



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

# Attività UniBO per esplorazione analisi interattiva

**Tommaso Diotallevi**

WP5 Meeting 22/03/2023

## Analysis Facility reference

Wiki: <https://inf-n-cms-analysisfacility.readthedocs.io/en/latest/>

Grazie a tutto il Dev team, in particolare Diego Ciangottini e Tommaso Tedeschi, per il supporto ed il debug super reattivo!!



## Use case utilizzato

Analisi dati, in corso, della Collaborazione CMS: “*Heavy Neutral Lepton (HNL) search in  $D_S$  decays*”.



Lavoro portato avanti da **Leonardo Lunerti**, PhD dell’Università di Bologna, che ringrazio per la disponibilità e per avermi fornito il codice in maniera riproducibile e sequenziale!

### Dataset utilizzato:

B-parking dataset, contenente eventi RAW salvati immediatamente su Tape storage, durante la fase di High-Level Trigger (HLT). Attraverso questa metodologia è possibile salvare eventi con rate maggiori rispetto a quelli di trigger, in quanto non viene fatta una ricostruzione prompt.



Enorme mole di dati in input.

Questa analisi nasce in PyROOT, con adozione dalle origini di RDataFrame.



# Workflow dell'analisi

## 1. Data skimming e preprocessing

**Input:** Formato "heavy" (MiniAOD), proveniente dal dataset B-Parking.  $\longrightarrow$  **Size:**  $\approx$  700TB (Data)

**Output:** flat ntuple, momentaneamente salvate al Tier-2 LNL.  $\longrightarrow$  **Size:**  $\approx$  0.5TB (Data) - <1TB (Data+MC)

## 2. Selezione del candidato HNL migliore

**Input:** Output step 1.

**Output:** Flat ntuple, più leggere di quelle in input.

## 3. Analisi e calcolo limiti

**Input:** Output step 2.

**Output:** Risultati fisici (istogrammi, limiti, ...)



# Workflow dell'analisi

- CMS Distributed Analysis (CRAB)
- Interactive Analysis (Analysis Facility)

## 1. Data skimming e preprocessing

Tempo di esecuzione:  $\approx$  2-3 giorni (una tantum)

**Input:** Formato "heavy" (MiniAOD), proveniente dal dataset B-Parking.  $\longrightarrow$  **Size:**  $\approx$  700TB (Data)

**Output:** flat ntuple, momentaneamente salvate al Tier-2 LNL.  $\longrightarrow$  **Size:**  $\approx$  0.5TB (Data) - <1TB (Data+MC)

## 2. Selezione del candidato HNL migliore

Tempo di esecuzione 2.+ 3. pre-AF  $\approx$  qualche ora

**Input:** Output step 1.

**Output:** Flat ntuple, più leggere di quelle in input.

## 3. Analisi e calcolo limiti

**Input:** Output step 2.

**Output:** Risultati fisici (istogrammi, limiti, ...)

Step considerati per  
use-case Analysis  
Facility\*



\* Workflow dell'analisi ad ora non definitivo. Possibile futura eliminazione di step 2, con l'utilizzo di tutti i candidati HNL.

# Input/Output

L'utilizzo dell'Analysis Facility richiede un porting delle operazioni di IO.

Analisi "originaria":

- Lettura e scrittura "locali" dell'analisi (Tier-3 Bologna);
- Batch system basato su HTCondor in shared fs (CERN lxplus o Tier-3 Bologna);

Porting su Analysis Facility:

- Lettura e scrittura necessariamente "remoti":
  - Lettura tramite xrootd AAA;
  - Stage-out tramite Davix (WebDAV/HTTP) al Tier-2 Legnaro. Problema legato alle configurazioni dei vari siti grid, con permessi in scrittura xrootd ora generalmente rimossi, con differenze regionali.

In entrambi i casi, viene fatto book-keeping dei file ad-hoc: JSON file, con elenco dei vari file path. In questo modo, è possibile un passaggio tra i vari step del workflow, descritti in precedenza.



