

Ricerca di Dark Photon in decadimenti con LeptonJet con l'esperimento ATLAS a LHC



Motivazione

Diverse estensioni del Modello Standard prevedono l'esistenza di particelle neutre a lunga vita media, le quali presentano decadimenti in leptoni e adroni leggeri con struttura a getti (**LeptonJet**). Queste particelle decadono oltre la regione di interazione e producono nei rivelatori a LHC delle signature non convenzionali che sono sfruttate per la rivelazione: lunghi tempi di volo, depositi anomali di energia nei calorimetri e vertici di produzione secondari.

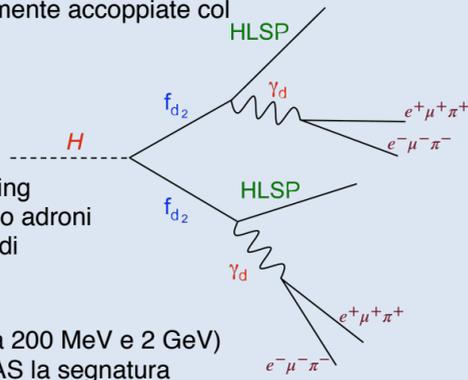
1: Introduzione

Come soluzione al problema della materia oscura si ipotizza l'esistenza di un settore di particelle debolmente accoppiate col Modello Standard

Modello minimale: campo di gauge U(1) "oscuro" (**Dark Photon, γ_d**) [1]

Il Dark Photon può accoppiarsi tramite mixing cinetico con il fotone e decadere in leptoni o adroni carichi, con vita media data dal parametro di accoppiamento $\epsilon \approx 1/\tau$

Nel caso di Dark Photon leggeri (massa tra 200 MeV e 2 GeV) che decadono oltre il pixel detector di ATLAS la signature sperimentale è quella dei **LeptonJet**



2: Segnatura sperimentale

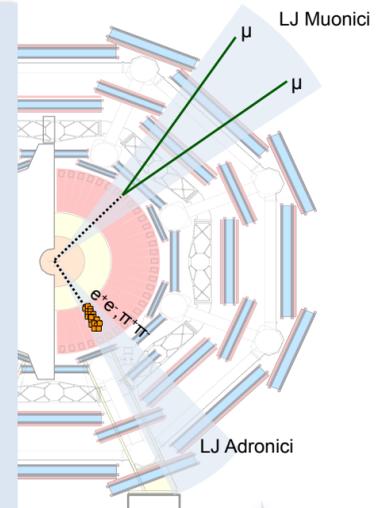
Un Dark Photon è ricostruito in ATLAS come una struttura collimata detta LeptonJet (LJ)

LJ Muonici:

Almeno due μ ricostruiti dallo spettrometro a muoni, senza tracce combinate nell'Inner Detector. Fondo dominante: muoni cosmici, ridotto tramite selezione su timing degli RPC e parametri di impatto

LJ Adronici:

Depositi di energia anomali nel calorimetro. Fondo dominante: eventi QCD MultiJet, ridotto grazie all'uso di metodi multivariati



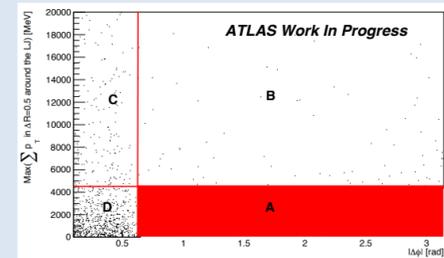
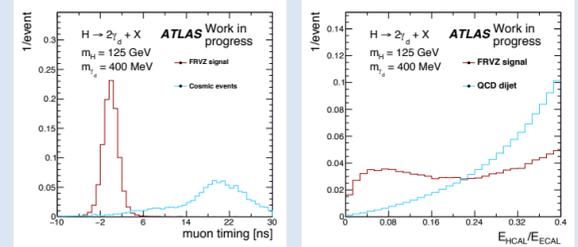
3: Strategia dell'analisi

Trigger dedicati

- **Narrow Scan:** un muone ricostruito dal solo spettrometro con $p_T > 20$ GeV + un secondo μ in un cono $\Delta R = 0.5$
- **CalRatio:** Deposito di energia nel calorimetro, Rapporto $E_{ECAL} / E_{HCAL} < 0.4$, nessuna traccia corrispondente nell'Inner Detector
- **3Mu6:** tre muoni ricostruiti dal solo spettrometro con $p_T > 6$ GeV

