

Futuri acceleratori: studi e simulazioni recenti



N. De Filippis
Politecnico e INFN Bari

per il gruppo RD_FA

CSN1 2017
6-7 Febbraio 2017



Organizzazione

➤ **Diverse aree di interesse ed attività:**

- Misure di precisione per acceleratori e^+e^- (FCC-ee, CepC)
- Misure di precisione per acceleratori pp (FCC-hh) e SppC
- Prospettive di scoperta di nuova fisica
- Generatori MC, simulazione del rivelatore
- Infrastruttura di calcolo per simulazione ed analisi

➤ **Sono coinvolti fisici teorici e sperimentali**

➤ **Potenziati contr. a CDR per CepC (fine 2017) e a FCC per EU Strategy (2018)**

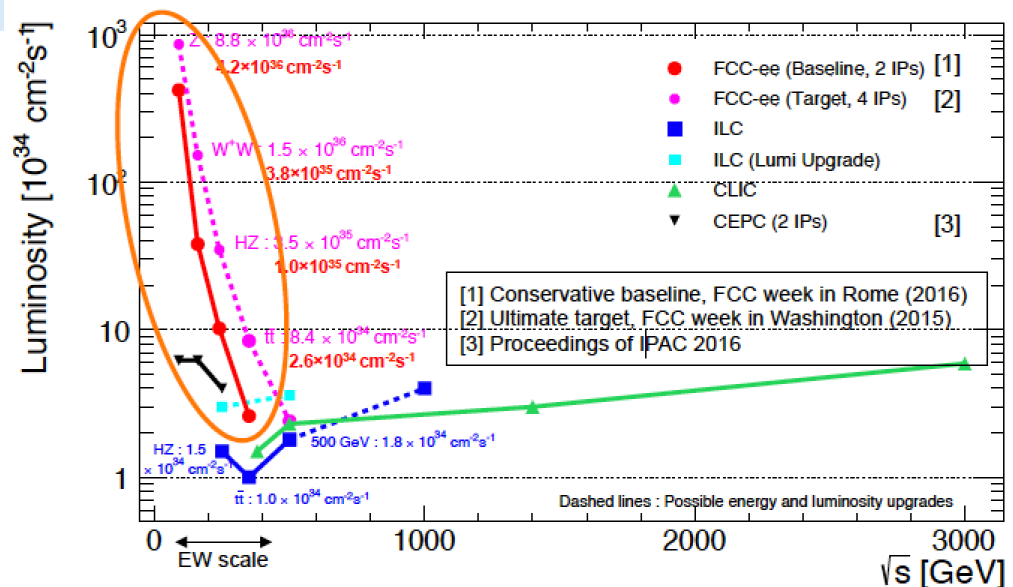
➤ **Eventi recenti e futuri:**

- “FCC physics week” al CERN, 16-20 Gennaio: **due** presentazioni
- “IAS Hong Kong”: 23-26 Gennaio: **cinque** presentazioni
- “Collaboration meeting”, fine Aprile ?
- “FCC physics week” a Berlino, 29 Maggio – 2 Giugno

Studi per FCC-ee/CepC: fisica

Proiezioni sulla luminosità:

- la più alta per FCC-ee



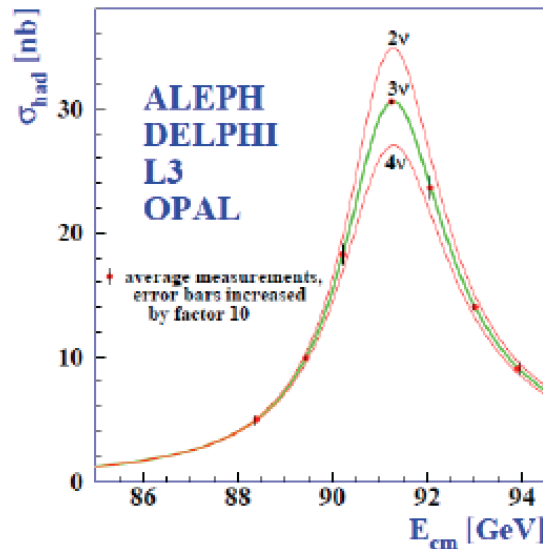
Interessi di fisica di precisione della comunità italiana:

- misure al polo della Z ($\approx 91 \text{ GeV}$):**
 - migliorare la precisione delle misure dei parametri della “lineshape” della Z [M_Z , Γ_Z , R_ℓ , R_b , R_c , Asimmetrie & angolo di “mixing” debole] (JHEP 01 (2014) 164)
- misura di massa e larghezza della W:**
 - scansionare la soglia di produzione WW ($\approx 160 \text{ GeV}$) puntando ad una precisione di 0.5 MeV sulla massa della W).
- produzione ttbar ($\approx 340\text{-}370 \text{ GeV}$)** (precisione statistica di 10 MeV sulla m_{top})

Studi per FCC-ee: precisioni raggiungibili

P. Janot, eeFact16, Daresbury

Z resonance: TeraZ



• Lineshape

- ➔ Exquisite E_{beam} (unique!)
- ➔ m_Z, Γ_Z to < 100 keV (2.2 MeV)

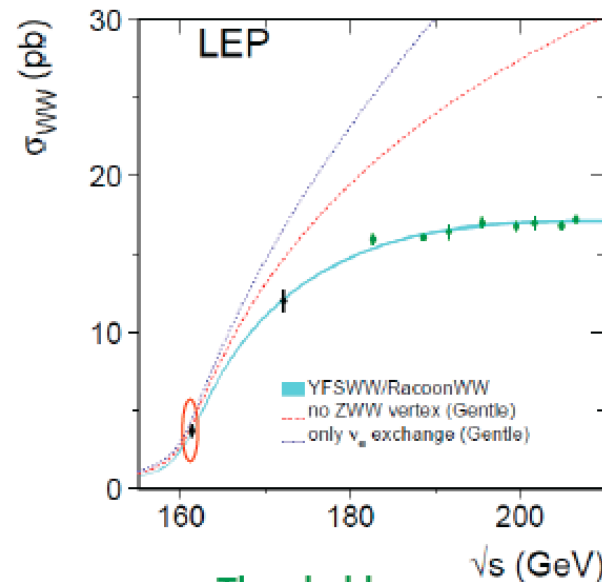
• Asymmetries

- ➔ $\sin^2\theta_W$ to 6×10^{-6} (1.6×10^{-4})
- ➔ $\alpha_{\text{QED}}(m_Z)$ to 3×10^{-5} (1.5×10^{-4})

• Branching ratios, R_l, R_b

- ➔ $\alpha_5(m_Z)$ to 0.0002 (0.002)

WW threshold scan: OkuW



• Threshold scan

- ➔ m_W to 500 keV (15 MeV)

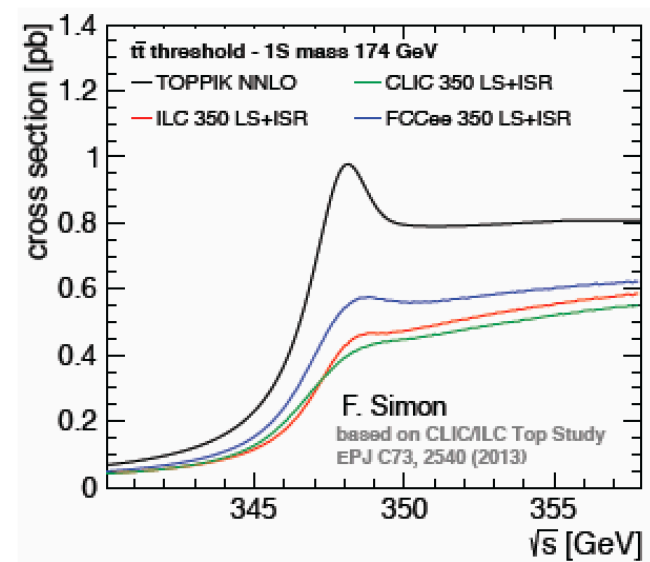
• Branching ratios R_l, R_{had}

- ➔ $\alpha_5(m_W)$ to 0.0002

• Radiative returns $e^+e^- \rightarrow \gamma Z$

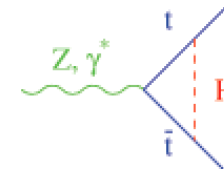
- ➔ N_ν to 0.0004 (0.008)

tt threshold scan: MegaTops



• Threshold scan

- ➔ m_{top} to 10 MeV (500 MeV)
- ➔ λ_{top} to 13%
- ➔ Top EW couplings to 1%



Studi per FCC-ee/CepC: misura di m_W e Γ_W

P. Azzurri (INFN Pisa) a FCC physics week

La misura della produzione WW alla soglia permette di misurare m_W e Γ_W :

– punti ottimali per acquisire dati sono $\sqrt{s}=2m_W+1.5$ GeV (la sezione d'urto non dipende da Γ_W) e $\sqrt{s}=2m_W-2/3$ GeV (Γ - off shell)

Si misura la σ_{WW} in due punti di energia E_1 e E_2 con una frazione f della luminosità in E_1

→ Determinazione di m_W e Γ_W

Bisogna trovare i valori di f , E_1 e E_2 per minimizzare (Δm_W e $\Delta \Gamma_W$)

