Onde gravitazionali e la SN1987A

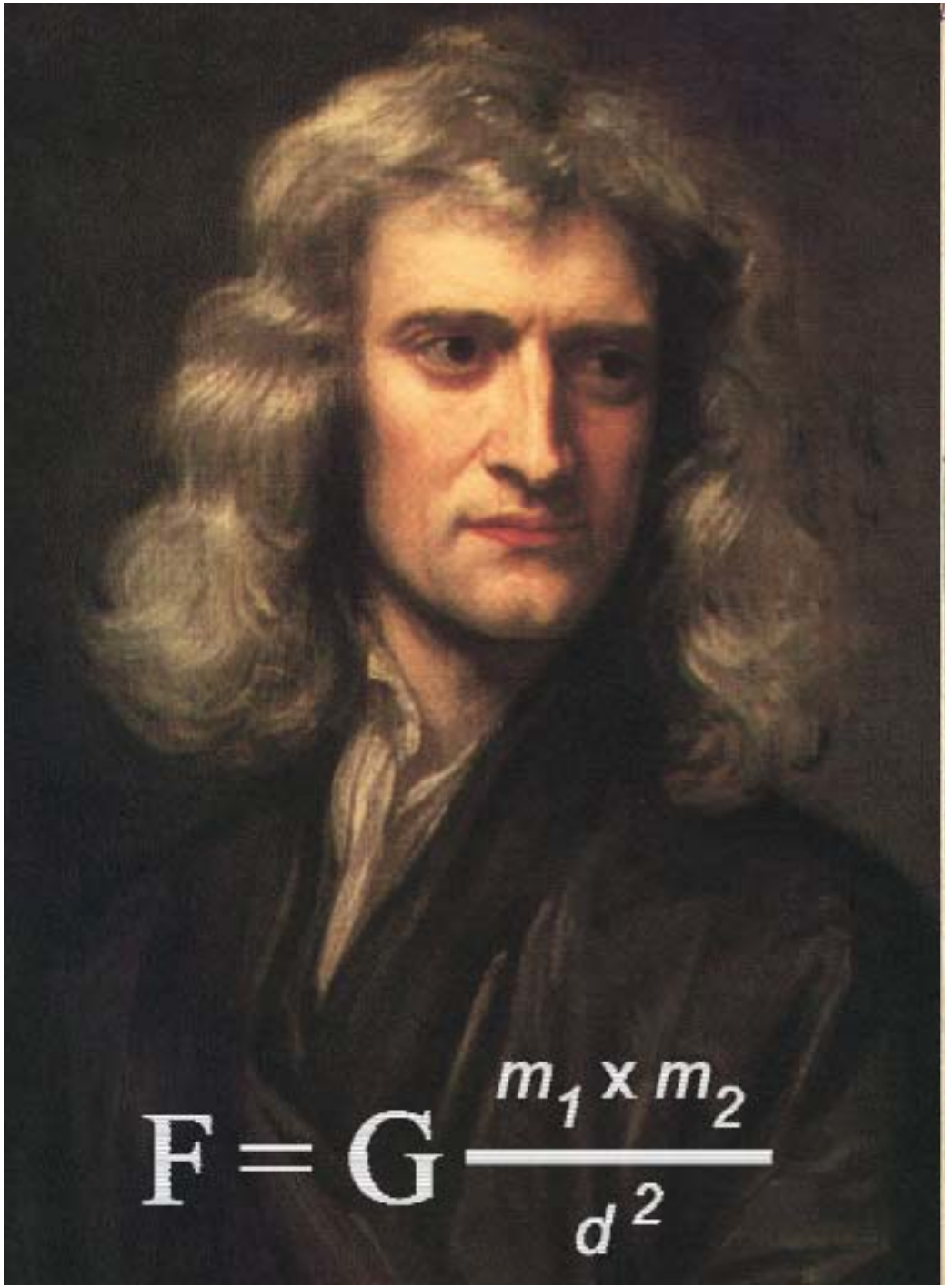
G.Pizzella
Universita' di Roma Tor Vergata

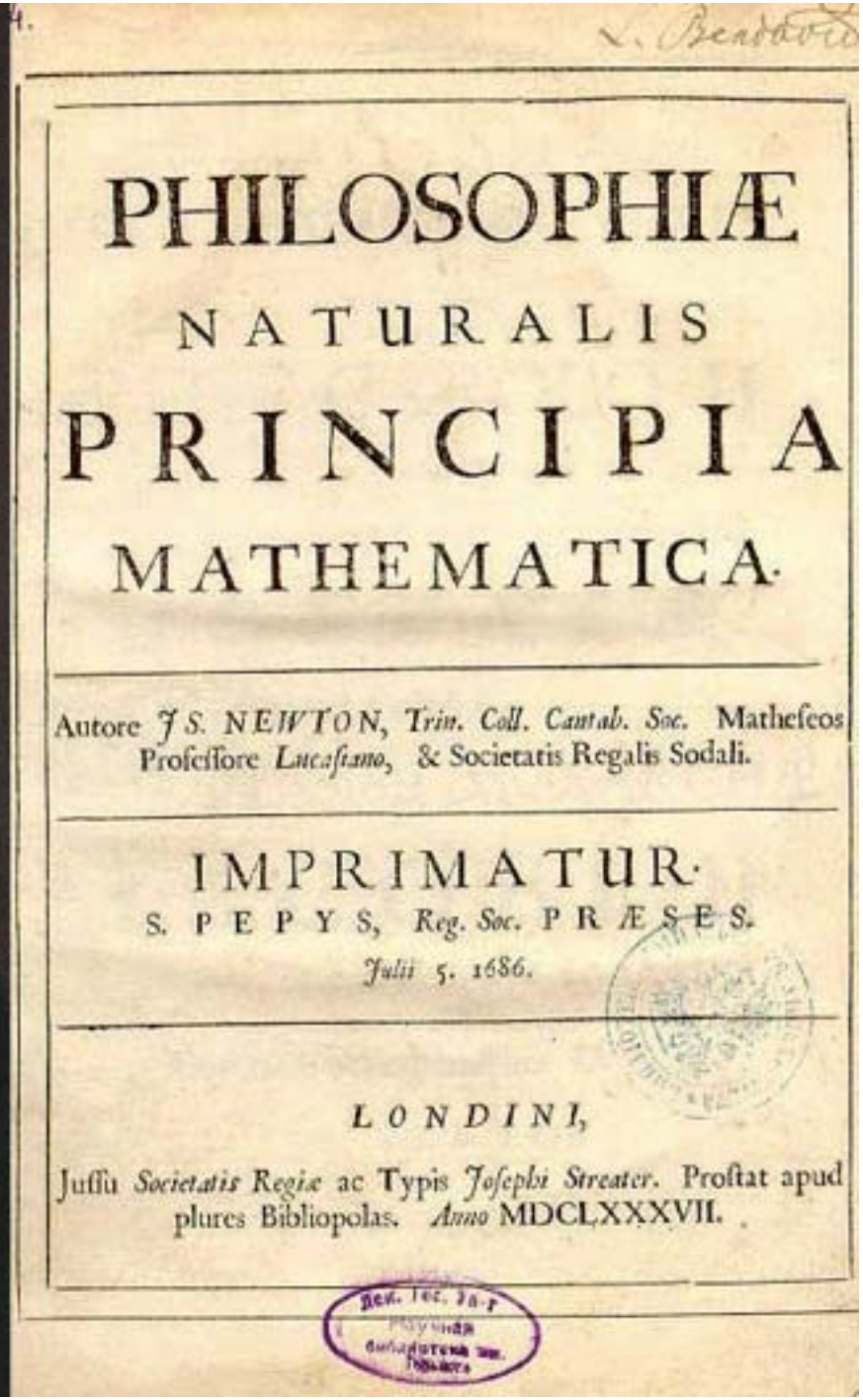
Galileo Galilei

Fisico ed Astronomo

1564 -1642

Io non credo che lo stesso Dio
che ci ha dato la ragione non voglia
che noi la si usi



