



Il numero di neutrini leggeri Ricordi personali

Fabrizio Palla

INFN Pisa

ALEPH

Il team

- Martine Bosman (Max Planck, Munich)
- Silvie Dugeay (Imperial College)
- Francesco Fidecaro (Pisa)
- Marie Noëlle Minard (Annecy)
- Monica Pepe (CERN)
- Jack Steinberger (SNS)
- Fabrizio Palla (pagato col gas: "The Aleph physicist with the highest scientific output over cost ratio" – J. Steinberger)

Antefatto – I

- Aprile 1989 (io mi ero laureato il mese prima): Jack Steinberger è in SNS e cerca di un giovane per scrivere il programma di selezione per la misura del numero di neutrini con i soli calorimetri, perché non si fida che la TPC funzioni subito
 - La selezione deve esser pronta per l'inaugurazione di LEP (14 luglio 1989)
 - Il codice lo chiamerò REVOLUTI FORTRAN (l'IBM non prendeva più di 8 caratteri) ed è pronto per il 14 luglio
- Lorenzo chiama Lazeyras e mi fece un contratto di 6 mesi pagato con il gas

Antefatto – II

- Parlo un inglese scolastico e mi mettono in un ufficio al Bld. 2 con Fred Bird (ex SLAC) e Ed Blucher (ex Cornell) – imparerò l'inglese e altro sul campo (assieme alle canzoni di Madonna che Ed ascoltava).
- A fianco c'è un ufficio con Monica e Sylvie, al piano sotto Marie Noëlle e Martine, mentre Francesco è impegnato a fare funzionare i TPD e arriva dopo le 18.
- Dieter è il mio supervisore e un giorno sì e uno no viene a chiedere come va. Jack ogni tanto si fa vivo
- Abbiamo qualche meeting comune con il gruppo di Alain ma è già rivalità dal primo giorno

Quali limiti esistevano a quel tempo sul numero di neutrini?

1. Big-bang nucleosintesi (He3)

- Attraverso la reazione $n + \nu_e \rightarrow p + e$ e la formazione dei nuclei leggeri (H e He3)

• Astrofisici (SN1987A)

- Dall'osservazione del numero di anti-neutrini e equipartizione dell'energia

• Altri acceleratori

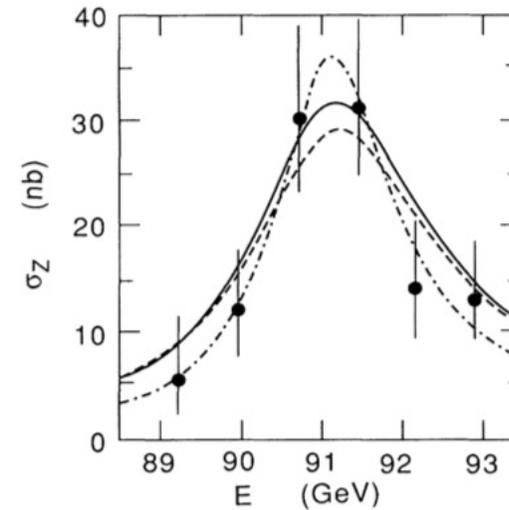
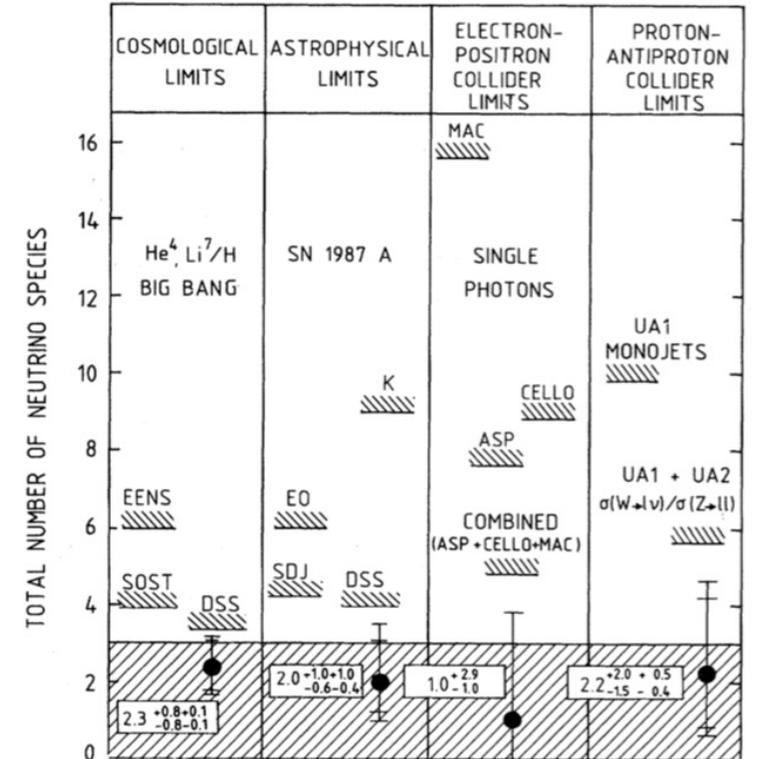
- Ad es $\sigma(W \rightarrow \ell \nu_\ell) / \sigma(Z \rightarrow \bar{\ell} \ell)$ o processi diretti $e^+ e^- \rightarrow \bar{\nu} \nu \gamma$

