

Scoperta dei bosoni intermedi

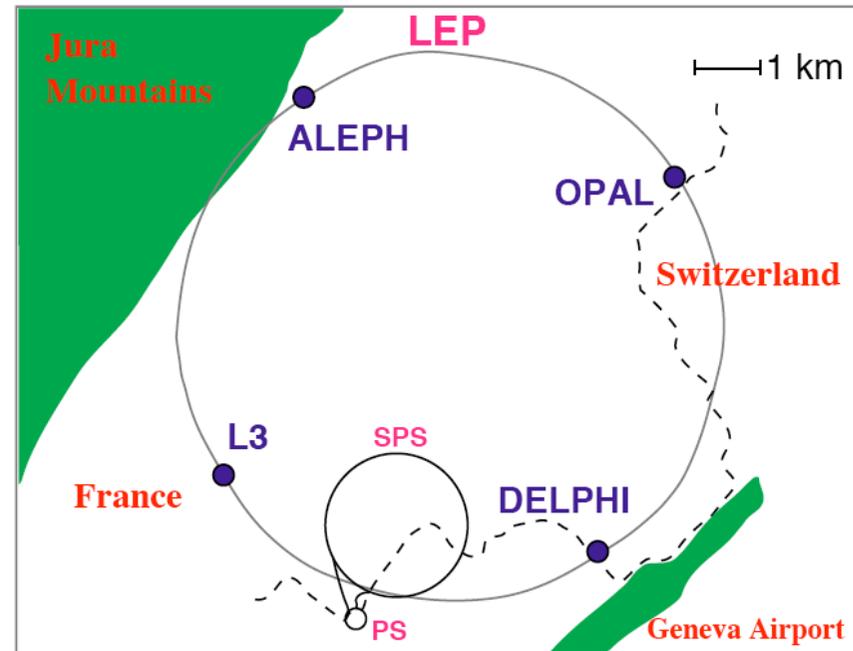
(Dionisi)

LEP

LEP ha lavorato allo Z dal 1989 al 1995, raccogliendo oltre 15 milioni di eventi tra 88 e 94 GeV su quattro esperimenti, ALEPH, DELPHI, L3 e OPAL. La luminosità ha raggiunto i $2 \times 10^{31} \text{ cm}^{-1}\text{s}^{-1}$, corrispondenti a circa 1000 eventi per ora per esperimento, ad una rate di collisioni di 45 kHz. Gli elettroni e i positroni sono iniettati in LEP a 20 GeV ed accumulati.

Quando la corrente è accumulata, i fasci sono accelerati alla energia nominale e fatti collidere fino ad una decina di ore. Il campo magnetico è fornito da 3280 dipoli, più centinaia di 4-poli e 6-poli focalizzatori.

L'energia persa per irraggiamento in un giro è di 125 MeV, continuamente compensata dalle RF.



energie, luminosità ed eventi di LEP I

Year	Centre-of-mass energy range [GeV]	Integrated luminosity [pb ⁻¹]
1989	88.2 – 94.2	1.7
1990	88.2 – 94.2	8.6
1991	88.5 – 93.7	18.9
1992	91.3	28.6
1993	89.4, 91.2, 93.0	40.0
1994	91.2	64.5
1995	89.4, 91.3, 93.0	39.8