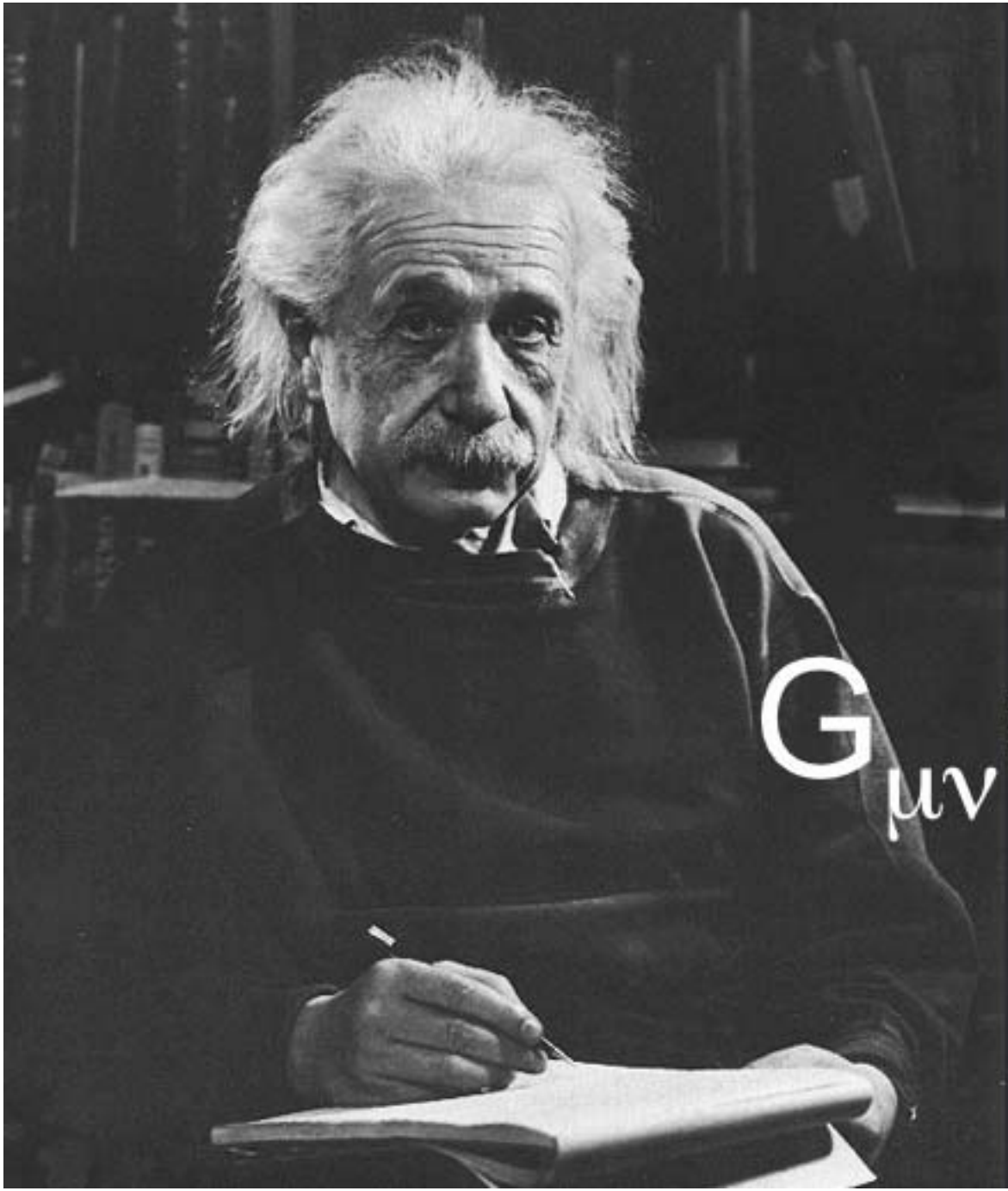


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore *JS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc.* Matheſeos Profeſſore *Lucaſiano*, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, *Reg. Soc.* PRÆSES.
Julii 5. 1686.

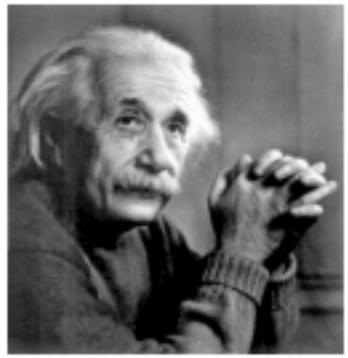
LONDINI,
Juſſu *Societatis Regiæ* ac Typis *Joſephi Streater*. Proſtat apud plures Bibliopolas. *Anno* MDCLXXXVII.

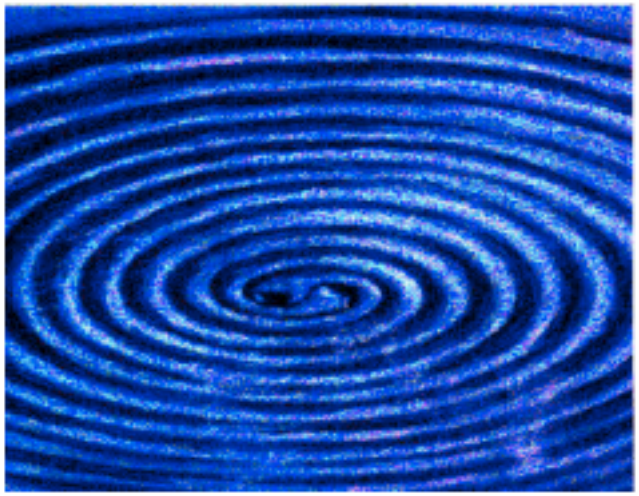


$$G_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu}$$

Einstein's Theory of Gravitation

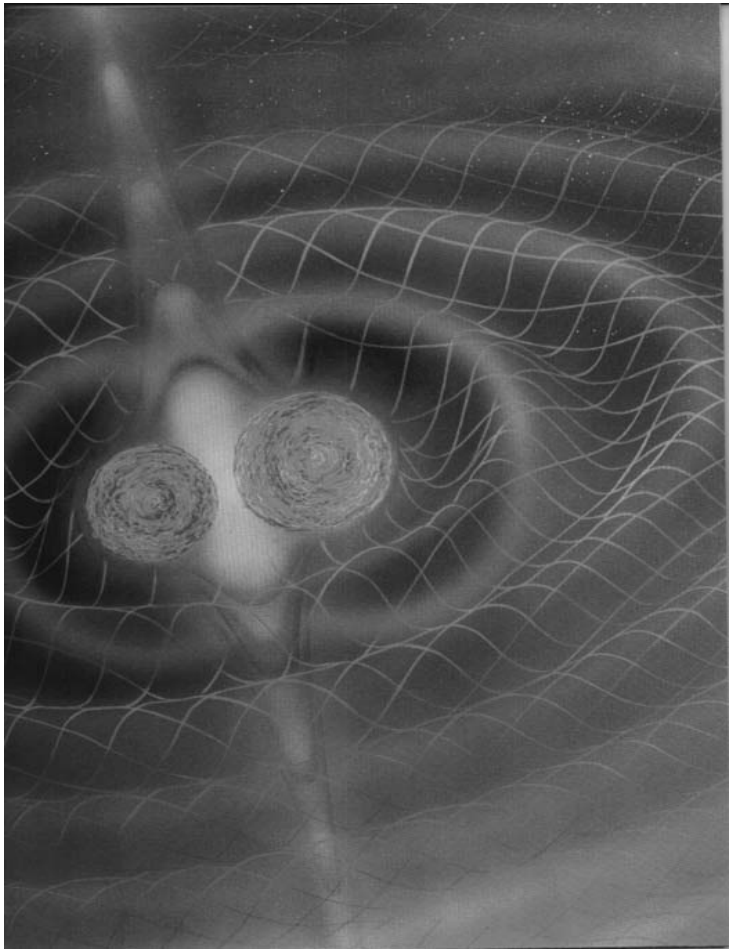
Newton
la gravita' si propaga
istantaneamente





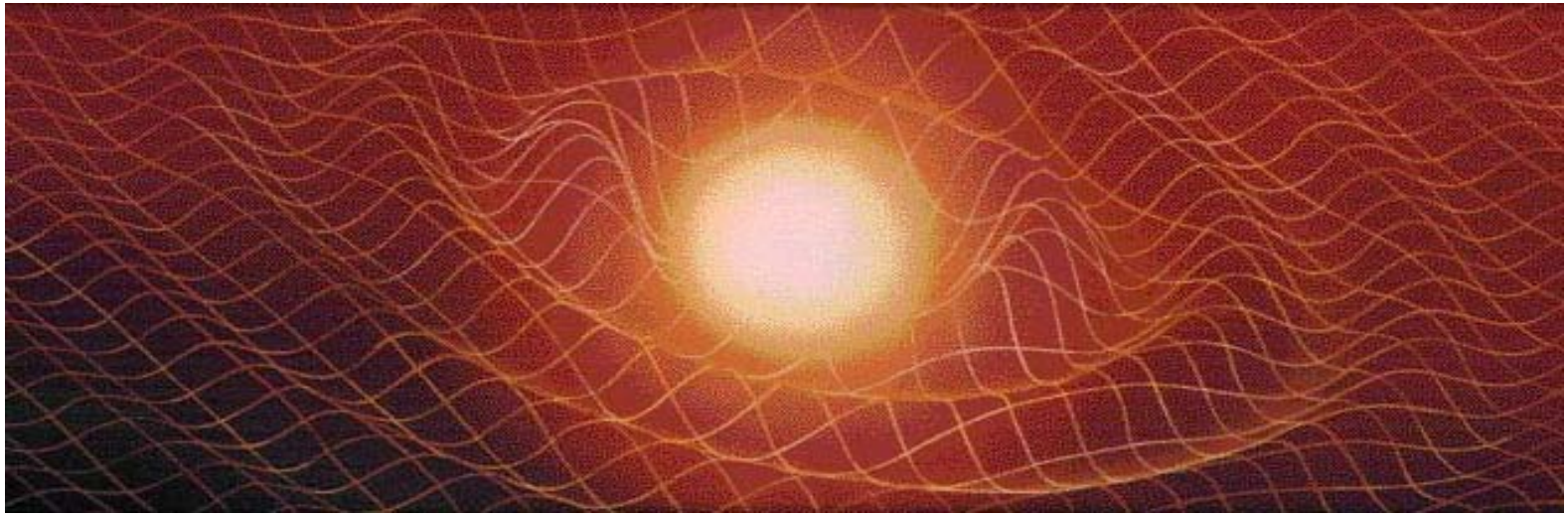
Einstein
la gravita' viaggia
alla velocita' della luce