- De Negri, Sadoulet & Spiro

$$N_\nu = 2.0^{+0.6}_{-0.4}$$

- MarkII a SLC prende le prime Z (in Aprile)

- all'inizio della tesi nel 1987 Lorenzo mi dà i libroni di SLC dicendo che loro vedranno per primi la Z
- 106 eventi adronici $N_\nu = 3.8 \pm 1.4$



Stato del rivelatore

- **TPC**

- Calibrata con il run di cosmici
- Le tracce erano ricostruite perfettamente

- **ECAL**

- Sufficientemente commissionato e affidabile e calibrato
- La lettura dei fili era funzionante
- L'abbiamo usato per il Trigger

- **HCAL**

- Si leggeva sia con gli HPC che gli ASTROS
- Il barrel funzionava ma gli endcap stavano finendo il commissioning
- La noise suppression e i canali morti e rumorosi non erano del tutto mappati

- Per la misura dovemmo arrangiarci a fare la coincidenza tra i piani e le torri

- **Le Camere dei Mu**

- C'era solo uno strato

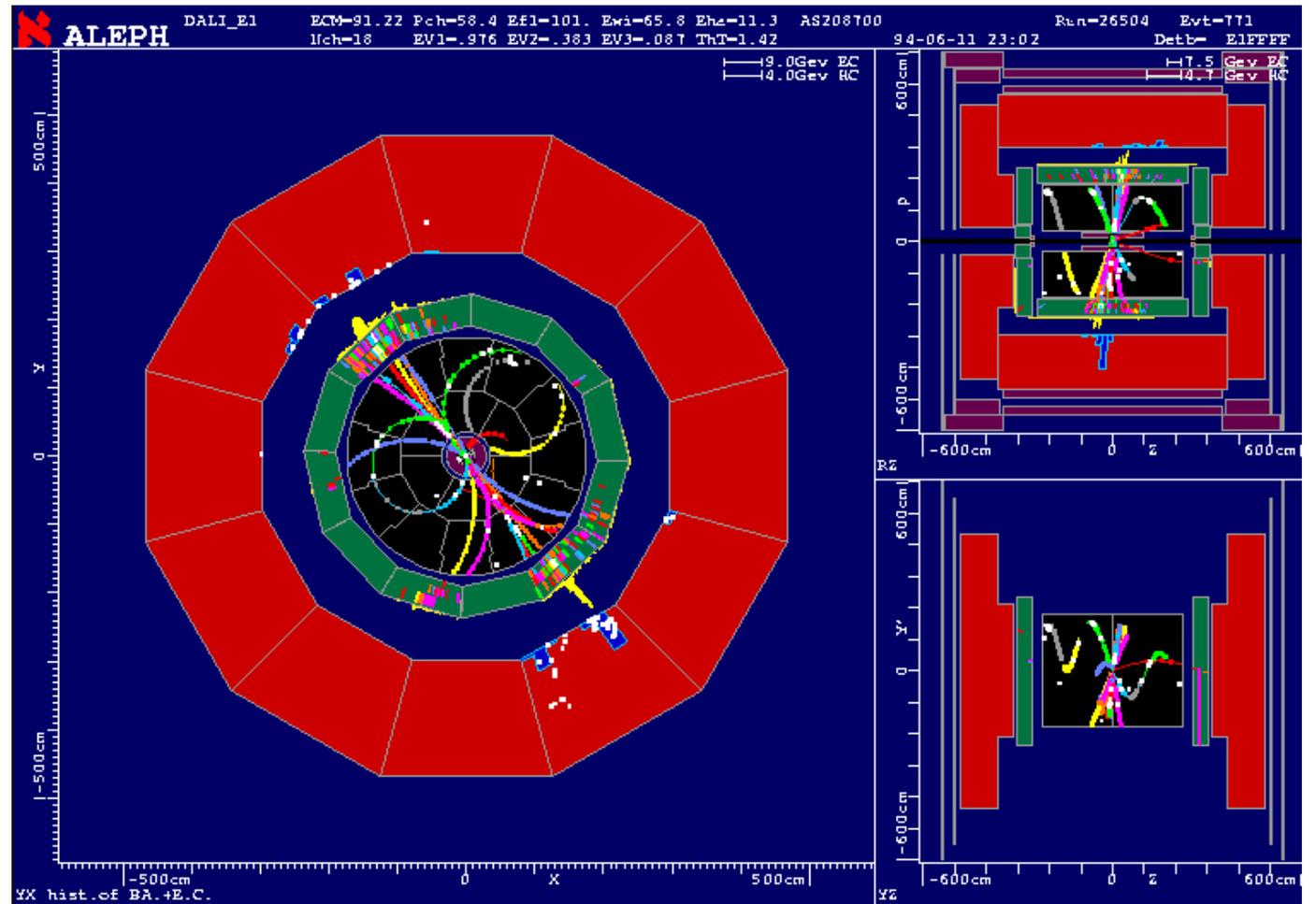
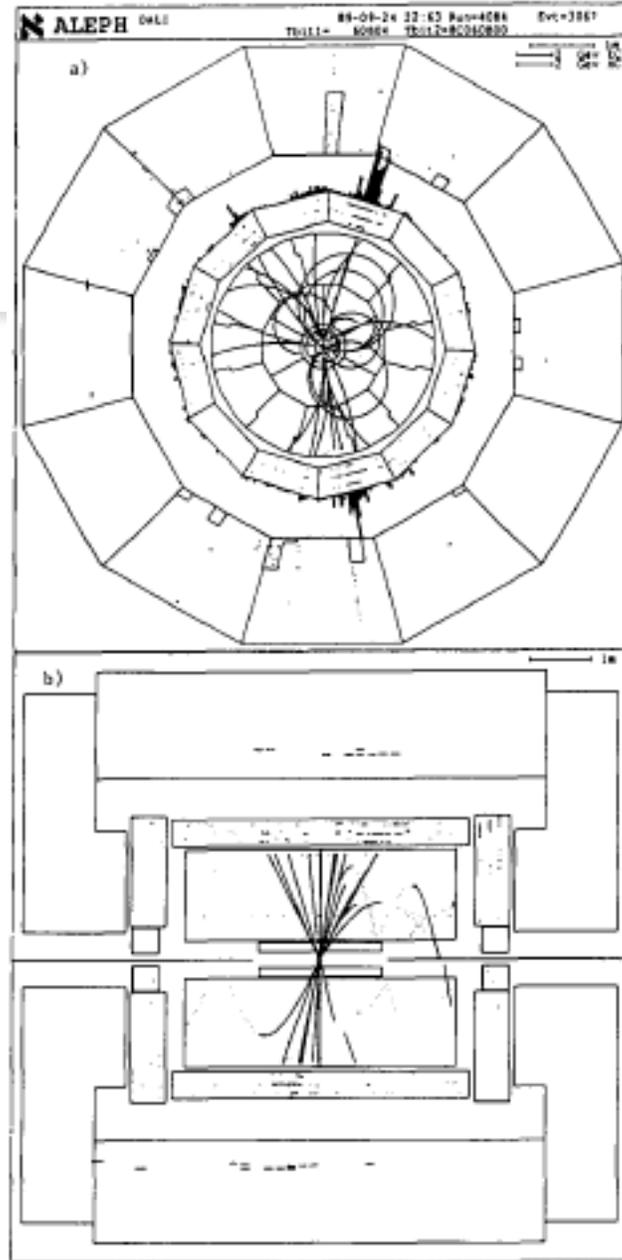
- **LCAL**

- Era perfettamente funzionante grazie alla dinastia Hansen

- **Il SW offline**

- ALPHA era nella sua infanzia, si usava JULIA e si spacchettavano le banche BOS
- Ovviamente tutto in FORTRAN (e poco o nulla commentato)
- Ma dato che il rate era enorme dopo il pass0, dovemmo usare il Cray e fare le notti!

