



Misura delle sezioni d'urto di produzione di coppie $t\bar{t}$ e del bosone Z, e del loro rapporto, utilizzando i primi dati raccolti dall'esperimento ATLAS ad un'energia nel centro di massa pari a 13.6 TeV



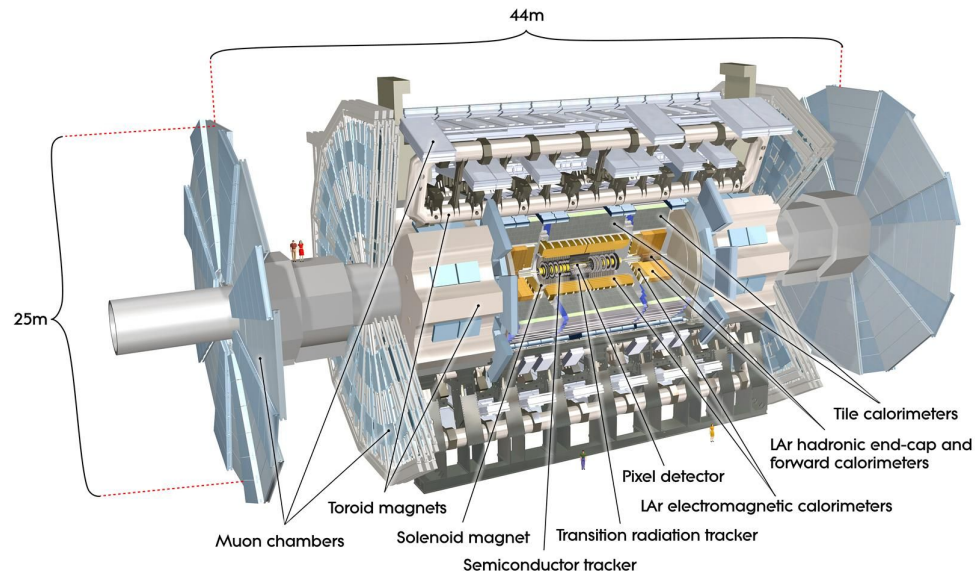
Giovanni Guerrieri
Università di Udine - Università e INFN di Trieste

IFAE 2023, Catania
13-04-2023



- ATLAS è un rivelatore di particelle 'multifunzione' impiegato al Large Hadron Collider (LHC) al CERN.
- Durante il Run 2 di LHC (2015-2018), ATLAS ha raccolto collisioni $p-p$ corrispondenti a 140 fb^{-1} ad un'energia nel centro di massa pari a 13 TeV.
- Con l'attuale presa dati (Run 3, 2022-2025), si prevede che ATLAS raccoglierà $\sim 300 \text{ fb}^{-1}$ di eventi corrispondenti a collisioni $p-p$ (13.6 TeV).

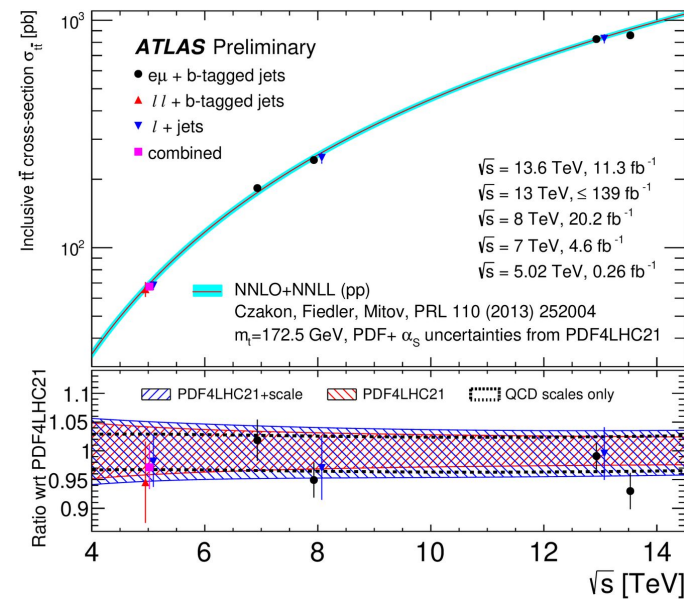
-
- Ottima capacità di ricostruzione delle tracce e dei muoni.
 - Garantita dal tracciatore, dal calorimetro e dallo spettrometro a muoni.
 - Trigger dedicati per la fisica del quark b .
 - Ampio programma di ricerca.