Joseph Weber 1919-2000



Due stelle che ruotano

l’una rispetto all’altra



Collasso gravitazionale

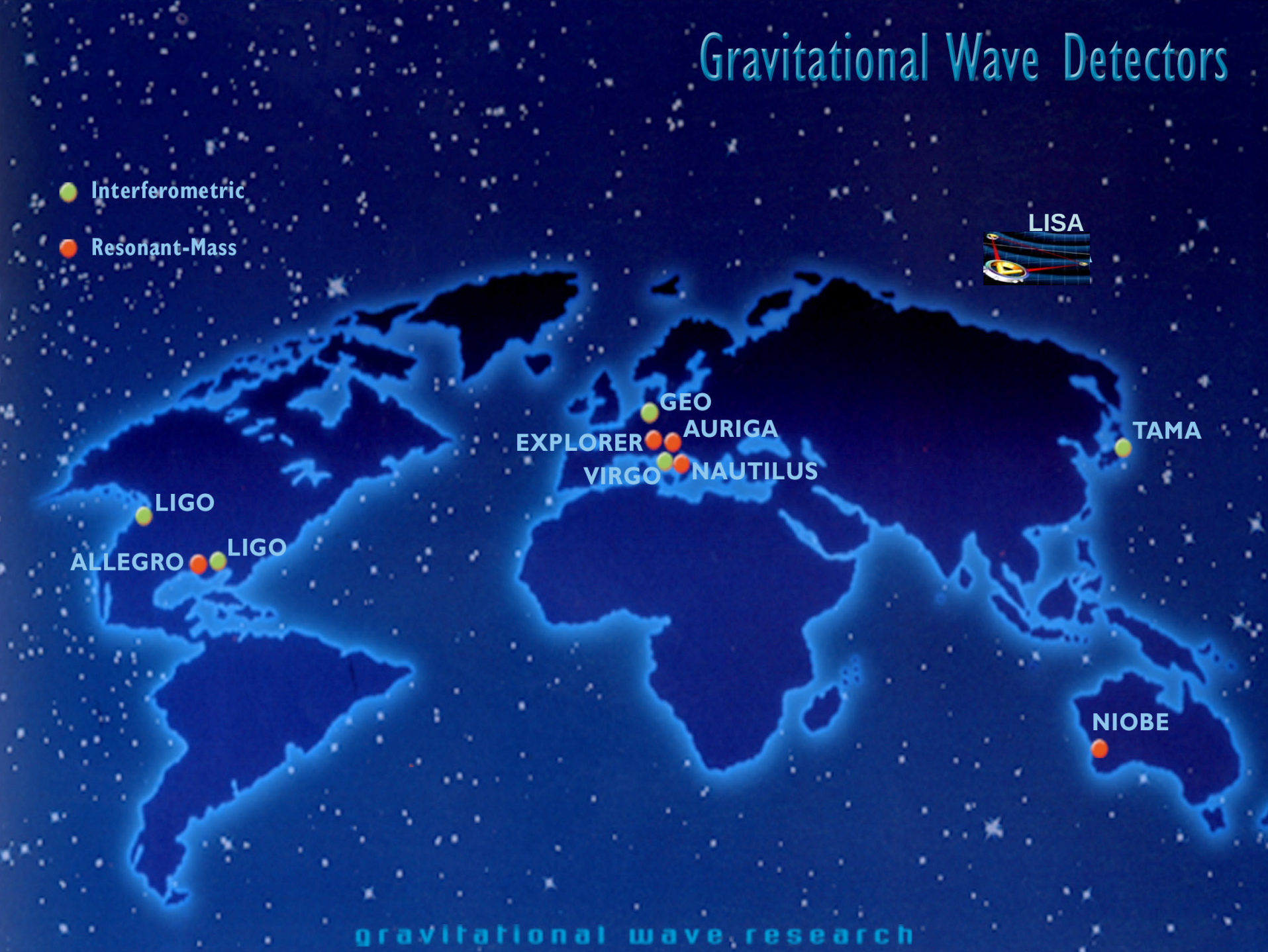
SN 1987 A

23 Feb 1987

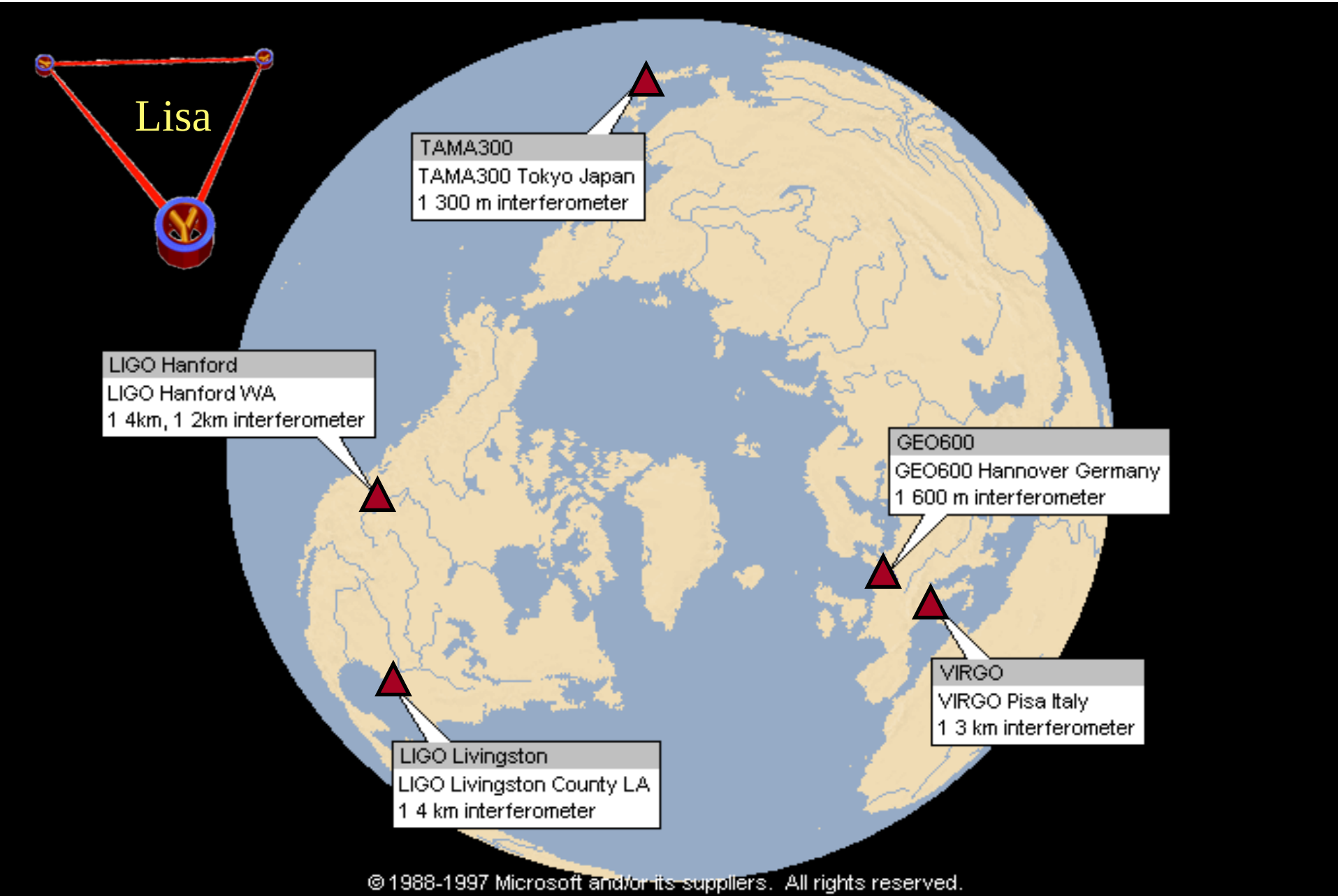
Effetto di un'onda gravitazionale

Leonardo da Vinci's Vitruvian man

Gravitational Wave Detectors



Gli interferometri nel mondo

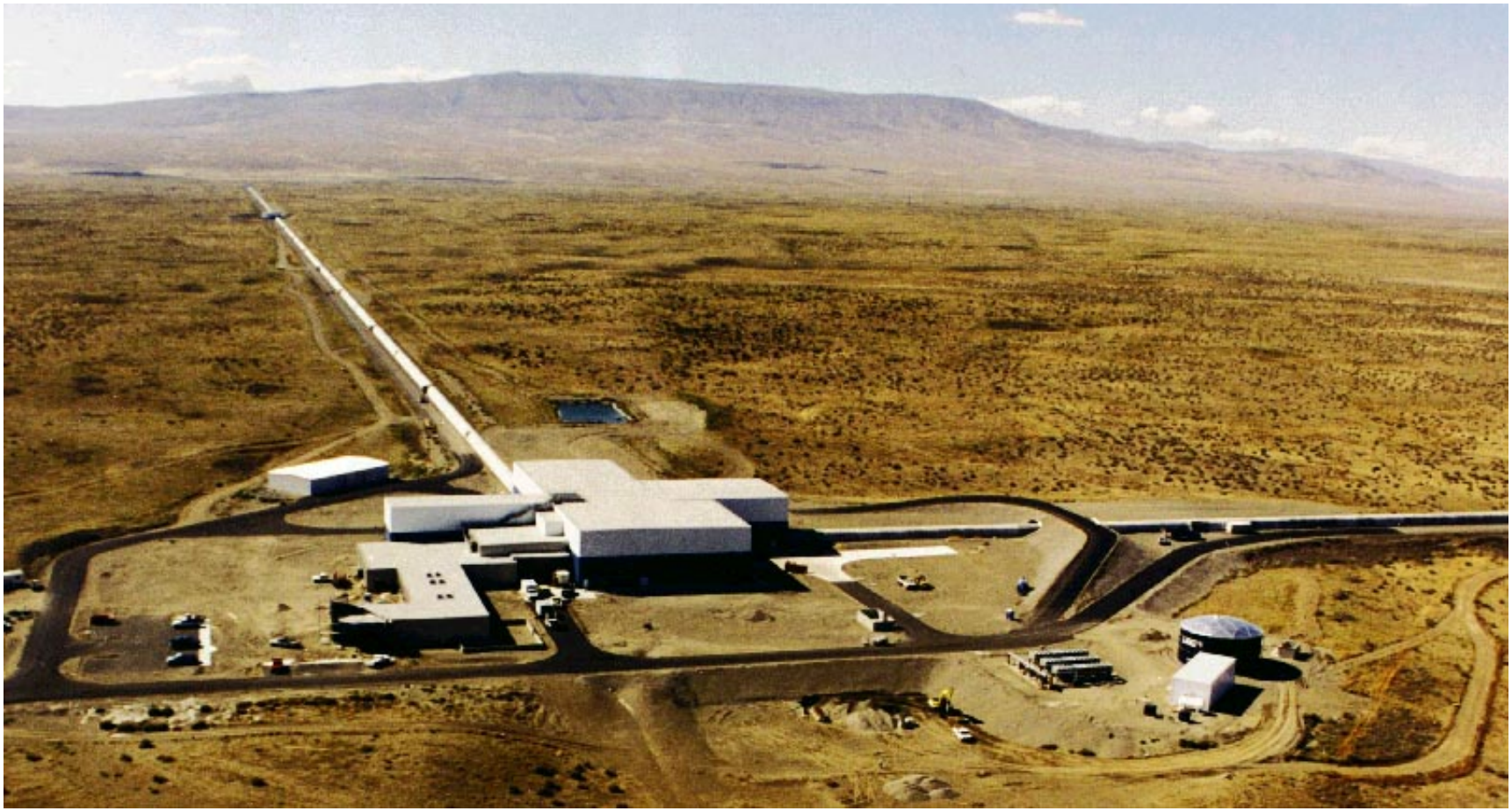


LIGO

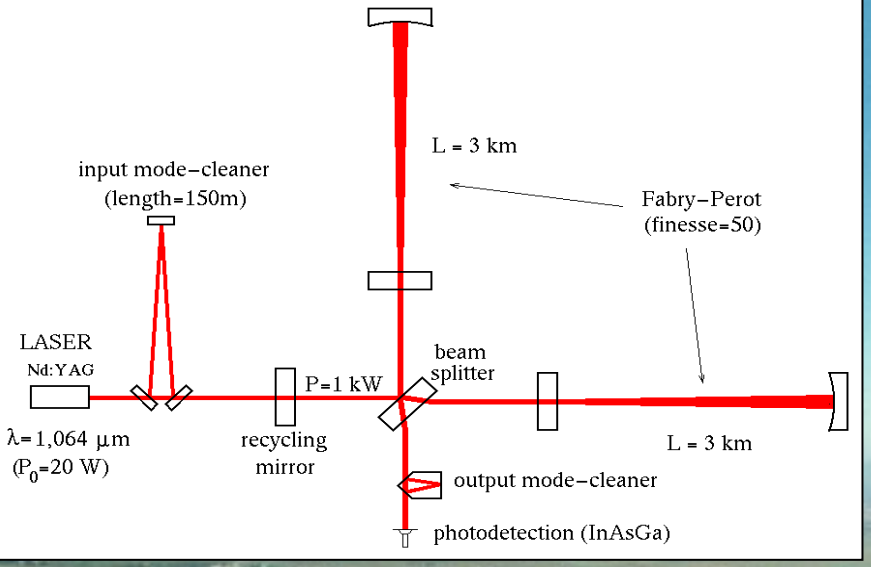
Livingston Observatory

LIGO

Hanford Observatory



Virgo Cascina



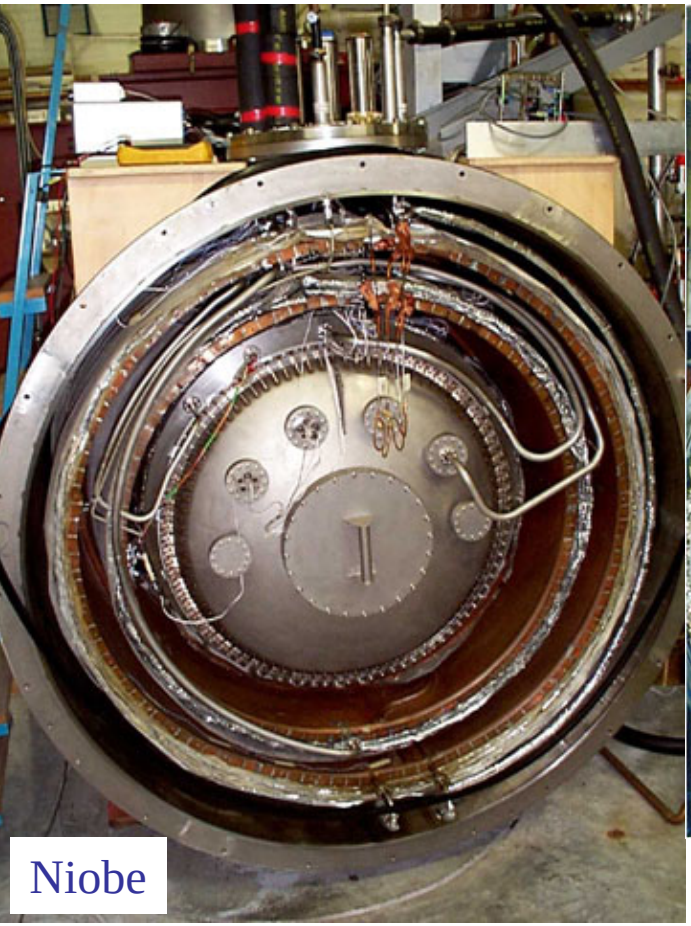
FRANCE - CNRS

ESPCI – Paris
IPN – Lyon
LAL – Orsay
LAPP – Annecy
OCA - Nice

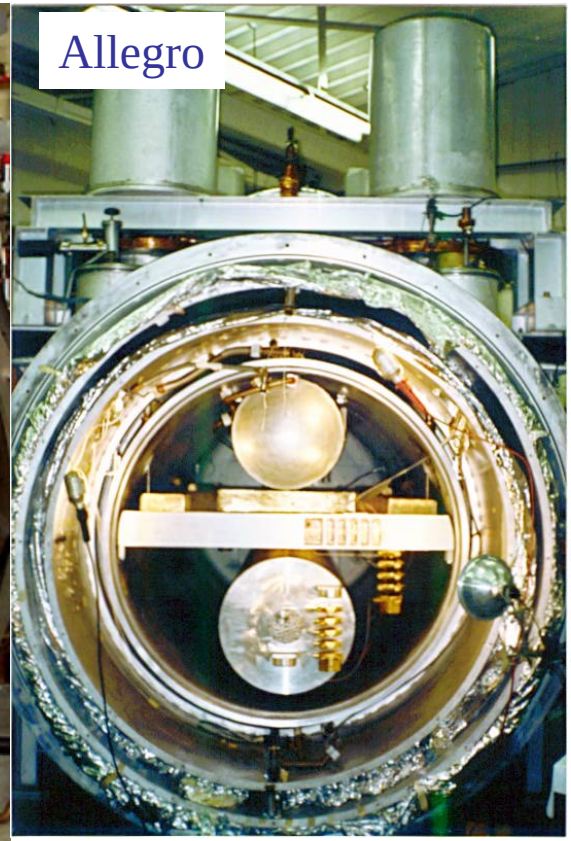
ITALY - INFN

Firenze-Urbino
Frascati
Napoli
Perugia
Pisa
Roma 1

Rivelatori a barre risonanti



Australia Perth



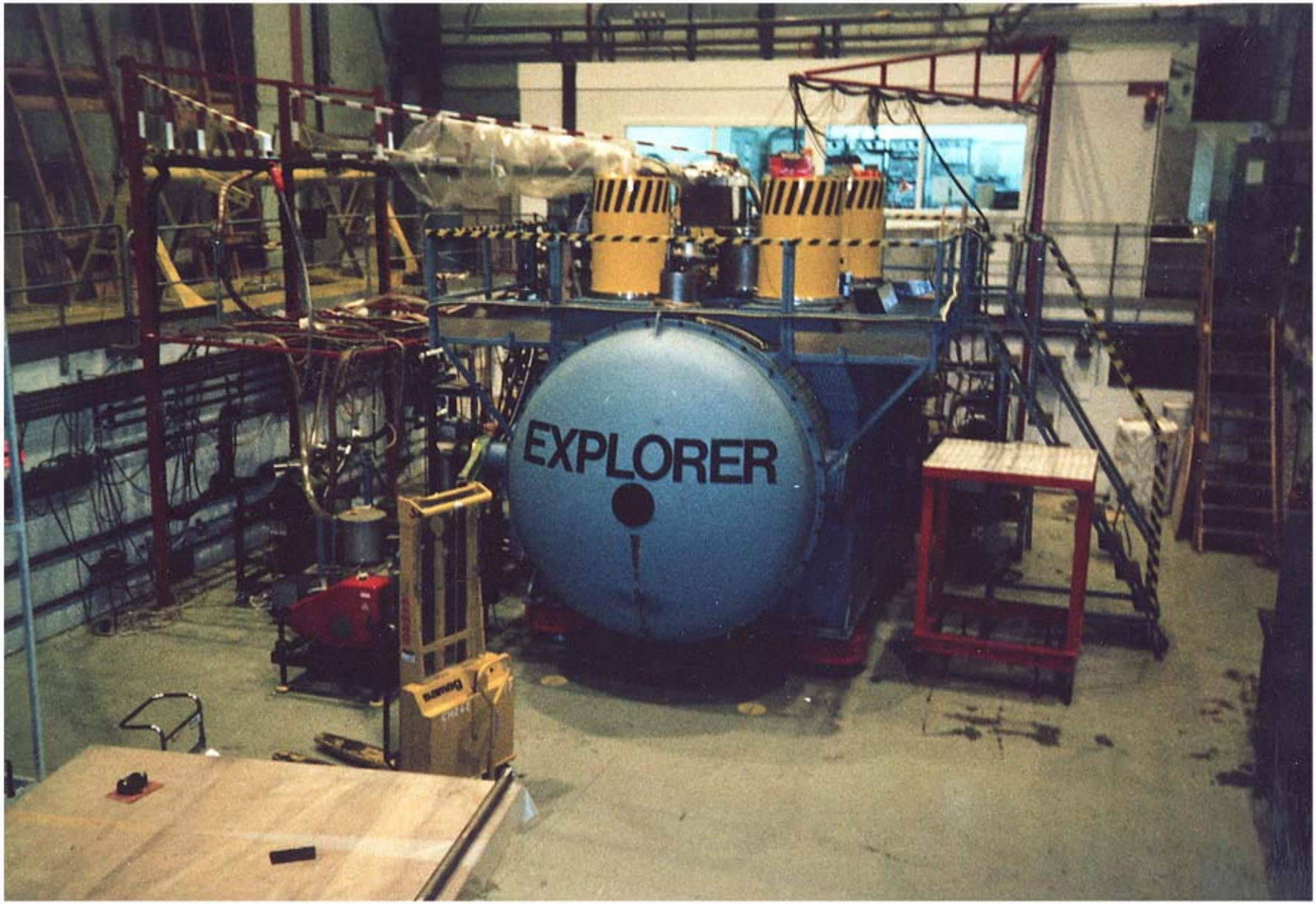
USA Lousiana

AURIGA Padova

Gravitational Wave Detectors

ROG Collaboration

LNF, Roma1, Roma2


EXPLORER

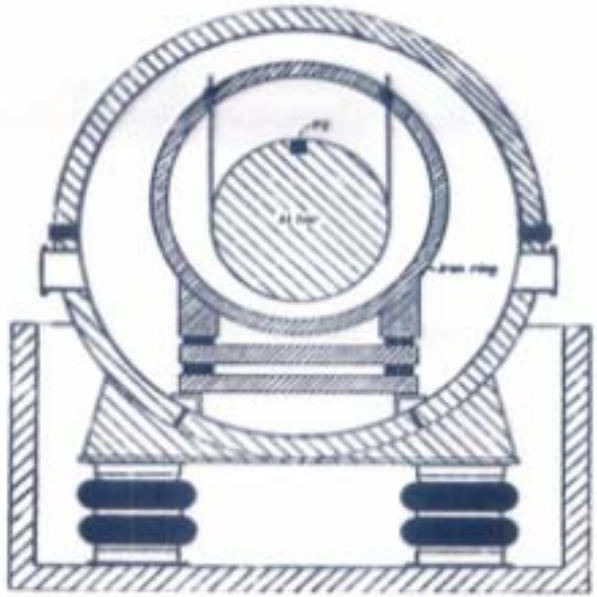
NAUTILUS
INFN - LNF

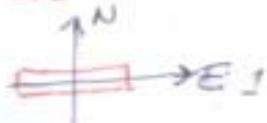
SN 1987 A

23 Feb 1987

