



ALICE



---

## ALICE MEETING GROUP - Grenoble

MILLOT Louise – 06/03/2025

# Travail sur les observables de sous-structure

Quelle observable est pertinente ?

Echanges avec P.Caucal

SUBATECH, Nantes

## 1. Amélioration des mesures existantes

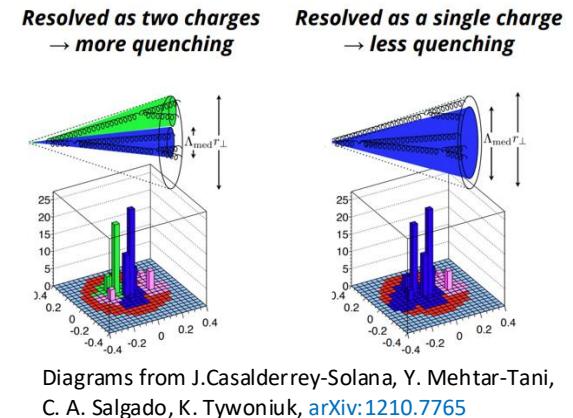
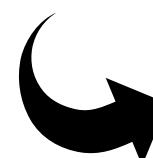
- Mesures plus précises pour contraindre les modèles théoriques
- Étude de la décoherence de couleur et des collisions dures
- ➔ Faire le lien avec des observables plus inclusives

• **Grooming des jets** (SoftDrop, Dynamical Grooming) → Sensibilité à l'évolution des jets

• **Corrélateurs énergie-énergie (EEC)** → Nouvel outil d'analyse des jets

## 2. Réduction du Survival Bias

- Sélection des jets dans des événements **photon-jet**  
Permet d'estimer le pT du parton à partir du photon  
Approche validée par des mesures récentes de CMS



Diagrams from J.Casalderrey-Solana, Y. Mehtar-Tani, C. A. Salgado, K. Tywoniuk, [arXiv:1210.7765](https://arxiv.org/abs/1210.7765)

PWG-JE JSUB PAG Weekly Meeting  
mardi 4 mars 2025, 16:00 → 18:25 Europe/Zurich  
Sidharth Kumar Prasad (Bose Institute (IN)) , Wenqing Fan (University of Houston (US))

zoom JSUB PAG Meeting Rejoindre

16:00 → 17:40 QM 2025 Analysis Campaign  
Weekly update from analyses aiming for new results for QM25. The update can be in the following forms:  
1. Formal presentation with slides  
2. Verbal update during the meeting and add minutes to your contribution block  
3. Written update via emails to coordinators/email list  
4. Add minutes to your contribution block

16:00 [Poster abstract] Charge-dependent EEC in pp and pPb  
Orateur: Tucker Hwang (University of California Berkeley (US))  
Hwang\_CEEC\_PAO...

16:10 [Talk abstract] Probing jet hadronchemistry modification with measurements of identified particles in jets and the underlying event in pp and Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s} = 5.02$  TeV with ALICE  
Orateur: Sierra Cantway (Yale University (US))  
Cantway\_JSUB\_040...

16:20 [Talk abstract] Measuring energy-energy correlators in pPb collisions  
Orateur: Anjali Nambrath (University of California Berkeley (US))

16:30 [Talk abstract] Measuring energy-energy correlation in PbPb at 5 TeV  
Orateur: Wenqing Fan (University of Houston (US))  
EEC\_JSUB\_wenqing...

16:40 [Talk abstract] Measuring N-point energy correlators in PbPb at 5 TeV  
Orateur: Ananya Rai (Yale University (US))

## Obersv. de sous-structure

### Angularities

- Comment les moments les constituants des jets sont repartis autour du jet axis ?

$$\lambda_{\beta}^{\kappa} = \sum_{i \in jet} z_i^{\kappa} R_{i,jet}^{\beta} \quad \text{avec} \quad z_i = p_{T,i} / p_{T,jet}$$

Fraction of pT carried by i      Angular distance of i to the jet axis

$\beta$  : Pour la distance p/r a l'axe du jet

$\kappa$  : Energy weighting factor

### Nsubjettiness

- Comment un jet se rapproche d'une structure en N sous jets (valeur numérique)

$$\tau_N = \frac{\sum_{i \in jet} p_T^i \min(R_{1,i}, \dots, R_{N,i})}{R_0 p_{T,jet}}$$

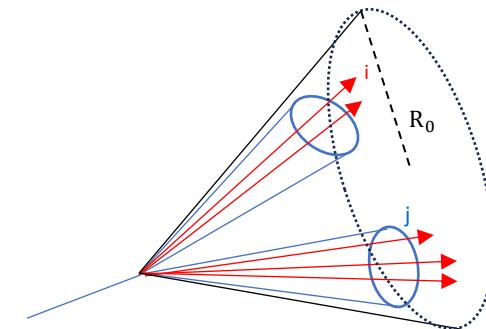
$R_0$  : jet radius used in jet clustering algo

$R_{j,i}$  : distance entre constituants  $i$  et sujet  $j$

$\tau_N$  indique une structure en N-sujet, plus  $\tau_N$  est proche de 0, plus le jet a une sous structure de N (ou moins) sous-jets

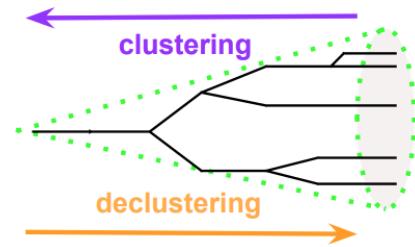
Meilleur utilisation avec le ratio:  $\tau_{N,N-1} = \frac{\tau_N}{\tau_{N-1}}$

Plus la valeur est petite, plus le jet a une structure en N-sujet



## Techniques de grooming

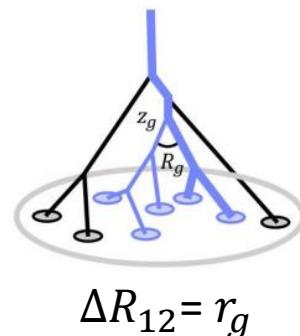
Jusqu'à présent ces observ. sont obtenues a partir des particules clusterisées dans un jet  
-> mais on peut aussi avoir des observ. obtenues après que ces jets aient été soumis a une procédure de **grooming**



### SoftDrop

- prend les constituants d'un jet (reclusterisé avec C/A)
- récursivement déclusterise l'histoire de la ramification du jet en rejetant la softest branch jusqu'à :

$$z_g = \frac{\min(p_T^1, p_T^2)}{p_T^1 + p_T^2} > z_{cut} \left(\frac{\Delta R_{12}}{R}\right)^\beta$$



- $z_{cut} = 0.2$  in HI
- $\beta = 0$

<https://arxiv.org/pdf/1808.03689>

### Dynamical grooming

- A chaque étape de re-clusterisation (C/A), on garde la branche qui maximise :

$$\kappa^{(a)} = \frac{1}{p_{T,jet}} \max \left[ z_i (1 - z_i) p_{T,i} \left( \frac{R_{i,j}}{R_0} \right)^a \right]$$

- TimeDrop (TD) :  $a = 2$  le plus court temps de formation
- $k_T$ -Drop (ktD) :  $a = 1$  le plus large  $k_T$
- z-Drop (zD) :  $a = 0$  symmetric splitting

Unquenched : no QGP, executable *jewel – vac*, correspondant a la description de *JEWEL* en pp-collisions

Quenched : généré avec l'executable *jewel – simple* inclus le QGP modélisé par *JEWEL* (pas de QCD response)

Ensemble des observables étudiées :

Observable	Type
$y_{SD}$ $\phi_{SD}$ $\Delta p_{T,SD} = p_{T,jet} - p_{T,jet_{SD}}$ $m_{SD}$ $n_{\text{const},SD}$	Jet Momenta and Constituent Multiplicity
$\bar{r}_{SD} = \frac{1}{n_{\text{const},SD}} \lambda_{1,SD}^0$ $\bar{r}_{SD}^2 = \frac{1}{n_{\text{const},SD}} \lambda_{2,SD}^0$ $rz_{SD} = \lambda_{1,SD}^1$ $r^2z_{SD} = \lambda_{2,SD}^1$ $\bar{z}_{SD}^2 = \frac{1}{n_{\text{const},SD}} \lambda_{0,SD}^2$	Angularities
$p_T D_{SD} = \sqrt{\sum_{i \in jet_{SD}} p_{T,i}^2} / p_{T,jet,SD}$	
$\tau_{2,SD}, \tau_{3,SD}$ $\tau_{1,2,SD}, \tau_{2,3,SD}$	$N$ -subjettiness
$ Q_{SD}^{0.3} ,  Q_{SD}^{0.5} ,  Q_{SD}^{0.7} ,  Q_{SD}^{1.0} ,$	Jet-Charges
$R_g, z_g, n_{SD}$	SoftDrop Grooming Intrinsic
$R_{g,A}, z_{g,A}, \kappa_A$ with $A \in \{TD, kTD, zD\}$	Dynamical Grooming Intrinsic

Jet substructure observables for jet quenching in quark gluon plasma: A machine learning driven analysis

Miguel Crispim Romão<sup>1,2\*</sup>, José Guilherme Milhano<sup>1,3</sup> and Marco van Leeuwen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP),  
Av. Professor Gama Pinto 2, 1649-003 Lisboa, Portugal

<sup>2</sup> Department of Physics and Astronomy, University of Southampton,  
SO17 1BJ Southampton, United Kingdom

<sup>3</sup> Departamento de Física, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa,  
Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