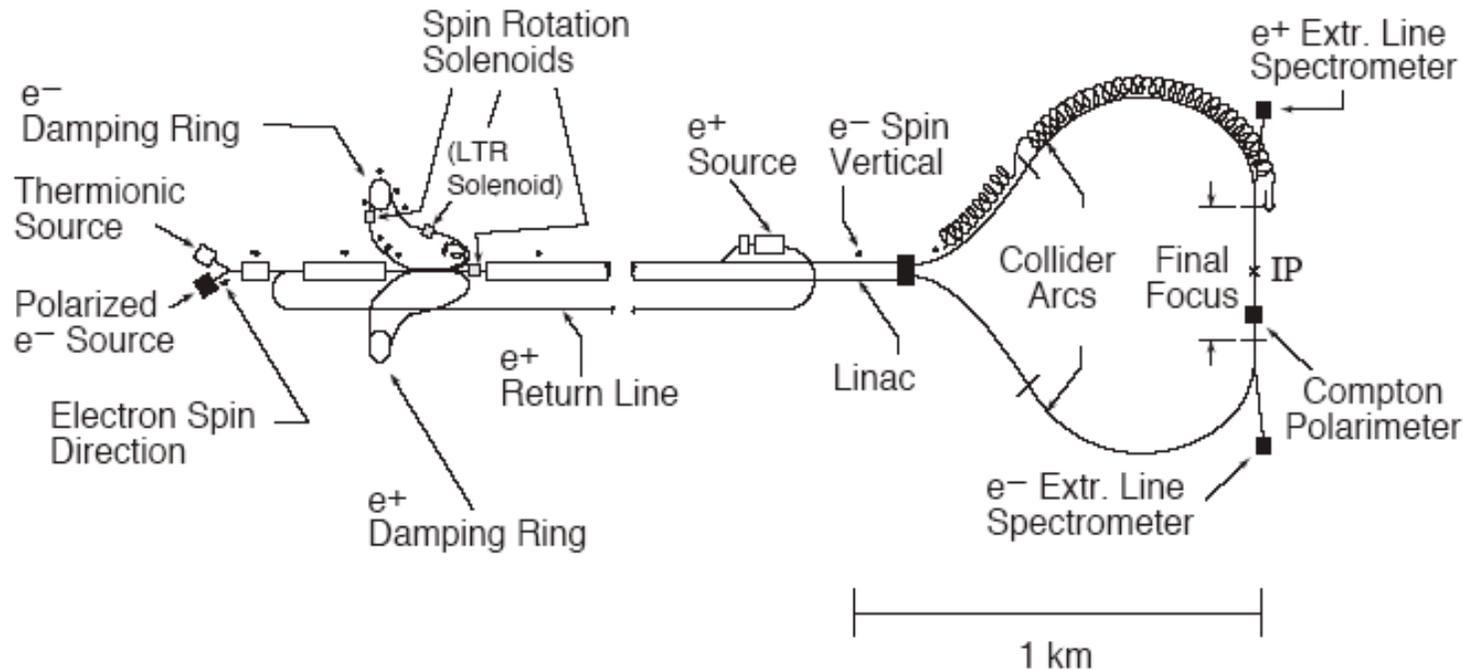
Number of Events/1000										
Year	$Z \rightarrow q\bar{q}$					$Z \rightarrow \ell^+\ell^-$				
	A	D	L	O	LEP	A	D	L	O	LEP
1990/91	433	357	416	454	1660	53	36	39	58	186
1992	633	697	678	733	2741	77	70	59	88	294
1993	630	682	646	649	2607	78	75	64	79	296
1994	1640	1310	1359	1601	5910	202	137	127	191	657
1995	735	659	526	659	2579	90	66	54	81	291
Total	4071	3705	3625	4096	15497	500	384	343	497	1724

SLC

SLC è un collider lineare, con un singolo punto di interazione. Ha operato allo Z dal 1989 al 1998, benché solo nel '92 ha raggiunto una piena operatività, raccogliendo complessivamente 600k Z. La rate è di 120 Hz, con un volume di interazione estremamente ridotto (grazie alla presenza dei dumping rings, che compattano sia le dimensioni che l'energia dei bunch), 1.5(x) × 0.7(y) μm in $r\phi$, in confronto ai 150(x) × 5(y) μm di Lep

$$L = \frac{N_1 N_2}{A} f_i$$

$$[A] = [\ell^2]$$



la polarizzazione dei fasci e la definizione dell'energia

Nella fisica elettrodebole che viola la parità, la possibilità di utilizzare fasci polarizzati longitudinalmente aumenta le misure possibili in modo rilevante.

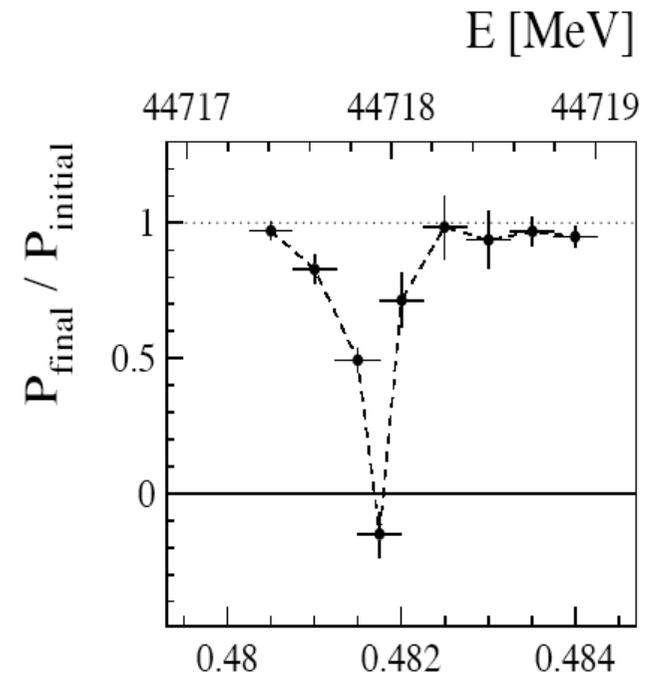
In una macchina circolare, i fasci sono naturalmente polarizzati nella direzione del campo, e dunque trasversalmente alla direzione di volo. Nella fase di progetto si è studiata a lungo la possibilità di dotare LEP di rotatori che orientassero i fasci prima della interazione, ma questa possibilità fu poi abbandonata.