ROME (Physics Department)

T = 293 K



	ROME	MARYLAND
MASS (kg)	2300	3100
FREQUENCY (Hz)	858	1660
SAMPLING TIME (s)	1	0.1
ORIENTATION		

Abbiamo cercato possibili correlazioni fra i dati dei rivelatori di neutrini e quelli delle antenne gravitazionali

Il segnale

$$\mathbf{C}(\phi) =$$

$$1/N_\nu \quad \Sigma_i \, \{\mathbf{E_R}(t_i+\phi\,) + \mathbf{E_M}(t_i+\phi\,)\}$$

N_ν	numero di impulsi nel rivelatore di neutrini in un dato periodo di tempo (un'ora)
t_i	tempo dell'impulso
E_R e E_M	i segnali dei rivelatori gravitazionali
ϕ	fase per un possibile ritardo

Il fondo

$$\mathbf{C}(\phi_1, \phi_2) =$$

$$1/N_\nu \quad \Sigma^{N\nu} \{\mathbf{E_R}(\phi_1) + \mathbf{E_M}(\phi_2)\}$$

N_ν	numero degli impulsi del rivelatore di neutrini
ϕ_1, ϕ_2	fasi random per la stima del fondo

IL NUOVO CIMENTO Vol. 12 C, N. 1 Gennaio-Febbraio 1989

Analysis of the Data Recorded by the Mont Blanc Neutrino Detector and by the Maryland and Rome Gravitational-Wave Detectors during SN 1987A.

M. Aglietta, G. Badino, G. Bologna, C. Castagnoli, A. Castellina
