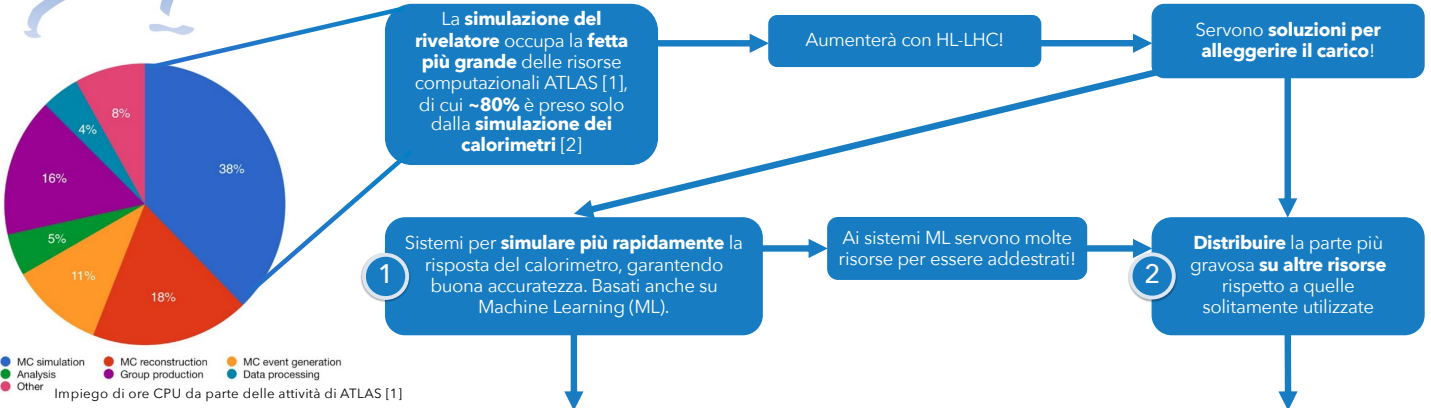


# Tecniche computazionali avanzate per la simulazione veloce del calorimetro dell'esperimento ATLAS

IFAE 2024 Firenze, 3-5 aprile



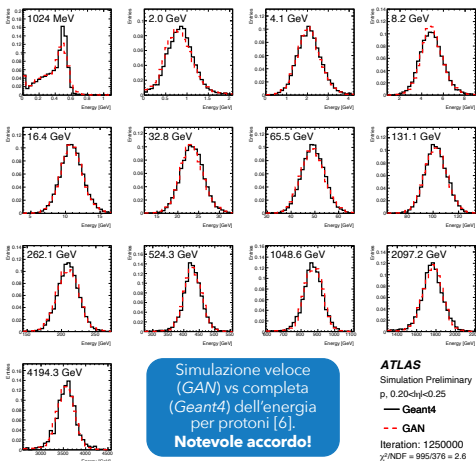
## AtlFast3

- AtlFast3 è il sistema di simulazione veloce di ATLAS, già in produzione per la Run 3 [2]. Combina due sistemi di simulazione veloce:
  - **FastCaloSim**, basato su parametrizzazioni;
  - **FastCaloGAN**, basato su **GAN** (Generative Adversarial Networks).
- Il **referimento** per la valutazione delle prestazioni è il sistema di simulazione "tradizionale" (simulazione completa) **Geant4**. In base al tipo di particella e alla sua energia, AtlFast3 adotta il **sistema di simulazione veloce che restituisce simulazioni più simili** a quelle di Geant4 (immagine sotto [3]).
  - Geant4 resta utilizzato in casi specifici.
- Prestazioni: **3-15 volte più veloce** rispetto a Geant4! [4]