I primi event display



Il trigger

- Il trigger era disegnato attorno a ECAL
- La coincidenza tra i due endcap o la richiesta del deposito nel barrel garantiva una quasi completa rivelazione dei $\gamma\gamma$

SECTION OF HADRONS / τ . FOR
BS-SECTION MEASUREMENT

S. Dugeay, F. Fidecaro, N. Minard, F. Palau
M. Pepe, J. Steinberger

IN CLOSE CONTACT WITH E. BLUCHER, F. BIRD & LL. HARRIS

OFFLINE TRIGGER BASED ON ECAL WIRES



6 GeV IN BARREL . OR . 3 GeV IN ENDCAPS IN
COINCIDENCE

$$\epsilon_{q\bar{q}} = 99.8\%$$

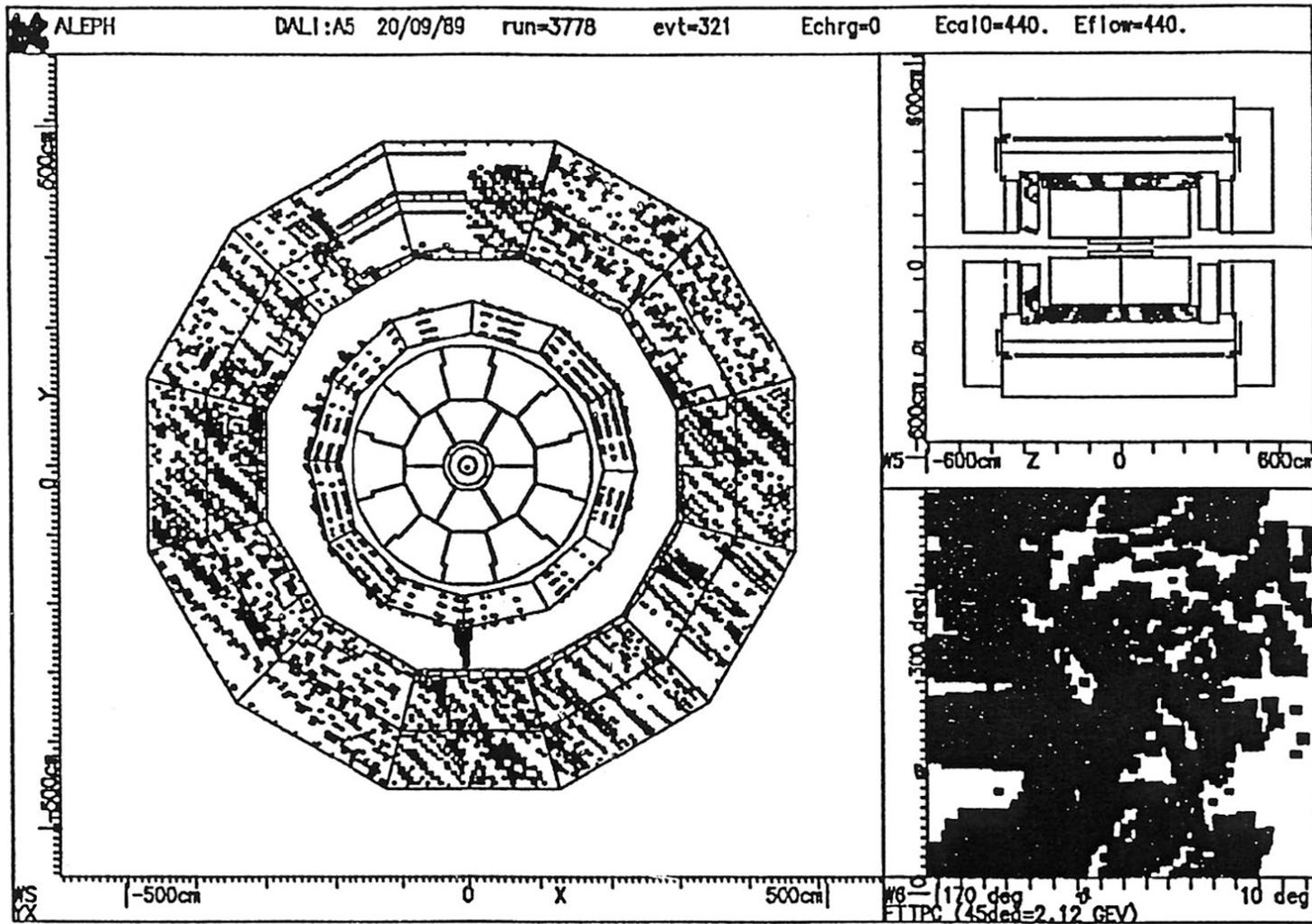
$$\epsilon_{ZZ} = 74.1\%$$

$$\epsilon_{\gamma\gamma} = 2.3\%$$

BUON GIORNO !!