W. Fulgione, P. Galeotti, O. Saavedra, G. Trinchero and S. Vernetto

Istituto di Cosmogeofisica del CNR - Torino
Istituto di Fisica Generale dell'Università - Torino

E. Amaldi, C. Cosmelli, S. Frasca, G. V. Pallottino
G. Pizzella, P. Rapagnani and F. Ricci

Dipartimento di Fisica dell'Università «La Sapienza» - Roma
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Roma

M. Bassan, E. Coccia and I. Modena

Dipartimento di Fisica dell'Università «Tor Vergata» - Roma
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Roma

P. Bonifazi and M. G. Castellano

Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario del CNR - Frascati (Roma)
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Roma

V. L. Dadykin, A. S. Malguin, V. G. Ryassny, O. G. Ryazhskaya
V. F. Yakushev and G. T. Zatsepin

Institute of Nuclear Research, Academy of Sciences of USSR - Moscow, USSR

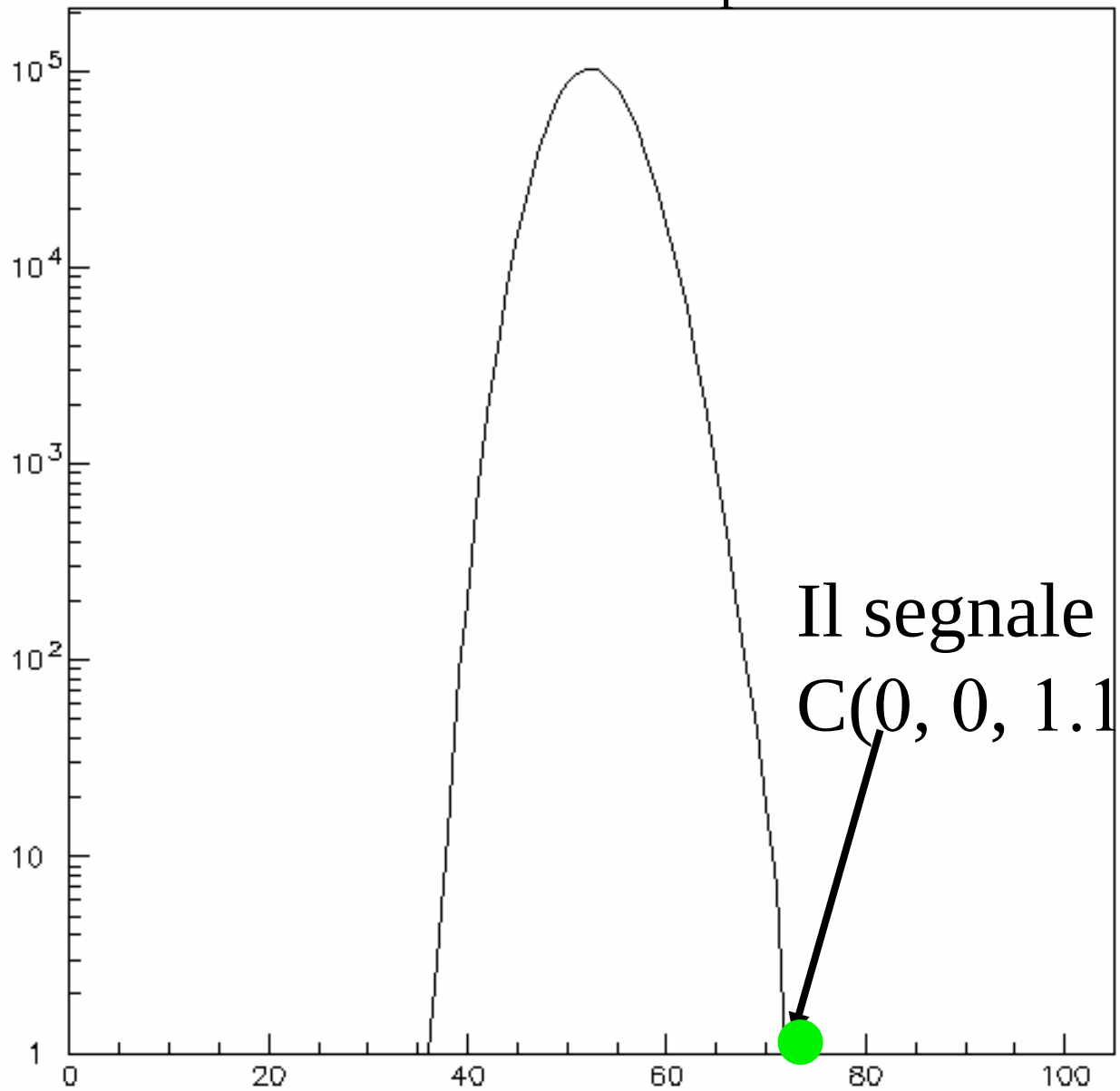
D. Gretz, J. Weber and G. Wilmot

Department of Physics and Astronomy, University of Maryland, USA

(ricevuto il 6 Settembre 1988)