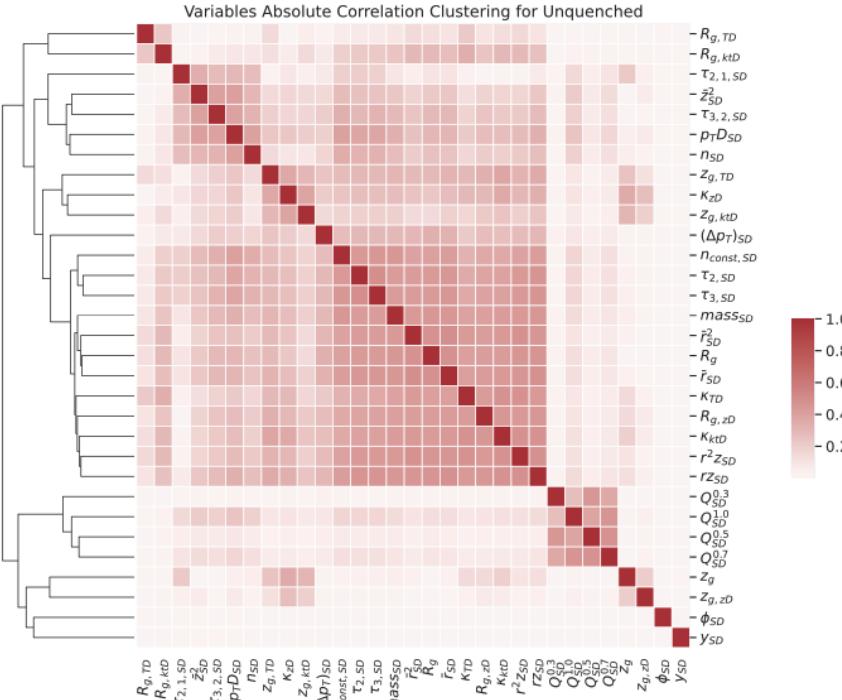
<sup>4</sup> Nikhef, National Institute for Subatomic Physics, P.O. Box 41882, 1009 DB Amsterdam and  
Utrecht University, P.O. Box 80000, 3508 TA Utrecht, The Netherlands

\* mcrumao@lip.pt

<https://arxiv.org/abs/2304.07196>

# Matrices de corrélation

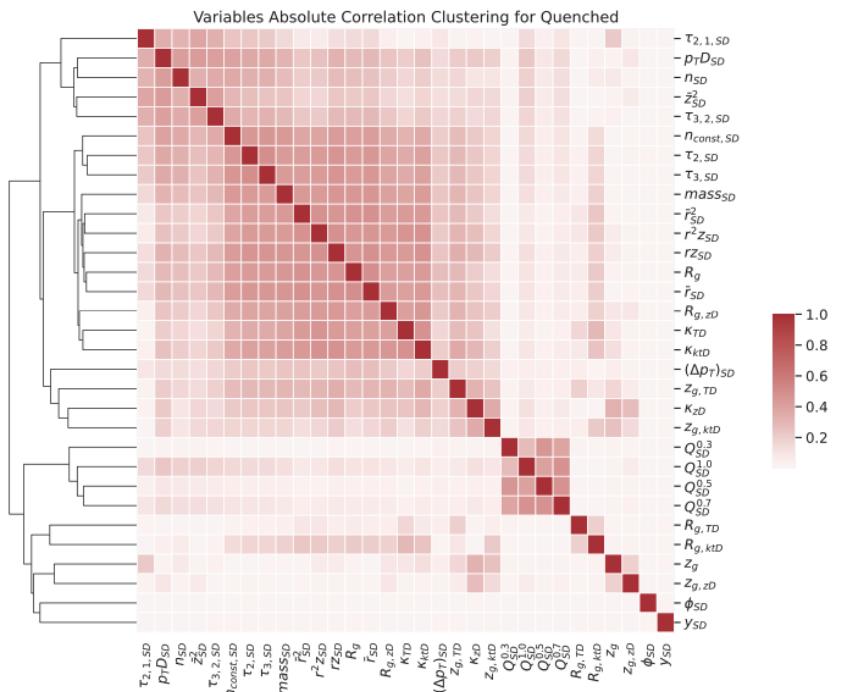
## Unquenched



## Matrices de corrélation:

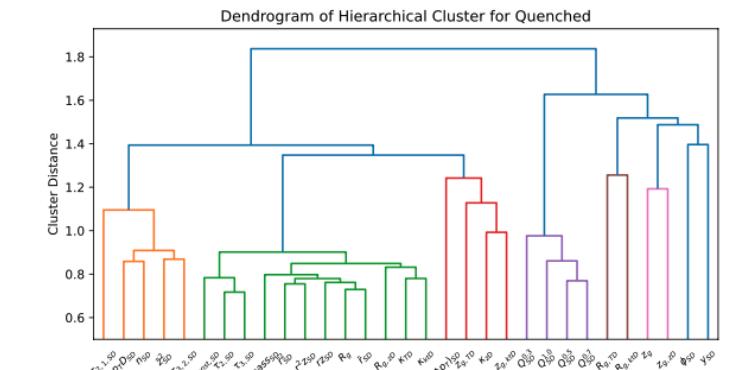
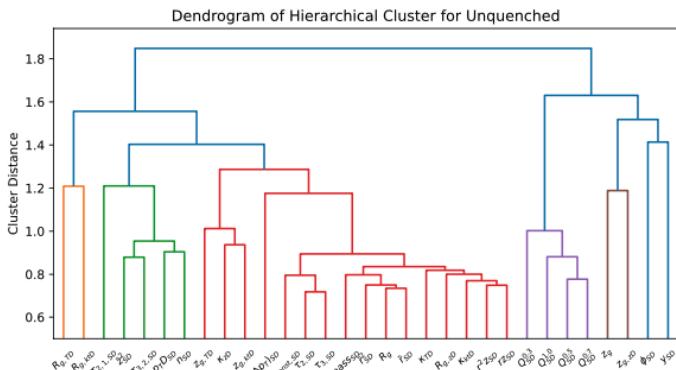
- Calcul de la distance euclidienne entre une paire d'observables
- Cluster des lignes proche entre elles

## Quenched



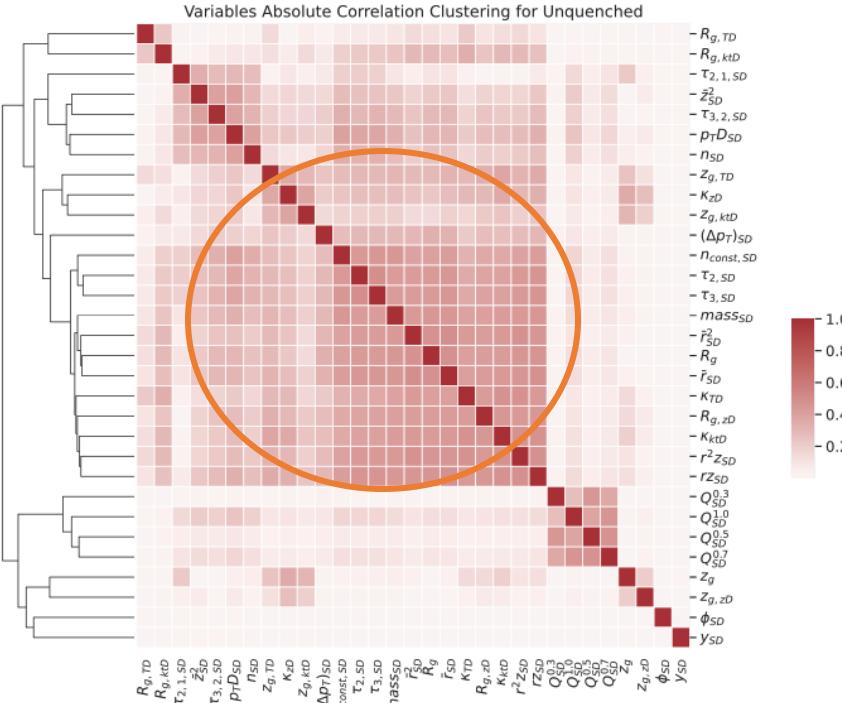
## Dendogrammes:

- Montre l'histoire de l'arbre de clusterisation



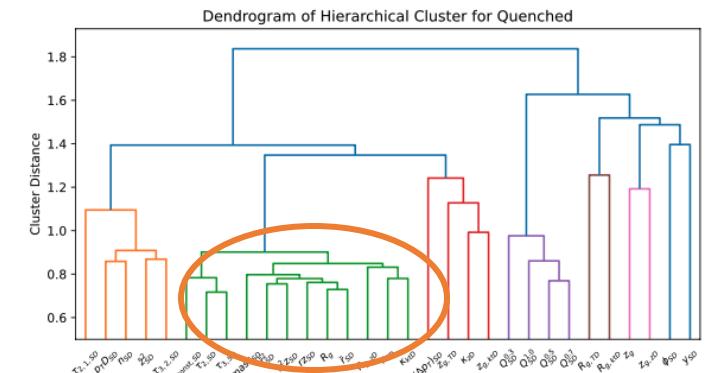
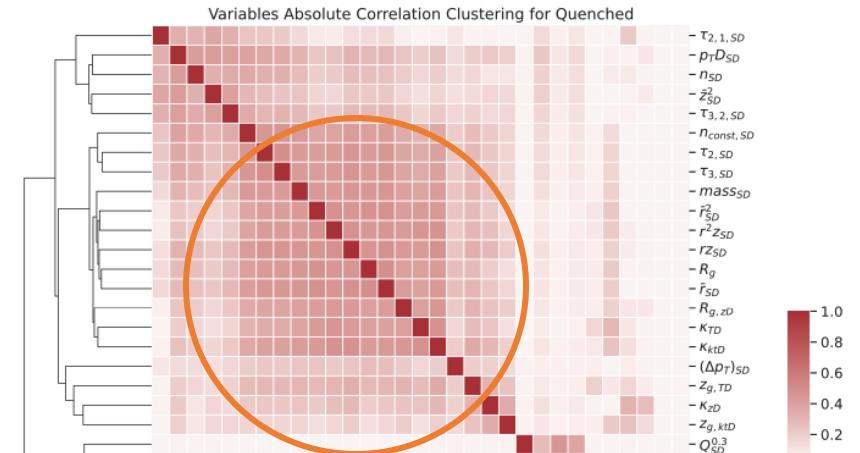
# Matrices de corrélation