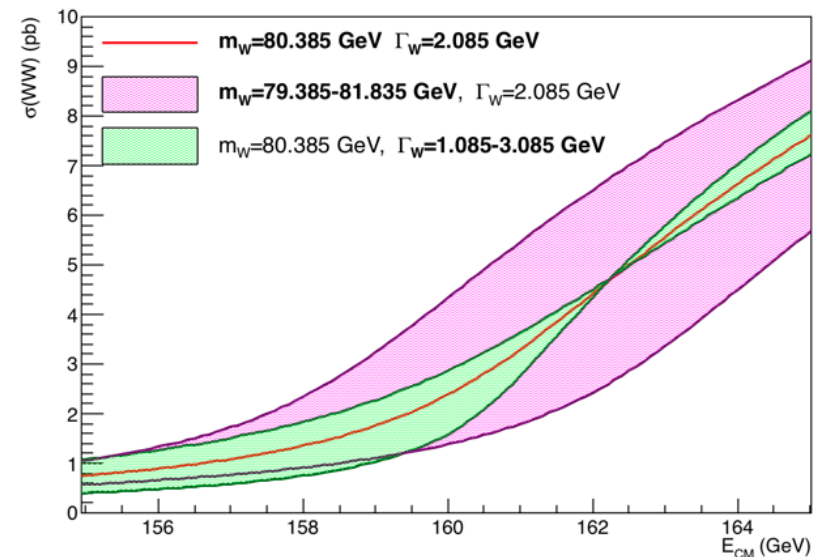
En esempio:

$L = 9/\text{ab} @162.3 + 6/\text{ab} @157.5$

- $\Delta m_W = 0.40$ MeV misurando solo m_W (fissando $\Gamma_W = \text{SM}$)
- $\Delta m_W = 0.41$ MeV e $\Delta \Gamma_W = 1.1$ MeV misurando m_W e Γ_W

→ misurando Γ_W → misura di α_S con errore di 10^{-3}

$$\Delta \alpha_S \approx (3 \pi / 2) \Delta \Gamma / \Gamma \approx 0.002$$



Challenge: controllo

- dell'energia dei fasci ($<\Delta m_W$)
- dell'accettanza (a livello di 10^{-4}),
- del fondo ($<1\text{fb}$)

Studi per FCC-ee/CepC: misura del BR W

P. Azzurri (INFN Pisa) a FCC physics week

W BR

15/ab@160GeV + 10/ab@240GeV

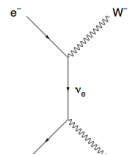
→ 60M+ 160M eventi WW

→ $\Delta\text{BR}(qq) (\text{stat}) = [1.4-0.9] 10^{-4} (\text{rel})$

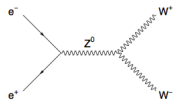
→ $\Delta\alpha_S \approx (9 \pi/2) \Delta\text{BR} \approx 2 10^{-3}$

→ $\Delta\text{BR}(lv) (\text{stat}) = [5-4] 10^{-3} (\text{rel})$

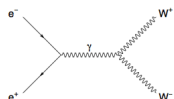
→ LEP2 : tau BR ~2.7 σ maggiore di e/mu



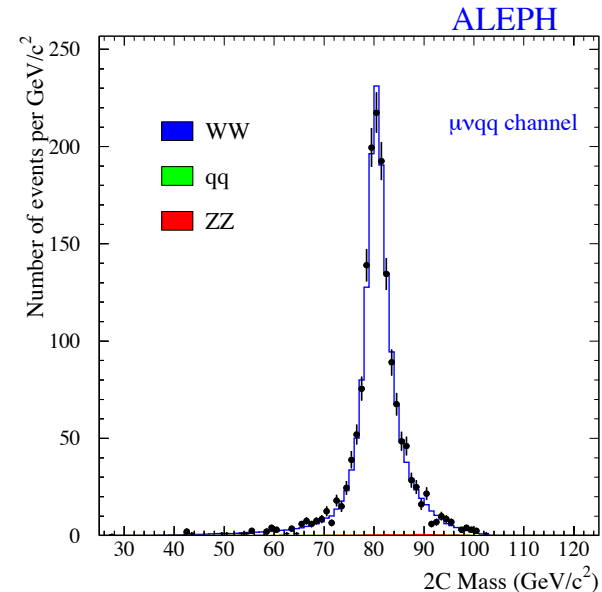
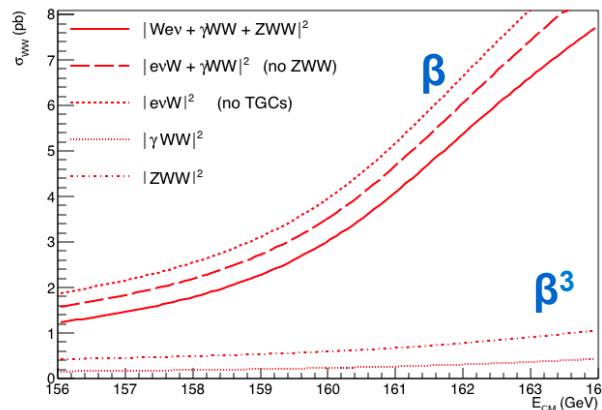
Wev



WWZ



WW γ



W direct reco

15/ab@160GeV + 10/ab@240GeV

→ 60M+ 160M W-pairs

→ $\Delta m_W (\text{stat}) = 0.5-0.3 \text{ MeV}$

→ $\Delta m_W (\text{syst}) \text{ MeV ?}$

opportunità per misure di precisione delle TGC (anche alla soglia WW !)

Studi per FCC-ee/CepC: lineshape della Z

F. Piccinini (INFN Pavia) a IAS Hong Kong

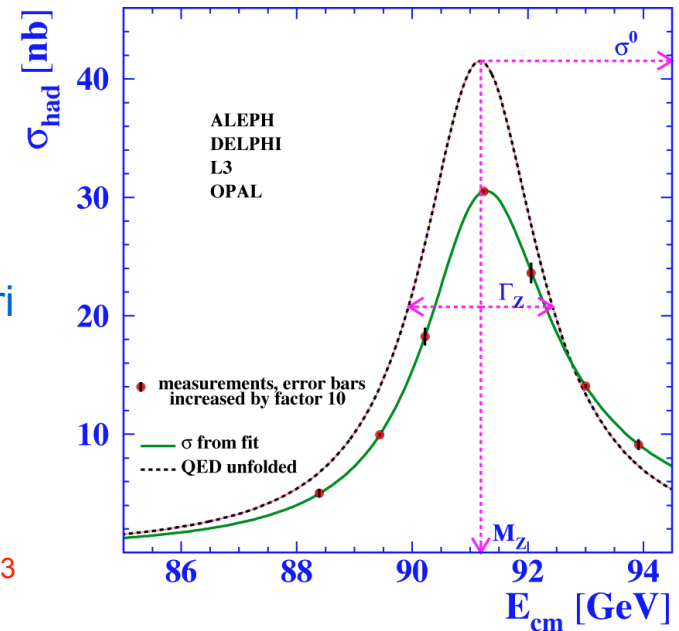
Alcune problematiche di studio teoriche per la stima dei parametri della *lineshape* della Z
Vogliamo parametrizzare in maniera *model-independent* la sezione d'urto $e^+e^- \rightarrow f\bar{f}$:

$$A_{\text{SM}} = A_\gamma + A_Z + \text{non-factorizable}$$

$$\sigma_{f\bar{f}}^Z = \sigma_{f\bar{f}}^{\text{peak}} \frac{s\Gamma_Z^2}{(s - M_Z)^2 + s^2\Gamma_Z^2/M_Z^2} \quad \text{Borrelli, Consoli, Maiani, Sisto, NPB333 (1990) 357}$$
$$\sigma_{f\bar{f}}^{\text{peak}} \equiv \frac{\sigma_{f\bar{f}}^0}{R_{\text{QED}}}; \quad \sigma_{f\bar{f}}^0 = \frac{12\pi}{M_Z^2} \frac{\Gamma_{ee}\Gamma_{f\bar{f}}}{\Gamma_Z^2}$$

Per misurare il contributo della sezione d'urto della Z (fuori dal picco)

- vogliamo sottrarre il contributo di interferenza e questo è stato fatto fissando i valori dei parametri dello SM $\rightarrow$ si perde l'indipendenza dal modello
- al LEP misura dei parametri dello SM a livello dello 10^{-3} ed il contributo sottratto misurato con incertezza 10^{-4} quindi non si è sensibili alla “model independence”
- A FCC-ee/CepC la misura dei parametri del SM attesa a livello di $10^{-4}/10^{-5}$ quindi precisione compatibile con quella sul termine da sottrarre $\rightarrow$ si può essere sensibili



Studi per FCC-ee: luminosità da σ Bhabha

F. Piccinini (INFN Pavia) a IAS Hong Kong

Incertezza teorica sulla sezione d'urto Bhabha $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ a piccoli angoli

Type of correction/error	(%)	(%)	updated (%)
missing photonic $O(\alpha^2 L)$	0.100	0.027	0.027 contributo al NNLO
missing photonic $O(\alpha^3 L^3)$	0.015	0.015	0.015
vacuum polarization	0.040	0.040	0.040 legato ad α_{QED}
light pairs	0.030	0.030	0.010
Z-exchange	0.015	0.015	0.015
total	0.110	0.061	0.054

I column: S. Jadach, O. Nicrosini et al. Physics at LEP2 YR 96-01, Vol. 2
A. Arbuzov et al., Phys. Lett. B389 (1996) 129