Un milione di estrazioni per il fondo

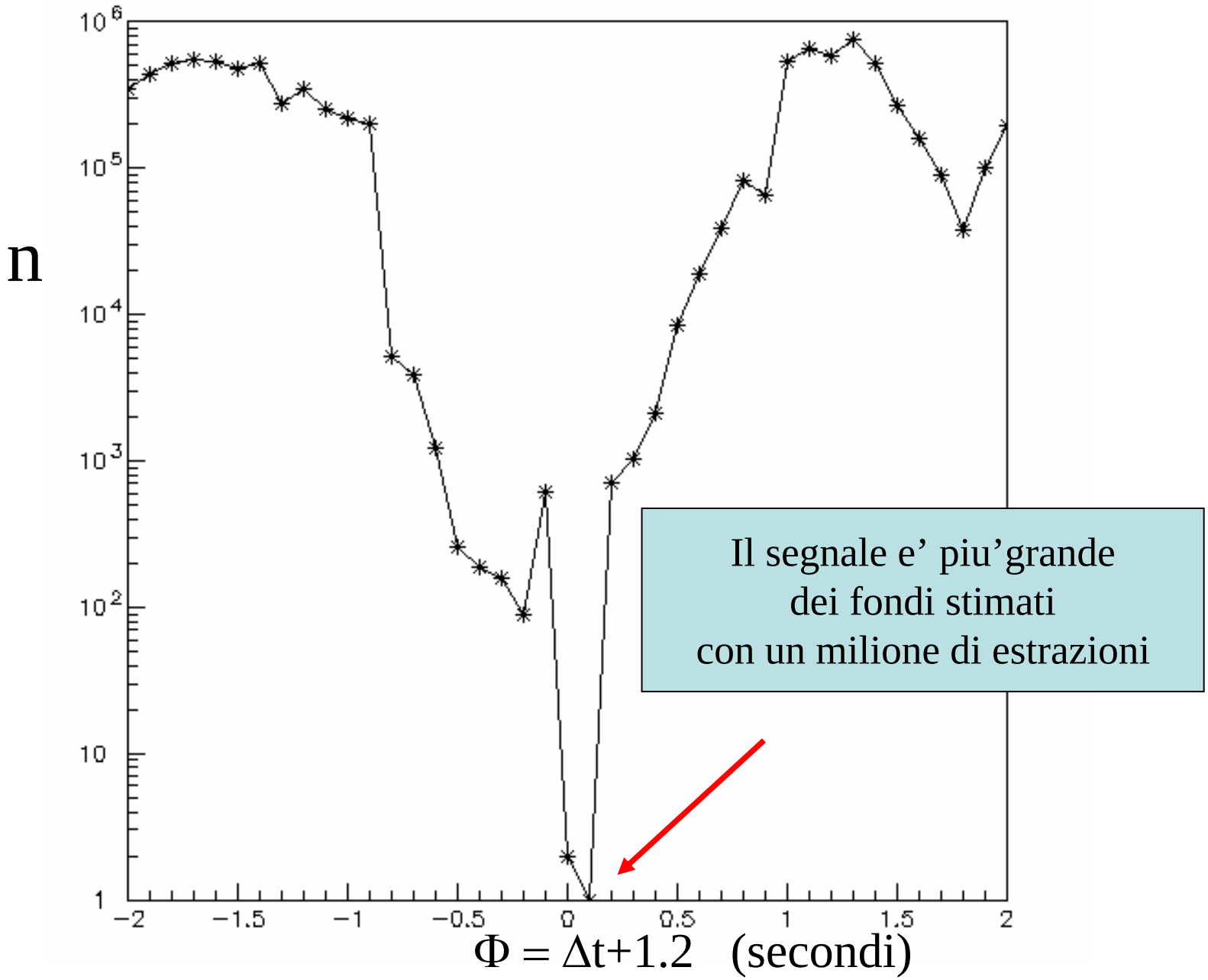
numero

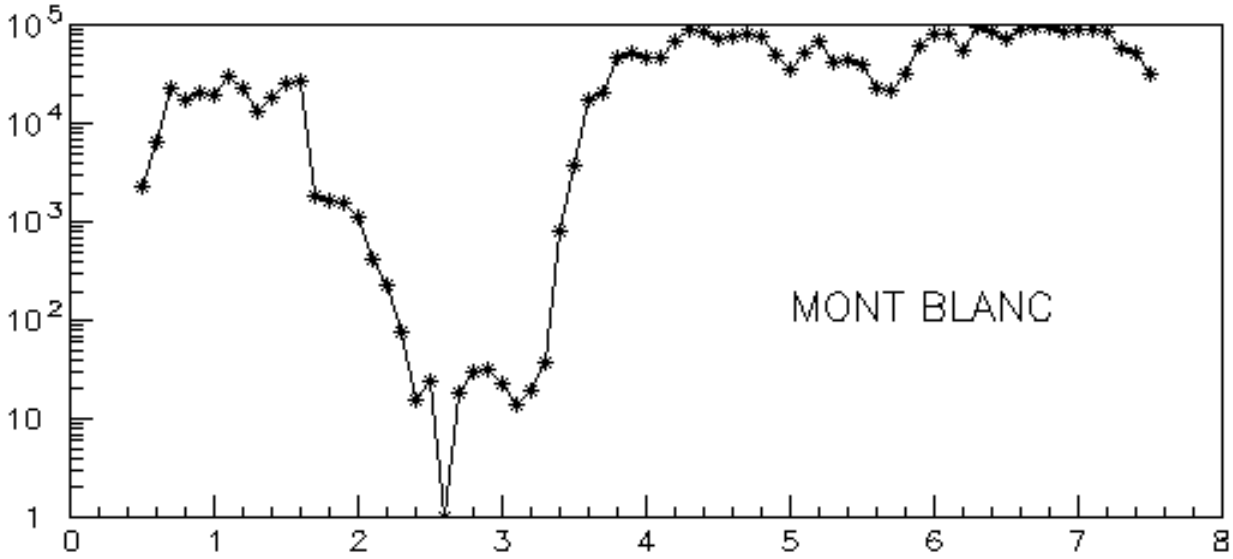


Il segnale
C(0, 0, 1.1)=72.6 K

$C(\phi_1, \phi_2, \phi)$ con $\phi_1, \phi_2 \neq 0$

Mont Blanc 1:45 - 3:45 (5-neutrinos at 2:53 U.T.)





hours of 23 February

Che cosa dire di Kamiokande ?

(incertezza temporale ±1 min)

Coincidences among the Data Recorded by the Baksan, Kamioka and Mont Blanc Underground Neutrino Detectors, and by the Maryland and Rome Gravitational-Wave Detectors during Supernova 1987 A.

M. Aglietta, A. Castellina, W. Fulgione, G. Trinchero and S. Vernetto
Istituto di Cosmogeofisica del CNR - Torino, Italia

C. Castagnoli, P. Galeotti and O. Saavedra
Istituto di Cosmogeofisica del CNR - Torino, Italia
Istituto di Fisica Generale dell'Università, INFN Sezione di Torino - Torino, Italia

E. Amaldi(†), S. Frasca, G. V. Pallottino, G. Pizzella
P. Rapagnani and F. Ricci
Dipartimento di Fisica dell'Università «La Sapienza» - Roma, Italia
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Roma - Roma, Italia

P. Astone and C. Cosmelli
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Roma - Roma, Italia

M. Bassan, E. Coccia and I. Modena
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Roma - Roma, Italia
Dipartimento di Fisica dell'Università «Tor Vergata» - Roma, Italia

P. Bonifazi, M. G. Castellano and M. Visco
Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario del CNR - Frascati, Italia
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Roma - Roma, Italia

G. Badino and G. Bologna
Istituto di Fisica Generale dell'Università, INFN Sezione di Torino - Torino, Italia

V. L. Dadykin, F. F. Khalchukov, I. V. Korolkova, P. V. Kortchaguin
V. A. Kudryatzev, A. S. Malguin, V. G. Ryassny, O. G. Ryazhskaya
V. F. Yakushev and G. T. Zatsepin
Institute of Nuclear Research, Academy of Sciences of USSR - Moscow, USSR

D. Gretz, J. Weber and G. Wilmot
Department of Physics and Astronomy, University of Maryland, MD, USA

(ricevuto il 3 Maggio 1990)

(†) Professor Edoardo Amaldi died on December 5, 1989.

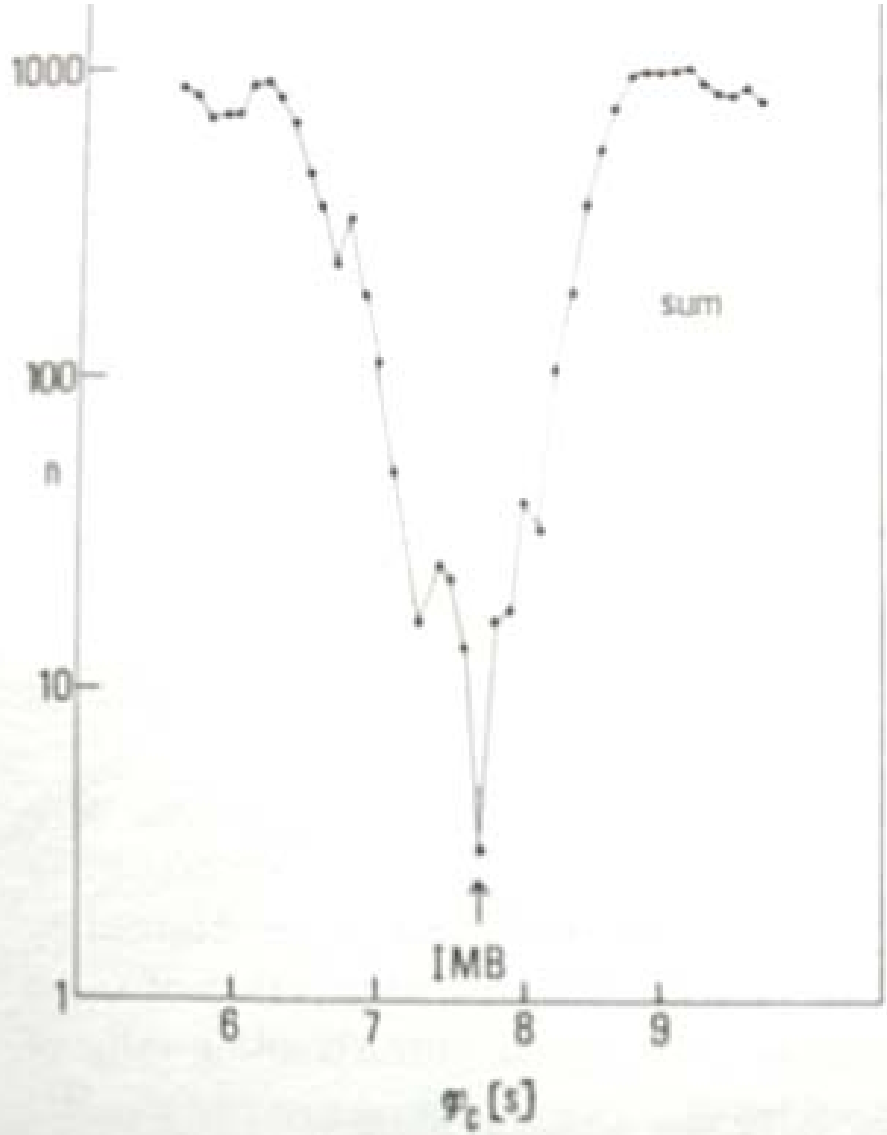


FIGURE 1. The parameter n versus φ_c (time correction on the Kamioka recorded time) for the Kamioka data in the period 2^h to 3^h of 23 February.

