

Conseil scientifique LPSC du 22/11/2024

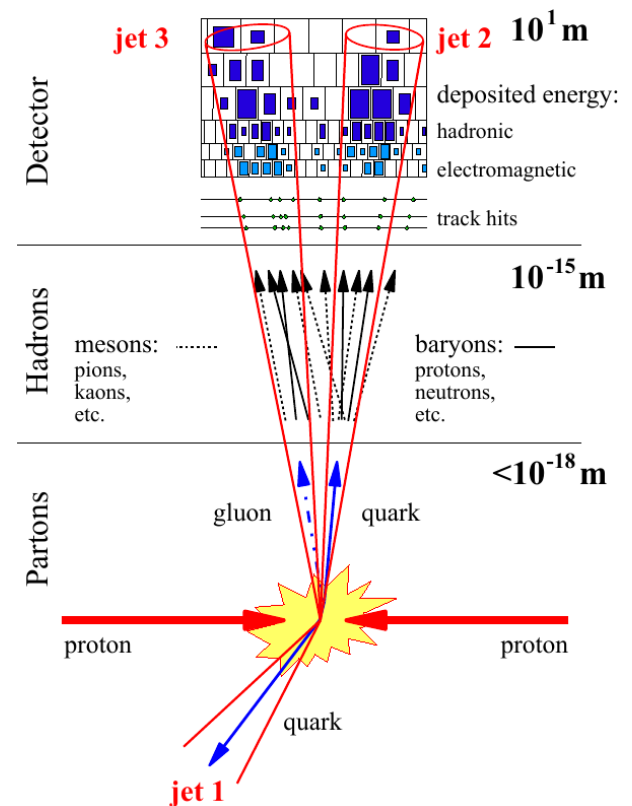
# Reconstruction des Jet hadroniques dans ATLAS

# Reconstruction des Jets hadroniques

- Activité historique dans le groupe ATLAS LPSC
- 3 axes important ces dernières années:
- Constituants des jets hadroniques
- Calibration de l'énergie et masse des jets
- Activités logicielles

# Jets hadroniques

- Phénomène QCD résultant de l'émission de partons
  - "parton shower"+"hadronization" = jets de hadrons collimatés
- Omniprésents dans les analyses LHC
  - objets caractéristique du signal (désintégration de particule massive, ex: top, Z/W, nouvelle physique)
  - bruits de fond dans ~toutes analyses
- Activités expérimentales :
  - reconstruction, identification, calibration



# Des constituants aux jets hadroniques

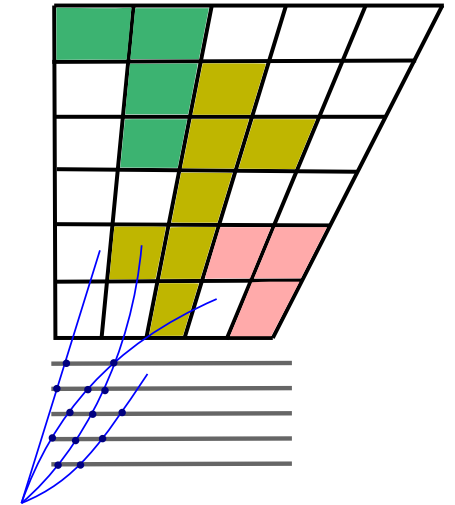
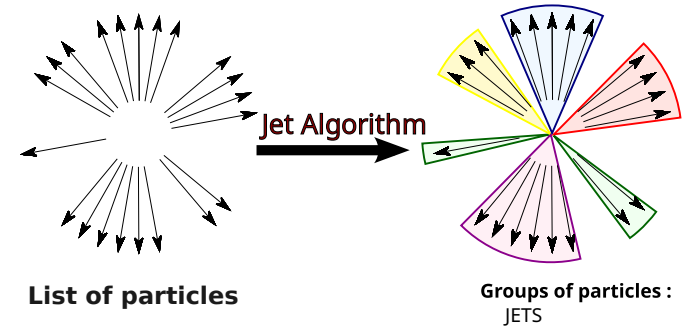
Jet = groupe de 4-vecteurs de particules  
(=constituants)

## 1) Évaluations des constituants

- à partir des traces et/ou "clusters" calorimétriques
- Combinaison & calibration