II column: B.F.L. Ward, S. Jadach, M. Melles, S.A. Yost, hep-ph/9811245

III column: G. Montagna et al., Nucl. Phys. B547 (1999) 39

Primo contributo: dopo LEP si sono fatti progressi nel calcolare il contributo fotonico a due loop , progress in complete two-loop pure photonic contributions to QED Bhabha scattering

Secondo contributo: dipende dalla polarizzazione del vuoto .i.e running di α_{QED}
(intrinsecamente non perturbativo $\rightarrow$ si richiede di stimare la sezione d'urto adronica $e^+e^- \rightarrow$ adroni con migliore precisione $\rightarrow$ errore ridotto su α_{QED}

$$\Delta\alpha_{\text{had}}^{(5)}(q^2) = -\frac{q^2\alpha}{3\pi} \left[\int_{4m_\pi^2}^{E_{\text{cut}}^2} \frac{R_{\text{had}}^{\text{data}}(s)}{s(s-q^2)} ds + \int_{E_{\text{cut}}^2}^{\infty} \frac{R_{\text{had}}^{\text{pQCD}}(s)}{s(s-q^2)} ds \right]$$

$$\Delta\alpha(M_Z^2) = 0.027626 \pm 0.000138$$

T. Teubner et al., Nucl. Phys. Proc. Suppl. 225 (2012) 282

Studi per FCC-ee: rivelatore

G. Rolandi, CERN e SNS Pisa

Requisiti per il rivelatore:

- tracciamento preciso con un tracciatore di basso valore di X_0
- eccellenti capacità di identificazione dei leptoni e risoluzione in momento di leptoni e fotoni
- precisione nelle misure di energia ed angoli dei jet
- algoritmo di “Particle flow” con adeguata granularità del calorimetro
- rivelatore di vertice di alta granularità con capacità di “tagging” di jet b e c

Varie opzioni di rivelatore sul mercato:

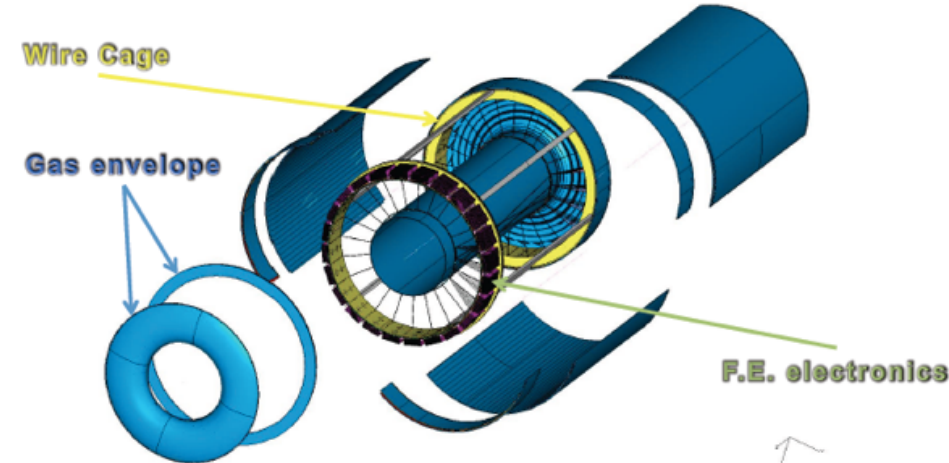
- un rivelatore del tipo ILC/CLIC con *Si tracker, High Granularity Si/W calorimeter*
- un rivelatore FCC-ee “tuned” con:
 - un *light inner Si tracker* a` la ALICE (fino a $R = 50$ cm)
 - una *ultra-light drift chamber* come *outer tracker* (fino a $R = 2$ m)
 - un *Si Layer* davanti al calorimetro (*preshower*) per l'accettanza al μ m e sep. $/e/\gamma/\pi^0$
 - un calorimetro *dual read-out* (fino a $R = 3.5$ m)
 - un *coil* all'interno o all'esterno del calorimetro
 - un sistema di muoni (μ -RWELL, MPGD)

Comunità italiana coinvolta in uno sforzo per definire un secondo concetto di rivelatore per CepC in connessione con il CERN (F. Bedeschi, G. Rolandi)

Studi per FCC-ee/CepC: camera a deriva

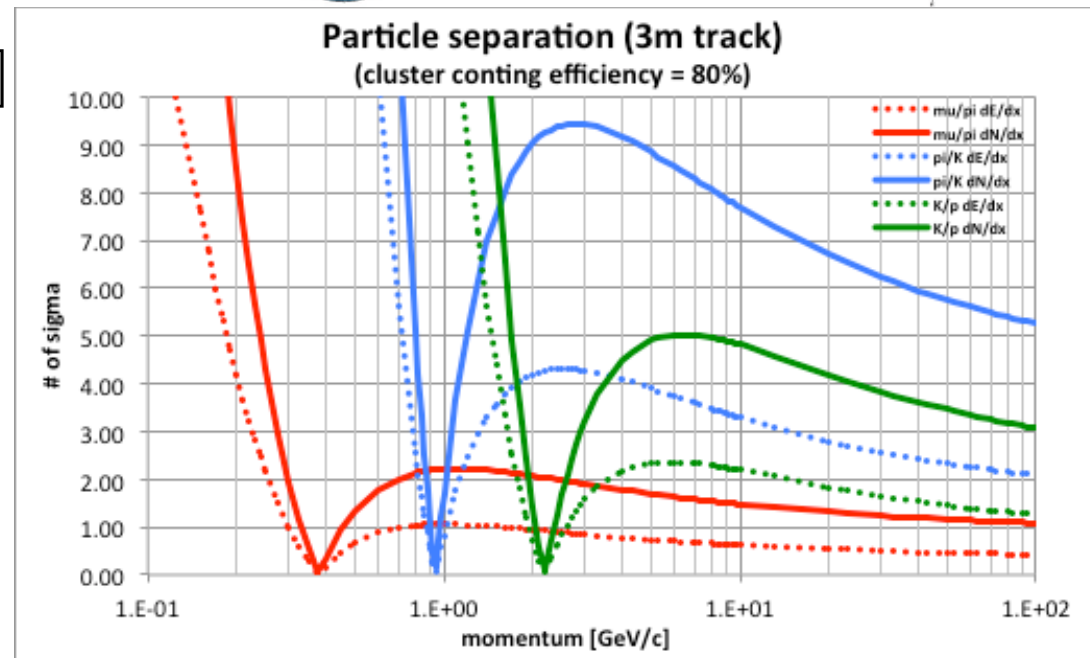
F. Grancagnolo, INFN Lecce

- Camera ultraleggera ($<1\% X_0$) – gas: He 90% - iC_4H_{10} 10%
- 4m long, drift length ~ 1 cm, drift time ~ 150 ns, $\sigma_{xy} < 100 \mu\text{m}$, $\sigma_z < 1$ mm
- $B=2\text{T}$, $L=2\text{m}$, $N=112$



$$\frac{\Delta p_{\perp}}{p_{\perp}} = \frac{8\sqrt{5}\sigma}{.3BL^2\sqrt{n}} p_{\perp} = 7.1 \times 10^{-5} p_{\perp} [\text{GeV}/c]$$

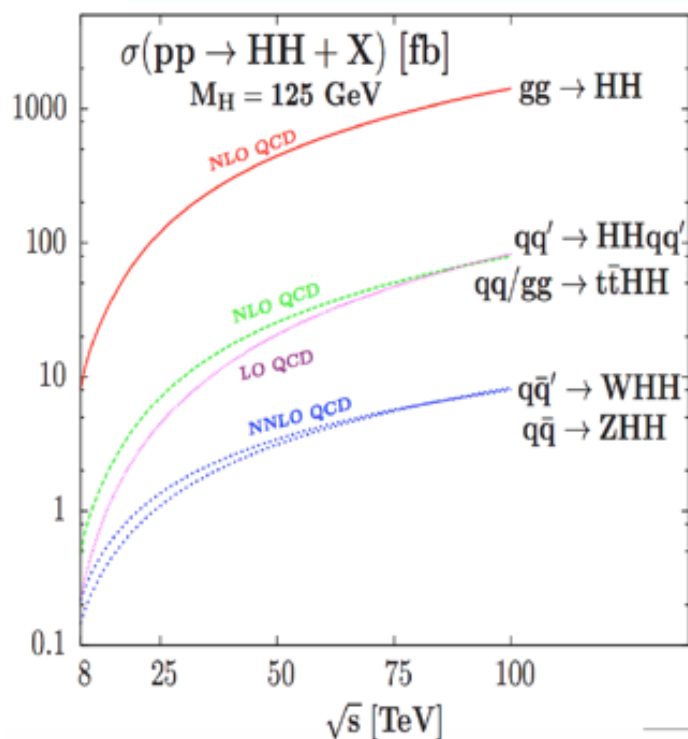
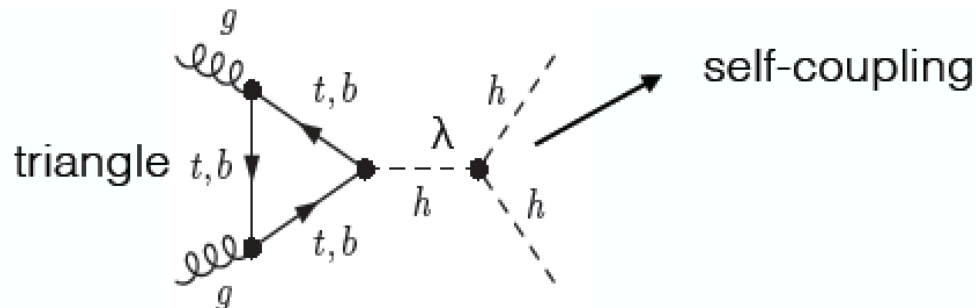
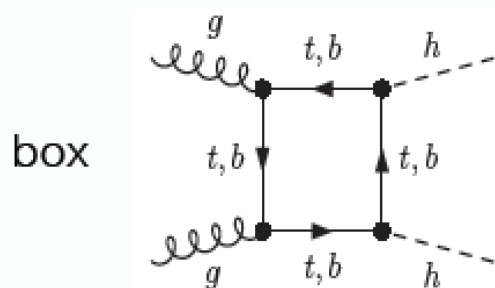
- $dE/dx \sim 4\%$