## Unquenched



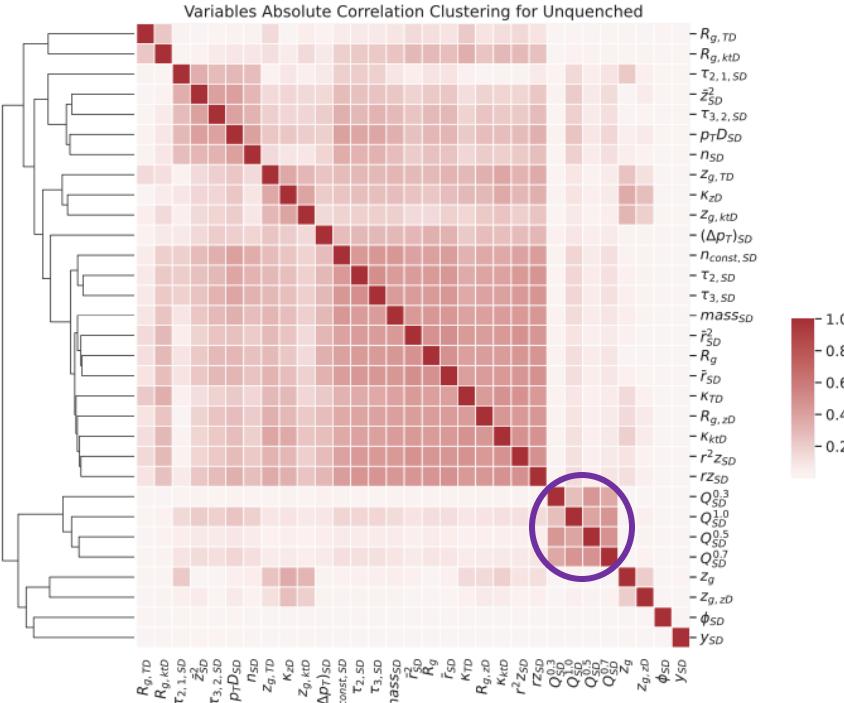
- Un **large groupe** d'observ. est corrélé et clusterisé (sous-structure transverse eg. angularités)
- Les « jets charges » sont correlées entre elles mais **pas** avec les autres
  - > Codent des infos qui ne sont pas pris en compte par d'autres observ.
  - > Ces infos ne sont pas modifiées par le quenching
- Observ. de grooming forment un groupe à part dans le quenching
- $\phi/y$  n'est corrélé à aucune autre car jets uniforme en azimut et small  $pT$  range

## Quenched



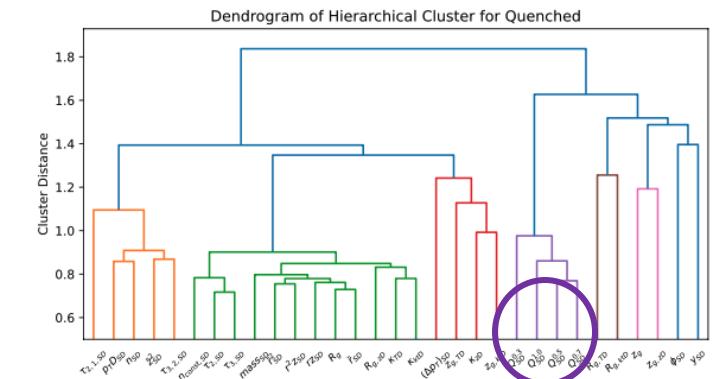
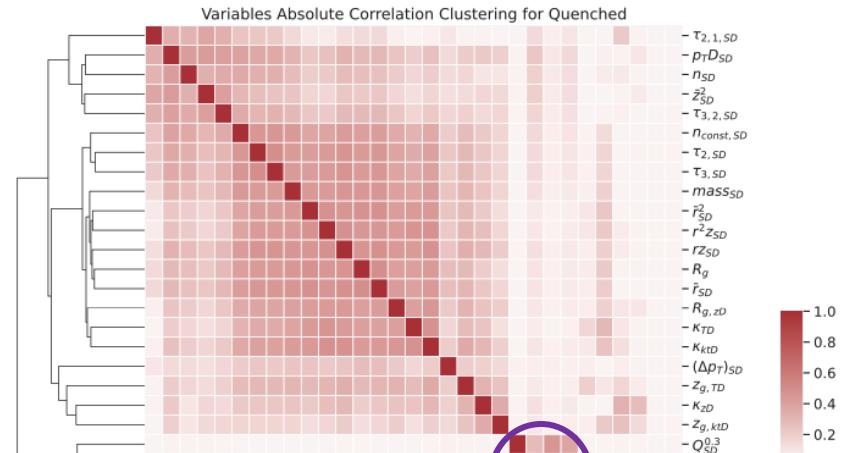
# Matrices de corrélation

## Unquenched



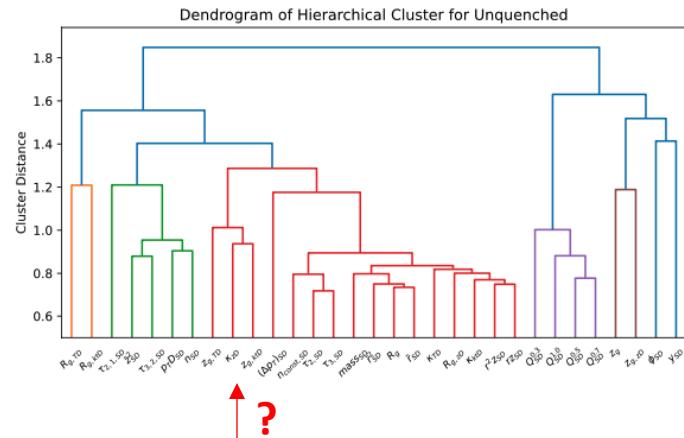
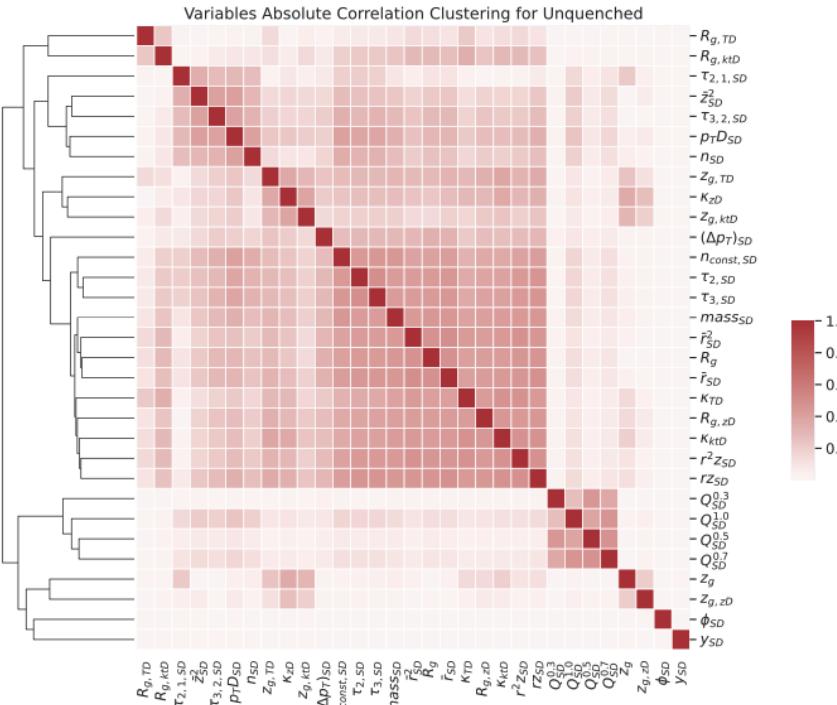
- Un large groupe d'observ. est corrélé et clusterisé (sous-structure transverse eg. angularités)
- Les « jets charges » sont correlées entre elles mais **pas** avec les autres
  - > Codent des infos qui ne sont pas pris en compte par d'autres observ.
  - > Ces infos ne sont pas modifiées par le quenching
- Observ. de grooming forment un groupe à part dans le quenching
- $\phi/y$  n'est corrélé à aucune autre car jets uniforme en azimut et small  $pT$  range

## Quenched



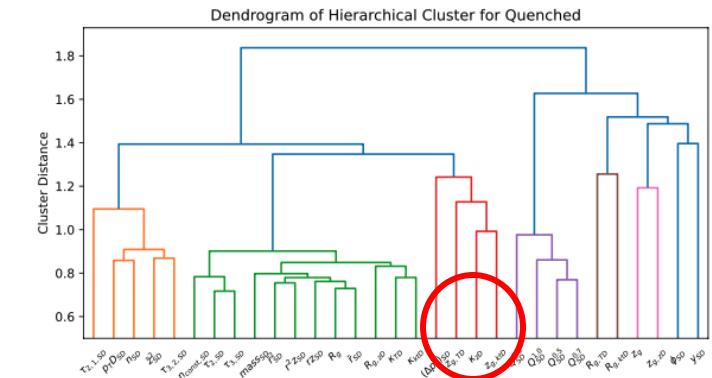
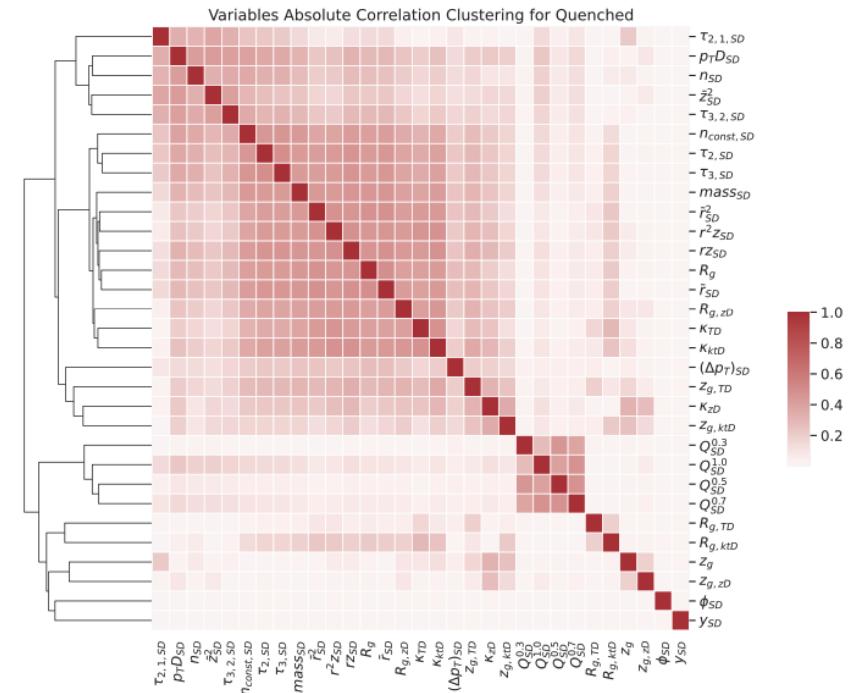
# Matrices de corrélation