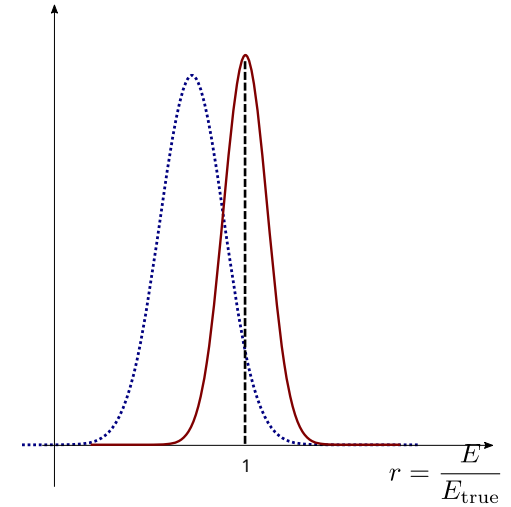
## 2) Formation des jets

- constituants  $\rightarrow$  Algo de jet  $\rightarrow$  jets
- calibration de l'énergie et masse



# Calibration des jets hadroniques

- La calibration (E ou masse) est indispensable
  - Imperfection détecteur (zones mortes), réponse différente EM vs hadrons,...
  - Jets calibrés : meilleur échelle d'énergie, résolution, évaluation des incertitudes
  - Calibration basée sur MC + ajustements "in-situ" exploitant les données & processus physique
- Difficultés:
  - stochasticité inhérente: 1 "true" jet  $\rightarrow$  1 distribution de "reco" jets
  - dépendance multiples (principalement : E,  $\eta$ , mass)



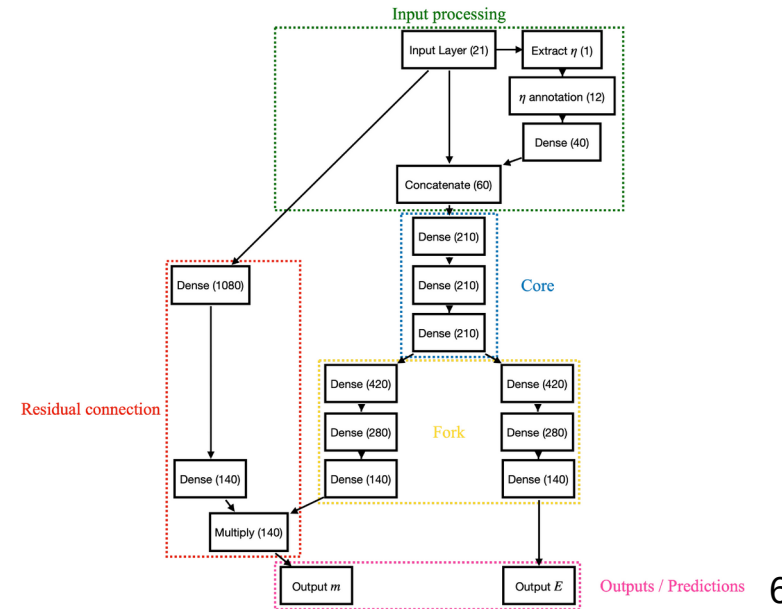
Au LPSC, solutions:

- "classique" (histogrammes, fit,...)
- réseau de neurones

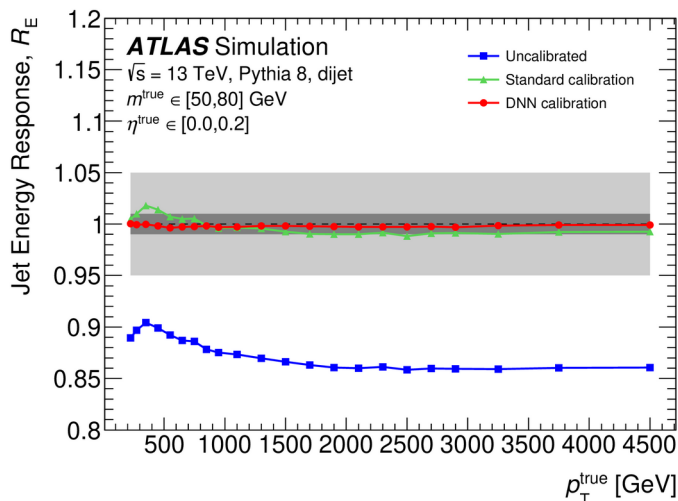
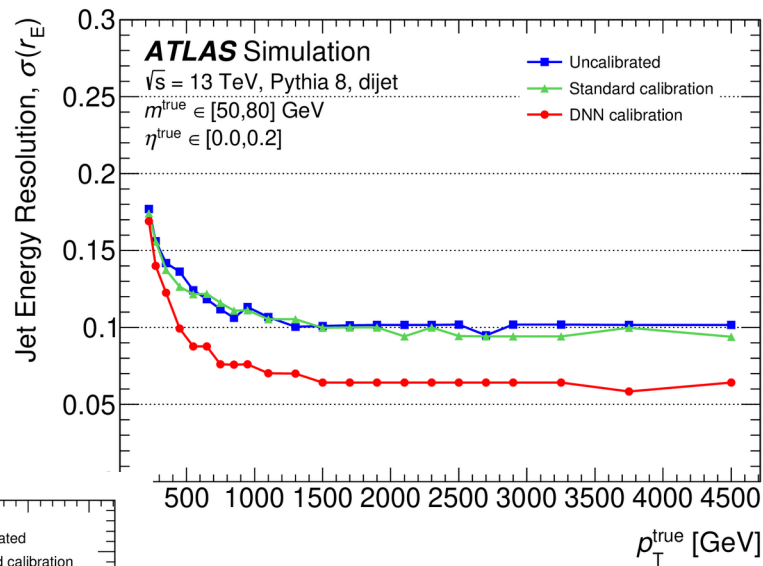
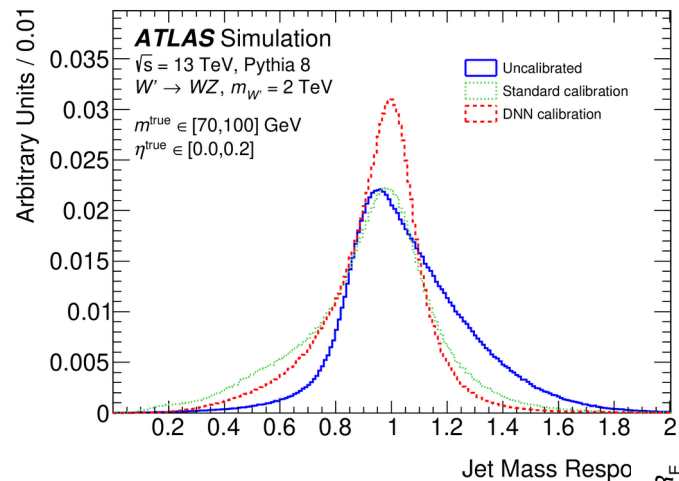
# Calibration des jets avec DNN

- Optimiser la calibration en utilisant N variables caractéristiques des jets
  - Énergie ET masse
- Difficultés spécifiques
  - apprendre le mode de la distribution des réponses
  - encoder la géométrie du détecteur
  - Procédure d'entraînement pour couvrir tous l'espace des phases

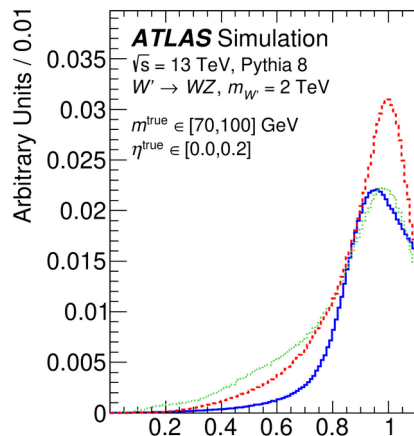
	Name
Jet level	$E$
	$m$
	$\eta$
Substructure level	groomMRatio
	Width
	Split12, Split23
	C2, D2
	$\tau_{21}$ , $\tau_{32}$
Detector level	Qw
	EMFrac
	EM3Frac
	Tile0Frac
	EfnConsts
	NeutralFrac
Event level	ChargedPTFrac
	ChargedMFrac
	$\mu$
	NPV



# Calibration des jets avec DNN



# Calibration



Mach. Learn. Sci. Technol. 5 035051 (2024)  
DOI: [10.1088/2632-2153/ad611e](https://doi.org/10.1088/2632-2153/ad611e)