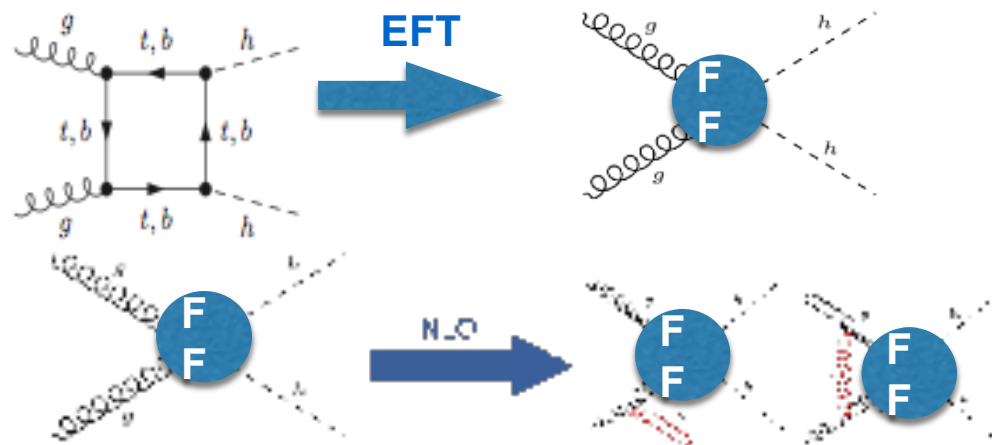
Studi per FCC-hh: fisica

B. Di Micco a FCC physics week

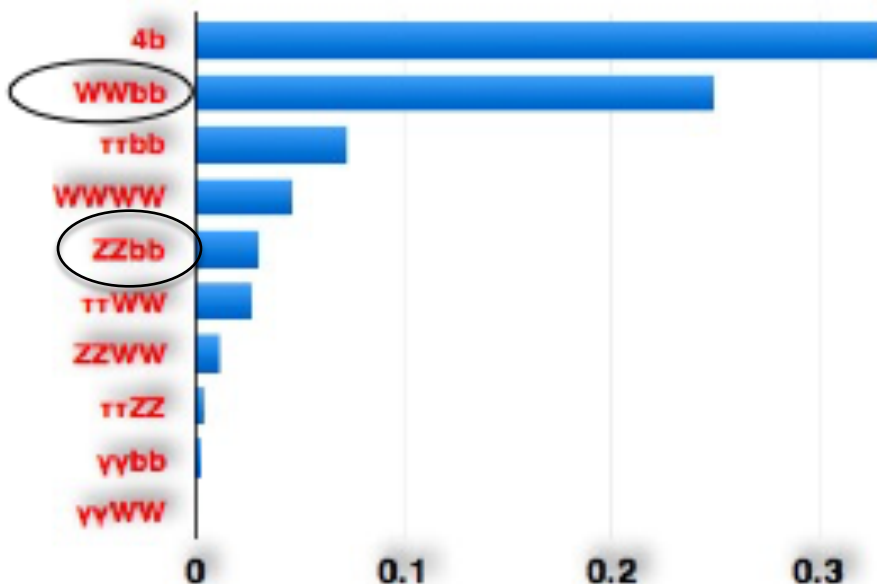
Produzione di-Higgs per studiare l'accoppiamento triplo di H e non solo:



- Modo di produzione dominante: **fusione di gluoni**
- Segnale simulato con Madgraph5_aMC@NLO
- “NLO reweighting” del p_T del sistema HH con correzione legata alla massa finita del top implementata attraverso dei “Form Factor”, *R. Frederix et al., Phys. Lett. B732 (2014) 142*



Studi per FCC-hh: canali di decadimento



Il bosone di Higgs può decadere in stati finali differenti:

- 4b, WWbb sono quelli dominanti
- $\gamma\gamma bb$, ZZbb sono i più puliti

Nell'FCC physics report 2016 sono quotati i risultati per:

$L=30 \text{ ab}^{-1}$	$\Delta\sigma/\sigma$	$\Delta\lambda/\lambda$
$\gamma\gamma bb$	1.3%	2.5%
4b	25% (S/B ~2%)	200%
ZZbb, 4l	~30%	~40%

- Noi ci siamo concentrati su:
 - WWbb
 - ZZbb
- Simulazione delle performance del rivelatore parametrizzata in Delphes
- Simulazione del pileup: 50, 200, 900 eventi sovrapposti al segnale

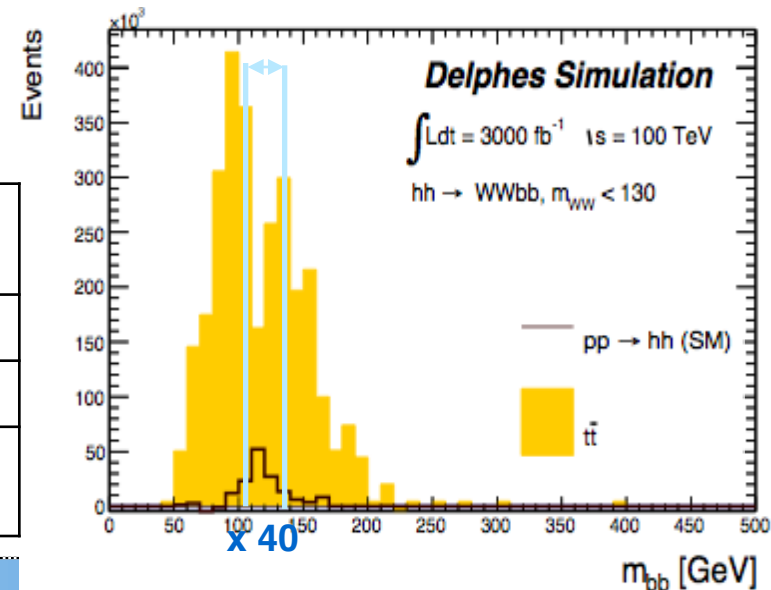
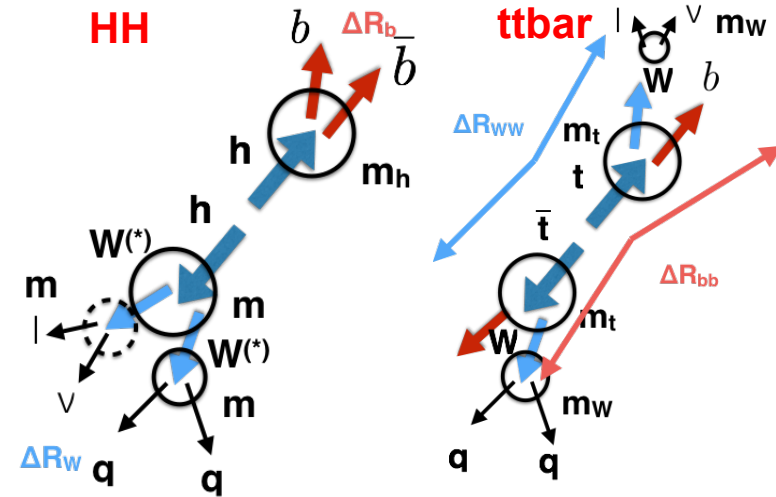
Per WWbb c'è un paper fenomenologico nello stato finale con 1 leptone: PRD87 (2013) 0011301:

- osservazione a 4σ con 600 fb^{-1} @14 TeV,
- risultati di CMS preliminari con $1.3.2 \text{ fb}^{-1}$ di dati a 13 nello stato finale con 2-leptoni trova dei risultati peggiori [CMS-PAS-HIG-16-024]

Studi per FCC-hh: $HH \rightarrow WWbb \rightarrow l\nu jjbb$

- ❑ $BR(HH \rightarrow WWbb \rightarrow l\nu jjbb) \approx 7\%$
- ❑ stesso stato finale per eventi $t\bar{t}bar$ (il fondo più elevato)
- ❑ $\sigma(100 \text{ TeV})/\sigma(14 \text{ TeV}) \approx 40(32)$ per $HH(t\bar{t}bar)$
- ❑ è possibile discriminare il segnale dal fondo $t\bar{t}bar$ usando diverse variabili:
 - ❑ M_{bb} , ΔR_{bb} , ΔR_{WW}
- ❑ analisi basata su tagli e nel futuro MVA
 - ❑ fit cinematico, correlazioni angolari
- ❑ è fondamentale ricostruire ET_{miss} , risoluzione angolare ed in p_T dei jet, in un ambiente ad alto pileup