- Convalida dei dati del Run 3, MC, del rivelatore e del software.
 - [CONF note](#) con rapporto fra sezioni d'urto $t\bar{t}/Z$ e misura della sezione d'urto $t\bar{t}$ inizialmente pubblicata con 1.2 fb^{-1} .
 - Misura principalmente affetta da incertezza sulla luminosità (10%).

Obiettivi - [ATLAS-CONF-2023-006](#)

- Analizzare una maggior quantità di dati (11.3 fb^{-1})
 - Sfruttando l'incertezza sulla luminosità [aggiornata](#) (2.2%)
- Misurare sezione d'urto inclusiva $t\bar{t}$ e Z nel canale dileptonico.
- Misurare il rapporto $t\bar{t}/Z$
 - Cancellazione delle incertezze
 - Misura sensibile alle gluon/quark PDFs

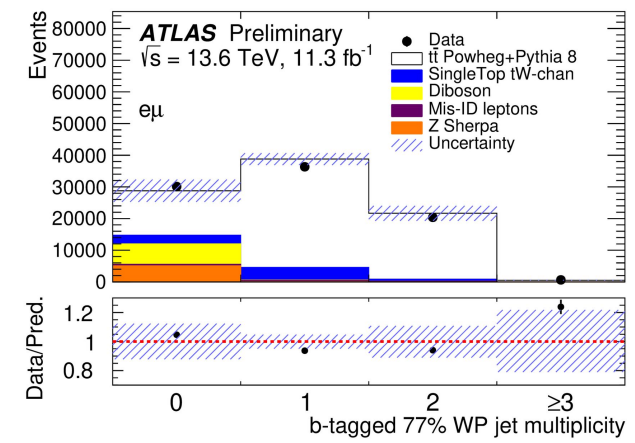


- Misura *in situ* dell'efficienza di ricostruzione e tagging di esattamente un b -jet: ϵ_b
- Regioni considerate:
 - $e\mu$: selezione di esattamente 1(2) b -jet.
 - $ee, \mu\mu$: selezione inclusiva

$$1\text{ }b\text{-tag } N_1 = L\sigma_{t\bar{t}}\epsilon_{e\mu}2\epsilon_b(1 - C_b\epsilon_b) + N_1^{\text{bkg}},$$

$$2\text{ }b\text{-tag } N_2 = L\sigma_{t\bar{t}}\epsilon_{e\mu}C_b\epsilon_b^2 + N_2^{\text{bkg}},$$

Lumi → L
 Efficienza di selezione → $\epsilon_{e\mu}$
 Fattore di correlazione → C_b
 efficienza per il b -jet → ϵ_b



Utilizzo di due profile-likelihood fit separati: Entrambi sfruttano sia eventi $t\bar{t}$ che Z!

- Misura di sezione d'urto $t\bar{t}$, Z, ϵ_b . (3 parametri liberi nel fit)
- Misura del rapporto $t\bar{t}/Z$, sezione d'urto Z, ϵ_b . (3 parametri liberi nel fit)

Il metodo garantisce che il fit del rapporto corrisponda esattamente al rapporto fra le sezioni d'urto calcolate con i fit.