Tuttavia, la polarizzazione longitudinale è stata utilizzata con successo per calibrare l'energia della macchina con il metodo della depolarizzazione risonante, arrivando ad una precisione di 2 MeV, che si riflette direttamente nella precisione sulla massa dello Z. Per avere una idea del significato di tale precisione, si può notare come l'effetto delle maree lunari sulla crosta terrestre, che attraverso lo spostamento dei magneti genera una variazione di circa 10 MeV sull'energia dei fasci, è stato precisamente misurato e corretto (come altri effetti naturali e non)

la calibrazione in energia di LEP

Il momento medio dei fasci è proporzionale all'integrale del campo magnetico visto dalle particelle lungo il percorso. L'energia può essere stimata misurando con precisione tale integrale, al livello di qualche decina di MeV.

Se le particelle sono polarizzate trasversalmente, lo spin medio precece intorno al campo con una frequenza proporzionale allo stesso campo che curva le particelle. La frequenza di precessione può essere misurata osservando la depolarizzazione risonante che si ottiene utilizzando un campo magnetico che oscilla con la stessa frequenza. Dalla figura si vede come la precisione intrinseca del metodo sia di una frazione di MeV. L'errore dominante è poi dovuto alla variazione dell'energia dei dipoli dal momento in cui vengono fatte le misure al momento in cui vengono presi i dati.



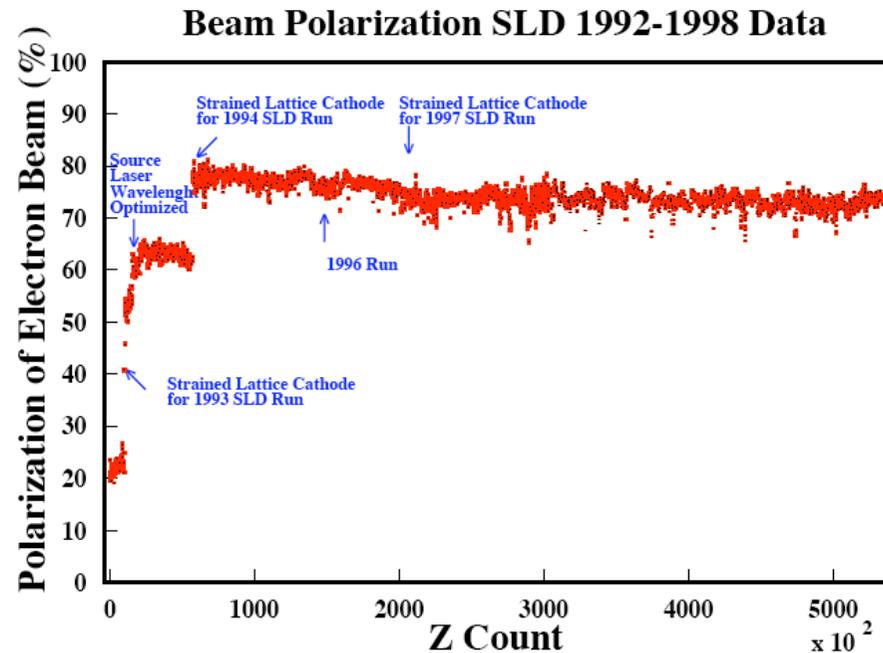
$\nu - 101$

(lo spin tune ν è il numero di precessioni per giro)

polarizzazione longitudinale a SLC

Ad SLC gli elettroni erano polarizzati all'emissione, illuminando il fotocatodo con una sorgente con luce polarizzata, e successivamente anche attraverso speciali catodi "strained lattice". Durante il complesso processo di accelerazione, rotazione e focalizzazione, la polarizzazione era poi ruotata in vari modi prima di arrivare al punto d'interazione con un grado di polarizzazione longitudinale intorno all'80%.

Per utilizzare questa polarizzazione nelle misure, è indispensabile misurarla con estrema precisione. A questo scopo, un polarimetro a scattering Compton, installato poco prima del punto di interazione, misurava la polarizzazione del fascio con una precisione che ha raggiunto lo 0.5%.
L'energia era invece misurata con una precisione di 20 MeV.