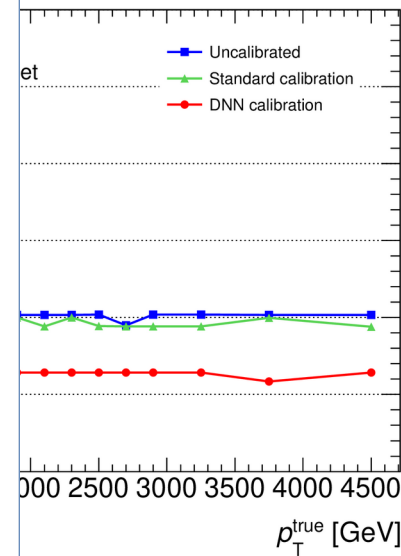


CERN-EP-2023-250  
6th September 2024

## Simultaneous energy and mass calibration of large-radius jets with the ATLAS detector using a deep neural network

The ATLAS Collaboration

The energy and mass measurements of jets are crucial tasks for the Large Hadron Collider experiments. This paper presents a new calibration method to simultaneously calibrate these quantities for large-radius jets measured with the ATLAS detector using a deep neural network (DNN). To address the specificities of the calibration problem, special loss functions and training procedures are employed, and a complex network architecture, which includes feature annotation and residual connection layers, is used. The DNN-based calibration is compared to the standard numerical approach in an extensive series of tests. The DNN approach is found to perform significantly better in almost all of the tests and over most of the relevant kinematic phase space. In particular, it consistently improves the energy and mass resolutions, with a 30% better energy resolution obtained for transverse momenta  $p_T > 500 \text{ GeV}$ .



Thèse de Guillaume Albouy (2024)



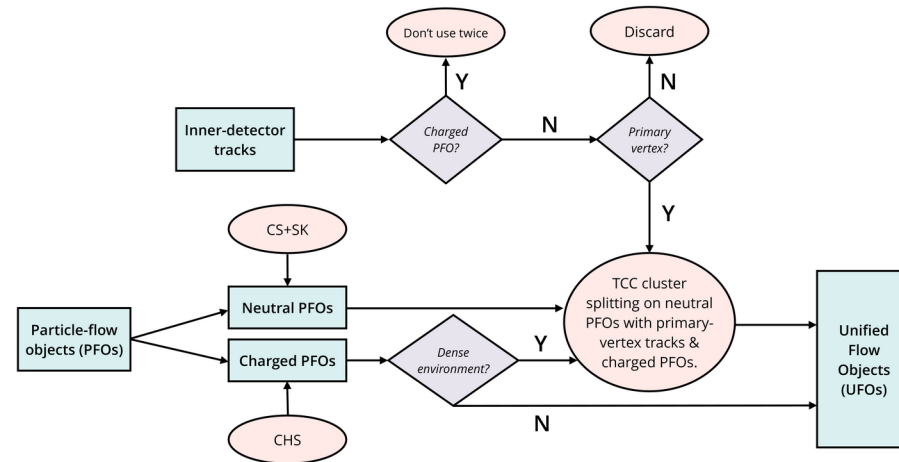
# Optimisation et calibration des constituants

## Constituants ↔ flux hadronique

- Optimiser les constituants améliore
  - la résolution en E et M des jets
  - la "mesure" de la structure des jets
  - les variables globales (ex: missEt,...)
- Combinaison des traces et cluster calorimétriques
  - combiner les avantages des 2 détecteurs
  - sur toute la gamme d'énergie

Au LPSC, development + optimisation de la méthode

**Unified Flow Object**  
(thèse Thomas Wojtkowski)

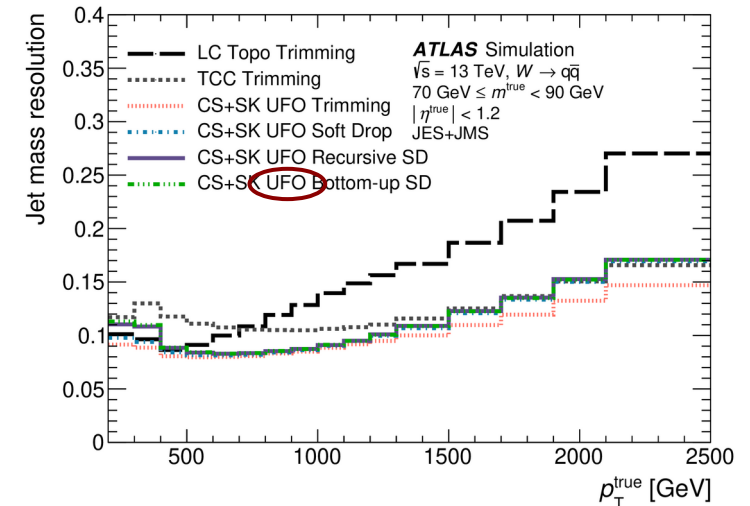


# Optimisation et calibration des constituants

- Constituants  $\leftrightarrow$  flux hadronique
- Optimiser les constituants améliore
  - la résolution en E et M des jets
  - la "mesure" de la structure des jets
  - les variables globales (ex: missEt,...)
- Combinaison des traces et cluster calorimétriques
  - combiner les avantages des 2 détecteurs
  - sur toute la gamme d'énergie