## Unquenched



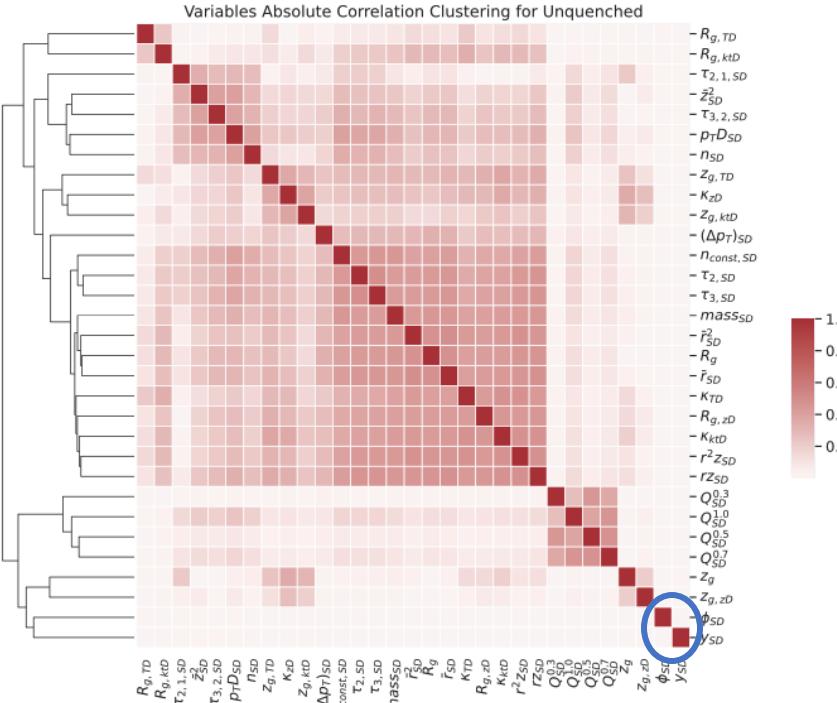
- Un large groupe d'observ. est corrélé et clusterisé (sous-structure transverse eg. angularités)
- Les « jets charges » sont correlées entre elles mais **pas** avec les autres
  - > Codent des infos qui ne sont pas pris en compte par d'autres observ.
  - > Ces infos ne sont pas modifiées par le quenching
- **Observ. de grooming forment un groupe à part dans le quenching**
- $\phi/y$  n'est corrélé à aucune autre car jets uniforme en azimut et small pT range

## Quenched

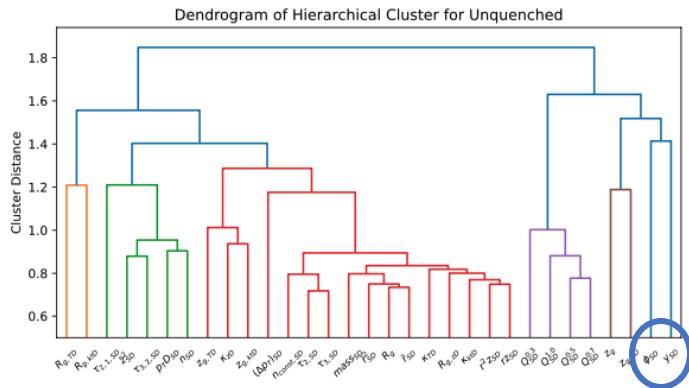


# Matrices de corrélation

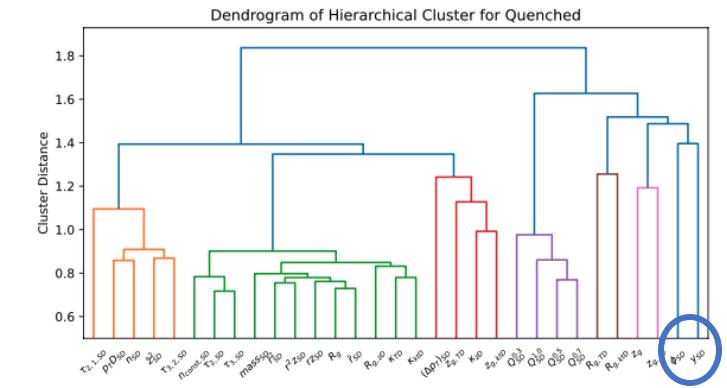
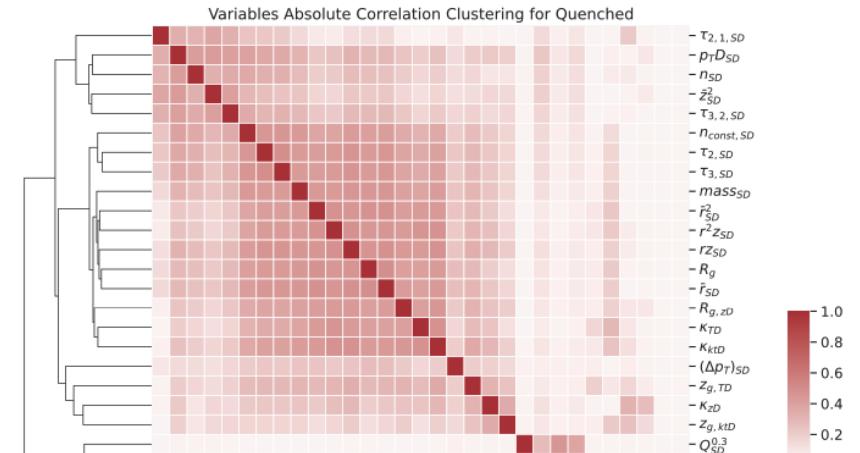
## Unquenched



- Un large groupe d'observ. est corrélé et clusterisé (sous-structure transverse eg. angularités)
- Les « jets charges » sont correlées entre elles mais **pas** avec les autres
  - > Codent des infos qui ne sont pas pris en compte par d'autres observ.
  - > Ces infos ne sont pas modifiées par le quenching
- Observ. de grooming forment un groupe à part dans le quenching
- **phi/y** n'est corrélé a aucune autre car jets uniforme en azimut et small pT range



## Quenched

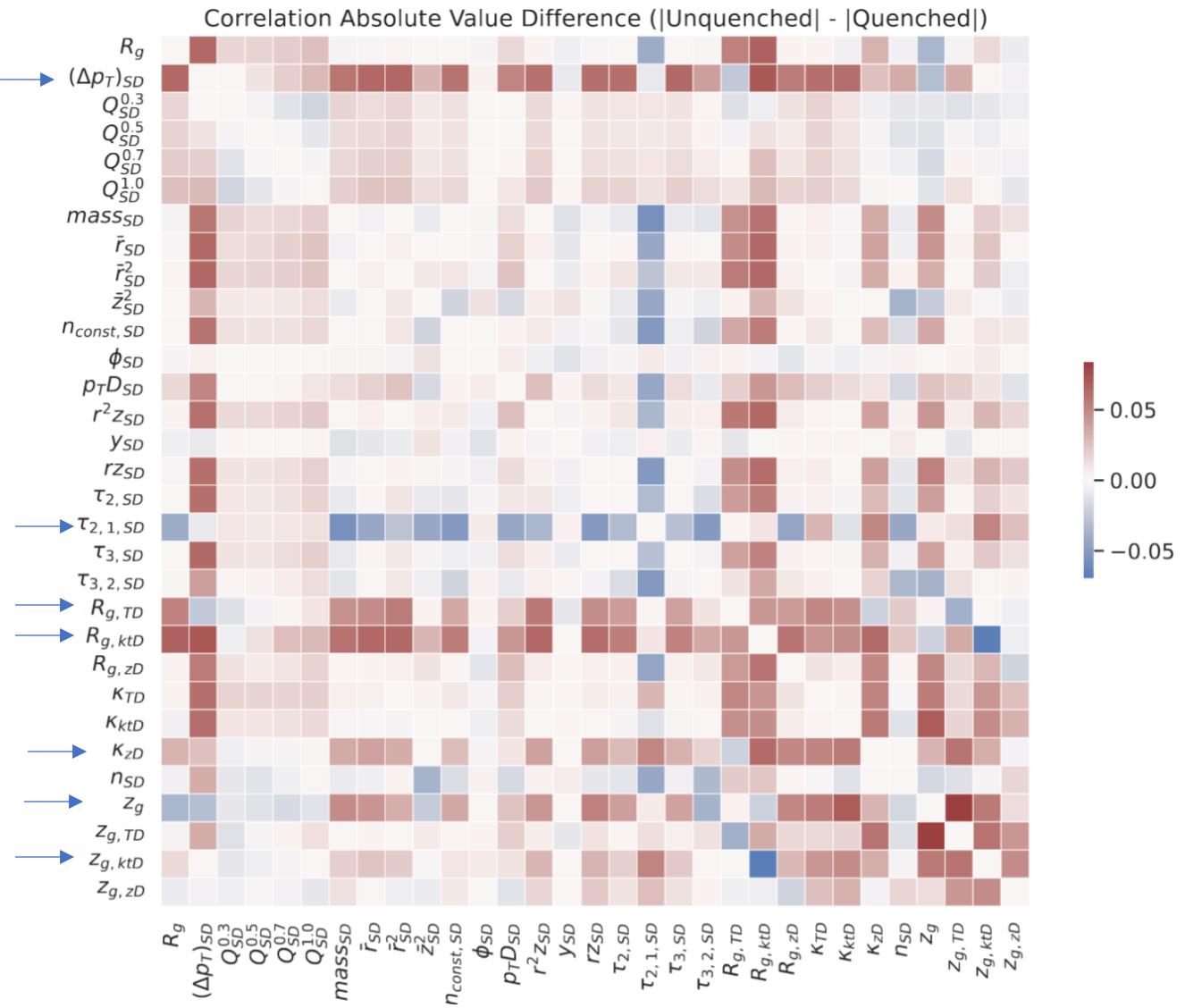


## Matrices de corrélation : différences entre Unquenched VS quenched

- Est-ce que la corrélation a été affectée par le milieux?

