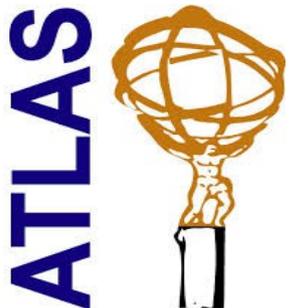


101° CONGRESSO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

*Ricerca di particelle neutre a lunga vita media
con l'esperimento ATLAS*

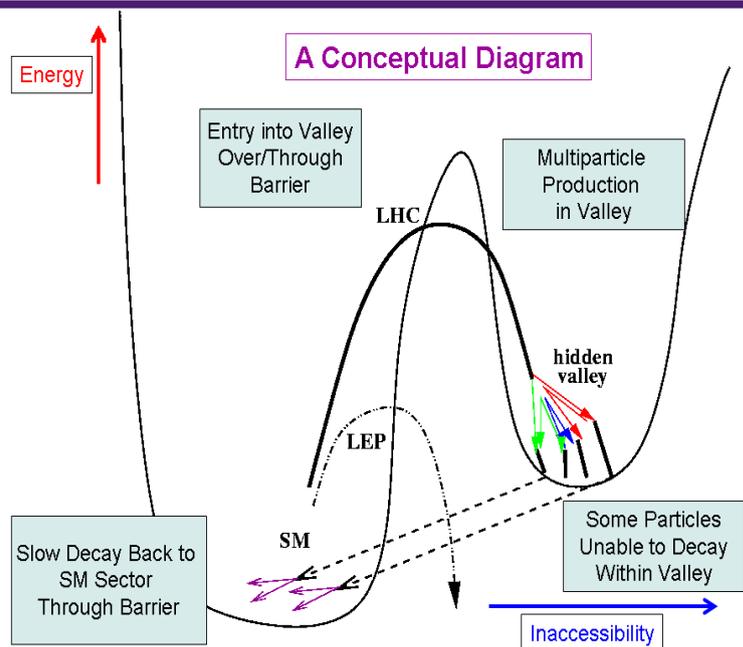


Daniela Salvatore (INFN - Cosenza)