B. Di Micco, Univ. Roma Tre e INFN
M. Testa, INFN LNF



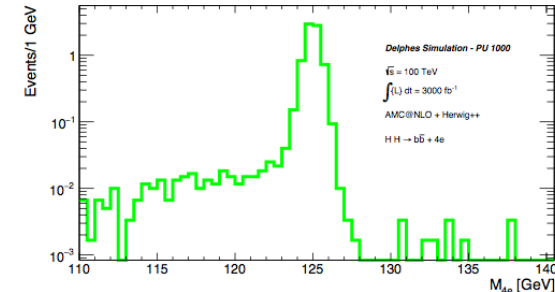
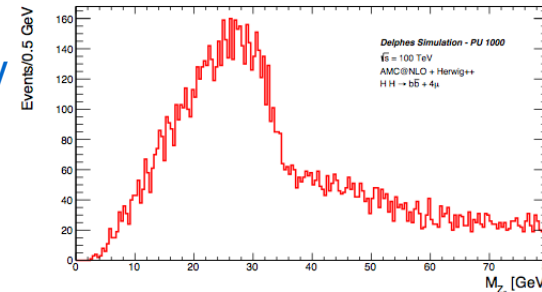
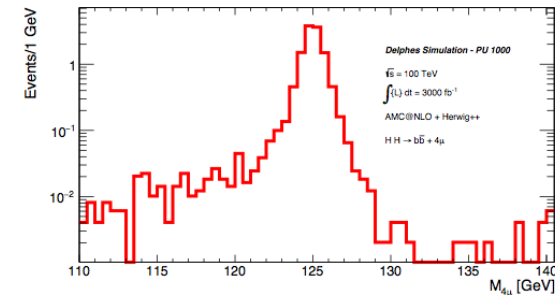
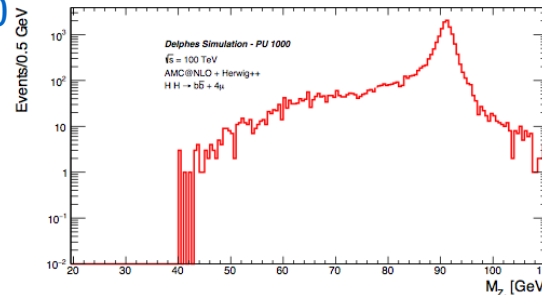
3 ab ⁻¹ PU 200	Object selection	Final selection	ϵ
hh-WWbb	$5.4 \cdot 10^4$	273	$8.5 \cdot 10^{-4}$
t-tbar	$3.6 \cdot 10^9$	$3.4 \cdot 10^5$	
S/B _{kg}	$1.5 \cdot 10^{-5}$	$8.0 \cdot 10^{-4}$	

Studi per FCC-hh: $HH \rightarrow ZZbb \rightarrow 4lbb$, $l=e, \mu$

S. Braibant, Univ. Bologna e INFN

N. De Filippis, Politecnico di Bari e INFN

- ≥ 4 muoni con $p_T > 5$ GeV, $|\eta| < 4.0$
- ≥ 4 elettroni con $p_T > 7$ GeV, $|\eta| < 4.0$
- selezione Z_1 : coppia l^+l^- con massa più vicina alla massa della Z nominale:
 $40 \text{ GeV} < m_{Z_1} < 120 \text{ GeV}$
- selezione Z_2 : seconda coppia l^+l^-
 $12 \text{ GeV} < m_{Z_2} < 120 \text{ GeV}$
- tra i 4 leptoni selezionati: almeno uno con $p_T > 20$ GeV ed uno con $p_T > 10$ GeV
- soppressione risonanze QCD:
 $m(l^+l^-) > 4 \text{ GeV}$
- $120 < m_{4l} < 130 \text{ GeV}$
- almeno 2 b-jets con $p_T > 30 \text{ GeV}$



$L=3 \text{ ab}^{-1}$	$\sigma \cdot L \cdot \text{Br}(hh \rightarrow ZZbb \rightarrow 4lbb)$	no b-jet req.	with b-jet	ϵ (no b-jet)	ϵ (b-jet)
4 μ	161	61	12,1	38%	7,4%
4e	161	40	7,7	25%	4,8%
Tot	322	101	20	31%	6,2%

- 4l permette di ricostruire la massa dell'Higgs con precisione
- Il b-tagging è un importante ingrediente dell'analisi
- Isolamento dei leptoni da tunare con il pileup (non incluso qui)

Studi per FCC-ee/hh: Delphes

Progetto partito nel **2007** a UCL per supportare studi di fenomenologia

E' un *framework* modulare che simula la **risposta di un rivelatore in maniera parametrizzata (FASTSIM)**

Include:

- simulazione del pileup
- propagazione delle particelle cariche in un campo magnetico
- calorimetri elettromagnetici ed adronici
- particle flow
- **fake rate (S. Braibant)**

Fornisce:

- **leptoni, fotoni, Jet e MET, tau e b**

Tempi di ricostruzione: **1ms per 0 PU e 100 ms per 150 PU**

Spazio disco per 10k eventi ttbar:

- **300 MB per 0 PU**
- **3 GB per 100 PU**

Granularità ECAL :

0.0125×0.0125 $|\eta| < 2.5$

0.025×0.025 $2.5 < |\eta| < 4.0$

0.05×0.05 $4.0 < |\eta| < 6.0$

Risoluzione in energia di ECAL :

$\sigma(E)/E = 10\% / \sqrt{E} \oplus 1\%$

$|\eta| < 6.0$

Granularità HCAL:

0.05×0.05 $|\eta| < 2.5$

0.1×0.1 $2.5 < |\eta| < 4.0$

0.2×0.2 $4.0 < |\eta| < 6.0$

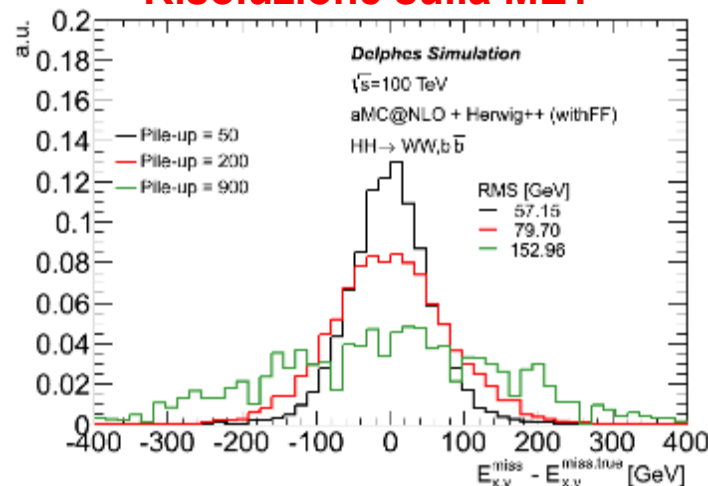
Risoluzione in energia di HCAL :

$\sigma(E)/E = 50\%/\sqrt{E} \oplus 3\%$ $|\eta| < 4.0$

$\sigma(E)/E = 100\%/\sqrt{E} \oplus 5\%$ $|\eta| < 6.0$

Esempio

Risoluzione sulla MET



Contatti: P. Azzi, INFN Padova, S. Braibant, Univ. Bologna

Studi per FCC-ee/hh: software

Esigenza di avere un **progetto software comune** per supportare gli studi su **hh/ee/eh**

- simulazione e ricostruzione di diversi rivelatori

Il software FCC è basato su:

- Gaudi some *framework* di base
- Delphes per la simulazione parametrizzata
- Geant4 per la simulazione “full”
- DD4Hep per la descrizione del rivelatore

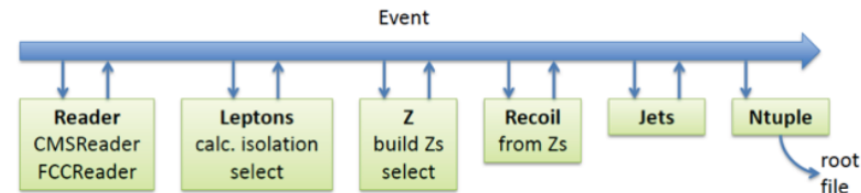
B. Hegner,
Contatto INFN:
P. Azzi, INFN Padova

Collaborazione di successo nella comunità HEP-SW con:

- ATLAS per il software di tracciamento
- CMS per l'interfaccia di analisi
- LHCb per il *framework* di simulazione ed infrastruttura
- CLIC per il processing via GRID

Strumenti di analisi:

- Interfaccia di lettura per il *data model* di FCC
- Heppy : *framework* di analisi basato su python



Exportabile anche per CepC

Studi per FCC-ee/hh: calcolo

- Simulazione di eventi di segnale e fondo in **Italia** (ove non esistono già dei sample)
→ creazione di una **libreria** di eventi simulati al CNAF
- la simulazione di eventi di segnale e fondo con 50,200 e 900 eventi di PileUp è CPU intensive e richiede spazio disco (tra 10 e 100 TB per analisi)
- Siamo in attesa dei **100 TB** di spazio disco per il CNAF richiesti al CSN1 precedente
- E' stata creata una “**virtual organization**” per attività RD_FA in GRID:
 - prima coda del CNAF da associare alla VO a breve
 - poi verranno associate risorse CPU da Napoli, Bari (**per gentile concessione degli altri esperimenti**) e Roma 3 (**grazie a fondi di Ateneo per Roma Tre**)
- Possibile interesse di RD_FA ad usare il **centro ReCaS Bari** in quanto:
 - ci sono le risorse per ospitare le simulazioni per RD_FA
 - c'è il know-how su strumenti di calcolo
 - Il ranking come Tier2 di CMS ed Alice è buono