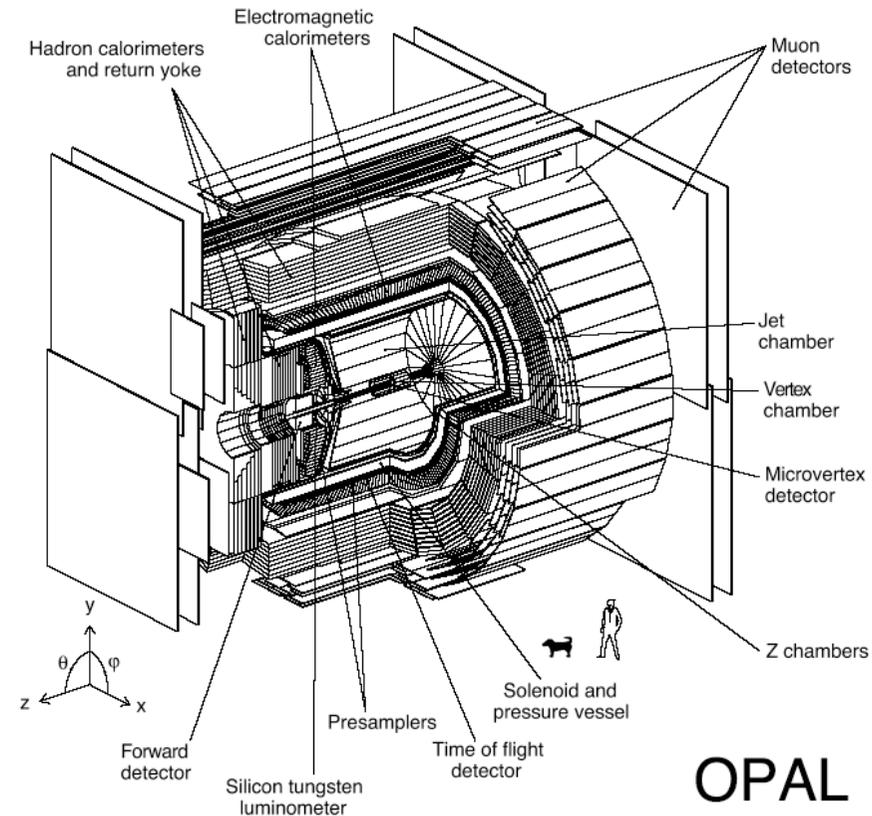


rivelatori di LEP e SLC

camere a mu
calorimetro adronico
calorimetro e.m.
tracciatore
identificazione di particelle
rivelatore di vertice:

silicon micro strip (LEP)
CCD (SLC) per sfruttare le
dimensioni trasversali ridotte del
fascio (e grazie alla bassa rate)

monitor di luminosità
bhabha a piccolo angolo (25 mrad)