	Inner Detector	Calorimeters		Muon Spectrometer	
Electrons Photons	Geant4	FastCaloGAN V2 $E_{tr} < 8 \text{ GeV} \ \& \ \eta < 2.4$ Except $[0.9; \eta] < 1.1, [1.35; \eta] < 1.5$	FastCaloSim V2 $E_{tr} > 8 \text{ GeV} \ \& \ \eta < 2.4$ All $E_{tr} \ \& \ [0.9; \eta] < 1.1, [1.35; \eta] < 1.5, \eta > 2.4$		
Charged Pions Kaons		Geant4 Pions $E_{tr} < 200 \text{ MeV}$ Other hadrons $E_{tr} < 400 \text{ MeV}$	FastCaloSim V2 $E_{tr} < 4 \text{ GeV} \ \& \ \eta < 1.4$ $E_{tr} < 1 \text{ GeV} \ \& \ \eta < 3.15$	FastCaloGAN V2 $E_{tr} > 4 \text{ GeV} \ \& \ \eta < 1.4$ $E_{tr} > 2 \text{ GeV} \ \& \ 1.4 < \eta < 3.15$ All $E_{tr} \ \& \ \eta > 3.15$	Muon Punchthrough + Geant4
Baryons		FastCaloGAN V2			
Muons		Geant4			

## FastCaloGAN

- Sistema di simulazione veloce basato su **GAN Wasserstein** [5].
- **Addestramento simultaneo di due reti neurali:**
  - **Generatore:** mira a generare campioni più simili possibile ai dataset di Geant4;
  - **Discriminatore:** mira a distinguere i dati di Geant4 da quelli prodotti dal generatore;
- Raggiunto un equilibrio tra i due, FastCaloGAN simula il calorimetro **molto più velocemente di Geant4 con buona accuratezza.**



## BoloGANtainer

- L'uso di FastCaloGAN richiede che le sue GAN siano addestrate. Tale addestramento **richiede molte risorse!**
- BoloGANtainer permette di **effettuare il training** delle GAN di FastCaloGAN su **altre risorse** rispetto a quelle CERN (sistema batch del CERN LXBATCH, Worldwide LHC Computing Grid).
  - **Risparmio di risorse + prestazioni ulteriormente migliorate!**
- Basato su **container** sviluppato con Apptainer e sull'immagine ufficiale di ATLAS CentOS 7, che replica il S.O. e il software del sistema batch del CERN.
  - Richiede le librerie CUDA e CuDNN per l'uso delle GPU.
  - Il resto del software necessario è installato direttamente nel container per essere **indipendente** dal sistema su cui è installato.

## Prestazioni

- L'addestramento su Leonardo procede in **~metà del tempo** rispetto a LXBATCH. Notevole accelerazione grazie alle GPU A100. **L'uso dei supercomputer è molto vantaggioso!**
- Da fare: distribuzione su altre risorse (anche cloud), architetture (ARM) e per più tipi di particelle, ottimizzazione del codice (sia generale che per sfruttare meglio i nodi multi-core e multi-GPU).



Risorsa	Tipo e proprietario	Hardware e software	Risultati pionieri	Risultati fotoni
LXBATCH	Sistema batch del CERN. Cluster di riferimento	CentOS 7 (per i nodi utilizzati), CVMFS, HTCondor, GPU V100	Tempo: 12 h $\chi^2/\text{NDF} \sim 2$	Tempo: 30-31 h $\chi^2/\text{NDF} \sim 5$
Leonardo	Il 6° cluster più potente nella classifica TOP500 [8], al CINECA	RHEL 8.7, no CVMFS, SLURM, GPU A100, nodi isolati	Tempo: 6-7 h $\chi^2/\text{NDF} \sim 2$	Tempo: 10-11 h $\chi^2/\text{NDF} \sim 5$

## Bibliografia

- [1] Collaboraz. ATLAS, ATLAS HL-LHC Computing Conceptual Design Report, CERN-LHCC-2020-015 (2020)
- [2] Collaboraz. ATLAS, AtlFast3: The Next Generation of Fast Simulation in ATLAS, Comput Softw Big Sci **6**, 7 (2022)
- [3] Grafici pubblici: atlas.web.cern.ch/Atlas/GROUPS/PHYSICS/PLOTS/SIM-2024-004
- [4] Grafici pubblici: atlas.web.cern.ch/Atlas/GROUPS/PHYSICS/PLOTS/SIM-2023-005
- [5] Collaboraz. ATLAS, Fast simulation of the ATLAS calorimeter system with Generative Adversarial Networks, ATL-SOFT-PUB-2020-006
- [6] Grafici pubblici: atlas.web.cern.ch/Atlas/GROUPS/PHYSICS/PLOTS/SIM-2023-004/
- [7] leonardo-supercomputer.cineca.eu
- [8] Classifica TOP500 - Novembre 2023, top500.org/lists/top500/2023/11/