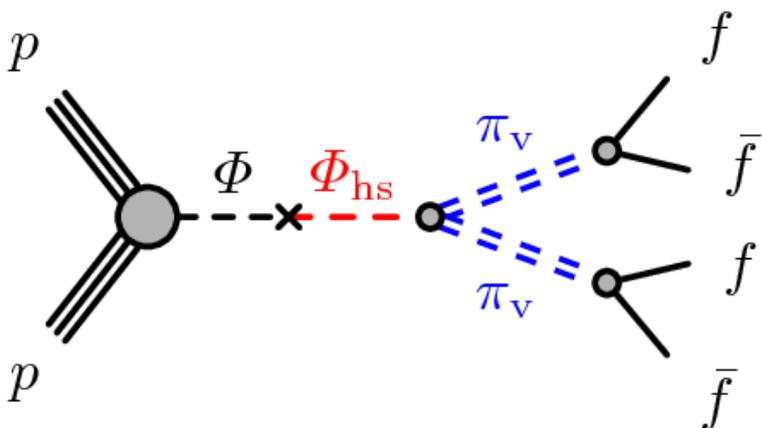


Decadimenti di particelle neutre a lunga vita media

M. Strassler, K. Zurek *Phys. Lett. B*651 (2007) 374-379
M. Strassler, K. Zurek *Phys. Lett. B*661 (2008) 263-267



- Modelli di Nuova Fisica oltre il Modello Standard (SM) prevedono la produzione di **particelle neutre a lunga vita media (LLP)**, che possono decadere in stati finali contenenti jet adronici e lontano dal punto di interazione (IP).
- La rivelazione di tali particelle (con vite medie paragonabili a quelle del rivelatore ATLAS ad LHC) consente di esplorare nuove possibilità di selezione e ricostruzione del rivelatore ATLAS.
- Tre algoritmi di trigger sono stati progettati dalla collaborazione ATLAS a seconda della cinematica delle LLP e della posizione dei vertici secondari nell'ambito di **modelli Hidden Valley (HV)**.
- Nello scenario HV un nuovo settore nascosto è debolmente accoppiato allo SM attraverso un mediatore (scalare o vettore) che interagisce con entrambi i settori.
 - Nel modello di riferimento un **bosone scalare Φ** decade in due v-pioni (π_v): il π_v è uno pseudo-scalare **neutro a lunga vita media** che decade prevalentemente in fermioni pesanti.



Ricerca di decadimenti nel Calorimetro Adronico

- Analisi sui dati di ATLAS del 2012 ad 8 TeV
- Ricerca di due LLP nel calorimetro adronico

The ATLAS Collaboration, PLB 743 (2015) 15-34

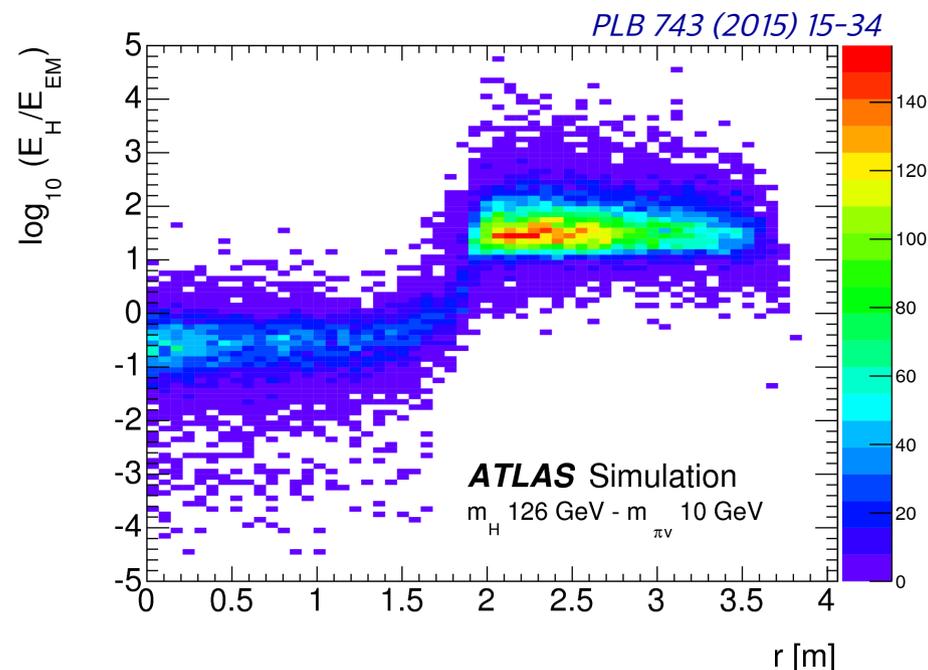
m_H [GeV]	σ pb	π_ν Mass [GeV]
126	19.0	10, 25, 40

Φ Mass [GeV]	σ pb	π_ν Mass [GeV]
100	29.7	10, 25
140	15.4	10, 20, 40
300	3.59	50
600	0.52	50, 150
900	0.06	50, 150

π_ν Mass [GeV]	BR $b\bar{b}$ [%]	BR $\tau^+\tau^-$ [%]	BR $c\bar{c}$ [%]
10	70.0	16.4	13.4
20	86.3	8.0	5.6
25	86.6	8.1	5.3
40	86.5	8.5	5.0
50	86.2	8.8	4.9
150	84.8	10.2	4.8