# Scenari testati dell'Analysis Facility

- Gli scenari testati, sono principalmente due:
  1. Scenario HTCondor (non troppo distante da uso “classico” per analisti);
  2. Scenario DASK (uso distribuito delle risorse, caso più interessante e goal finale).

Gli stessi scenari sono quelli descritti, nel dettaglio, dalla wiki di riferimento da cui mi sono basato.



## Scenario HTCondor

Scenario usato come test, per provare il porting dell'IO e prendere mano con l'interfaccia Jupyterlab dell'Analysis Facility.

### Troubleshooting:

- ☑ La storage area fornita, *persistent-storage*, non è più shared. Risolto con la re-implementare dell'IO tra la submit e la execute machine, per eseguire correttamente i job. Esercizio di ripasso su configurazione HTCondor 😊.
- ☑ L'analisi originale utilizzava un ambiente software cvmfs (/cvmfs/sft.cern.ch/lcg/views/dev4/latest/...). Queste tipologie di pacchetti sft non sono disponibili nell'Analysis Facility (non tutta l'area cvmfs è montata). Risolto tramite immagine apptainer/singularity fornita dai devs: /cvmfs/images.dodas.infn.it/registry.hub.docker.com/dodasts/root-in-docker:ubuntu22-kernel-v1.
- ☑ Redirector nazionale xrootd ha mostrato alcuni problemi: xrootd-cms.infn.it → redirector puntato verso la cache dell'AF. Risolto utilizzando il redirector globale cms-xrd-global.cern.ch.
- ☑ Prove e debugging di stage-out. Davix in scrittura dava problemi di TLS handshake: necessaria la cartella con le grid CA. Presente anch'essa in cvmfs. → Alta dipendenza da cvmfs.



## Scenario DASK

In questo scenario, l'analisi è interattiva (utilizzando Jupyter notebook) ed il backend utilizza un cluster Dask, con numero di nodi modificabile dall'utente.

### Troubleshooting:

- Utilizzando l'immagine apptainer/singularity (inizialmente la stessa dello scenario HTCondor), il cluster dask aveva problemi di creazione dei workers. Risolto lato dev AF, con patch dedicata!
- Problema con IAM CMS durante authn/authz: la migrazione tra VOMS e IAM ha causato un cambiamento indesiderato dello username, che non è più lo user CERN ma un progressivo numerico. Risolto con sync script, lato dev AF.
- Problema con python jupyter kernel: il kernel da immagine singularity non partiva correttamente ("Kernelspec Manager"). Risolto installando apptainer (migrazione da singularity a apptainer).
- Porting dell'analisi HNL su notebook: necessario passare da RDF a RDF Experimental (da ROOT v6.26+).
  - Comunicazione con cluster dask e configurazione dei proxy sui nodi Dask per AAA.
  - Funzionalità di RDF Experimental ancora limitate (vedi prossima slide).



## Scenario DASK II

Alcuni metodi di RDF, utilizzati nell'analisi originale, sono stati solo recentemente integrati a RDF Experimental.

In particolare, `df.GetColumnNames()`, disponibile solo da 6.28+ ([release-notes](#))

### Troubleshooting:

- Creazione di un'immagine apptainer/singularity che abbia al suo interno ROOT 6.28 compilato e la configurazione base dell'AF (dask, jupyter hub/lab, ...).  
Centos7 problematico (ROOT non compila con l'immagine base suggerita nella wiki "dciangot/jlab-rclone:v7".  
Utilizzato infine Alma8, correttamente caricato su [dockerhub](#) personale ([repo GitHub con CI](#)).
- Immagine utilizzata per creazione cluster Dask su Analysis Facility e per creazione kernel python mediante il "Kernelspec Manager".  
Con l'utilizzo di questa immagine, tuttavia, non è stato ancora possibile creare correttamente un cluster dask, e ad aggiungere nuovi workers (problema analogo al troubleshooting descritto nella slide precedente).  
[Debugging in corso!!](#)

## A che punto sono?

- Esecuzione corretta del workflow dell'analisi originale su HTCondor dell'Analysis Facility. Per questioni di semplicità, il workflow è stato girato per ora solo su un segnale Monte Carlo piuttosto leggero.
- L'esecuzione su Dask del workflow dell'analisi originale è quasi completo: ultimi debug in corso, per problemi con immagine custom (ROOT 6.28) —> vedi slide precedente
  - Possibile problema futuro: altre mancanze di RDF Experimental che potrebbero bloccare l'esecuzione del codice originale. Nel caso: trovare workaround nell'analisi o richiedere funzionalità RDF Experimental.

