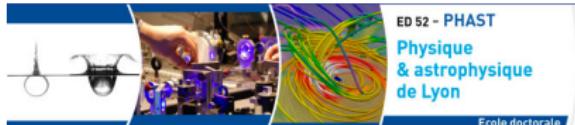


Développement d'un algorithme de suivi de particules (PFA) pour l'ILC. Outils de surveillance en ligne de qualité de données

Rémi ÉTÉ
Directeur de thèse : Imad LAKTINEH

Institut de Physique Nucléaire de Lyon

8 mars 2017



Sommaire

1 Contexte théorique et expérimental

- Le modèle standard
- Le collisionneur linéaire international
- Le calorimètre hadronique semi-digital
- Performances du SDHCAL

2 Les algorithmes de suivi de particules

- Introduction
- Principe d'ArborPFA
- ArborPFA pour le SDHCAL
- ArborPFA pour le détecteur ILD

3 Logiciel de surveillance de données

- Introduction
- Logiciel DQM4HEP
- Surveillance de la prise de données du SDHCAL

4 Conclusion et perspectives

Contexte théorique et expérimental

1 Contexte théorique et expérimental

- Le modèle standard
- Le collisionneur linéaire international
- Le calorimètre hadronique semi-digital
- Performances du SDHCAL

2 Les algorithmes de suivi de particules

- Introduction
- Principe d'ArborPFA
- ArborPFA pour le SDHCAL
- ArborPFA pour le détecteur ILD

3 Logiciel de surveillance de données

- Introduction
- Logiciel DQM4HEP
- Surveillance de la prise de données du SDHCAL

4 Conclusion et perspectives



Contexte théorique et expérimental

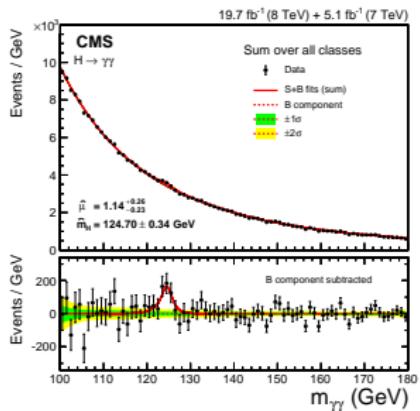
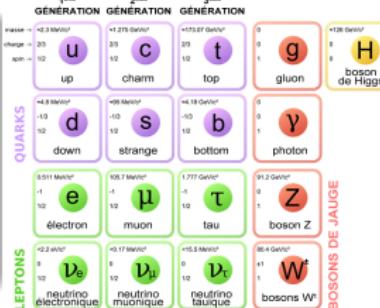
Le modèle standard

Le modèle standard

Théorie unifiant 3 des 4 interactions fondamentales :

- L'interaction électromagnétique
- L'interaction faible
- L'interaction forte

Théorie de jauge $SU(3) \otimes SU(2) \otimes U(1)$



CMS-HIG-13-001

arXiv:1407.0558v2

Des familles et des générations !

- 12 fermions
- 4 bosons de jauge
- 1 boson de Higgs

Modèle incomplet

- Pas de gravitation
- Masse/oscillation neutrinos
- Asymétrie matière/anti-matière

Contexte théorique et expérimental

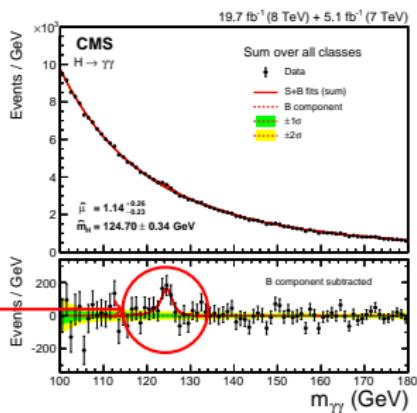
Le modèle standard

Le modèle standard

Théorie unifiant 3 des 4 interactions fondamentales :