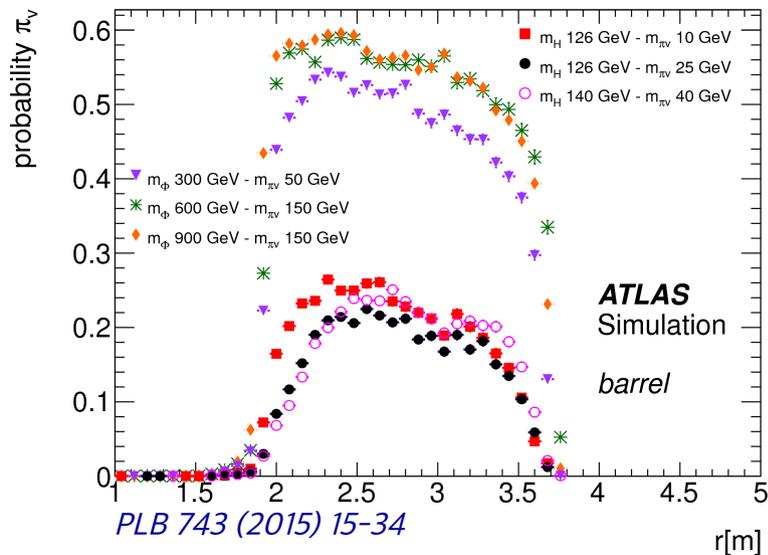
Campioni MC con diverse masse per il bosone scalare e le LLP.
Simulazioni a 126 GeV per la ricerca di decadimenti esotici dell'Higgs.

- LLP che decadono alla fine dell'ECal o nell'HCal rilasciano la maggior parte dell'energia nell'HCal e nessuna traccia nell>ID
 - alto CaloRatio = $\log_{10}(E_h/E_{em})$
 - isolamento nell>ID
- La coppia b-bbar in cui decade il v-pion e' ricostruita come un unico jet molto stretto
 - la maggior parte dell'energia e' contenuta in un cono $\Delta R = 0.1$ intorno al jet

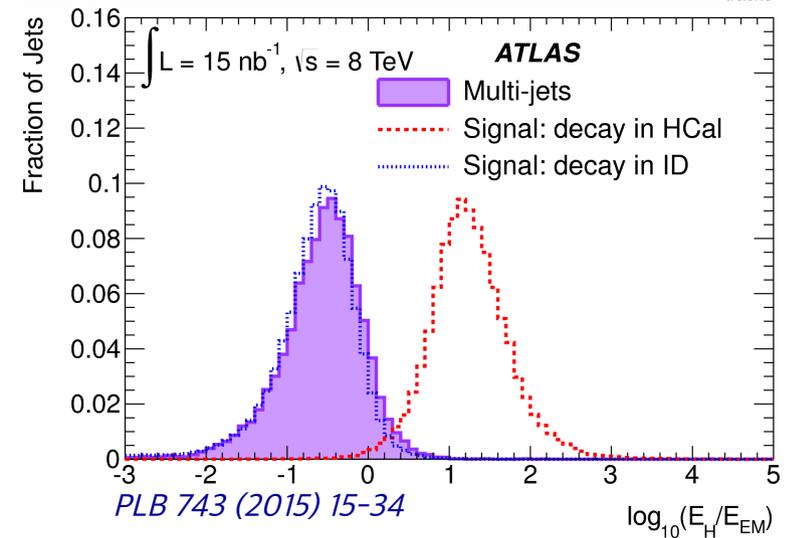
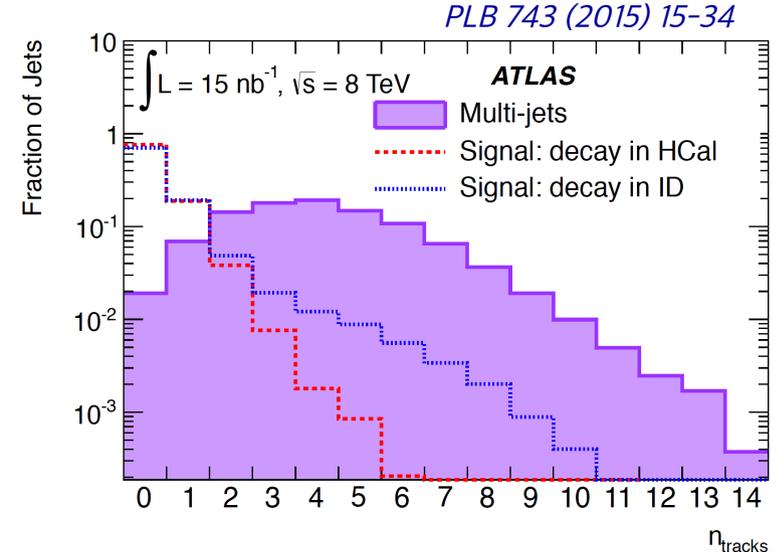