Conclusioni

- ❑ Attività ben avviate su molti aspetti legati agli acceleratori futuri , ee e hh
- ❑ Si sta formando una comunità italiana sempre più numerosa con ottime sinergie al CERN ed in Cina
- ❑ Infrastruttura di calcolo in preparazione
- ❑ Numerosi eventi in programma

Grazie a P. Azzi, R. Tenchini, F. Bedeschi per gli utili suggerimenti

Backup

Studi per FCC-ee/CepC: misura di m_W

Most of the parametric uncertainties will reduce adequately at FCC-ee

- ◆ Both the direct measurement and the prediction will improve by a factor ~20

$$\begin{aligned} M_W &= 80.3593 \pm 0.0001_{m_t} \pm 0.0001_{M_Z} \pm 0.0003_{\alpha_{\text{QED}}} \\ &\quad \pm 0.0002_{\alpha_S} \pm 0.0000_{M_H} \pm 0.0040_{\text{theo}} \\ \text{Direct: } 0.0005 & \\ &= 80.359 \pm 0.005_{\text{tot}} \text{ GeV} \end{aligned}$$

- ◆ New generation of theoretical calculations is necessary to gain a factor 10 in precision
 - To match the precision of the FCC-ee measurements
 - ➡ Will require calculations up to 3 or 4 loops to gain this factor

The direct measurement at $\sqrt{s} \sim 2 m_W$ of course requires statistics...

- ◆ A precision of 500 keV for the direct measurement of m_W requires $\sim 10 \text{ ab}^{-1}$ at $\sqrt{s} \sim 2 m_W$
 - It corresponds to ~2 (5) years with the baseline luminosities of FCC-ee (CEPC)

.. and an accurate beam energy calibration (to much better than 500 keV)

(at LEP reached 2 MeV)

Studi per FCC-ee: asimmetrie al polo della Z

Baseline FCC-ee parameters give $40 \text{ ab}^{-1} / \text{year}$, i.e. $2 \times 10^{12} \text{ Z} / \text{year}$ at the Z pole

- Z boson decay to ff : 3 observables from the direction and decay of the outgoing fermion

$$A_f = \frac{2g_{Vf}g_{Af}}{(g_{Vf})^2 + (g_{Af})^2}$$

$$\sin^2 \theta_{\text{eff}}^f \equiv \frac{1}{4} \left(1 - \frac{g_{Vf}}{g_{Af}} \right)$$

$$A_{\text{FB}} = \frac{\sigma_F - \sigma_B}{\sigma_{\text{tot}}} = \frac{3}{4} A_e A_f \quad \text{Can measure for } e, \mu, \tau, c, b$$

$$A_{\text{pol}} = \frac{\sigma_{F,R} + \sigma_{B,R} - \sigma_{F,L} - \sigma_{B,L}}{\sigma_{\text{tot}}} = -A_f$$

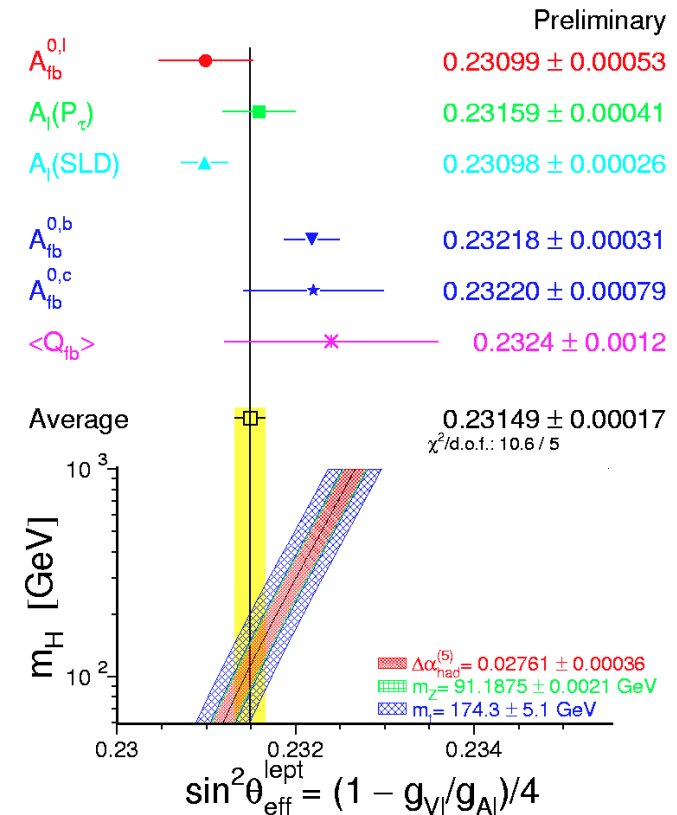
Can measure with τ 's

$$A_{\text{pol}}^{\text{FB}} = \frac{\sigma_{F,R} - \sigma_{B,R} - \sigma_{F,L} + \sigma_{B,L}}{\sigma_{\text{tot}}} = -\frac{3}{4} A_e$$

- Additional asymmetries with polarization of initial state :

$$A_{\text{LR}} = \frac{\sigma_l - \sigma_r}{\sigma_{\text{tot}}} = A_e$$

$$A_{\text{FB}}^{\text{pol}} = \frac{\sigma_{F,l} - \sigma_{B,l} - \sigma_{F,r} + \sigma_{B,r}}{\sigma_{\text{tot}}} = \frac{3}{4} A_f$$



FCCee can sizably improve b asymmetry (**LEP was statistically dominated**)

- use semileptonic b decays
- use weighted charge of particles in the hemisphere

Studi per FCC-ee: $\nu\nu\gamma$ ratio measurement

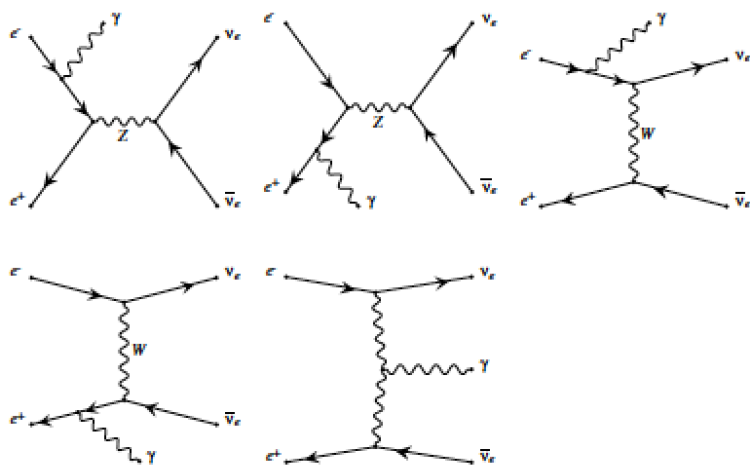
F. Piccinini (INFN Pavia) a IAS Hong Kong

- a factor $10^3/10^4$ of improvement in luminosity @FCC/CEPC w.r.t. LEP allows to exploit the ratios

$$\frac{d\sigma(e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}\gamma)}{d\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\gamma)}$$

in order to cancel common systematics (such as luminosity)

- $\mu^+\mu^-$ only s -channel but ISR and FSR
- ν_μ and ν_τ f.s.: only s -channel ISR
- ν_e f.s.: ISR with t -channel
- ν_e f.s.: also W radiation



- QED and EW corrections do not cancel completely in the ratio
- but now the technology for full $2 \rightarrow 3$ EW one-loop calculations is available

Studi per FCC-ee: rivelatori di tracciamento

G. Rolandi, CERN e SNS Pisa

F. Grancagnolo, INFN Lecce

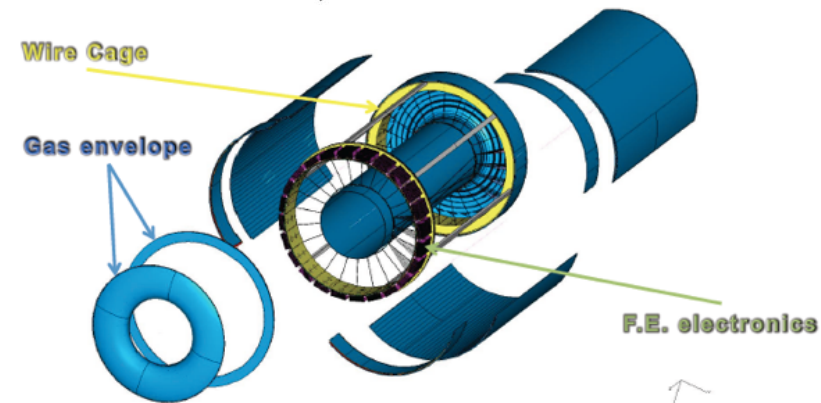
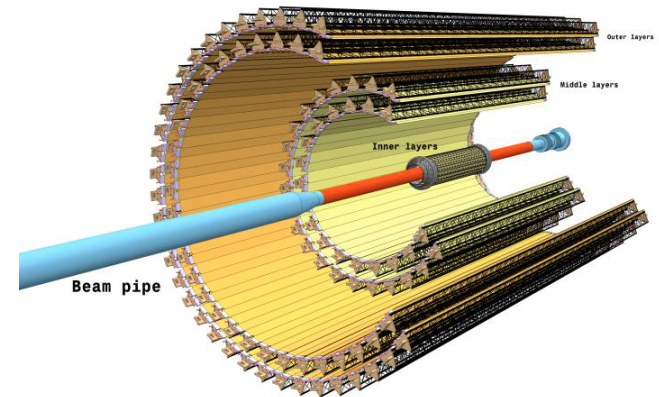
ALICE ITS with MAPS :
0.3 -1 % X_0 /layer
7 layers pixel 30*30 μm