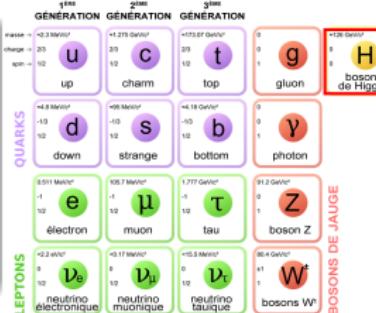
- L'interaction électromagnétique
 - L'interaction faible
 - L'interaction forte

Théorie de jauge $SU(3) \otimes SU(2) \otimes U(1)$



CMS-HIG-13-001

arXiv:1407.0558v2



Des familles et des générations !

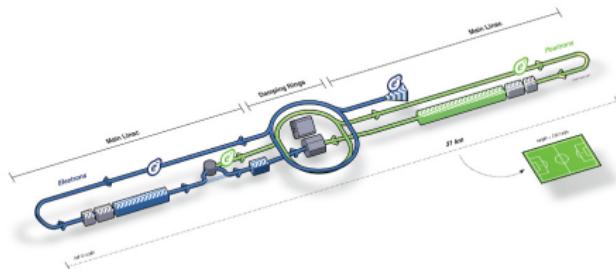
- 12 fermions
 - 4 bosons de jauge
 - 1 boson de Higgs

Modèle incomplet

- Pas de gravitation
 - Masse/oscillation neutrinos
 - Asymétrie matière/anti-matière

Contexte théorique et expérimental

Le collisionneur linéaire international - ILC



Caractéristiques du collisionneur

- Collision $e^+ e^-$
 - Energie : 250-500 GeV (1 TeV ?)
 - Luminosité : $0.75 \cdot 10^{34}$ - $1.8 \cdot 10^{34}$ cm $^{-2}$ s $^{-1}$
 - Fréquence de collisions : 5 Hz (contre 40 MHz au LHC)
 - Nb de particules par croisement : $2 \cdot 10^{10}$
 - Alimentation pulsée

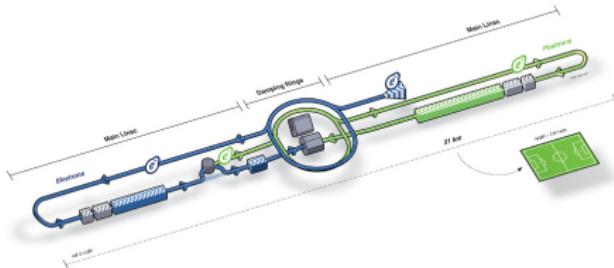


ILC Technical Design Report, Vol. 1 Executive Summary

arXiv:1306.6327

Contexte théorique et expérimental

Le collisionneur linéaire international - ILC



Caractéristiques du collisionneur

- Collision $e^+ e^-$
 - Energie : 250-500 GeV (1 TeV ?)
 - Luminosité : $0.75 \cdot 10^{34}$ - $1.8 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
 - Fréquence de collisions : 5 Hz (contre 40 MHz au LHC)
 - Nb de particules par croisement : $2 \cdot 10^{10}$
 - Alimentation pulsée