Différence entre les valeurs absolues des coefficients de corrélation dans les échantillons unquenched et quenched pour chaque paire d'observables

$(\Delta p_T)_{SD}, \tau_{2,1,SD}, R_{g,TD}, R_{g,kTD}, \kappa_{zD}, z_g, z_{g,ktD}$  : leur corrélation est modifiée par le quenching



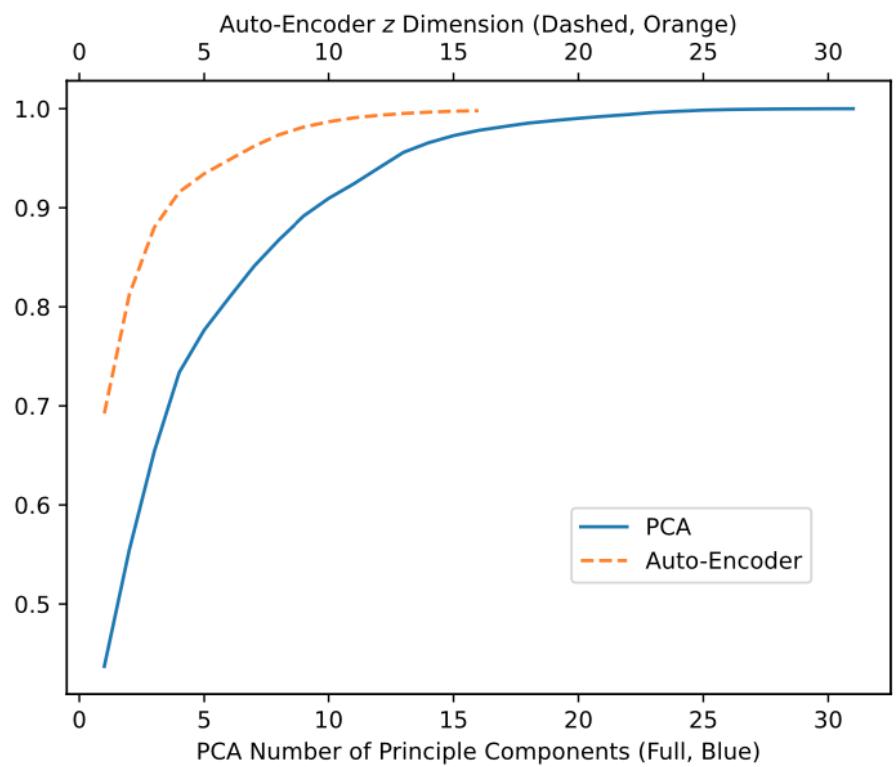
## Test PCA et AE

Ces méthodes sont utilisées pour réduire la dimensionnalité et comprendre comment les observables se regroupent

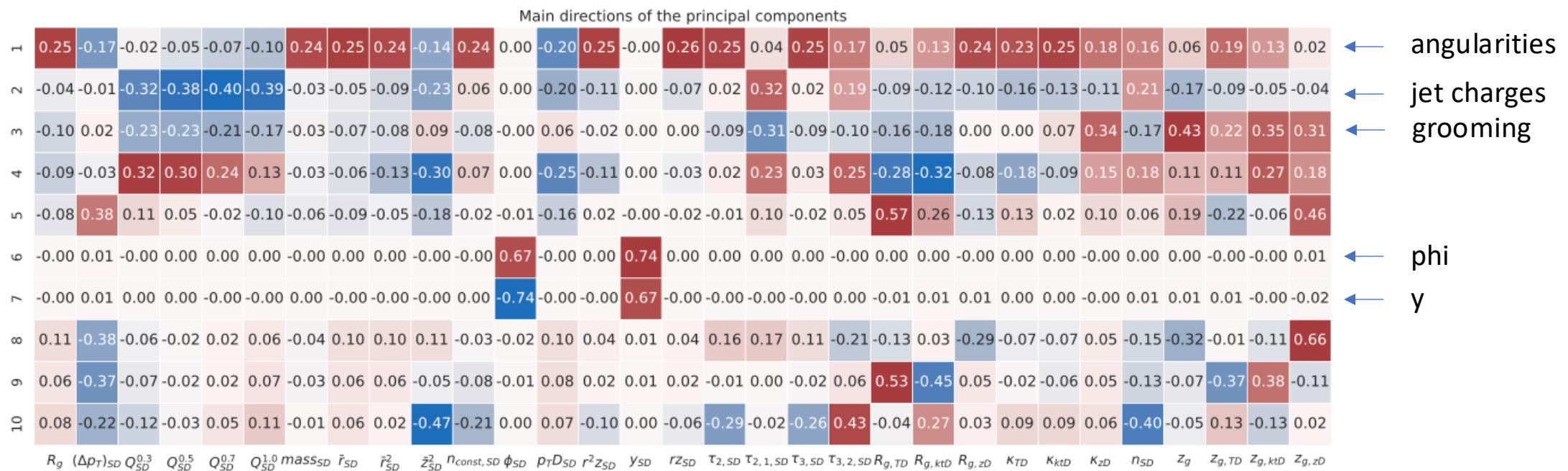
PCA permet **de trouver ces nouvelles variables** (appelées **composantes principales**) qui contiennent l'essentiel de l'information (**relations linéaires**)

AE : **Réseau neuronal** qui apprend à reconstruire les données et capture aussi les relations **non linéaires**

$R^2$  coefficient de détermination : quantifie la qualité de la reconstruction



## Contribution de chaque observable pour la PCA



L'analyse PCA et l'AE montrent qu'il suffit d'un **petit nombre de degrés de liberté** pour expliquer toute la variance des observables.

- PCA : **Les 10 premières composantes principales** capturent ~90% des distributions des observables.
- Auto-Encodeur (AE) : On peut **compresser** toute l'information dans un **espace latent de seulement 5 dimensions** sans trop perdre en précision.

Jusque là, on a juste vu l'influence du quenching sur la **corrélation** entre les observables, pas l'influence du quenching sur les observables

## Influence du quenching sur les observables : BDT

**BDT** identifie les observables les plus sensibles pour distinguer les jets **Quenched** des jets **Unquenched**

La performance est mesurée avec l'**AUC ROC** (Area Under the Curve du Receiver Operating Characteristic), qui quantifie la capacité du modèle à bien classer les jets.

Le BDT entraîné sur **toutes les observables** atteint une AUC de **0.701 (1 serait l'optimal)**

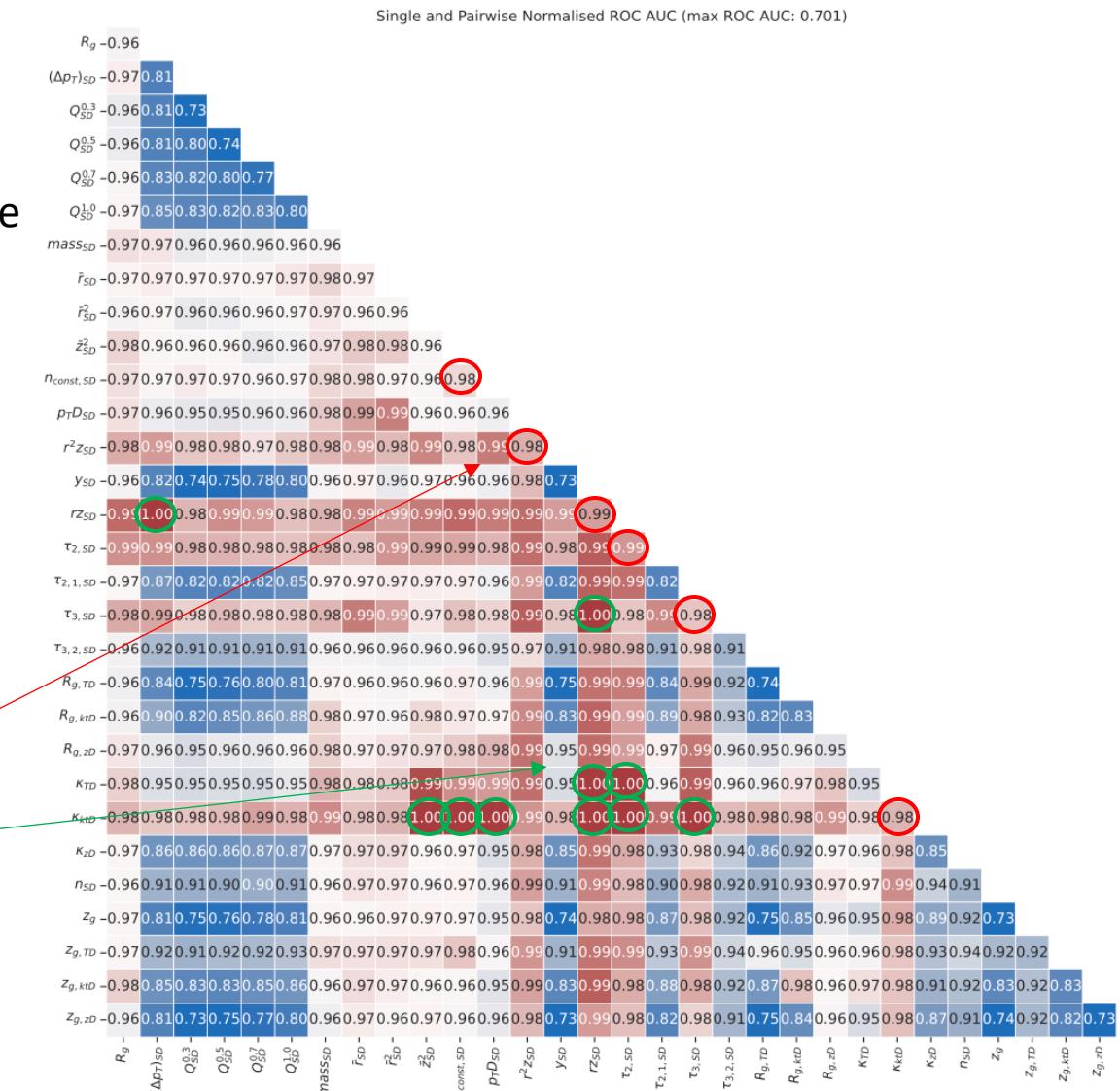
Ensuite, ils ont testé des BDT entraînées seulement sur **1 observable/ paires d'observables** pour voir si certaines combinaisons atteignent la performance du BDT complet.