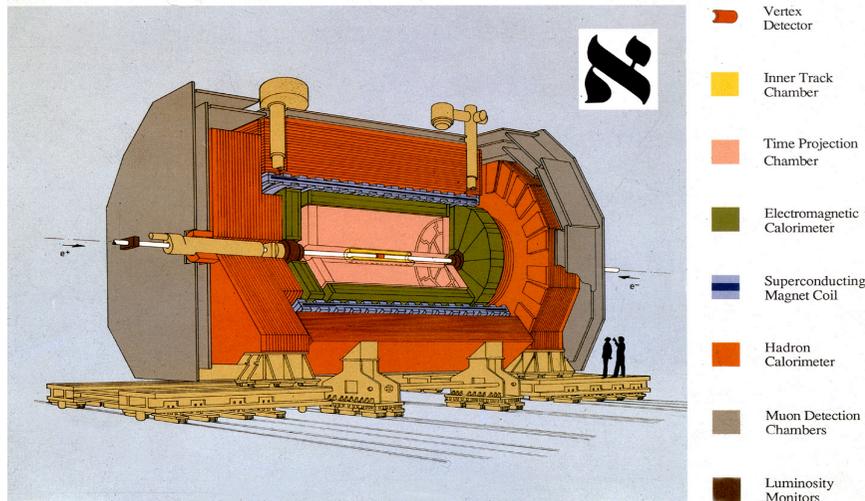
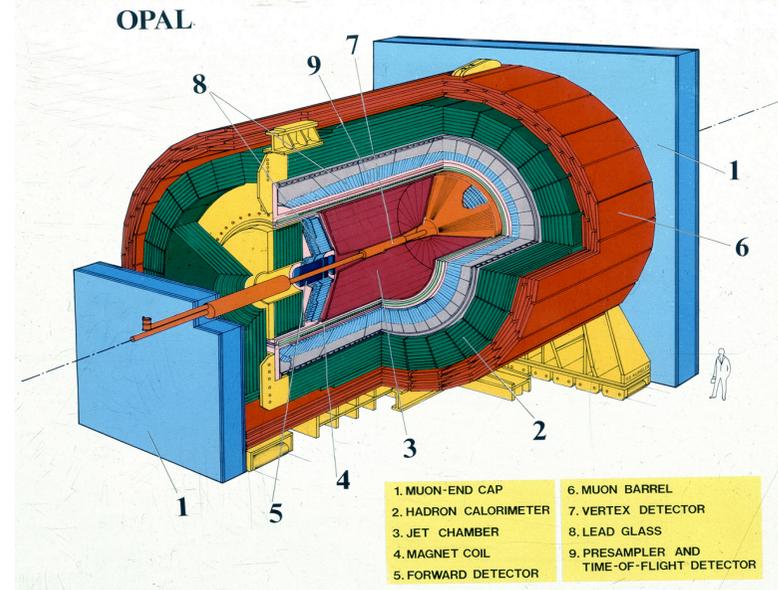
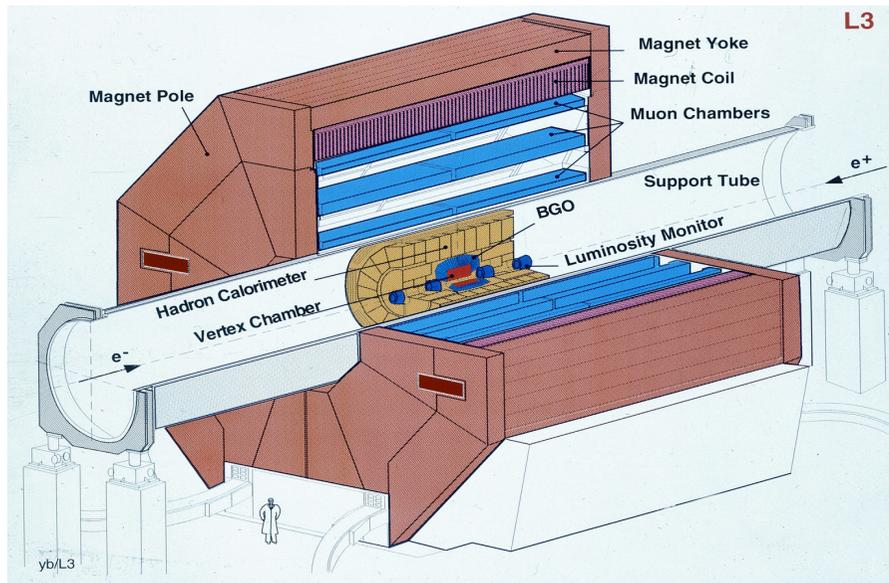
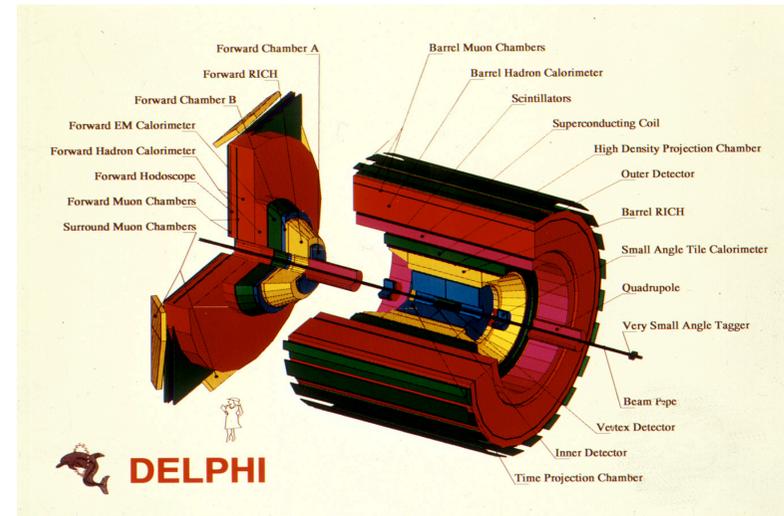
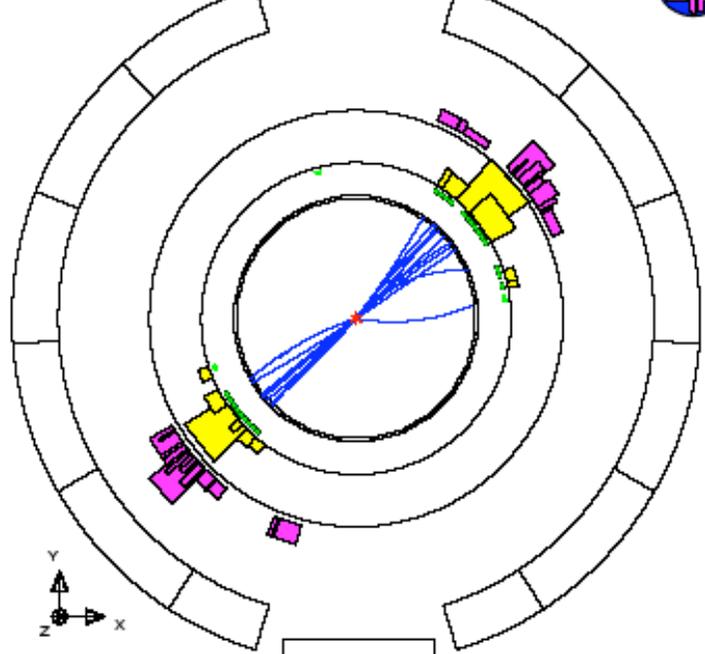


