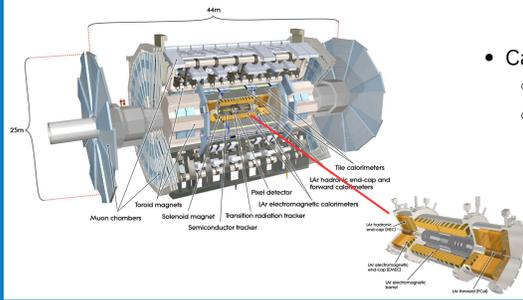
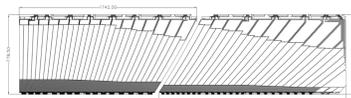


## Le détecteur ATLAS

- **A Toroidal LHC Apparatus**
- 46 m × 25 m × 25 m
- 7000 t
- 5 500 scientifiques de 245 insituts dans 42 pays
- Etude du boson de Higgs, recherche de dimensions supplémentaires, de particules de matière noire...
- Plusieurs sous-détecteurs dont des calorimètres
  - Hadronique et électromagnétique (détection des photons)
  - Blocs de matériaux arrêtant complètement les particules incidentes
  - Les particules initient une cascade de particules
  - L'énergie, la position spatiale et l'instant de passage sont mesurés



- Calorimètre électromagnétique d'ATLAS
  - Argon liquide
  - Calorimètre d'échantillonnage



## Particules de type axion (ALPs)

### Problème de CP fort

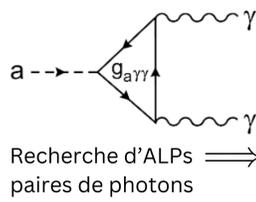
- Absence de violation de symétrie CP en QCD... mais aucune raison fondamentale à cela !
- Symétrie régie par  $\theta$  :  $\theta < 10^{-10}$  (problème de naturalité, fine-tuning)

### Solution : mécanisme de Peccei-Quinn

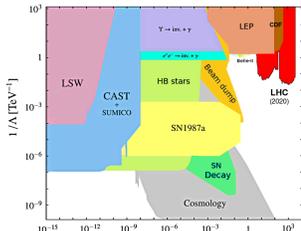
- Une nouvelle symétrie globale, brisée spontanément à basse énergie, est introduite → l'axion émerge de cette brisure
- Force la théorie à respecter la symétrie CP en imposant  $\theta = 0$
- De plus, l'axion est un candidat à la matière noire

### Particules de type axion

- Propriétés communes avec les axions (sans être motivées par le problème de CP fort)
- Large intervalle de masse possible
- Couplage aux photons



- Recherche d'ALPs ⇒ recherche de paires de photons

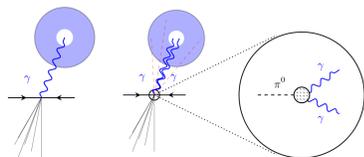


Contraintes sur la masse et le couplage ALP-photons par différentes expériences.

## Isolation des photons

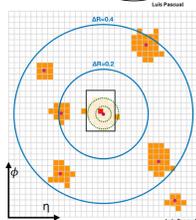
- Processus permettant d'identifier les vrais photons dans le détecteur, en classifiant les dépôts d'énergie autour des candidats photons

- **Vrais photons** → issus du processus dur (interaction proton-proton)
- **Faux photons** → jets et photons issus de la désintégration de mésons légers



- Énergie d'isolation calorimétrique
  - Somme des dépôts d'énergie autour du candidat photon
  - Soustraction de l'énergie du candidat et du pileup

$$E_T^{iso}(R) = \left( \sum_{r_i < R} E_T^i \right) - E_T^{core} - E_T^{leakage}(E_T^\gamma, |\eta^\gamma|) - E_T^{pileup}(|\eta^\gamma|, \langle \mu \rangle)$$



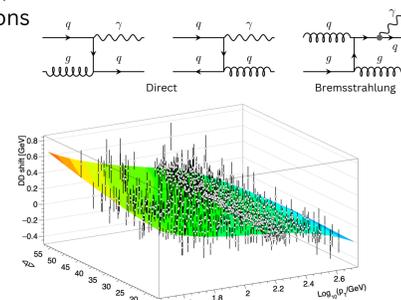
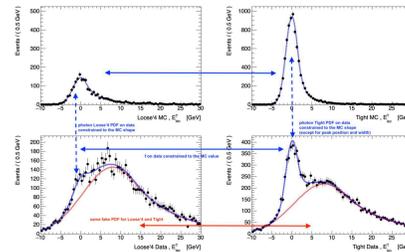
Dépôts d'énergie autour d'un candidat photon