## Résultats:

Il y a des observ. sensible aux effets du QGP par elle-même

Mais aussi des **paires** d'observables qui sont influencées par le quenching

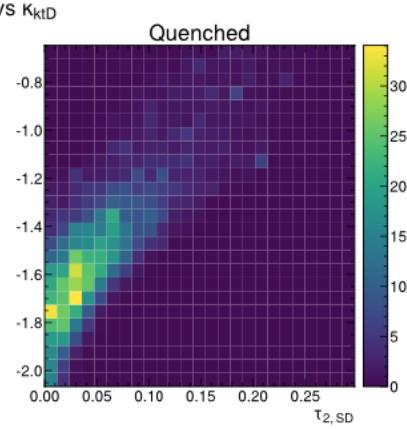
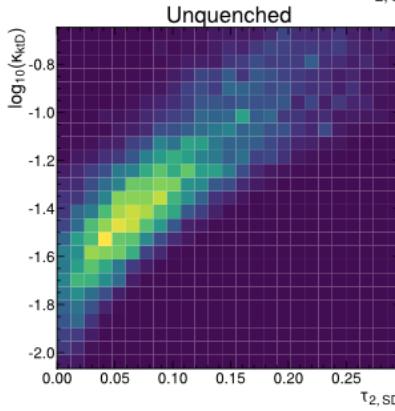
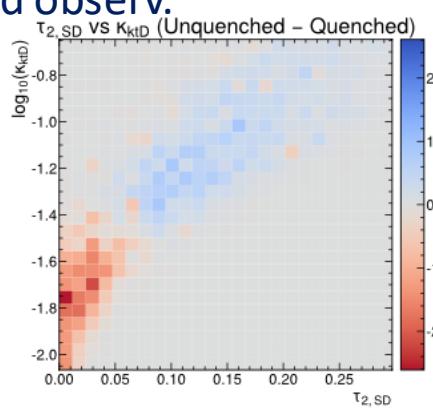
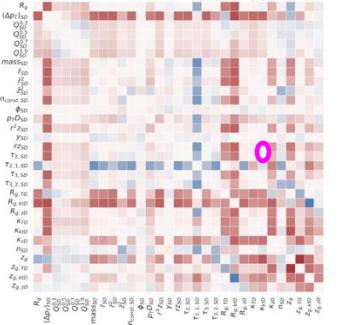
Ici : paires d'observables du type **grooming/angularities**



# Influence du quenching sur la **corrélation** entre les paires d'observ.

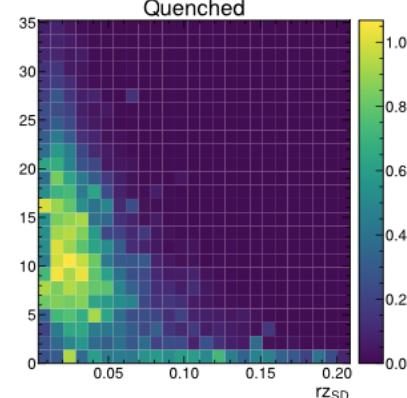
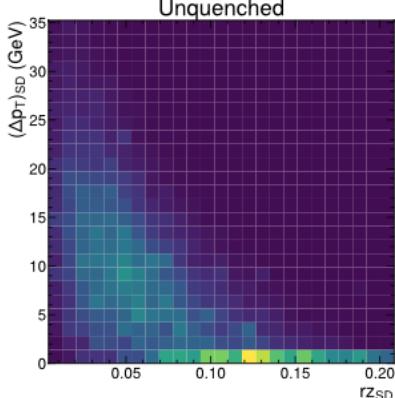
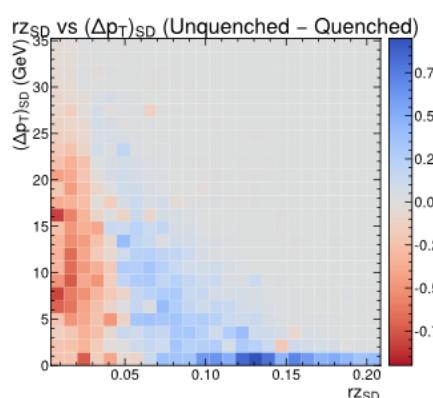
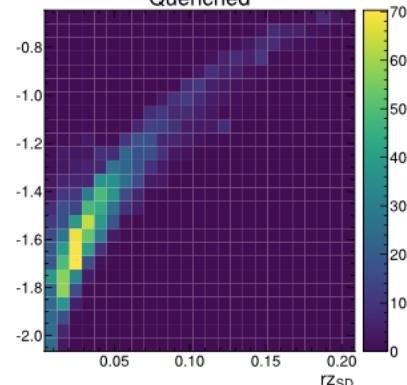
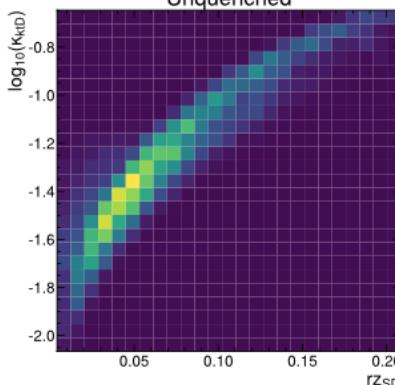
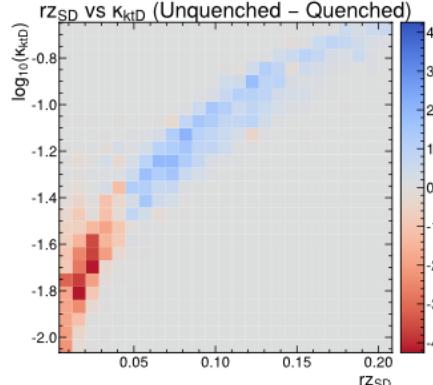
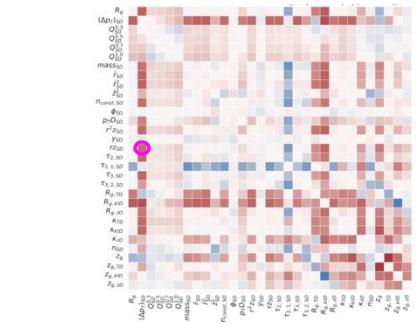
Deux cas de figure pour des paires d'observ. :

- Sensibles au quenching, mais dont la corrélation **ne change pas** avec le quenching



Même si le quenching change la valeur de ces observables, il le fait **de manière proportionnelle**, sans altérer leur dépendance mutuelle (juste un shift de la MPV)