"CaloRatio" trigger

- Algoritmo di trigger dedicato, basato sulla caratteristica topologia di LLP che decadono in HCal.
- LVL1: tau con $E_T > 40$ GeV (seleziona eventi in una regione $\Delta\eta$ - $\Delta\phi$ piu' stretta di un single jet trigger)
- LVL2: jet con $E_T > 30$ GeV, CaloRatio > 1.2 , 0 tracce > 1 GeV in un cono 0.2×0.2 intorno all'asse del jet
- EF: jet con $E_T > 35$ GeV, rimozione di eventi in cui muoni dal beam-halo emettono radiazione di bremsstrahlung



Efficienza di trigger in funzione della distanza di decadimento della LLP nella regione del barrel.



Numero di tracce > 1 GeV intorno al jet e "CaloRatio" per LLP in HCal, LLP in ID e QCD multi-jet background. La richiesta di isolamento e di maggiore energia nel HCal discriminano fortemente il segnale dal fondo.

Strategia dell'analisi dati

TRIGGER

SELEZIONE degli EVENTI

SELEZIONE dei 2 JET

- Events pass CR trigger

- **CRITERI DI QUALITA' DI ATLAS**

- Satisfy ATLAS Good Run List
- Contain good Primary Vertices (PV)
- Do not contain Line of Fire jets
 - fake jets by beam-halo muon emitting bremsstrahlung radiation
- No Calorimeter errors and DQ flags

- **BASSA ENERGIA TRASVERSA MANCANTE**

- Missing Transverse Energy < 50 GeV

- **PRIMO JET (JET di TRIGGER)**

- Ha le caratteristiche tipiche di un "CaloRatio" jet:
- the offline jet has to match the CR object
- is a HVMediumGood jet
- $-1 \text{ ns} < \text{jet timing} < 5 \text{ ns}$
- $E_t > 60 \text{ GeV}$, $\log_{10}(E_h/E_{em}) > 1.2$, no ID tracks > 1 GeV in $dR = 0.2$ around jet axis
- $|\eta| < 2.5$

- **SECONDO JET (nessuna richiesta sul trigger)**

- Jet simil-"CaloRatio:
- "no explicit request to match the CR object
- is a HVMediumGood jet
- $-1 \text{ ns} < \text{jet timing} < 5 \text{ ns}$
- $E_t > 40 \text{ GeV}$, $\log_{10}(E_h/E_{em}) > 1.2$, no ID tracks > 1 GeV in $dR = 0.2$ around jet axis
- $|\eta| < 2.5$