Dati: 11.3 fb⁻¹, agosto-ottobre 2022

Monte Carlo:

Processo	Generatore+PS	Sezione d'urto
top-antitop	Powheg v2 + Pythia 8.307	NNLO+NNLL @ 13.6 TeV
single-top	Powheg v2 + Pythia 8.307	tW: ~N3LO (QCD), t-, s-channel: NNLO (QCD)
V+jets	Sherpa 2.2.12	MATRIX: NNLO (QCD) + NLO (EW) Z+jets: leptoni tipo "born", $m_{ll} > 10 \text{ GeV}$, reg. fiduciale: $p_T > 27 \text{ GeV}$, $ \eta < 2.5$, $66 < m_{ll} < 116 \text{ GeV}$
Diboson	Sherpa 2.2.12	<= 1 partoni addizionali: NLO (QCD) <= 3 partoni addizionali: LO (QCD) Utilizzo dei k-factor adottati nel Run 2 + 50% di incertezza

Preselezione

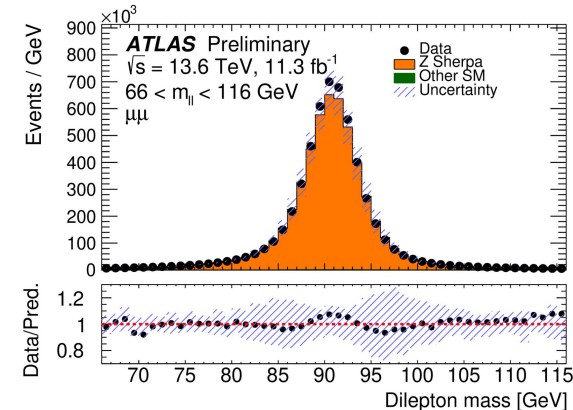
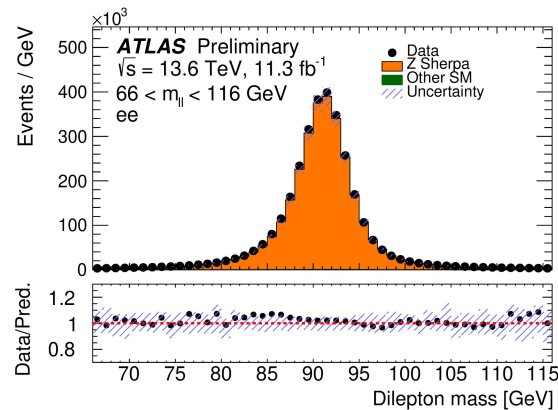
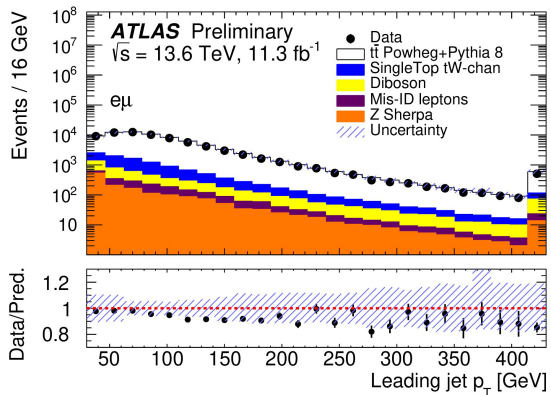
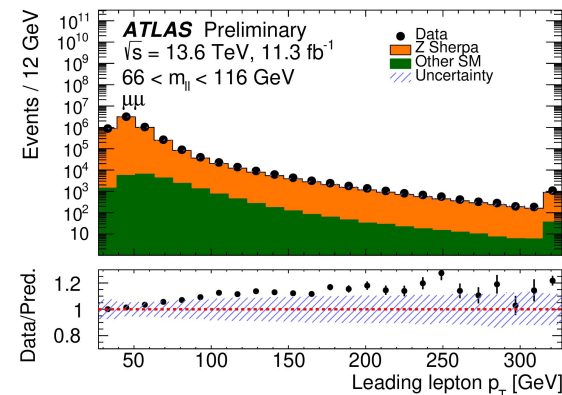
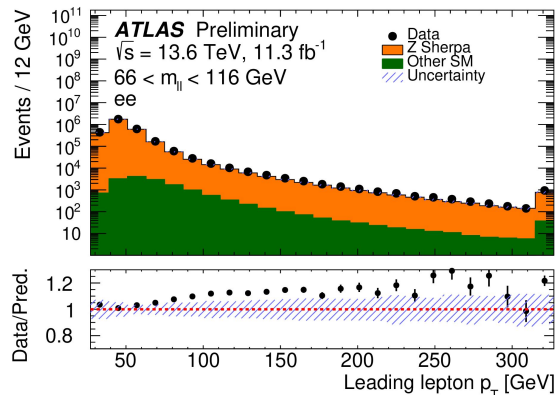
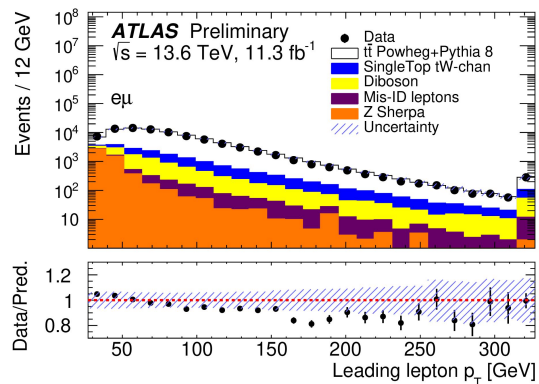
- Trigger di singolo leptone con OR logico applicato.
- 2 leptoni con $p_T > 27$ GeV + trigger-matching su almeno uno dei due.