Fig. 1 - The ALEPH Detector

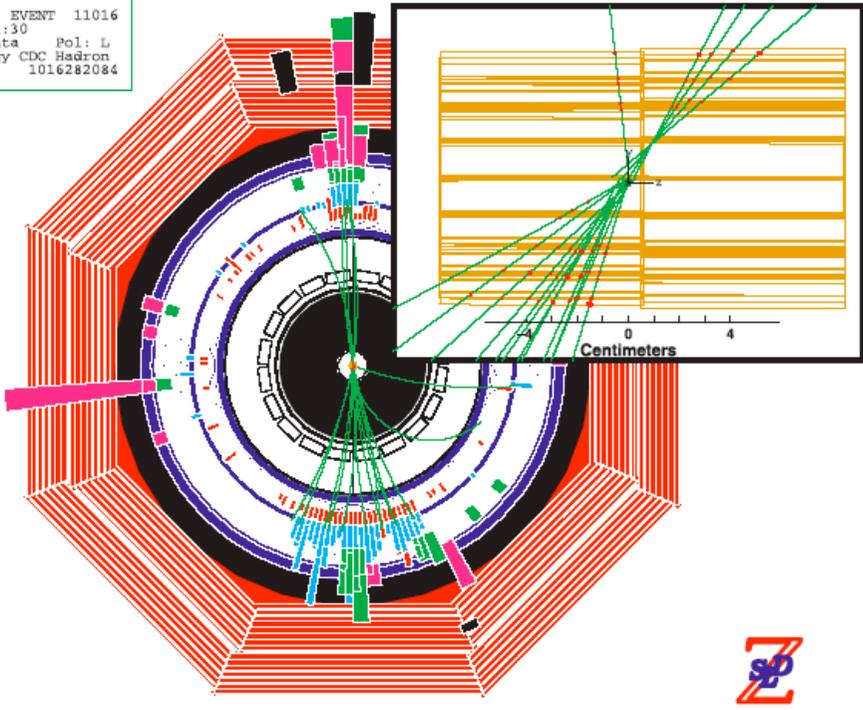


Run 42725, EVENT 11016
 9-APR-1998 01:30
 Source: Run Data Pol: L
 Trigger: Energy CDC Hadron
 Beam Crossing 1016282084

Run: 42725 Date: 9/9/98 Time: 01:30:30
 Beam: 45.0 GeV Coll: 00.0 Detec: -0.8 Vtx: (-0.07, 0.48, -0.88) Mass: 0 Sec: 173(=3) Pile: 0 Sca: 0.0
 Beam: 339 Thrust: 0.0073 Apert: 0.0017 ChLen: 0.048 ChLen: 0.0073

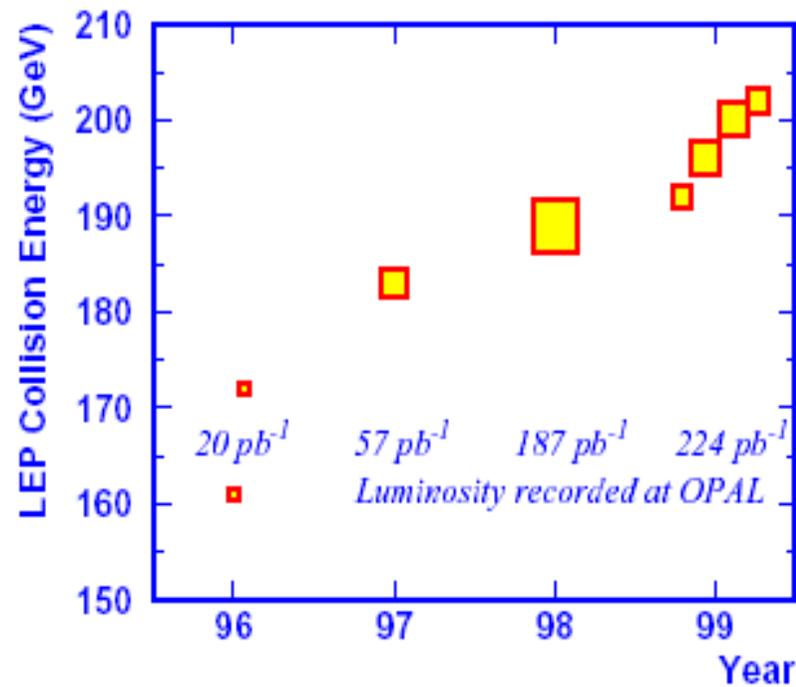


Circle of levels 10 (0.0000, 0.0000, 0.0000)



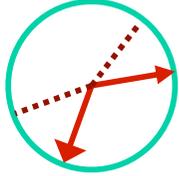
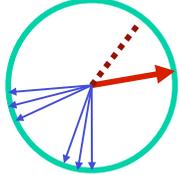
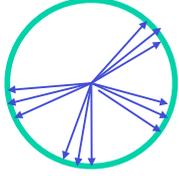
LEP II (1996-2000)

Energie da 161 GeV a 209 GeV)

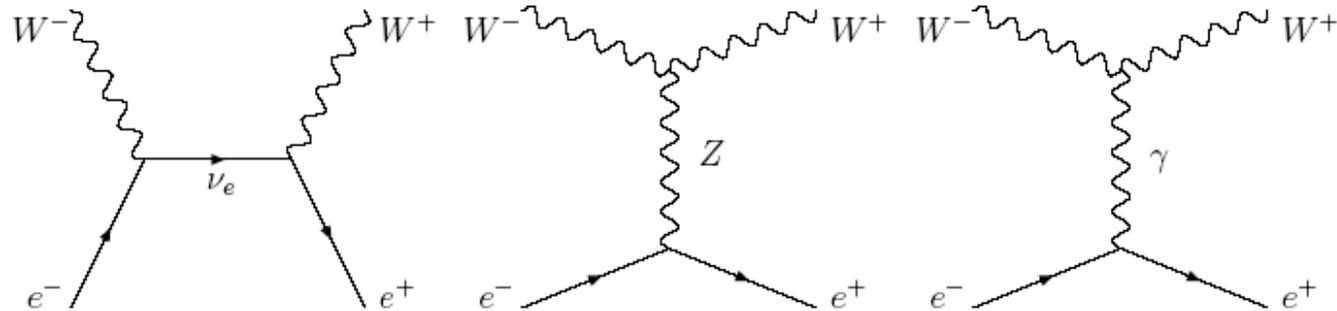


Produzione di 40000 coppie di W
(10000 per esperimento)