ILC Technical Design Report, Vol. 1 Executive Summary

arXiv:1306.6327

Contexte théorique et expérimental

Le programme physique

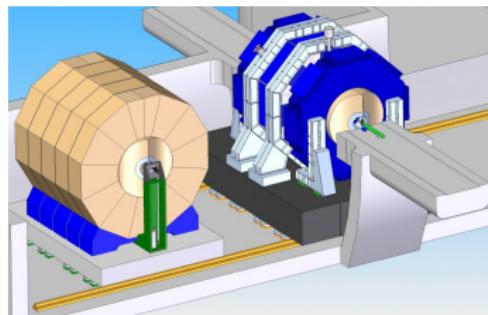
Energy	Reaction	Physics Goal
91 GeV	$e^+e^- \rightarrow Z$	ultra-precision electroweak
160 GeV	$e^+e^- \rightarrow WW$	ultra-precision W mass
250 GeV	$e^+e^- \rightarrow Zh$	precision Higgs couplings
350–400 GeV	$e^+e^- \rightarrow t\bar{t}$ $e^+e^- \rightarrow WW$ $e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}h$	top quark mass and couplings precision W couplings precision Higgs couplings
500 GeV	$e^+e^- \rightarrow f\bar{f}$ $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}h$ $e^+e^- \rightarrow Zhh$ $e^+e^- \rightarrow \tilde{\chi}\tilde{\chi}$ $e^+e^- \rightarrow AH, H^+H^-$	precision search for Z' Higgs coupling to top Higgs self-coupling search for supersymmetry search for extended Higgs states
700–1000 GeV	$e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}hh$ $e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}VV$ $e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}t\bar{t}$ $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}^*$	Higgs self-coupling composite Higgs sector composite Higgs and top search for supersymmetry

Contexte théorique et expérimental

Deux détecteurs génériques :

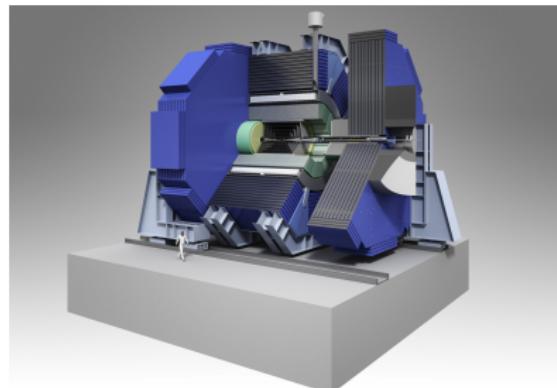
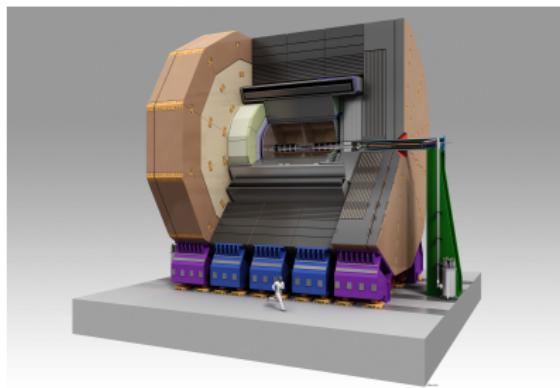
- ILD : TPC, plus large, $B = 3.5 - 4$ T
 - SiD : Tracker en silicium, plus compact, $B = 5$ T

Installation sur rail coulissant



ILC Technical Design Report, Vol.4 Detectors

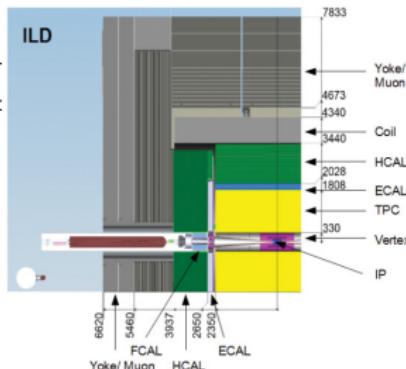
arXiv:1306.6329



Contexte théorique et expérimental

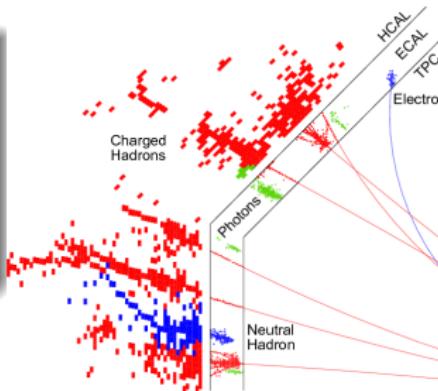
Les sous détecteurs de l'ILD

Détecteur	Mesure	Performance
Trajectographe	$1 / \delta_p$	$10^{-5} \text{ (GeV/c)}^{-1}$
Tracking + Calo (jet)	$\frac{\Delta E}{E}$	3-4 %
Vertex	Résolution spatial Budget matière Rayon premier layer	$< 3 \mu\text{m}$ $< 0.15 \% X_0/\text{layer}$ $\simeq 1.6 \text{ cm}$