Electron triggers	Muon triggers
HLT_e26_lhtight_ivarlose_L1EM22VHI	HLT_mu24_ivarmedium_L1MU14FCH
HLT_e60_lhmedium_L1EM22VHI	HLT_mu50_L1MU14FCH
HLT_e140_lhlose_L1EM22VHI	

Selezione

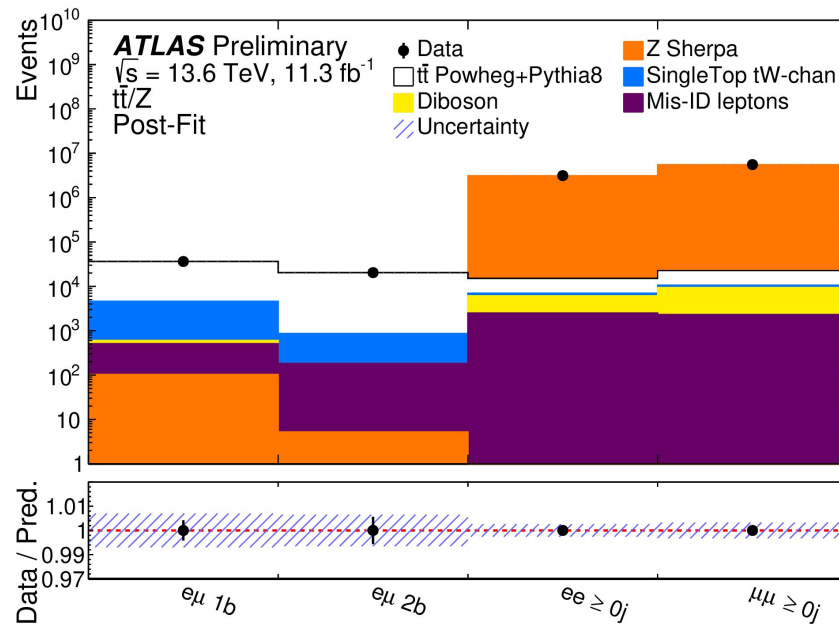
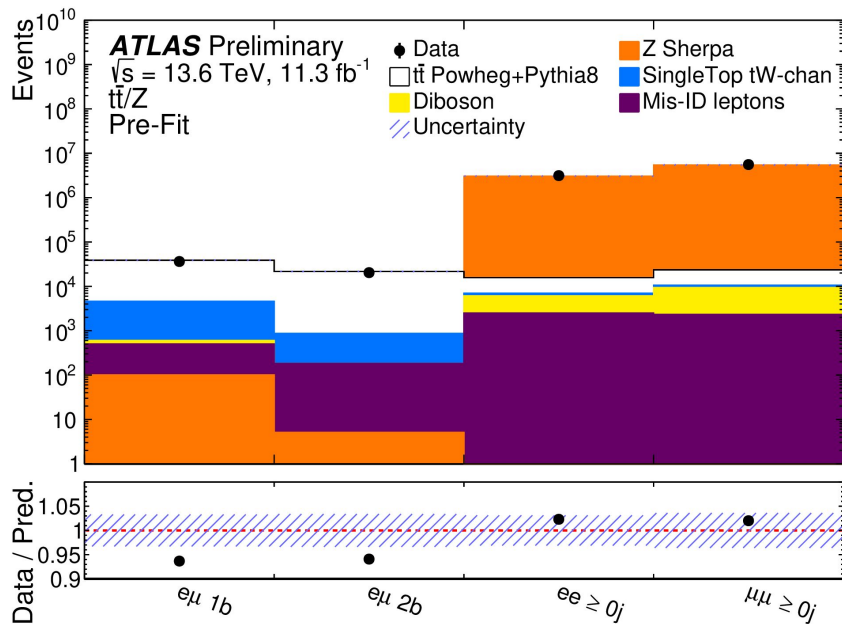
- Esattamente 2 leptoni con carica opposta.
 - Canale $e\mu$: ≥ 1 jet, $p_T > 30$ GeV, b-tagged con efficienza del tagger DLIId al 77%.
 - Canali ee , $\mu\mu$: selezione inclusiva nella regione $66 < m_{ll} < 116$ GeV