Kamiokande ha un errore temporale di ± 1 minute

Kamiokande correzione temporale = + 7.8 s

Schramm and Truran (1990)

IMB

K

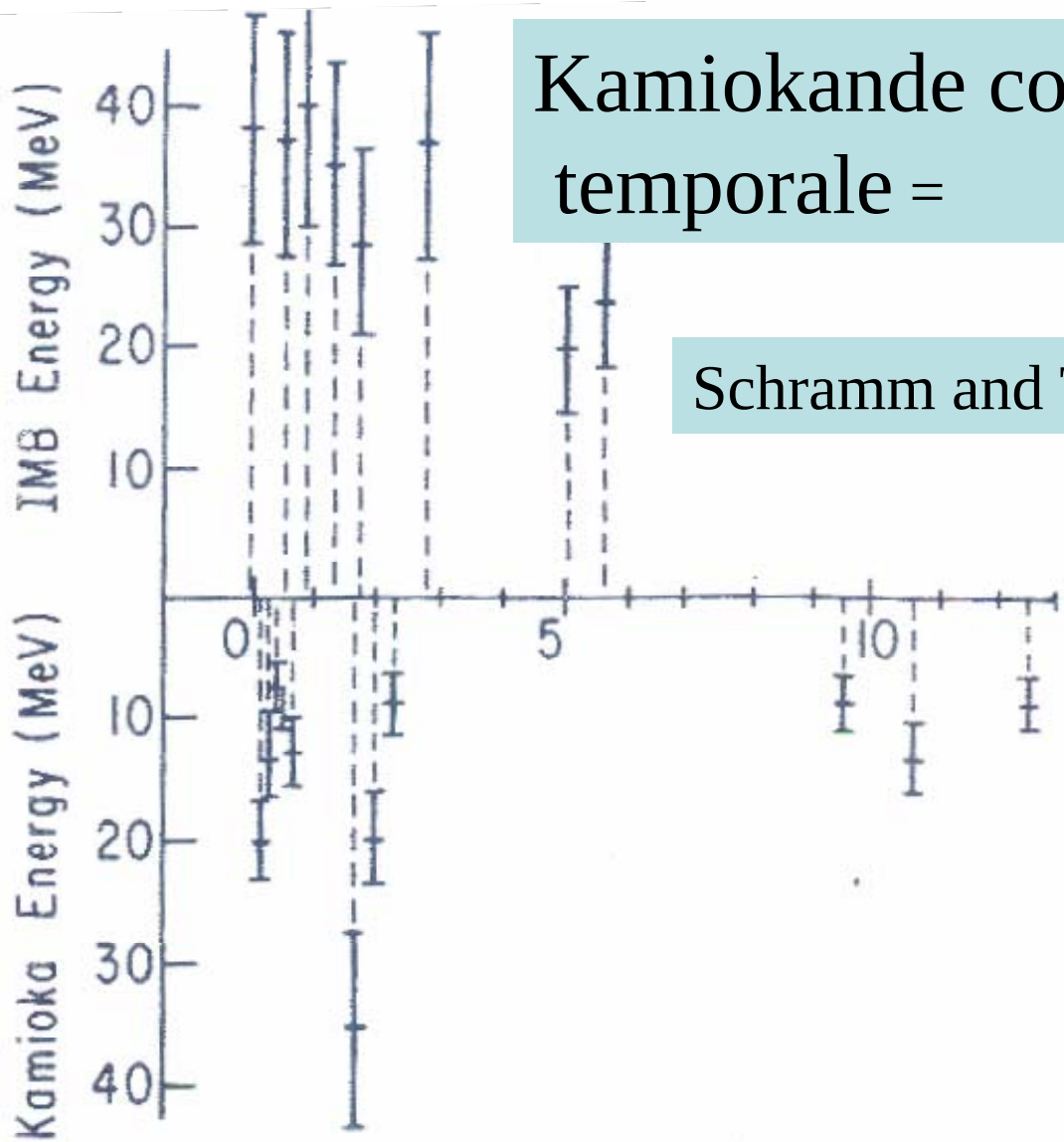
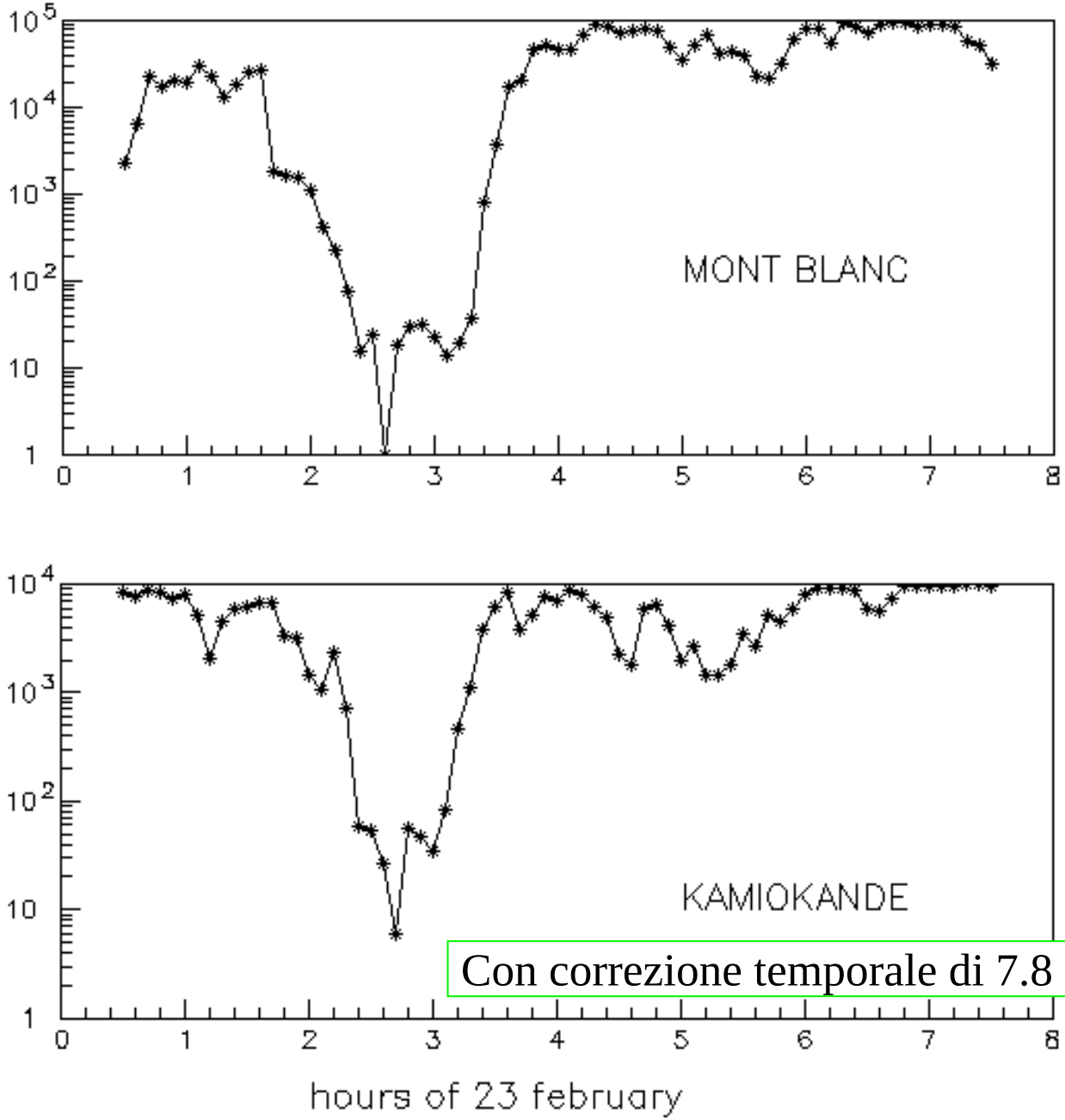
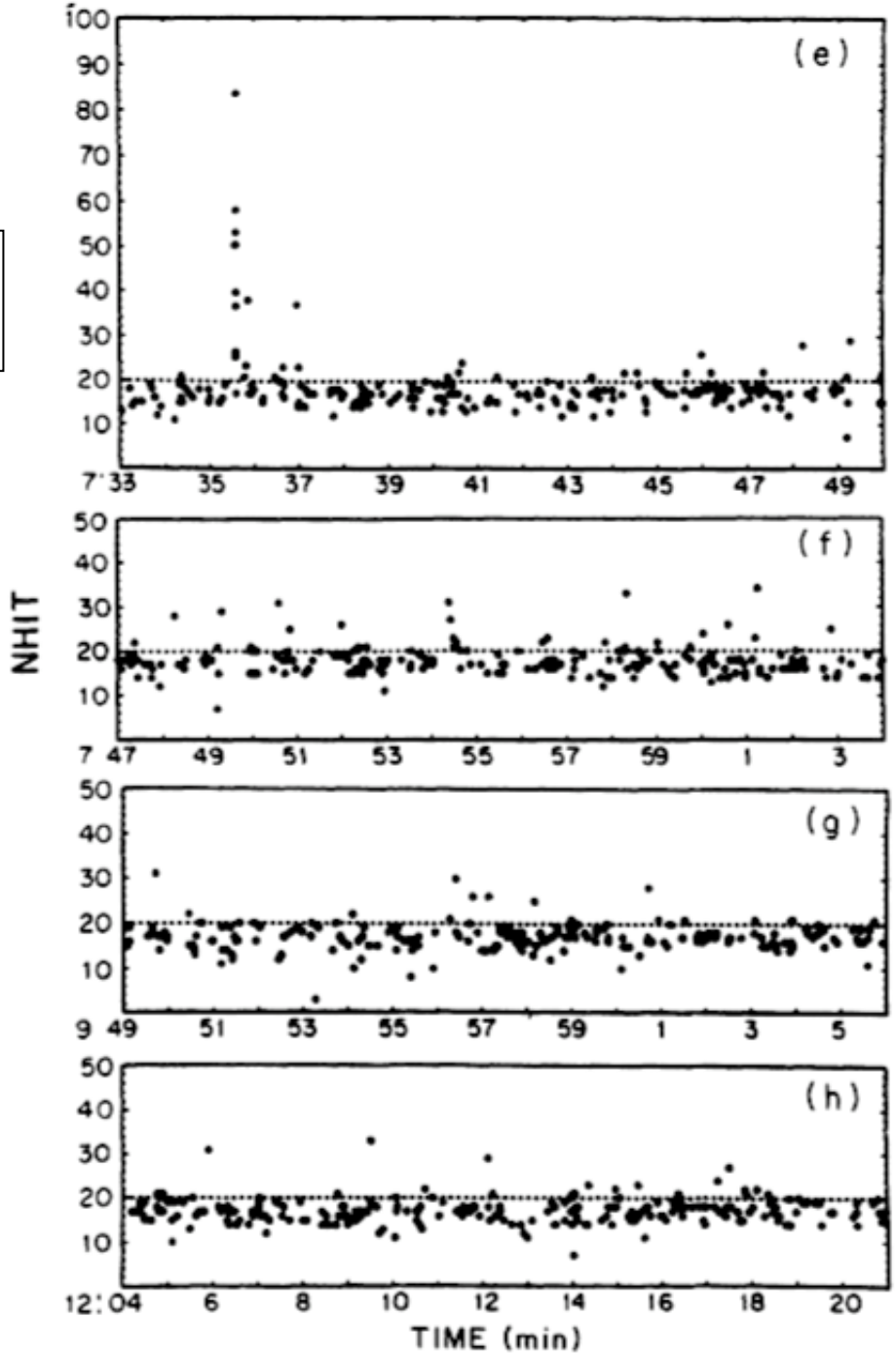