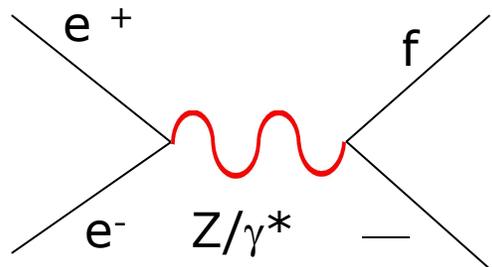
Cosmic ray event

Energy of cosmic ray $\sim 10^7$ GeV?



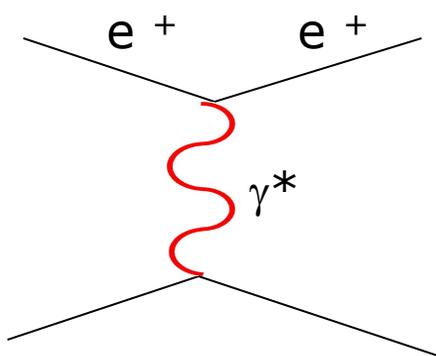
Eventi molto energetici e
Debug dell'apparato

La misura



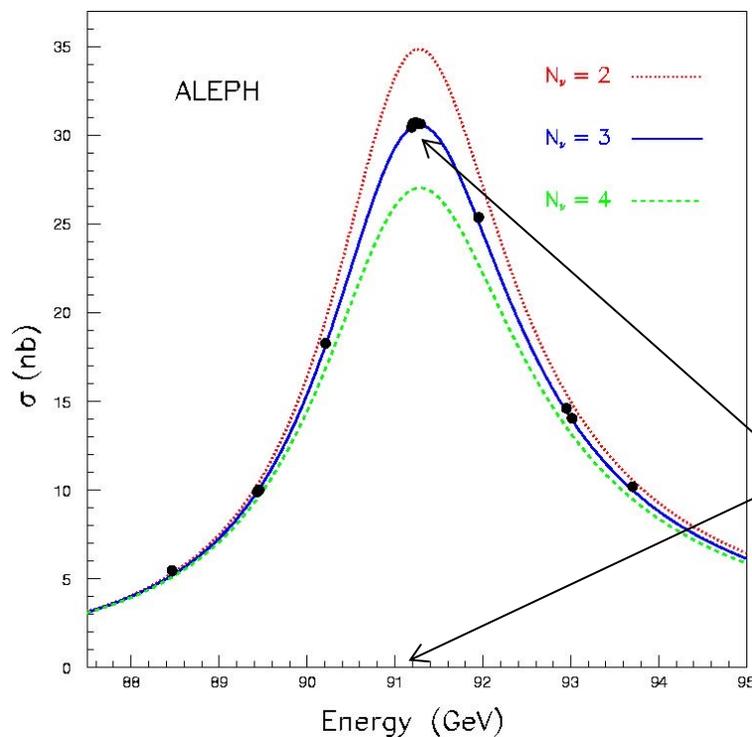
Produzione di fermioni

$f = e, \mu, \tau, u, d, s, c, b, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$



Scattering Bhabha per la luminosità

$$\sigma_{had} = \frac{N_{had}}{\epsilon_{had} L} = \frac{N_{had}}{\epsilon_{had}} \cdot \frac{\sigma_{Bhabha} \epsilon_{Lumi}}{N_{Lumi}}$$



$$\sigma_{had}(s) = \frac{12\pi}{M_Z^2} \frac{s \Gamma_e \Gamma_{had}}{(s - M_Z^2)^2 + s^2 \Gamma_Z^2 / M_Z^2}$$

$$s = M_Z^2 \Rightarrow \sigma_{had} = \sigma_{had}^{peak}$$

$$\sigma_{had}^{peak} = \frac{12\pi}{M_Z^2} \frac{\Gamma_e}{\Gamma_Z} \frac{\Gamma_{had}}{\Gamma_Z}$$

$$\Gamma_Z = 3\Gamma_\ell + \Gamma_{had} + N_\nu \Gamma_\nu$$

I fondi

$$\gamma\gamma: e^+e^- \rightarrow e^+e^-ff$$

bassa molteplicità ed energia, e sbilanciati

$$Z \rightarrow e^+e^-$$

Due depositi in ECAL (ma con energia recuperata in HCAL dove c'era il crack)

$$Z \rightarrow \mu^+\mu^-$$

MIP in ECAL, No. di hit in HCAL e camere dei mu.