Elettroni: *Tight ID, Tight_VarRad ISO*
Muoni: *Medium ID, Tight_VarRad ISO*



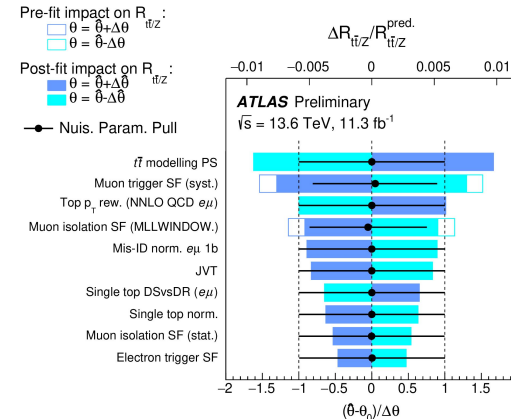
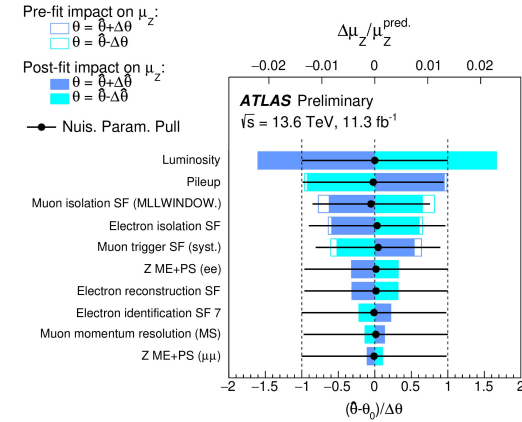
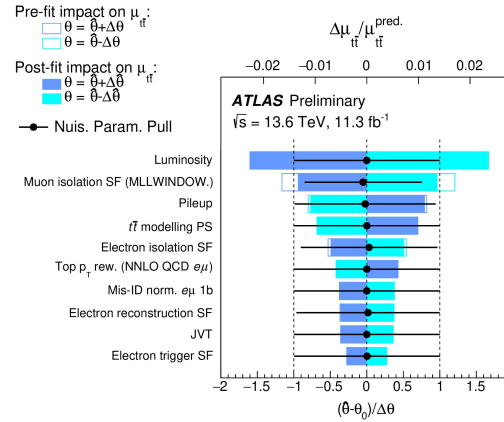
● Regioni considerate:

- $e\mu$: selezione di esattamente 1(2) b-jet.
- $ee, \mu\mu$: selezione inclusiva



- La tabella riporta l'impatto delle differenti sorgenti di incertezza sulle misure di $t\bar{t}$, Z e $t\bar{t}/Z$.
- I "ranking plot" mostrano l'effetto delle 10 incertezze sistematiche più rilevanti.