## Prossimi passi

- Scalare su tutti i dati/MC dell'analisi. Suggerimenti su possibili bottleneck (IO AAA, CPU,...);
- Monitoring: una volta “pronti”, sarà necessario valutare delle metriche ben precise (timing, uso di risorse,...)
  - ▶ Esistono dashboard Analysis Facility? Kibana/Graphana?



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

**Grazie per l'attenzione**

[tommaso.diotalevi@unibo.it](mailto:tommaso.diotalevi@unibo.it)

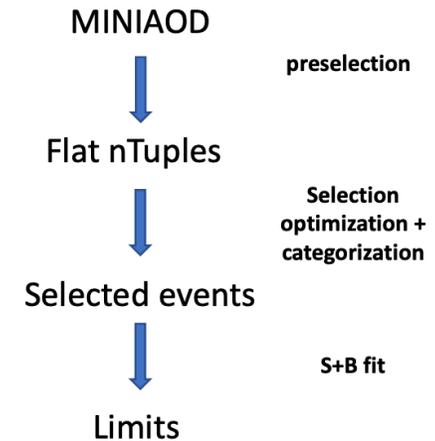
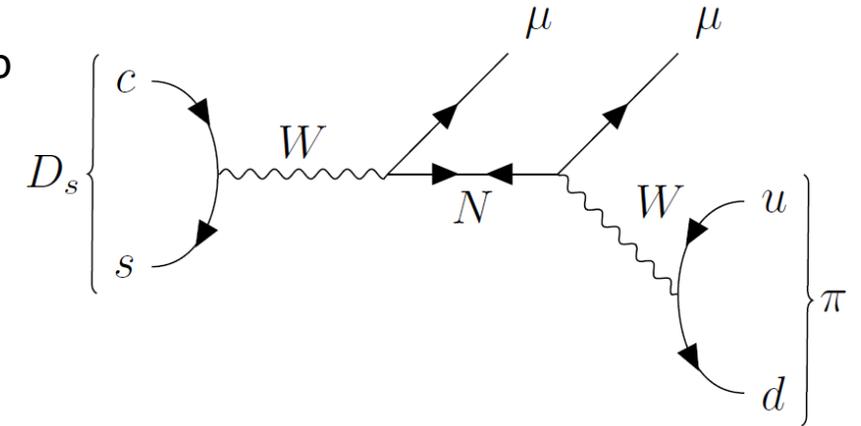
# Analisi Heavy Neutral Lepton (HNL)

Ricerca di un leptone pesante neutro  $N$ , proveniente dal mesone  $D_S$ , nello stato finale contenente un  $\mu$  e un  $\pi$ .

Alla firma sperimentale viene inoltre considerato un  $\mu$  aggiuntivo, proveniente dal  $W$  iniziale. I due muoni possono avere sia stesso-segno che segno-opposto.

## Strategia:

- Analisi sul dataset intero B-Parking Ultra-Legacy re-reco.
- Discriminazione segnale-fondo:
  - Campioni QCD  $\mu$ -enriched, per modellare la shape del fondo;
  - Campioni di segnale per  $m_{HNL} = 1.0, 1.5$  GeV e  $c\tau_{HNL} = 10, 100, 1000$  mm.
- Stima del background è data-driven: per ogni ipotesi di massa del neutrino.
- Stima del segnale è data dal canale di normalizzazione:  $D_S \rightarrow \phi(\rightarrow \mu\mu)\pi$



Talk di Leonardo Lunerti al working meeting B-Physics: [link](#) (CMS restricted)