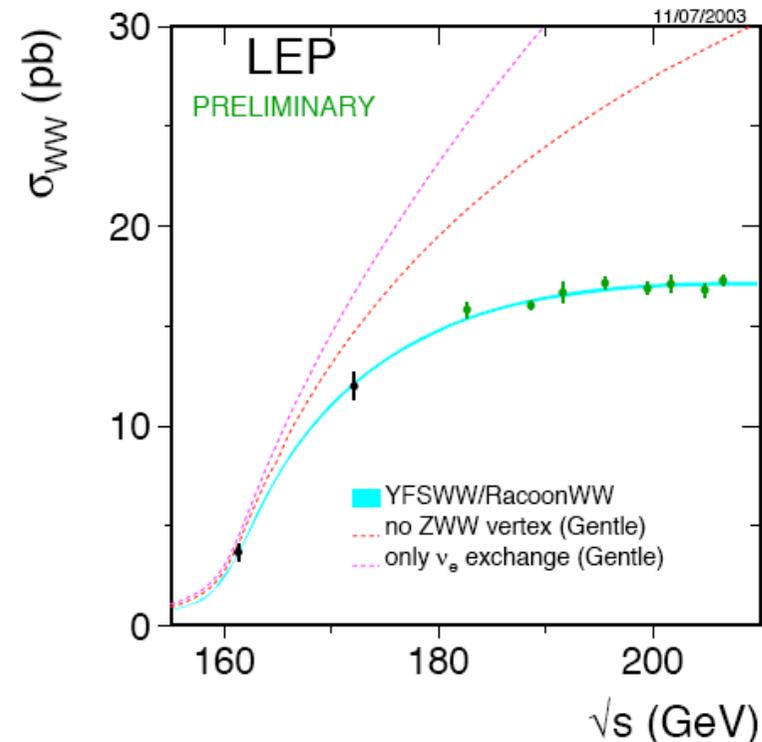
Stati finali dei W

	Efficienza	Purezza			
lv lv	70%	90%	WW → lvlv		BR ~ 10%
qqlv	85%	90%	WW → qqlv		BR ~ 44%
qqqq	85%	80%	WW → qqqq		BR ~ 46%

Produzione di coppie di W a LEP



Ricordiamo che la cancellazione delle divergenze è la prima motivazione della teoria elettrodebole unificata. Questo risultato è la prima evidenza della cancellazione in atto. La cancellazione richiede una precisa relazione tra le costanti di accoppiamento. Infine, la presenza del triplo vertice conferma la natura non abeliana.



Massa invariante dei W

Identificazione di jet e leptoni

Fit cinematico:

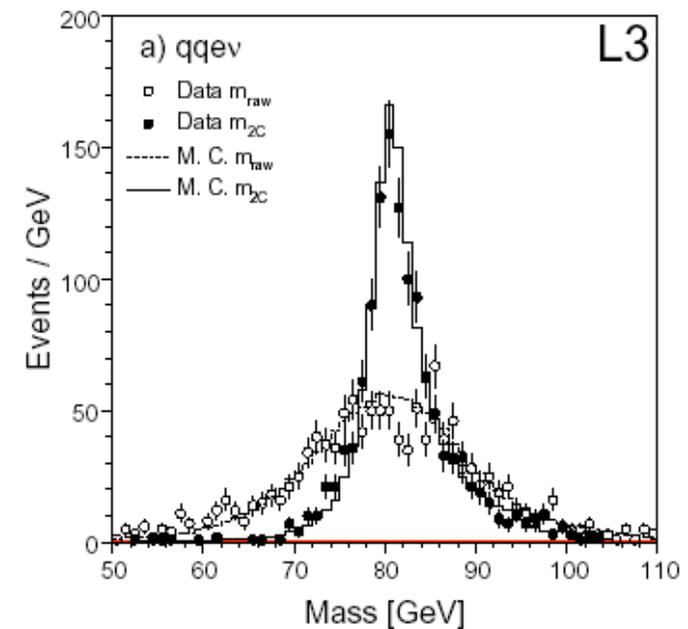
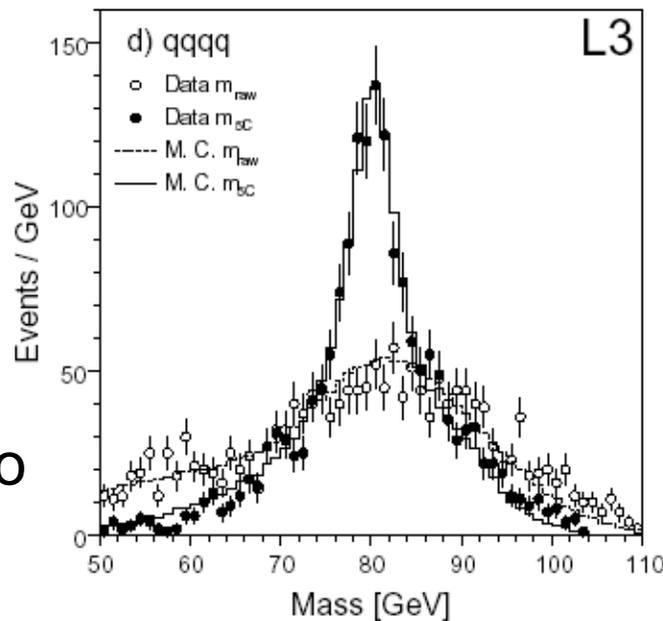
- energia totale = $2 E_{\text{beam}}$
- impulso totale = 0