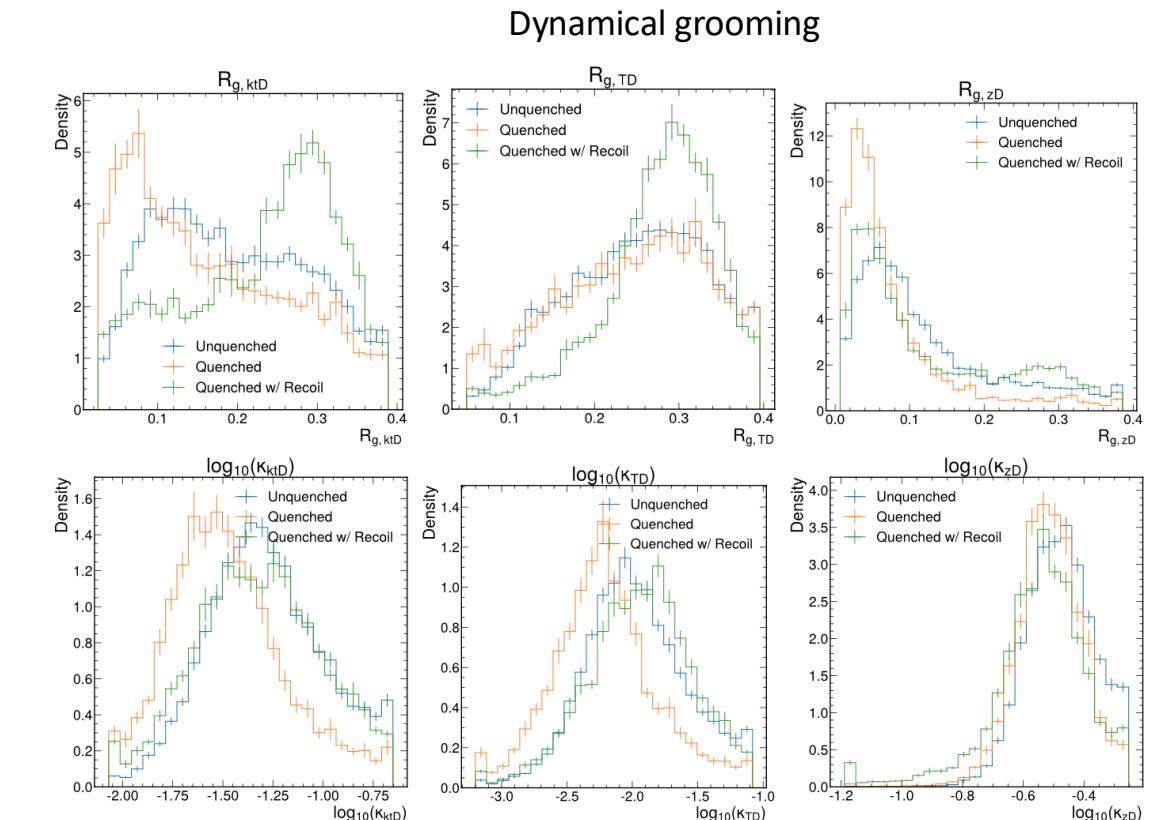
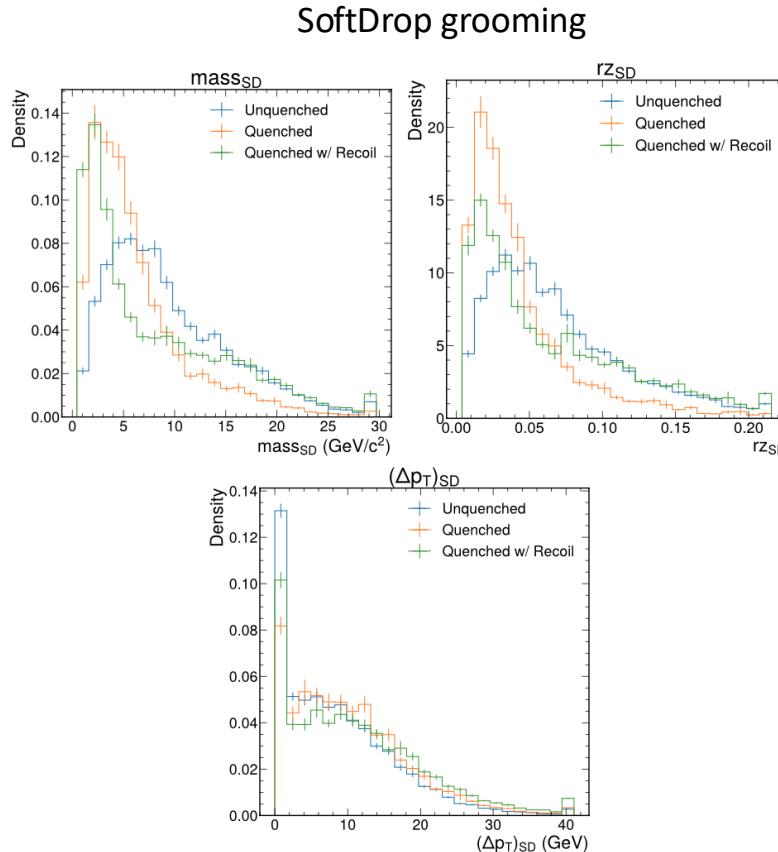
- Sensibles au quenching, et dont la corrélation **est affectée** par le quenching



Bottom: relation linéaires (PCA) affectées mais pas les non-linéaires (AE)

## QGP response

Jusque-là, les analyses ont été faites **sans prendre en compte cette réponse**, ce qui signifie que seules les modifications directes du jet par le quenching ont été considérées



- le quenching du jet dans JEWEL réduit la valeur moyenne,
- l'ajout du recoil produit une tail qui atteint des valeurs plus importantes

- l'effet du recul est plus important que celui du quenched seul
- les distributions shift vers des valeurs plus élevées dans le cas quenching + recoil
- ces observables sont sensibles aux radiations/ background

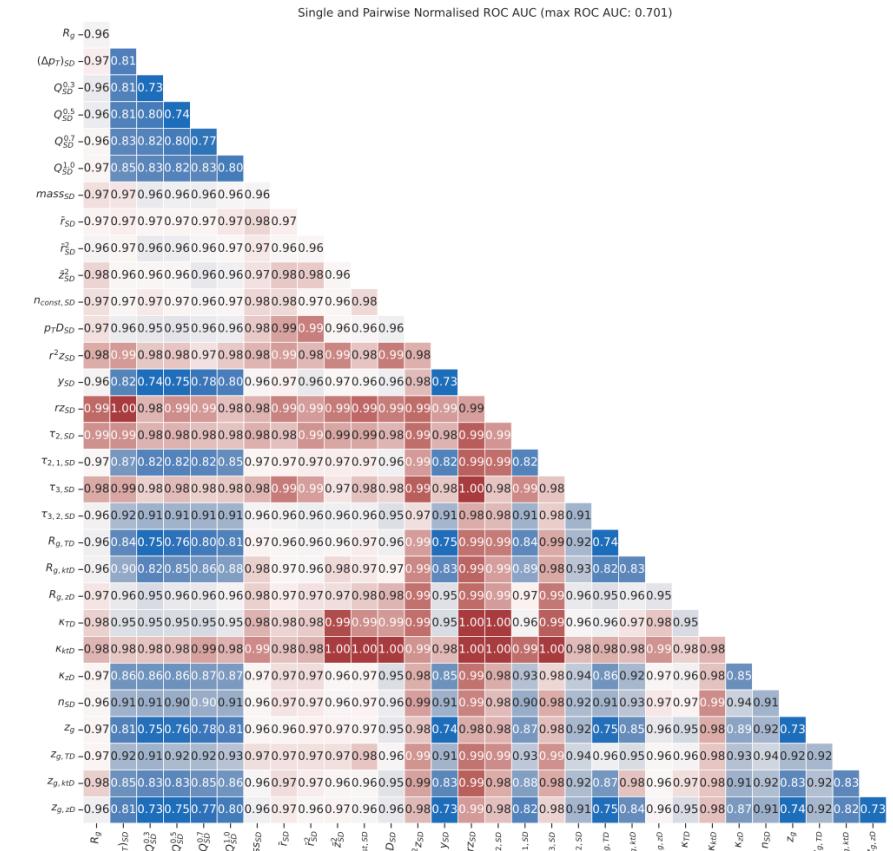
## Quel est l'output de cette étude ?

## Quelle observable étudier ? Ou plutôt quelle paire d'observable ?

- Partir de l'output du BDT pour se focaliser sur les observables/paires d'observ. sensibles au QGP i.e paires d'observables du type **grooming/angularities, grooming/Nsubjettiness**

Est ce que je prends des paires d'observables dont la **corrélation** est modifiée par le quenching ou pas ?

Au final la QGP response n'a pas été étudiée plus que cela, pourtant elle modifie les distributions des jets

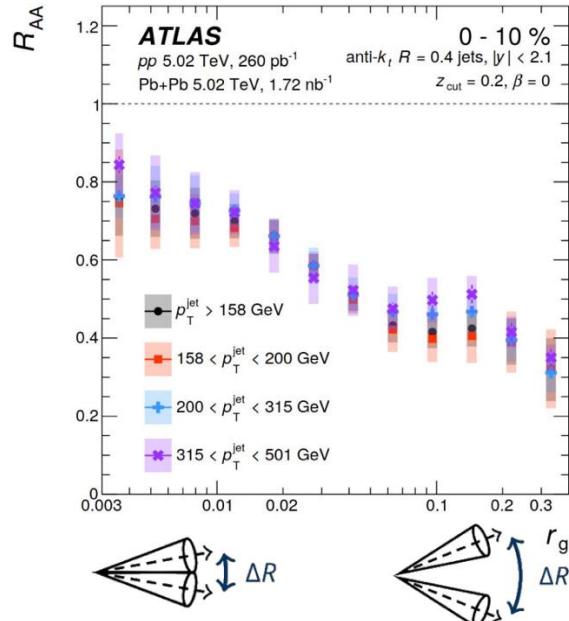


## Perspectives...

Si on part sur du grooming, plusieurs études à faire :

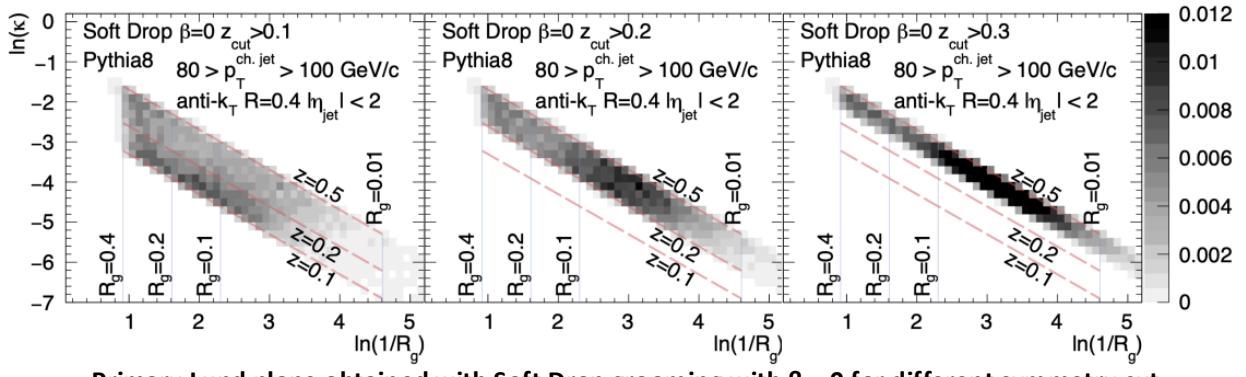
### 1) Etude du RAA, le connecter avec la sous-structure $r_g$