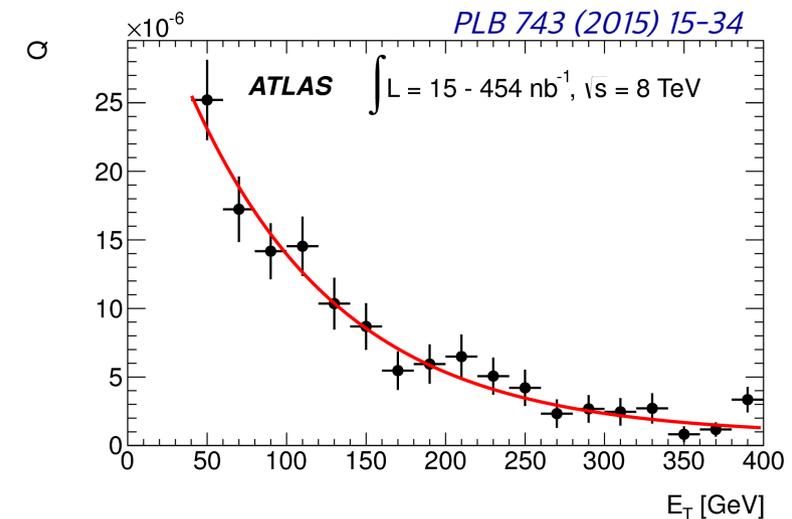
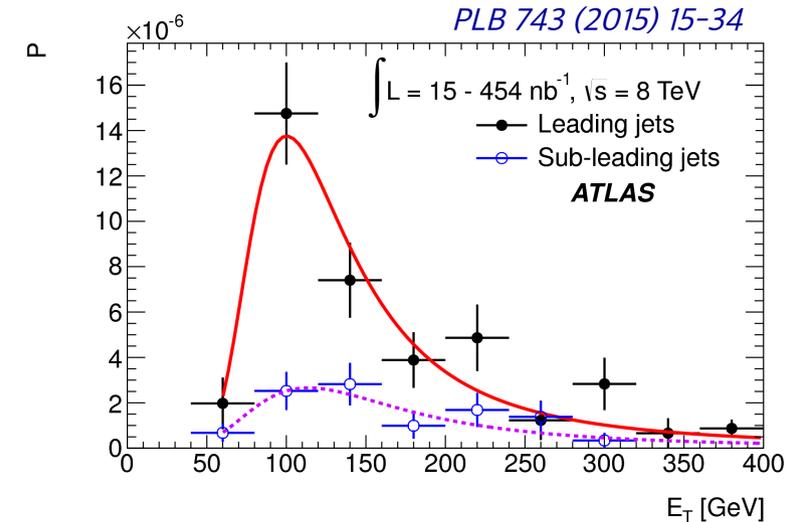
Background

- QCD di-jets

- Scarsa statistica nelle simulazioni Monte Carlo appena si richiede il trigger “CaloRatio”
 - procedura “data-driven”, a partire dai dati del 2012
- Stima delle probabilita' P e Q di avere, nello stesso evento:
 - un jet di trigger e che soddisfa tutte le richieste offline di primo jet (P);
 - un secondo jet che soddisfa tutte le richieste offline di secondo jet (Q)