$$M_{W1} = M_{W2}$$

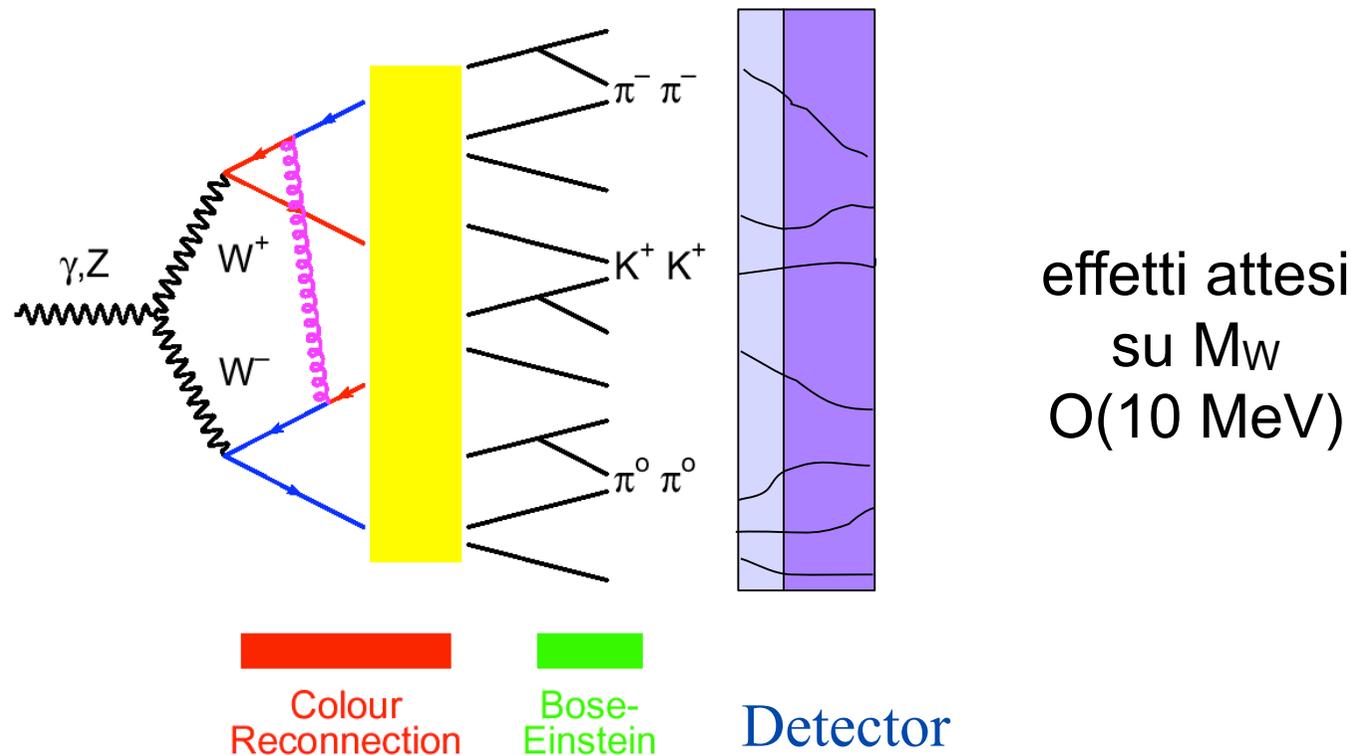
neutrino: $5C-3=2C$



qqqq: 
fit a 5 C
ma fondo
combinatorio



Color Reconnection (CR) e Correlazioni di Bose-Einstein (BEC) tra quark



Differenza di massa tra stati finali $qqqq$ e $qqlv$:
 $-12 \pm 45 \text{ MeV}$.

massa e larghezza del W

A Lep la massa può essere determinata dalla curva di eccitazione e dalla ricostruzione dei decadimenti, migliorata dai constraint cinematici dovuti alla perfetta conoscenza dello stato iniziale. Al Tevatron, la massa è determinata solo dai decadimenti (con meno constraint), ma con una statistica maggiore.

