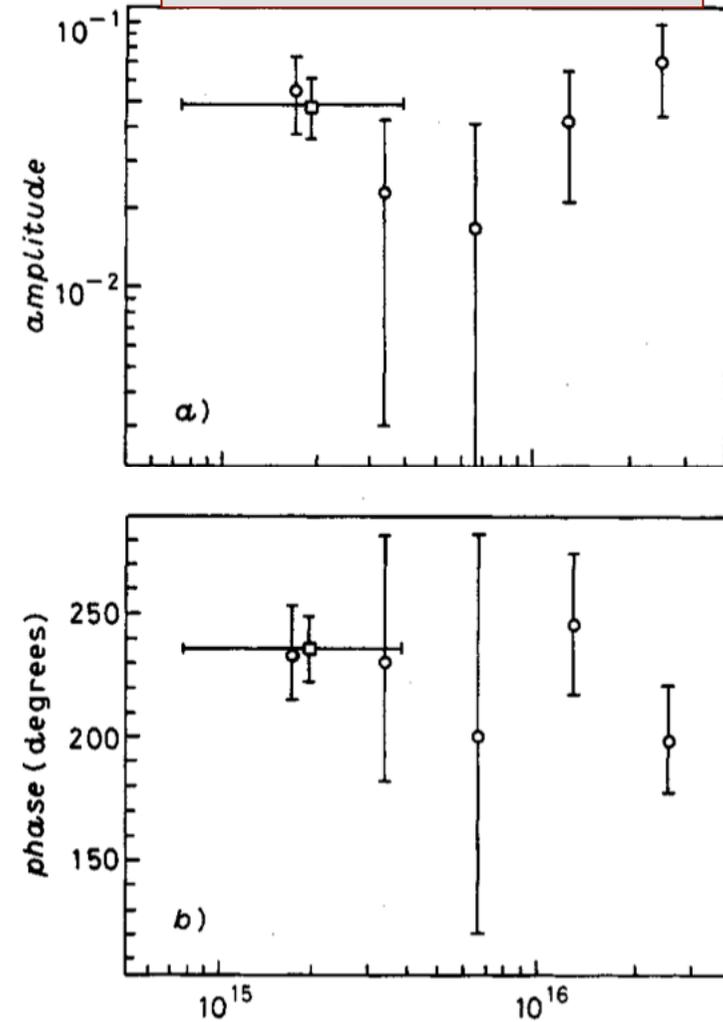


Fig. 6. - RA distribution of the observed muon bundles. The fit with a uniform distribution (dashed line) gives $\chi^2 = 45.9$ ($\nu = 23$, c.l. = $3.4 \cdot 10^{-3}$). The Fourier expansion up to the first order (solid line) obtained with the method exposed in ref. [2] gives $\chi^2 = 30.0$ ($\nu = 21$, c.l. = 0.09).

Breve Conclusione

- NADIR non è stato un esperimento di successo (inferiore a Grenoble ma non per demeriti del rivelatore)
- “Palestra” per successivi studi di fisica dei raggi cosmici
- Importante dal punto di vista tecnologico
- Da Rinaldo ho imparato la cura e il rigore nel guardare e analizzare i dati sperimentali.