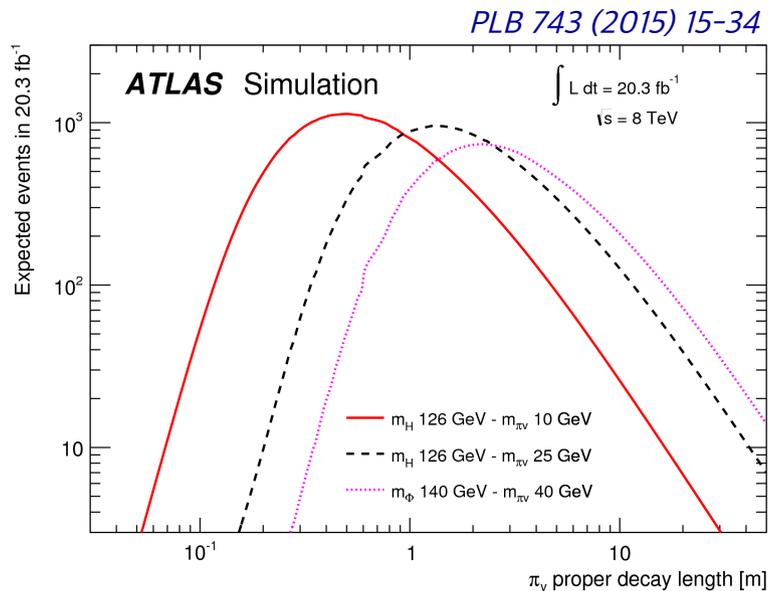
- Cosmici

- Strategia di analisi applicata a dati da collisione in cui era attivo un trigger per cosmici (*versione “empty bunch” del “CaloRatio” trigger*).



Risultati

- Osservati **24 eventi di collisione** sui dati del 2012 (20.3 fb^{-1})
 - Compatibili con la stima del background di QCD + Cosmici
 - Almeno un ordine di grandezza inferiori rispetto agli eventi attesi per basse masse di Φ .
 - Per tutte le simulazioni MC e' riportato il valore di eventi attesi ripesati alla stessa vita media della LLP (1.5 m)



PLB 743 (2015) 15-34

Sample (m_H, m_{π_ν} [GeV])	Expected yields	Global acceptance (%)
126, 10	536 ± 23	0.139 ± 0.006
126, 25	941 ± 44	0.244 ± 0.011
126, 40	365 ± 31	0.095 ± 0.008
Sample (m_H, m_{π_ν} [GeV])	Expected yields	Global acceptance (%)
100, 10	440 ± 29	0.073 ± 0.005
100, 25	424 ± 37	0.070 ± 0.006
140, 10	525 ± 20	0.168 ± 0.006
140, 20	900 ± 37	0.287 ± 0.012
140, 40	641 ± 30	0.205 ± 0.010
300, 50	444 ± 11	0.609 ± 0.015
600, 50	35 ± 1	0.330 ± 0.010
600, 150	41 ± 2	0.386 ± 0.015
900, 50	3.5 ± 0.1	0.304 ± 0.011
900, 150	4.6 ± 0.2	0.397 ± 0.016
Background		Expected events
SM Multi-jets		23.2 ± 8.0
Cosmic rays		0.3 ± 0.2
Total Expected Background		23.5 ± 8.0
Data		24

Limiti

- Limiti per $\sigma(\Phi) \times \text{BR}(\Phi_{hs} \rightarrow \pi_v \pi_v)$ in funzione della vita media della LLP con:

- $\Phi_{hs} \rightarrow \pi_v \pi_v$ al 100%
- Sezioni d'urto per la produzione di Higgs/ Φ mediante gluon fusion