Category		Uncert. [%]		
		$\sigma_{i\bar{i}}$	$\sigma_{Z \rightarrow \ell\ell}^{fid.}$	$R_{i\bar{i} Z}$
$t\bar{t}$	$t\bar{t}$ parton shower/hadronisation	1.1	0.01	1.0
	$t\bar{t}$ scale variations	0.2	< 0.01	0.2
	Top quark p_T reweighting	0.6	0.02	0.5
	Z	Z scale variations	0.2	0.5
Bkg.	Single top modelling	0.4	0.01	0.4
	Diboson modelling	0.1	0.06	< 0.01
Lept.	Mis-Id leptons	0.5	0.1	0.5
	Electron reconstruction	1.0	1.1	0.5
	Muon reconstruction	1.5	1.2	0.8
Jets/tagging	Lepton trigger	0.4	0.7	0.8
	Jet reconstruction	0.4	0.1	0.3
	Flavour tagging	0.2	0.01	0.2
	PDFs	0.4	0.2	0.4
	Pileup	1.1	1.1	< 0.01
	Luminosity	2.3	2.2	0.3
	Systematic Uncertainty	3.5	3.0	2.0
	Statistical Uncertainty	0.5	0.03	0.5
	Total Uncertainty	3.5	3.0	2.0



Misura della sezione d'urto inclusiva per $t\bar{t}$:

$$\sigma_{t\bar{t}} = 859 \pm 4(\text{stat.}) \pm 22(\text{syst.}) \pm 19(\text{lumi.}) \text{ pb};$$

$$\sigma_{t\bar{t}}^{\text{theory}} = 924^{+32}_{-40}(\text{scale} + \text{PDF}) \text{ pb};$$

Misura della sezione d'urto inclusiva per Z:

$$\sigma_{Z \rightarrow ll}^{\text{fid.}} = 751 \pm 0.3(\text{stat}) \pm 15(\text{syst}) \pm 17(\text{lumi}) \text{ pb};$$

$$\sigma_{Z \rightarrow ll}^{\text{fid.,theory}} = 741 \pm 15(\text{scale} + \text{PDF}) \text{ pb};$$

Efficienza di ricostruzione e tagging di un solo b-jet:

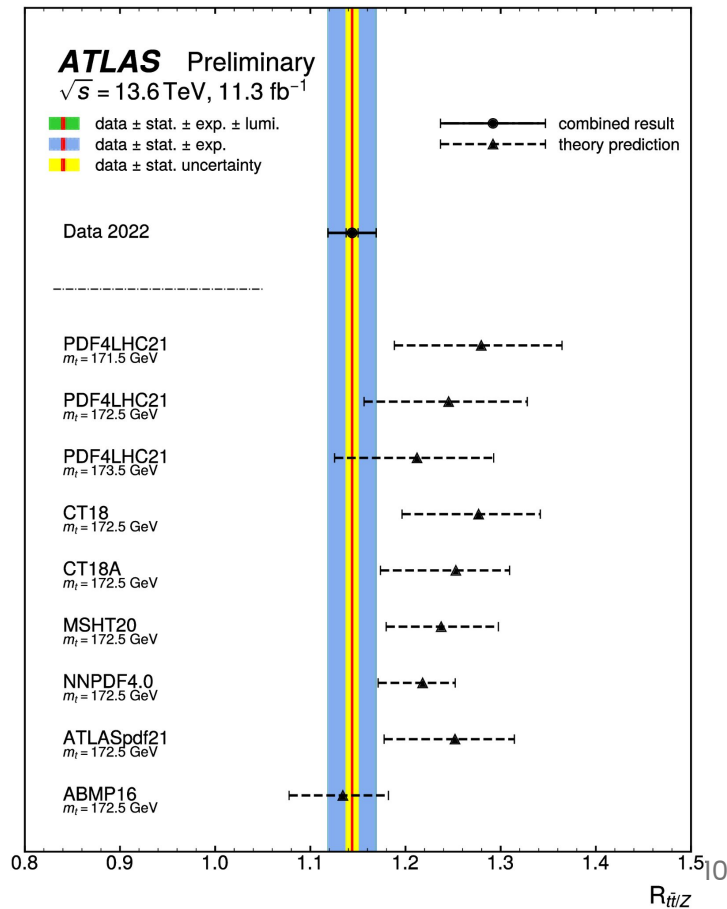
$$\epsilon_b = 0.548 \pm 0.002(\text{stat.}) \pm 0.004(\text{syst.}) \pm 0.001(\text{lumi.})$$