Des calorimètres pour le suivi de particules

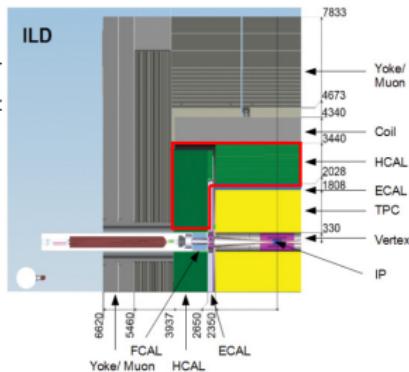
- ECAL (résolution $\simeq 12\%/\sqrt{E}$):
 - SiWECal : $5 \times 5 \text{ mm}^2$
 - ScWECal : $5 \times 45 \text{ mm}^2 + \text{SSA}$
 - HCAL (résolution $\simeq 60\%/\sqrt{E}$):
 - AHCAL : $3 \times 3 \text{ cm}^2$
 - SDHCAL : $1 \times 1 \text{ cm}^2$



Contexte théorique et expérimental

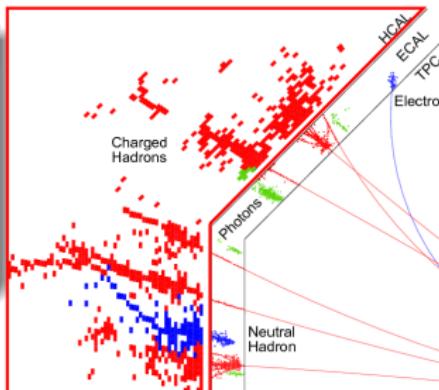
Les sous détecteurs de l'ILD

Détecteur	Mesure	Performance
Trajectographe	$1/\delta_p$	$10^{-5} \text{ (GeV/c)}^{-1}$
Tracking + Calo (jet)	$\frac{\Delta E}{E}$	3-4 %
	Résolution spatial	$< 3 \mu m$
Vertex	Budget matière	$< 0.15 \% X_0/\text{layer}$
	Rayon premier layer	$\simeq 1.6 \text{ cm}$



Des calorimètres pour le suivi de particules

- ECAL (résolution $\simeq 12\%/\sqrt{E}$):
 - SiWECal : $5 \times 5 \text{ mm}^2$
 - ScWECal : $5 \times 45 \text{ mm}^2 + \text{SSA}$
 - HCAL (résolution $\simeq 60\%/\sqrt{E}$):
 - AHCAL : $3 \times 3 \text{ cm}^2$
 - SDHCAL : $1 \times 1 \text{ cm}^2$



Contexte théorique et expérimental

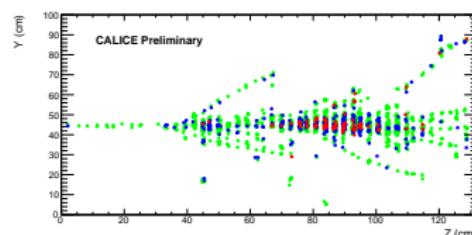
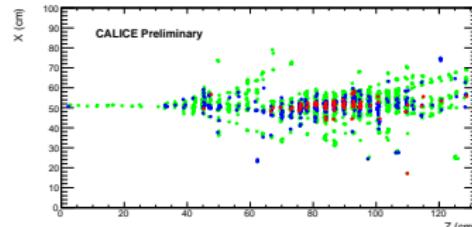
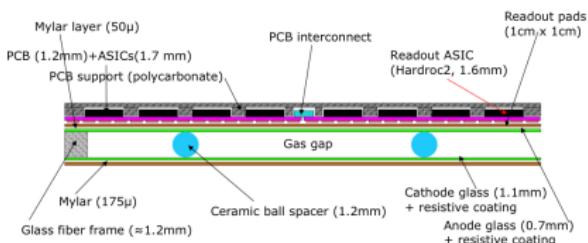
Le calorimètre hadronique semi-digital