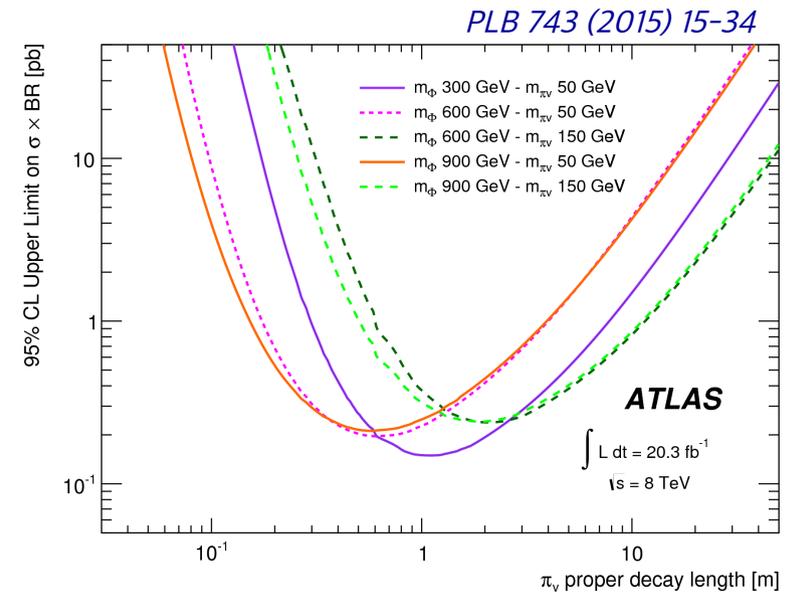
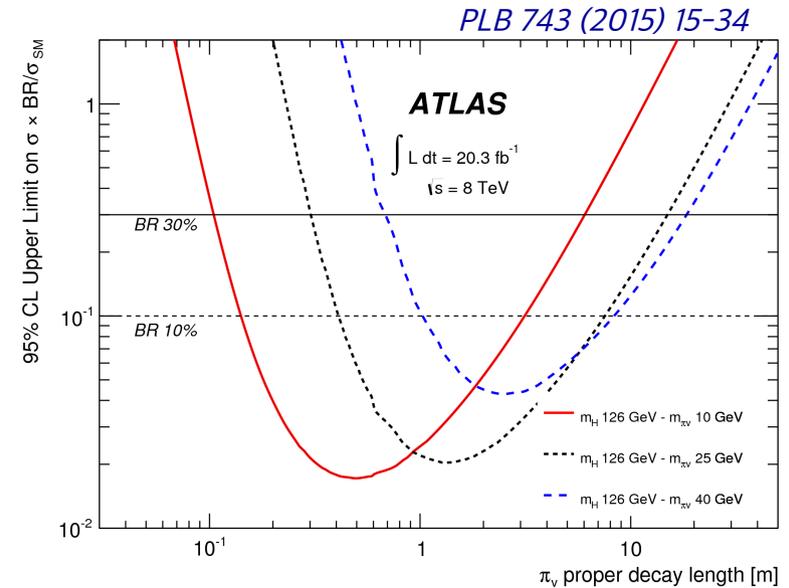
- Campioni a 126 GeV:

- Range di vite medie proprie escluse al 95% CL

MC sample m_H, m_{π_v} [GeV]	Excluded range 30% BR $H \rightarrow \pi_v \pi_v$ [m]	Excluded range 10% BR $H \rightarrow \pi_v \pi_v$ [m]
126, 10	0.10 – 6.08	0.14 – 3.13
126, 25	0.30 – 14.99	0.41 – 7.57
126, 40	0.68 – 18.50	1.03 – 8.32

PLB 743 (2015) 15-34

- Primi risultati per campioni ad alta massa (*bosone Φ da 300 a 900 GeV*)



Conclusioni

- LHC Run 1:
 - E' stata condotta una ricerca di LLP che decadono nel Calorimetro Adronico di ATLAS, analizzando 20.3 fb^{-1} di collisioni ad 8 TeV del 2012.
 - E' stato utilizzato un algoritmo di trigger dedicato, basato sulla topologia caratteristica di eventi di tipo “Hidden Valley”.
 - I tagli di selezione offline sono stati ottimizzati per cercare due jet con anomalo deposito di energia.
 - Non ci sono evidenze sperimentali: gli eventi osservati sono compatibili col fondo atteso.
- LHC Run 2:
 - Interesse da parte della collaborazione a continuare questo tipo di “searches”
 - Lavoro a stretto contatto con gli altri gruppi (anche SUSY) che studiano topologie con vertici secondari lontani dall'IP
 - Sviluppo di tool comuni.