<https://arxiv.org/pdf/2211.11470>



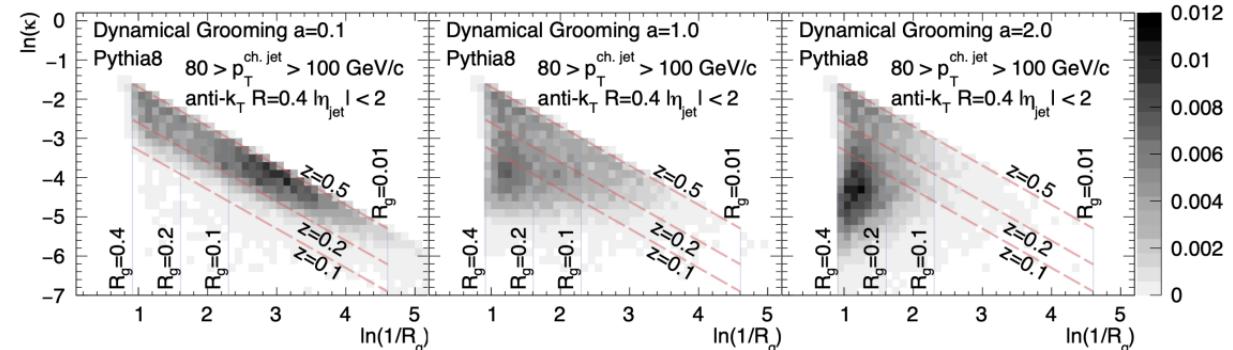
- 3) Redisculter avec P.Caucal
- 4) Regarder Run2 converti & Run3
- 5) Faires des tests/checks pythia-root-angantyr-softdrop dans 02Physics

### 2) Etude du Primary Lund Plane (PLP) avec grooming



Primary Lund plane obtained with Soft Drop grooming with  $\beta = 0$  for different symmetry cut  $z_{\text{cut}}$  parameters. Left:  $z_{\text{cut}} = 0.1$ . Middle:  $z_{\text{cut}} = 0.2$ . Right:  $z_{\text{cut}} = 0.3$ .

<https://arxiv.org/pdf/2006.01812>



Primary Lund plane obtained with Dynamical Grooming for different values of  $a$ . Left:  $a = 0.1$ . Middle:  $a = 1.0$ . Right:  $a = 2.0$ .

Last but not least...

First paper submission !

Stage de M2



arXiv:2502.18021v1 [hep-ph] 25 Feb 2025

**Constraints on asymmetric production of long-lived scalars at the Large Hadron Collider**

---

Thomas Chehab<sup>1</sup>, Louie Dartmoor Corpe<sup>2</sup>, Andreas Goudelis<sup>2</sup>, Abdelhamid Haddad<sup>2</sup>, Louise Millot<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Artemis, Université Côte d'Azur, CNRS, Observatoire Côte d'Azur, BP4229, 06304, Nice Cedex 4, France*

<sup>2</sup>*Laboratoire de Physique de Clermont Auvergne (UMR 6539), CNRS/IN2P3, Univ. Clermont Auvergne, 4 Av. Blaise Pascal, F-63178 Aubière Cedex, France*

<sup>3</sup>*Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie (LPSC), Université Grenoble-Alpes, CNRS/IN2P3, 53 Avenue des Martyrs, F-38026 Grenoble, France*

**ABSTRACT:** Searches for pair-produced long-lived particles (LLPs) at the LHC commonly operate under the assumption that the two LLPs are identical. In this paper we entertain the possibility that the targeted final states are, instead, induced by a LLP pair with different masses and/or lifetimes. We propose a simple and intuitively-parametrised toy model in order to study such asymmetric production of LLPs. Using the recasting material of a recent search for displaced jets by the ATLAS collaboration, we demonstrate that we can set constraints on the production cross-section times branching fraction into jets for a variety of asymmetric LLP and mediator mass combinations.

<https://arxiv.org/pdf/2502.18021.pdf>

## Qualité de reconstruction, R2, par observable en fonction du nombre de PCA, unquenched

Number of Principal Components	R <sup>2</sup> for different features over different number of principal components																														
	$R_g$	$(\Delta p_T)_{SD}$	$Q_{SD}^{0.3}$	$Q_{SD}^{0.5}$	$Q_{SD}^{0.7}$	$Q_{SD}^{1.0}$	mass <sub>SD</sub>	$\bar{r}_{SD}$	$\bar{r}_{SD}^2$	$\bar{z}_{SD}^2$	$n_{const,SD}$	$\phi_{SD}$	$p_T D_{SD}$	$r^2 z_{SD}$	$y_{SD}$	$r z_{SD}$	$T_{2,SD}$	$T_{2,1,SD}$	$T_{3,SD}$	$T_{3,2,SD}$	$R_{g,TD}$	$R_{g,ktD}$	$R_{g,zD}$	$K_{TD}$	$K_{ktD}$	$K_{zD}$	$n_{SD}$	$Z_g$	$Z_{g,TD}$	$Z_{g,ktD}$	$Z_{g,zD}$
1	0.86	0.14	0.01	0.03	0.07	0.13	0.64	0.90	0.84	0.30	0.72	0.00	0.57	0.88	0.00	0.96	0.85	0.04	0.87	0.42	0.05	0.29	0.79	0.74	0.86	0.45	0.36	0.06	0.51	0.22	0.01
2	0.87	0.14	0.38	0.58	0.67	0.68	0.64	0.91	0.87	0.50	0.74	0.00	0.71	0.92	0.00	0.97	0.85	0.39	0.87	0.55	0.07	0.33	0.82	0.83	0.93	0.50	0.51	0.17	0.54	0.24	0.02
3	0.90	0.14	0.54	0.75	0.81	0.77	0.64	0.93	0.88	0.53	0.77	0.00	0.73	0.92	0.00	0.97	0.88	0.69	0.89	0.59	0.14	0.42	0.83	0.83	0.95	0.86	0.60	0.72	0.70	0.62	0.29
4	0.92	0.14	0.78	0.97	0.96	0.81	0.64	0.93	0.93	0.76	0.78	0.00	0.89	0.95	0.00	0.98	0.88	0.82	0.90	0.74	0.34	0.68	0.84	0.91	0.96	0.91	0.67	0.75	0.73	0.80	0.36
5	0.93	0.37	0.80	0.98	0.96	0.82	0.65	0.94	0.93	0.80	0.78	0.00	0.92	0.95	0.00	0.98	0.88	0.83	0.90	0.75	0.77	0.75	0.87	0.93	0.96	0.92	0.68	0.79	0.81	0.80	0.63

Ces variables sont les observables si l'on ne tient pas compte de l'information supplémentaire fournie par les observables.

- Les 5 premières observables contiennent l'information supplémentaire fournie par les 23 autres observables.
- Cela signifie que l'on peut résumer directement l'information supplémentaire par les 5 premières observables.

## Différence dans la qualité de la reconstruction entre l'Unquenched et l'Quenched

Number of Principal Components	R <sup>2</sup> differences from Unquenched to Quenched																														
	$R_g$	$(\Delta p_T)_{SD}$	$Q_{SD}^{0.3}$	$Q_{SD}^{0.5}$	$Q_{SD}^{0.7}$	$Q_{SD}^{1.0}$	mass <sub>SD</sub>	$\bar{r}_{SD}$	$\bar{r}_{SD}^2$	$\bar{z}_{SD}^2$	$n_{const,SD}$	$\phi_{SD}$	$p_T D_{SD}$	$r^2 z_{SD}$	$y_{SD}$	$r z_{SD}$	$T_{2,SD}$	$T_{2,1,SD}$	$T_{3,SD}$	$T_{3,2,SD}$	$R_{g,TD}$	$R_{g,ktD}$	$R_{g,zD}$	$K_{TD}$	$K_{ktD}$	$K_{zD}$	$n_{SD}$	$Z_g$	$Z_{g,TD}$	$Z_{g,ktD}$	$Z_{g,zD}$
1	0.02	0.14	0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.06	0.04	0.10	0.08	-0.01	0.00	0.09	0.12	0.00	0.04	-0.02	0.02	0.00	0.06	0.04	0.16	0.12	0.13	0.08	0.10	-0.01	0.06	0.04	0.03	0.00
2	0.00	0.14	0.08	0.09	0.06	0.03	-0.09	0.02	0.04	0.02	0.01	-0.00	0.02	0.04	0.00	0.01	-0.01	-0.06	0.01	0.00	0.04	0.14	0.05	0.05	0.02	0.11	-0.05	0.06	0.01	0.04	0.02
3	0.03	0.14	0.03	0.04	0.02	-0.00	-0.08	0.03	0.07	0.00	0.01	-0.00	0.01	0.05	0.00	0.01	0.00	-0.06	0.02	-0.03	0.08	0.16	0.05	0.05	0.03	0.14	-0.07	0.11	0.11	0.14	0.09
4	0.01	0.14	-0.00	0.01	-0.01	-0.02	-0.09	0.01	0.03	-0.01	0.04	-0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	-0.06	0.03	-0.05	0.15	0.15	0.04	0.06	0.03	0.07	-0.03	0.08	0.11	0.07	0.03
5	0.01	0.31	0.00	0.01	-0.01	-0.01	-0.09	0.01	0.03	-0.03	0.04	-0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	-0.06	0.03	-0.05	0.07	0.07	0.04	0.05	0.03	0.05	-0.02	0.06	0.10	0.07	0.03

Jusque là, on a juste la corrélation entre les observables (quenched ou unquenched), on a pas l'influence du milieu sur les observable

Sierra dataset 100 runs