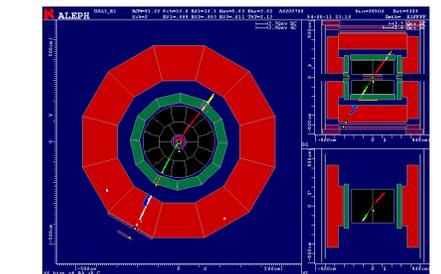
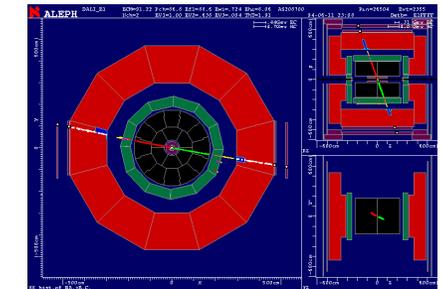
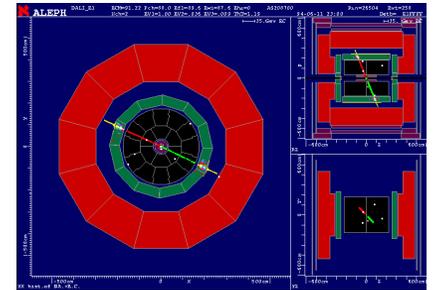
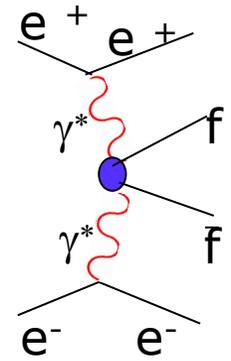
Cosmici

ECAL timing coincidente con il tempo di collisione da LEP

$$Z \rightarrow \tau^+\tau^-$$

Quelli semileptonici erano semplici da identificare. Rimanevano quelli adronici (il 60% circa) rigettati contando i (pochi) depositi energetici ma molti li tenemmo.

Francesco si vedeva tutti gli eventi strani con l'Event-Display e si accorse del "trigger mismatch" (parte degli eventi venivano splittati in due consecutivi)



La misura nel primo articolo

- Fit alla sezione d'urto adronica in funzione dell'energia di LEP fissando le larghezze parziali della Z dal modello standard, e fittando M_Z e N_ν

$$N_\nu = 3.27 \pm 0.24_{stat} \pm 0.16_{syst} \pm 0.05_{th.}$$

Phys. Lett. B 231, 519-529 (1989) doi:10.1016/0370-2693(89)90704-1

Experiment	hadronic Zs	Z mass (GeV)			N_ν		
MARKII	450	91.14	\pm	0.12	2.8	\pm	0.60
L3	2538	91.13	\pm	0.06	3.42	\pm	0.48
ALEPH	3112	91.17	\pm	0.05	3.27	\pm	0.30
OPAL	4350	91.01	\pm	0.05	3.10	\pm	0.40
DELPHI	1066	91.06	\pm	0.05	2.4	\pm	0.64
Average		91.10	\pm	0.05	3.12	\pm	0.19

La misura nel primo articolo

- Fit alla sezione d'urto adronica in funzione dell'energia di LEP fissando le larghezze parziali della Z dal modello standard, e fittando M_Z e N_ν

$$N_\nu = 3.27 \pm 0.24_{stat} \pm 0.16_{syst} \pm 0.05_{th.}$$

Phys. Lett. B 231, 519-529 (1989) doi:10.1016/0370-2693(89)90704-1

Come facemmo dopo

- Fit alla lineshape con tutte le specie e prendendo $\frac{\Gamma_\ell}{\Gamma_\nu}$ dal modello standard

$$N_\nu = \frac{\Gamma_\ell}{\Gamma_\nu} \left(\sqrt{\frac{12\pi R_\ell}{M_Z^2 \sigma_{had}^0}} - R_\ell - 3 \right)$$

Grazie