Au LPSC, development + optimisation de la méthode

**Unified Flow Object**  
(thèse Thomas Wojtkowski)

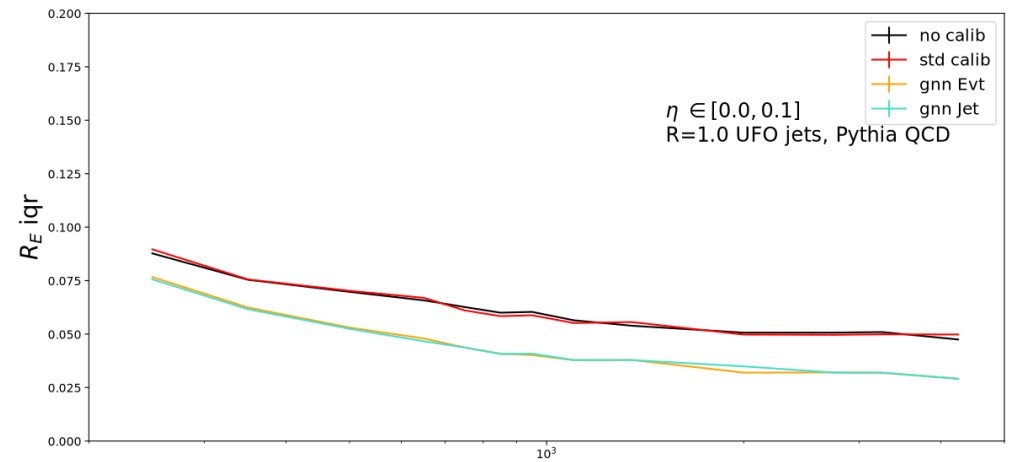
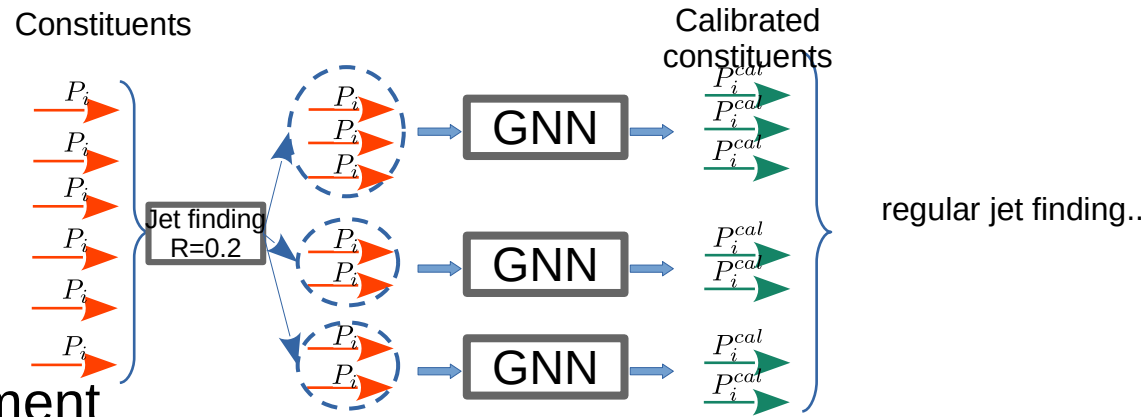


# Calibration des constituants avec GNN

- R&D au sein de l'ANR
- Calibration des 4-vecteurs des constituants
  - Avec techniques ML avancées (GNN ou transformer) utilisant les relations spatiales inter-constituants
  - Objectif idéal : s'affranchir de la calibration des jets
- Difficultés
  - Méthodologique : pas de correspondance 1à1 entre constituant et particule MC
  - Technique: volume de données, architecture NN, validation,....

Ana Peixoto, Thomas Wojtkowski,  
P-A D.

- Solutions en cours de développement
- Résultats préliminaires
  - Excellente reconstruction de l'énergie des jets
  - Pas encore d'amélioration sur la masse
  - Autres tests en développement



# Contributions logicielles

- Activité continue sur le développement logiciel pour les jets dans ATLAS
- Tous aspects:
  - Production officielle
  - Code d'analyse
  - développement et maintenance

# Conclusions

- Importante activité sur les performances des jets hadroniques
  - passée ET présente
- En lien étroit avec les analyses de physique
- Contributions reconnues par la collaboration
  - méthodes adoptées et/ou publiées
  - "Institutional commitement" pour les logiciels