## Correction des échantillons Monte Carlo

- Calcul de l'énergie d'isolation imparfait pour le MC (imprécisions sur la soustraction de l'énergie du candidat photon et du pileup)
- Une différence entre les données et le MC induit une différence d'efficacité → problème pour les analyses !
- L'énergie d'isolation doit être corrigée dans le MC → *data-driven shifts*

## Data-driven shifts

- Différence entre la position du pic de la distribution d'énergie d'isolation des données et celle du MC → pic du MC corrigé pour correspondre aux données
- Data-driven shifts calculés à partir d'échantillons de photons QCD (dits *prompt*)
- Fit dans différentes régions simultanément

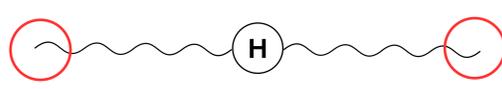


Data-driven shift pour des photons non convertis dans la région centrale du détecteur (2017)

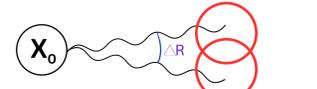
- Fits par bin d'énergie, de pileup, de région du détecteur, de type de conversion, d'année, de taille du cône pour l'énergie d'isolation →  $10^5$  fits
- Résultats à combiner avec ceux obtenus à basse masse avec des Z radiatifs

## Limites au processus d'isolation

- Processus optimisé pour les particules lourdes, comme le Higgs, dont les deux photons issus de sa désintégration sont émis dos-à-dos → isolation optimale
- $m_{\gamma\gamma} \approx \sqrt{p_{T,1}^2 + p_{T,2}^2} \Delta R$
- Pour une particule de basse masse se désintégrant en deux photons → petit angle  $\Delta R$  entre eux
- Chevauchement du processus d'isolation de chacun des photons



Isolation des deux photons issus de la désintégration du Higgs

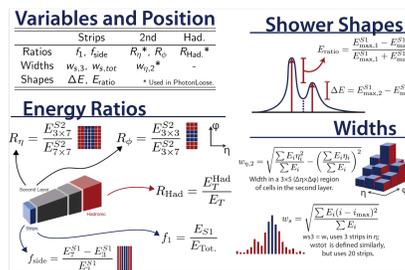


Isolation des deux photons issus de la désintégration d'une particule légère → chevauchement

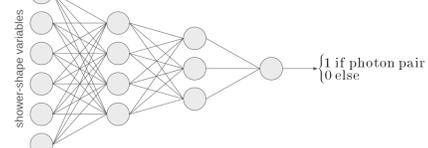
- Recherche d'ALPs de basse masse → recherche de paires de photons très collimatées → développer de nouveaux outils pour identifier ces paires de photons (introduction d'un nouvel objet *diphoton*)

## Deep Learning

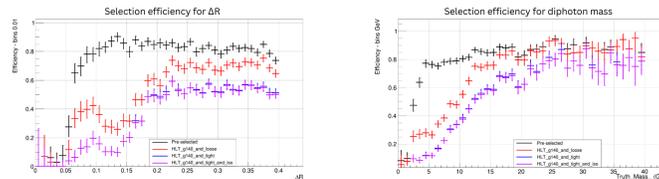
- Utiliser les *shower shapes* : variables décrivant le développement latéral et longitudinal de la gerbe électromagnétique initiée par le candidat photon



- Réseau de neurones avec en sortie la probabilité que l'objet en entrée soit une paire de photons



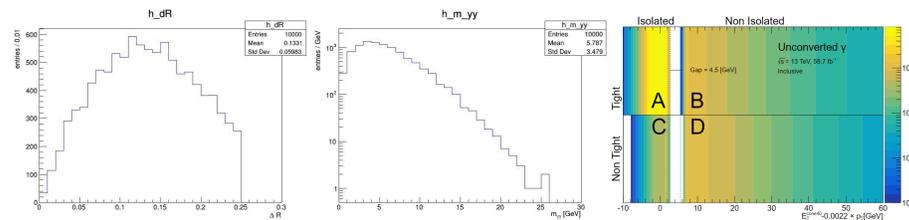
- Résultats issus d'études préliminaires : un nouveau critère d'isolation, orienté *diphoton*, permet d'augmenter l'efficacité de sélection à basse masse (et d'atteindre une efficacité non nulle en dessous de 10 GeV, ce qui n'est pas possible avec le processus standard)



Efficacités non nulles pour des angles  $\Delta R < 0.2$  et des masses  $m_{\gamma\gamma} < 10$  GeV

## Echantillons

- Suivre les procédures standards d'ATLAS pour produire des échantillons MC
- Signal → paires de photons très collimatées, avec deux gerbes résolues
- Bruit de fond → MC (jets) ou région de contrôle dans les données



Production de paires de photons de séparation angulaire entre 0 et 0.25, et de masse invariante entre 0 et 25 GeV

Région de contrôle avec la méthode ABCD