Drift chamber leggera

5 m long wires drift chambers, one sense wire every 1.4 cm

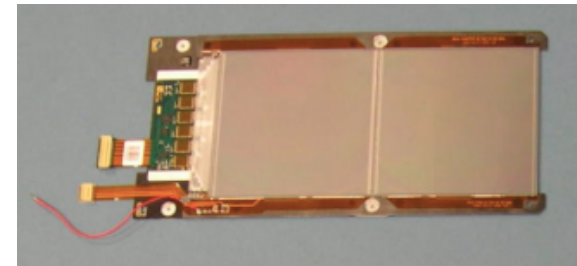
$\sigma_{xy} \sim 100 \mu\text{m}$ $\sigma_z \sim 1 \text{ mm}$ some 100 points per track

Less than 1% X_0



Pre-shower

Silicon strip detectors with overlap
a la CMS + 2-3 mm lead



Studi per FCC-ee: calorimetri ECAL+HCAL

M. Caccia, Univ. Insubria e INFN Milano

One possibility for calorimetry:

DUAL READOUT concept is based on the idea that if you embed in the same calorimeter a detector responding primarily to the e.m. fraction and detector responding to the total dE/dX , you can single out $f_{e.m}$

dual readout copper calorimeter 140 cm radial depth (about $7 \lambda_{\text{interaction}}$)

Very good electromagnetic performance

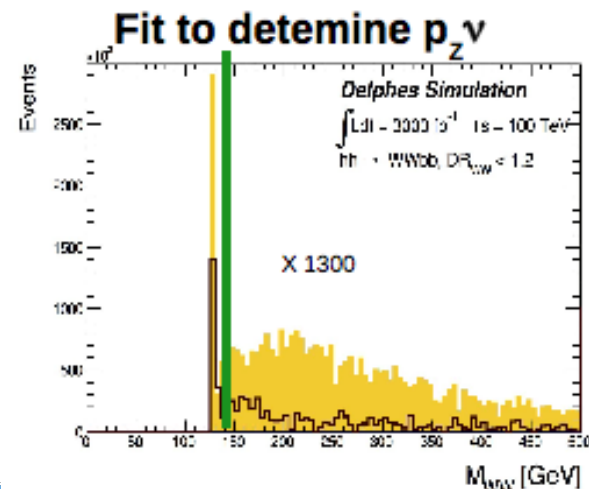
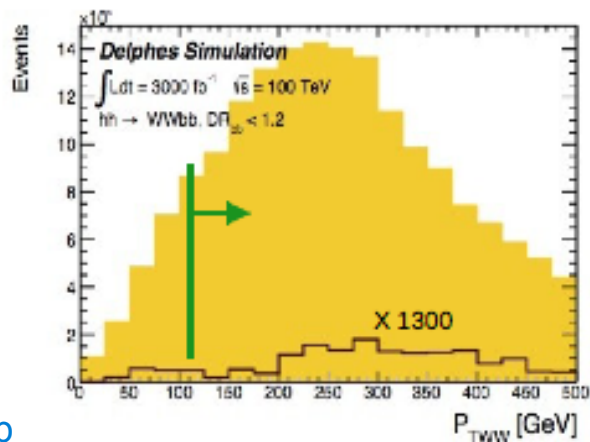
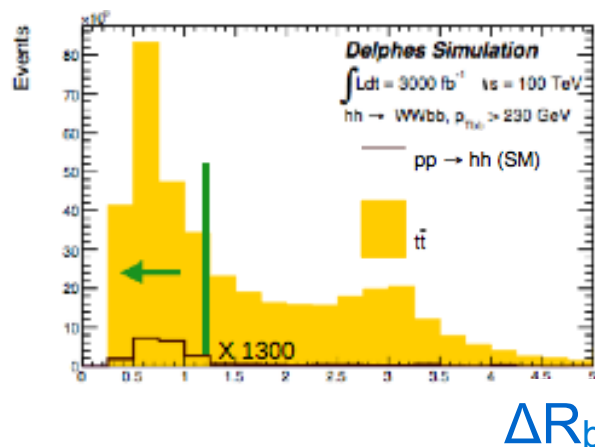
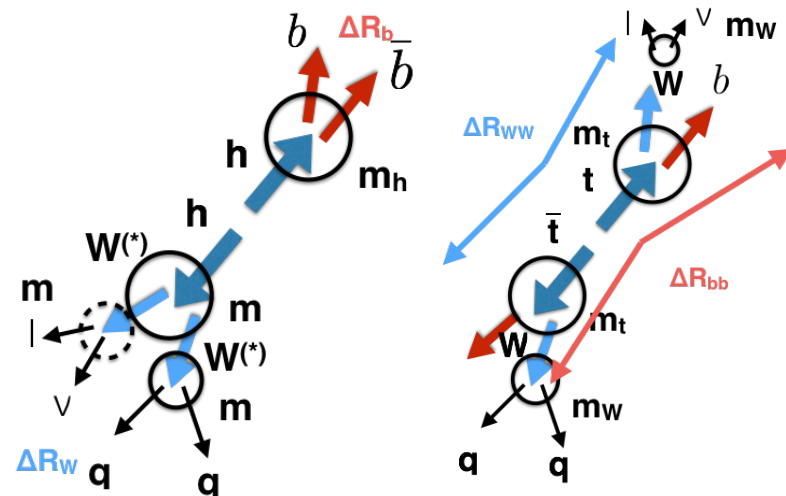
~ 2 GeV resolution on m_h in the $\gamma\gamma$ channel

Jet resolution should to be studied with Particle Flow

Studi per FCC-hh: $HH \rightarrow WWbb \rightarrow l\nu jjbb$

B. Di Micco, Univ. Roma Tre e INFN
M. Testa, INFN LNF

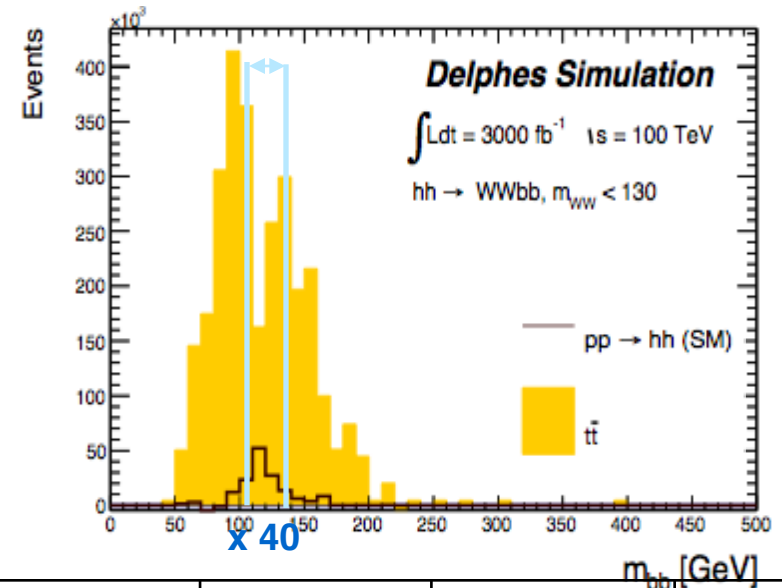
- This is just the first attempt, tried to use a simple cut based analysis, to train the machinery
 - at least one isolated lepton with $p_T > 15$ GeV, $|\eta| < 2.5$ use the Higgs mass constraint to compute the neutrino longitudinal momentum
 - at least 4 jets with $p_T > 20$ GeV $|\eta| < 2.5$
 - at least 2 b-jets



Canale: $HH \rightarrow WWbb \rightarrow l\nu bb$: risultati

Analysis cuts

Variable	Cut
$p_T(bb)$	$> 230 \text{ GeV}$
ΔR_{bb}	< 1.2
$p_T(WW)$	$> 140 \text{ GeV}$
ΔR_{WW}	< 1.2
m_{WW}	$< 130 \text{ GeV}$
m_{bb}	$105 - 135 \text{ GeV}$



3 ab ⁻¹ PU 50	Object selection	Final selection	ϵ
hh-WWbb	7084	803	$2.5 \cdot 10^{-3}$
t-t _{bar}	$5.4 \cdot 10^9$	$7.9 \cdot 10^5$	
S/B _{kg}	$1.3 \cdot 10^{-6}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	

3 ab ⁻¹ PU 200	Object selection	Final selection	ϵ
hh-WWbb	$5.4 \cdot 10^4$	273	$8.5 \cdot 10^{-4}$
t-t _{bar}	$3.6 \cdot 10^9$	$3.4 \cdot 10^5$	
S/B _{kg}	$1.5 \cdot 10^{-5}$	$8.0 \cdot 10^{-4}$	

S/B quite low, need to work more on analysis selection implementing more variables and using a MVA approach.