Fig. 5. The energy and timing of the IMB–Kamioka events



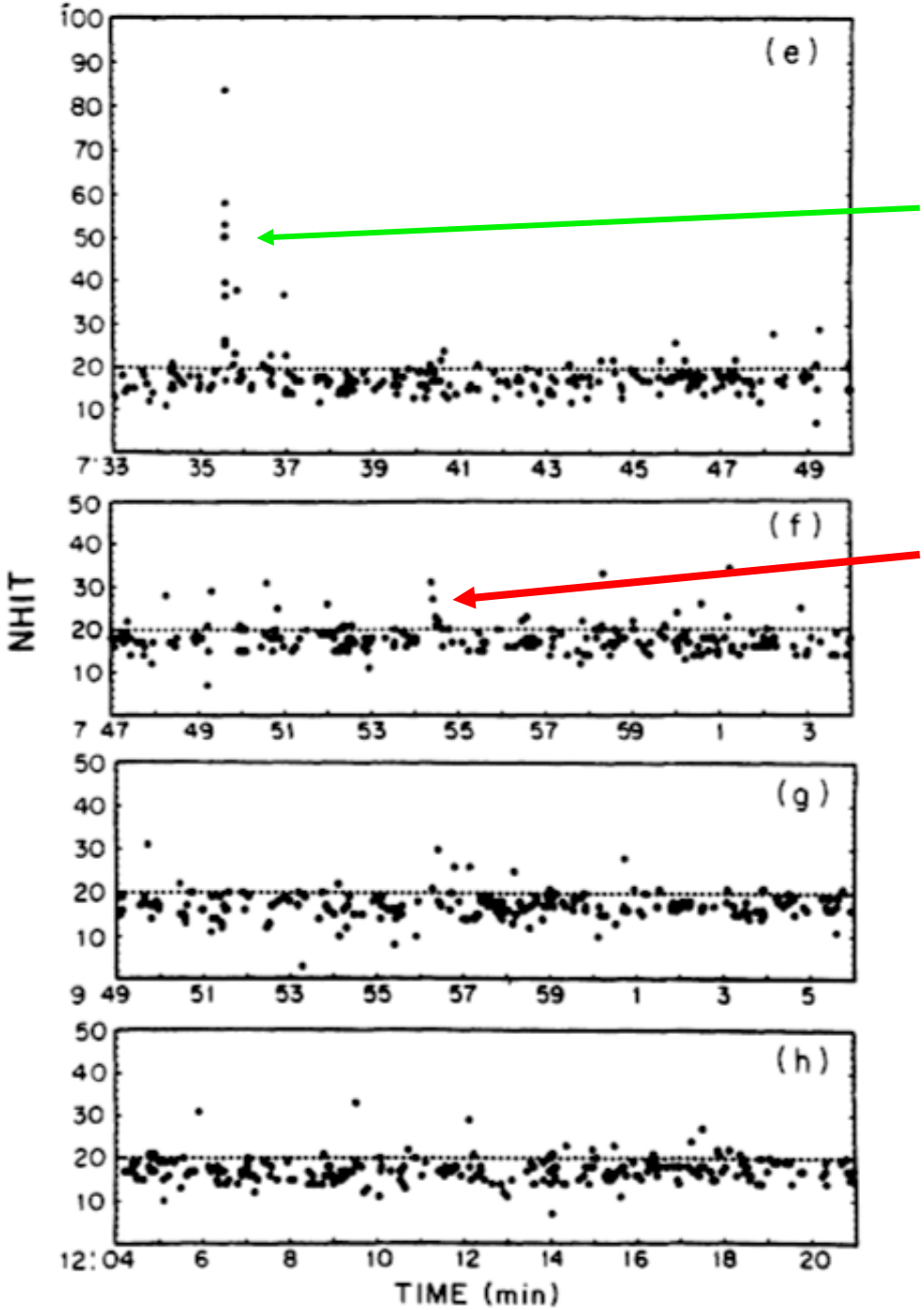
Con correzione temporale di 7.8 s

Hirata et al.
PR D 448 (1988)



relative Kamiokande time

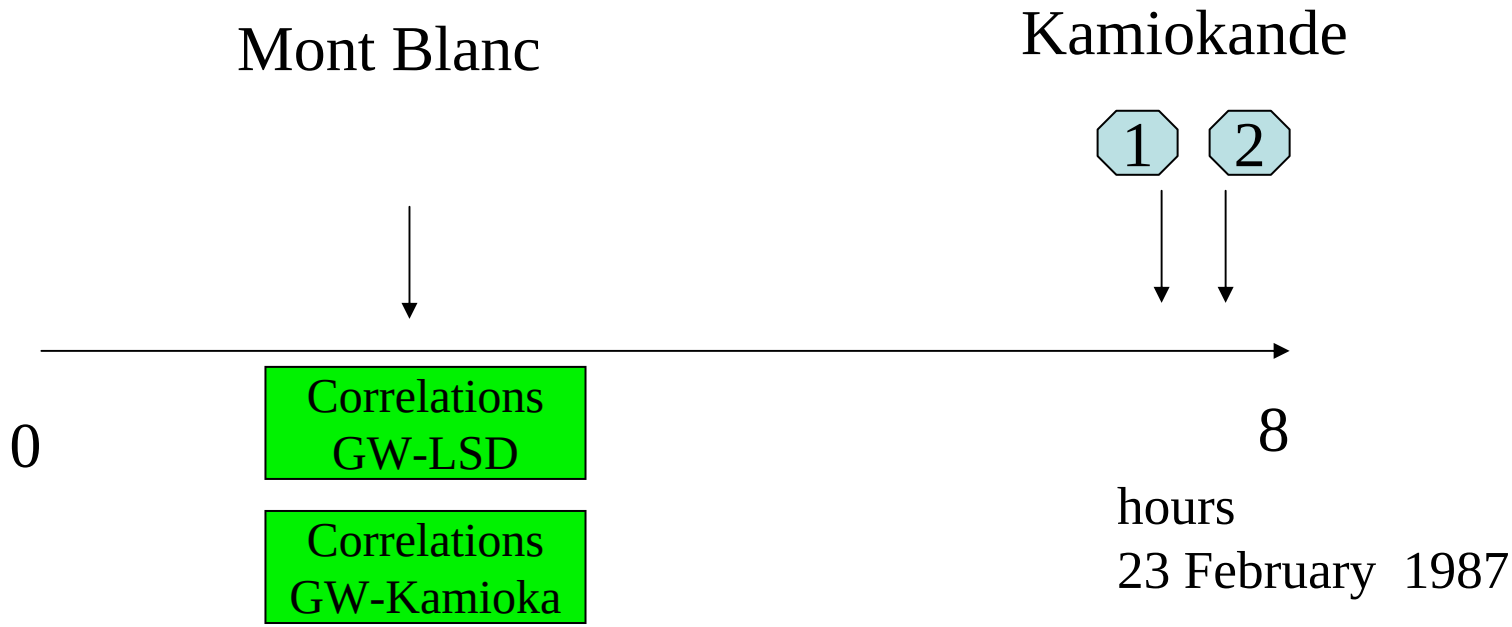
	hour	min	sec	nhit	number	duration [s]	prob [years]
IMB	7	35	33.67	58	11	12.4	$1.21\ 10^7$
	7	35	33.78	36			
	7	35	33.98	25			
	7	35	34.00	26			
	7	35	34.18	39			
	7	35	35.21	83			
	7	35	35.40	55			
	7	35	35.59	51			
	7	35	42.89	21			
	7	35	44.11	37			
	7	35	46.11	24			
no IMB	7	54	22.26	33	7	6.2	669
	7	54	24.11	29			
	7	54	25.33	28			
	7	54	25.34	27			
	7	54	27.13	22			
	7	54	28.37	22			
	7	54	28.46	22			



11 ν in 12 s
Nh>21

7 ν in 6 s
Nh > 22

experimental results



Mont Blanc ~ 70 pulses/hour > 5 MeV

Kamiokande ~150 pulses/hour > 7.5 MeV

(7.5 MeV corresponds to Nhit=20)

…noi non doviamo desiderare che la natura si accomodi a quello che parrebbe meglio disposto et ordinato a noi, ma conviene che noi accomodiamo l’intelleto nostro a quello che ella ha fatto, sicuri tale essere l’ottimo et non altro.

Galileo nel 1612 a Federico Cesi.

end