Selezione di eventi

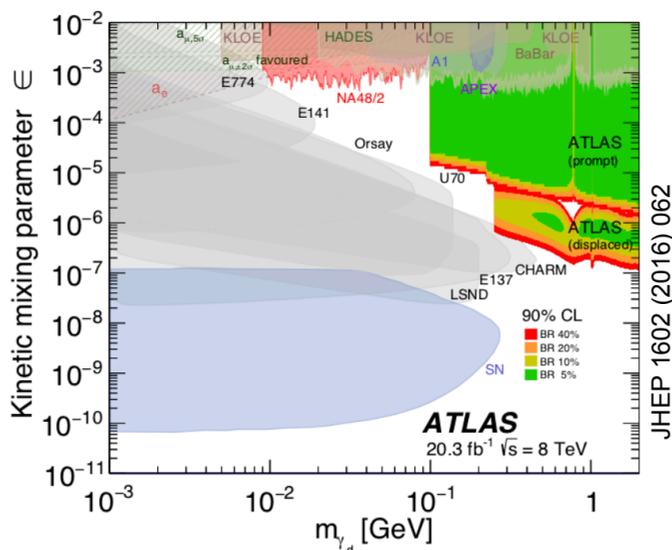
- Tagli di qualità su elettroni, muoni e jet
- Richiesta di 2 LJ per evento
- Selezione tramite BDT (diversa per ciascun tipo di LJ) per sfruttare al meglio le correlazioni tra le variabili che descrivono le proprietà dei LJ
- Stima del fondo multijet con metodo data driven "ABCD" su isolamento nell'Inner Detector e $|\Delta\phi|$ tra i LJ



4: Risultati Run1

2012

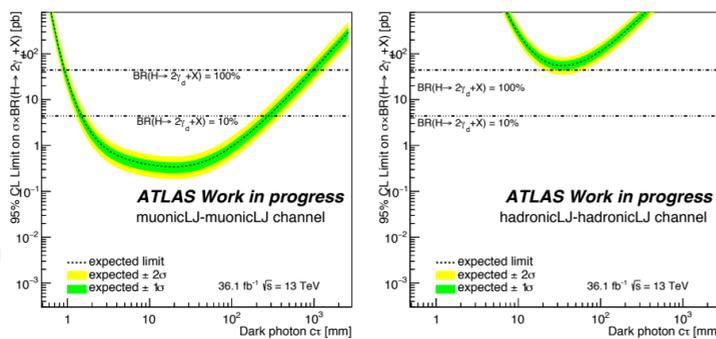
$\mathcal{L}_I = 20.3 \text{ fb}^{-1}$



5: Risultati attesi Run2

2015-2016

$\mathcal{L}_I = 36 \text{ fb}^{-1}$



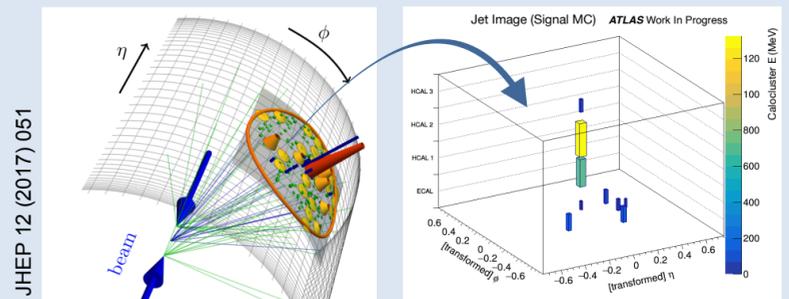
Il limite atteso permette di escludere i valori di $c\tau$ compresi tra 1.40 mm e 277 mm nel solo canale in cui entrambi i Dark Photon decadono in due muoni

6: Prospettive per analisi Full Run2 ($\mathcal{L}_I = 147 \text{ fb}^{-1}$)

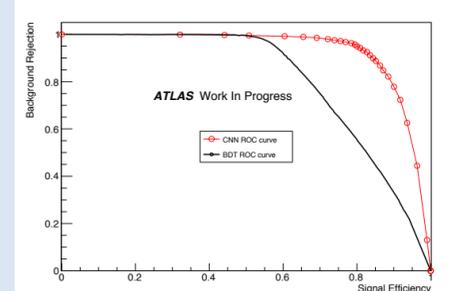
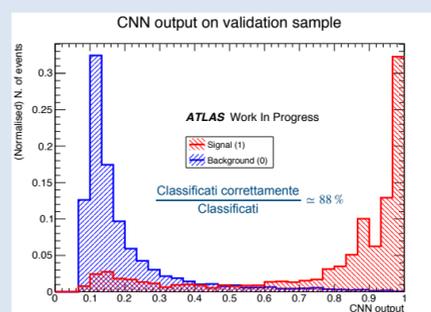
Migliorare la capacità di distinzione segnale/fondo nel caso dei LJ adronici, utilizzando tecniche avanzate basate su **Deep Learning**.

A partire dai depositi di energia nei calorimetri identificati come un LJ, si possono costruire degli **istogrammi 3D**, corrispondenti a griglie $25 \times 25 \times 4$ nello spazio η , ϕ e profondità del calorimetro.

Gli istogrammi sono centrati attorno al cluster di depositi di energia più intenso presente in un jet, possono essere interpretati come immagini (**Jet Image**).



Si può allenare un algoritmo di classificazione basato su **Convolutional Neural Network (CNN)** per discriminare le Jet Image di eventi di segnale e fondo, con ottime capacità di discriminazione.



[1] A. Falkowski, J. T. Ruderman, T. Volansky and J. Zupan, *Hidden Higgs Decaying to Lepton Jets*, JHEP 05 (2010) 077, arXiv: 1002.2952 [hep-ph].
 [2] A search for prompt lepton-jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector - ATLAS Collaboration (Aad, Georges et al.) JHEP 1602 (2016) 062 arXiv:1511.05542 [hep-ex] CERN-PH-EP-2015-242