Studi per FCC-ee/hh: Delphes

For bunch spacing of 25 ns

	FCC Phase 1	FCC Phase 2
Peak pileup	180	940
Peak pileup line density m^{-1}	≤ 3200	≤ 17000
rms bunch length [cm]	8	8

For 5 ns bunch spacing pile-up divided by a factor 5

Pile-up simulation

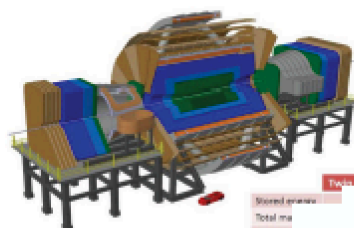
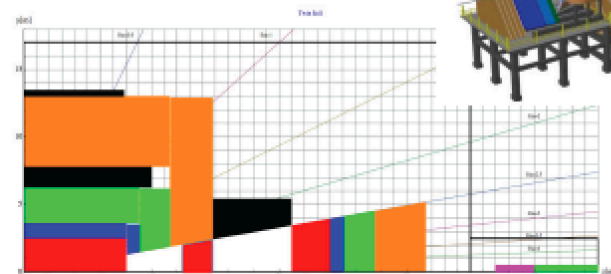
100k Herwig++ 2.7.1 min-bias events overlapped to the hard process using Delphes

pile-up configuration used in this presentation

- WWbb 50, 200, 900 vertices, ZZbb 1000

Simulation of the 5 ns low and high luminosity phase and of the 25 ns high luminosity phase

Base-line geometry
Twin solenoid +
Dipole magnetic system



ZZbb

Detector simulation with

Delphes git trunk: ZZbb

Delphes 3.3.2: WWbb,

Fwd dipole not used in the ZZbb case

Calorimetry

ECAL granularity:

0.0125 x 0.0125 $|\eta| < 2.5$

0.025 x 0.025 $2.5 < |\eta| < 4.0$

0.05 x 0.05 $4.0 < |\eta| < 6.0$

ECAL Energy Resolution:

$\sigma(E)/E = 10\% / \sqrt{E} \oplus 1\%$

$|\eta| < 6.0$

HCAL granularity:

0.05 x 0.05 $|\eta| < 2.5$

0.1 x 0.1 $2.5 < |\eta| < 4.0$

0.2 x 0.2 $4.0 < |\eta| < 6.0$

HCAL Energy Resolution:

$\sigma(E)/E = 50\% / \sqrt{E} \oplus 3\%$ $|\eta| < 4.0$

$\sigma(E)/E = 100\% / \sqrt{E} \oplus 5\%$ $|\eta| < 6.0$

Tracking

Efficiency c-quark jets:

4 % $|\eta| < 2.5$

3 % $2.5 < |\eta| < 4.0$ ZZbb

Efficiency light-quark jets:

0.1 % $|\eta| < 2.5$

0.075 % $2.5 < |\eta| < 4.0$ ZZbb

Efficiency b-quark jets:

75% WWbb 85 % ZZbb $|\eta| < 2.5$

64% $2.5 < |\eta| < 4.0$ ZZbb

z_0 resolution (*)

• in $|\eta| < 2.5$

$\sigma(z_0) = 0.01 \text{ mm}$, $p_T < 5 \text{ GeV}$

$\sigma(z_0) = 0.005 \text{ mm}$, $p_T > 5 \text{ GeV}$

• In $2.5 < |\eta| < 4.0$

$\sigma(z_0) = 0.1 \text{ mm}$, $p_T < 5 \text{ GeV}$

$\sigma(z_0) = 0.05 \text{ mm}$, $p_T > 5 \text{ GeV}$

• In $4.0 < |\eta| < 6.0$

$\sigma(z_0) = 1.0 \text{ mm}$, $p_T < 5 \text{ GeV}$

$\sigma(z_0) = 0.5 \text{ mm}$, $p_T > 5 \text{ GeV}$

Software di simulazione: oggetti in Delphes

◆ Particle Flow Reconstruction

- Using charged hadrons, muons, electrons and calorimeter towers to build particle-flow objects
- Tracks from pile-up are rejected if $|Z_0 - Z_{PV}| > \sqrt{\sigma^2(Z_0) + \sigma^2(Z_{PV})}$

◆ Jets

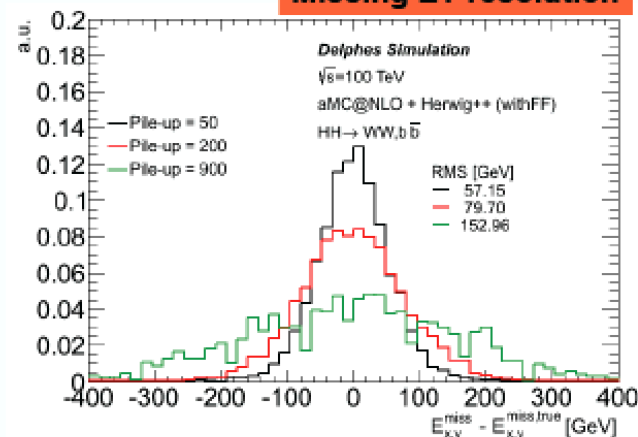
- Anti-Kt (Fast Jet) algorithm
- particle-flow objects as inputs
- $R = 0.4$
- Jet Area pile-up correction:
- private calibration to particle level $p_T^{\text{corrected}} = p_T^{\text{raw}} - \rho \cdot \text{JetArea}$
- $p_T^{\text{jet}} > 20 \text{ GeV}$



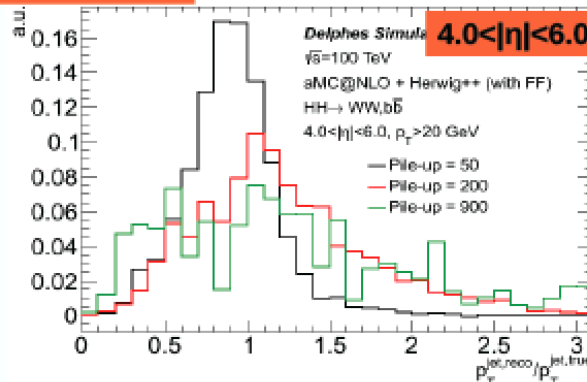
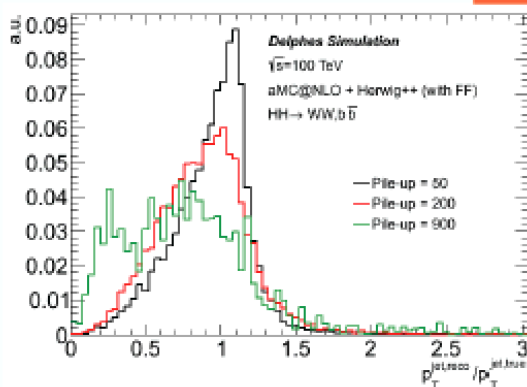
◆ Missing Transverse Energy

- Anti-Kt (Fast Jet) algorithm
- negative vector sum of Jets, after pile-up correction and calibration

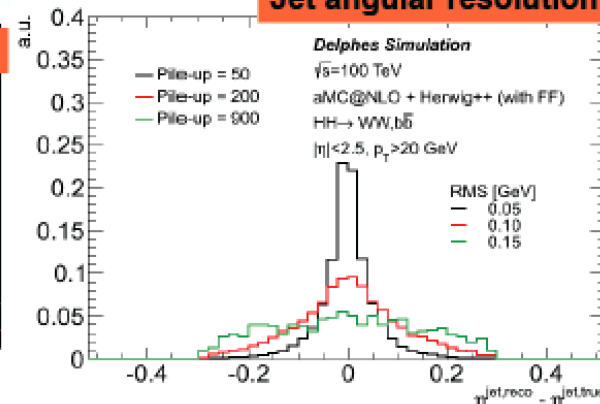
Missing ET resolution



Jet pT response



Jet angular resolution



CPU benchmarks

SPECint

From Wikipedia, the free encyclopedia

SPECint is a [computer benchmark](#) specification for [CPU integer](#) processing power. It is maintained by the [Standard Performance Evaluation Corporation](#) (SPEC). SPECint is the integer performance testing component of the SPEC test suite. The first SPEC test suite, CPU92, was announced in 1992. It was followed by CPU95, CPU2000, and CPU2006. The latest standard of SPECint is CINT2006 (aka SPECint2006).

Contents [\[hide\]](#)

- [1 SPECint 2006](#)
- [2 Background](#)
- [3 Benchmarks](#)
- [4 Critique](#)
- [5 See also](#)
- [6 References](#)
- [7 External links](#)

SPECint 2006 [\[edit \]](#)

CPU2006 is a set of benchmarks designed to test the CPU performance of a modern [server](#) computer system. It is split into two components, the first being CINT2006, the other being CFP2006 ([SPECfp](#)), for floating point testing.

SPEC defines a base runtime for each of the 12 benchmark programs. For SPECint2006, that number ranges from 1000 to 3000 seconds. The timed test is run on the system, and the time of the test system is compared to the reference time, and a ratio is computed. That ratio becomes the SPECint score for that test. (This differs from the rating in SPECINT2000, which multiplies the ratio by 100.)

As an example for SPECint2006, consider a processor which can run 400.perlbench in 2000 seconds. The time it takes the [reference machine](#) to run the benchmark is 9770 seconds.^[1] Thus the ratio is 4.885. Each ratio is computed, and then the [geometric mean](#) of those ratios is computed to produce an overall value.