Stima dello stesso parametro usando eventi $t\bar{t}$ simulati: 0.545

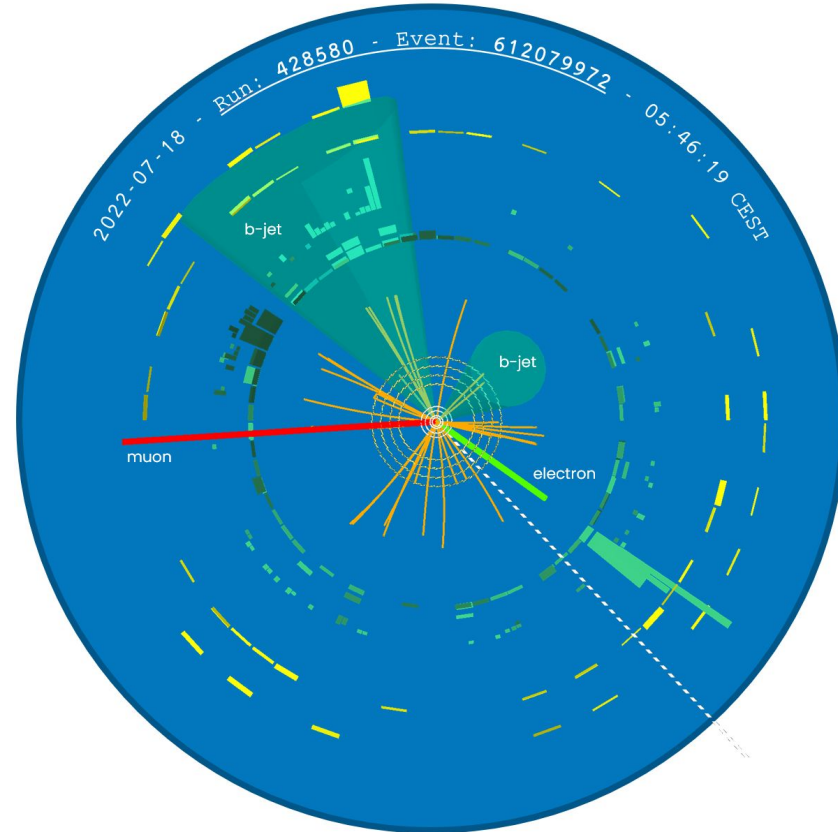
Misura del rapporto fra sezioni d'urto $t\bar{t}$ e Z:

$$R_{t\bar{t}/Z} = 1.144 \pm 0.006(\text{stat}) \pm 0.022(\text{syst}) \pm 0.003(\text{lumi})$$

$$R_{t\bar{t}/Z}^{\text{theory}} = 1.245 \pm 0.076(\text{scale} + \text{PDF})$$



- **ATLAS funziona!**
 - Convalida delle performance del rivelatore in termini di **ricostruzione degli oggetti fisici** e di **software**.
 - Analisi di una parte consistente della luminosità integrata raccolta nel 2022 (11.3 fb^{-1} su un totale di 31.4 fb^{-1}).
- Misure precise **all'inizio** del Run 3
 - Incertezza sulla luminosità competitiva (2.2%)
 - Buon accordo con le previsioni teoriche.
- Sforzo di **cooperazione** all'interno dell'intera comunità.
 - Coinvolgimento collettivo di ATLAS nella preparazione delle "recommendations" per il Run 3.



Grazie!