Semi-Digital Hadron Calorimeter

- Calorimètre à échantillonnage
- 48 plans :
 - Absorber en acier
 - Milieu sensitif : GEMC
- Segmentation :
 - Transverse : 1 cm^2
 - Longitudinale : 2.67 cm (abs. + sens)
- Lecture semi-digitale à 3 seuils
 - **seuil 1** : peu de particules
 - **seuil 2** : quelques particules
 - **seuil 3** : beaucoup de particules

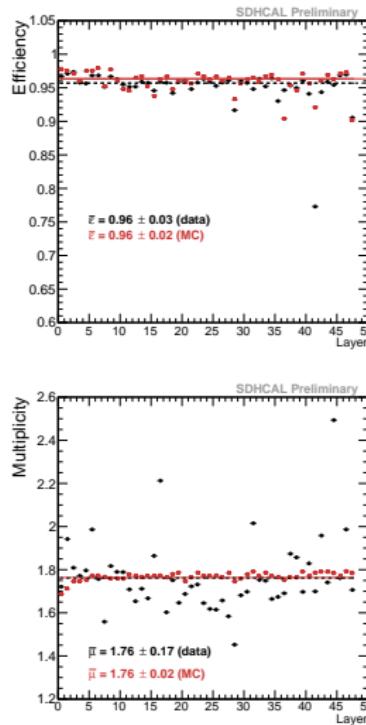
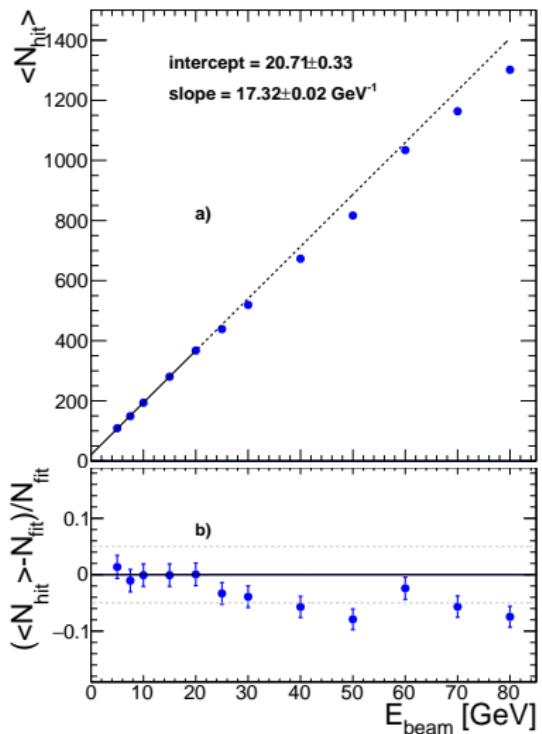
The Calice Collaboration

arXiv:1602.02276



Contexte théorique et expérimental

Performances du SDHCAL



Contexte théorique et expérimental

Performances du SDHCAL- reconstruction de l'énergie des hadrons

Principales observables du SDHCAL : N_{hit} , N_1 , N_2 , N_3

Reconstruction de l'énergie des hadrons :

→ plusieurs estimateurs possibles !

Contexte théorique et expérimental

Performances du SDHCAL- reconstruction de l'énergie des hadrons

Principales observables du SDHCAL : N_{hit} , $\textcolor{green}{N}_1$, $\textcolor{blue}{N}_2$, $\textcolor{red}{N}_3$

Reconstruction de l'énergie des hadrons :

→ plusieurs estimateurs possibles !

Formule linéaire

$$E = \alpha \cdot \textcolor{green}{N}_1 + \beta \cdot \textcolor{blue}{N}_2 + \gamma \cdot \textcolor{red}{N}_3 \quad (1)$$

avec α , β et γ trois constantes.