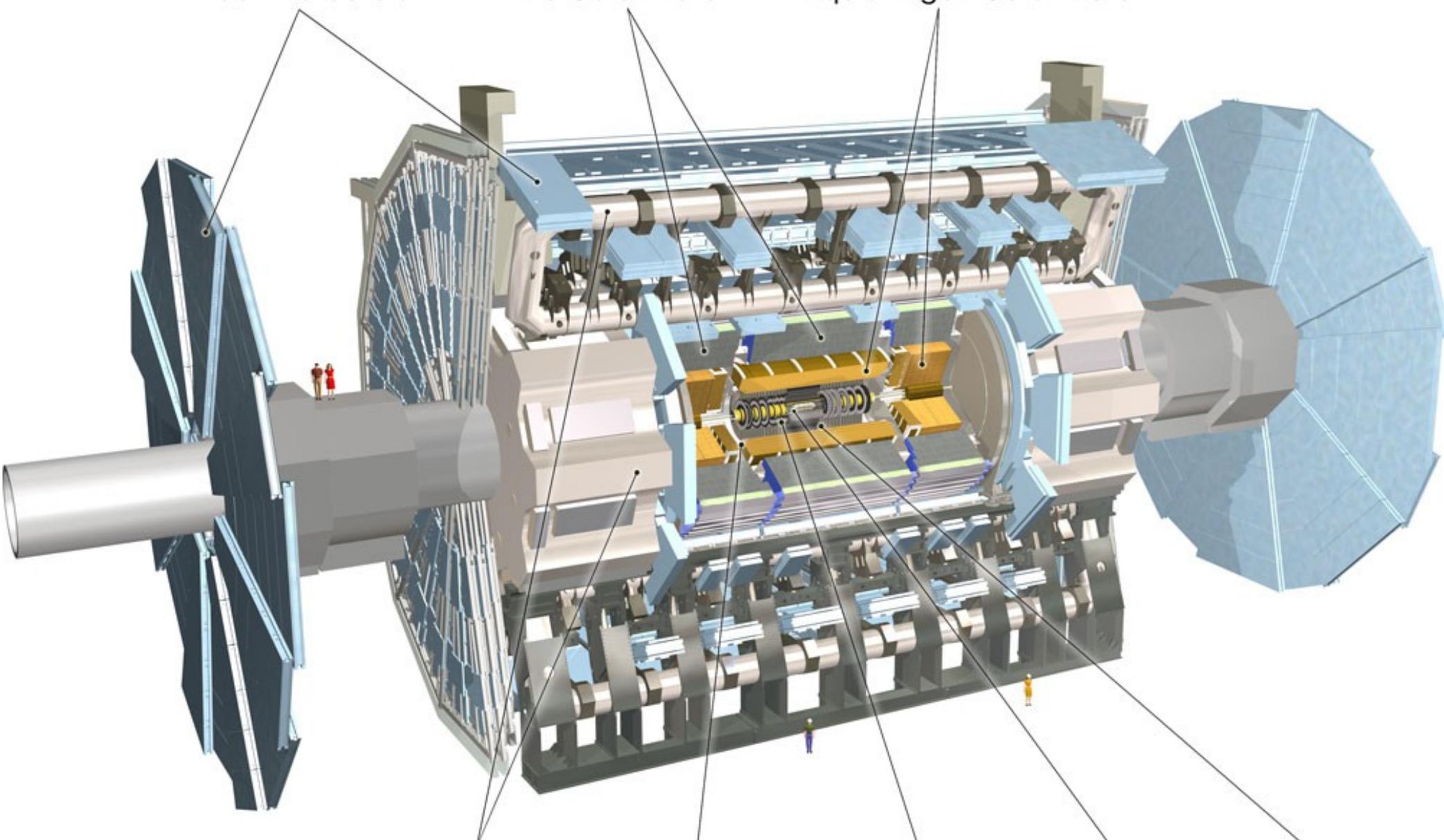
Back-up material

ATLAS

Muon Detectors

Tile Calorimeter

Liquid Argon Calorimeter



Toroid Magnets

Solenoid Magnet

SCT Tracker

Pixel Detector

TRT Tracker

Muon Spectrometer

Hadronic Calorimeter

Electromagnetic Calorimeter

Tracking { Solenoid magnet
Transition Radiation Tracker
Pixel/SCT detector

The dashed tracks are invisible to the detector