- ✓ Application très simple aux techniques de *PFA*
- ✗ Mauvaise linéarité à basse énergie

Contexte théorique et expérimental

Performances du SDHCAL- reconstruction de l'énergie des hadrons

Principales observables du SDHCAL : N_{hit} , $\textcolor{green}{N}_1$, $\textcolor{blue}{N}_2$, $\textcolor{red}{N}_3$

Reconstruction de l'énergie des hadrons :

→ plusieurs estimateurs possibles !

Formule linéaire

$$E = \alpha \cdot \textcolor{green}{N}_1 + \beta \cdot \textcolor{blue}{N}_2 + \gamma \cdot \textcolor{red}{N}_3 \quad (1)$$

avec α , β et γ trois constantes.

- ✓ Application très simple aux techniques de *PFA*
- ✗ Mauvaise linéarité à basse énergie

Formule quadratique

$$E = \alpha(NHit) \cdot \textcolor{green}{N}_1 + \beta(NHit) \cdot \textcolor{blue}{N}_2 + \gamma(NHit) \cdot \textcolor{red}{N}_3 \quad (2)$$

avec :

$$\alpha(NHit) = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot NHit + \alpha_3 \cdot NHit^2 \quad (3)$$

$$\beta(NHit) = \beta_1 + \beta_2 \cdot NHit + \beta_3 \cdot NHit^2 \quad (4)$$

$$\gamma(NHit) = \gamma_1 + \gamma_2 \cdot NHit + \gamma_3 \cdot NHit^2 \quad (5)$$

- ✓ Bonne linéarité et résolution sur toute la gamme en énergie
- ✗ Application aux techniques de *PFA* plus complexe

Contexte théorique et expérimental

Performances du SDHCAL- reconstruction de l'énergie des hadrons

Principales observables du SDHCAL : N_{hit} , $\textcolor{green}{N}_1$, $\textcolor{blue}{N}_2$, $\textcolor{red}{N}_3$

Reconstruction de l'énergie des hadrons :

→ plusieurs estimateurs possibles !

Formule linéaire

$$E = \alpha \cdot \textcolor{green}{N}_1 + \beta \cdot \textcolor{blue}{N}_2 + \gamma \cdot \textcolor{red}{N}_3 \quad (1)$$

avec α , β et γ trois constantes.

- ✓ Application très simple aux techniques de PFA
- ✗ Mauvaise linéarité à basse énergie

Formule quadratique

$$E = \alpha(NHit) \cdot \textcolor{green}{N}_1 + \beta(NHit) \cdot \textcolor{blue}{N}_2 + \gamma(NHit) \cdot \textcolor{red}{N}_3 \quad (2)$$

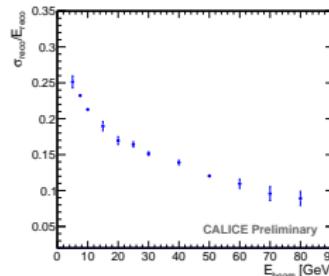
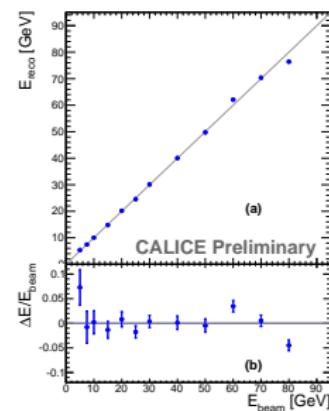
avec :

$$\alpha(NHit) = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot NHit + \alpha_3 \cdot NHit^2 \quad (3)$$

$$\beta(NHit) = \beta_1 + \beta_2 \cdot NHit + \beta_3 \cdot NHit^2 \quad (4)$$

$$\gamma(NHit) = \gamma_1 + \gamma_2 \cdot NHit + \gamma_3 \cdot NHit^2 \quad (5)$$

- ✓ Bonne linéarité et résolution sur toute la gamme en énergie
- ✗ Application aux techniques de PFA plus complexe

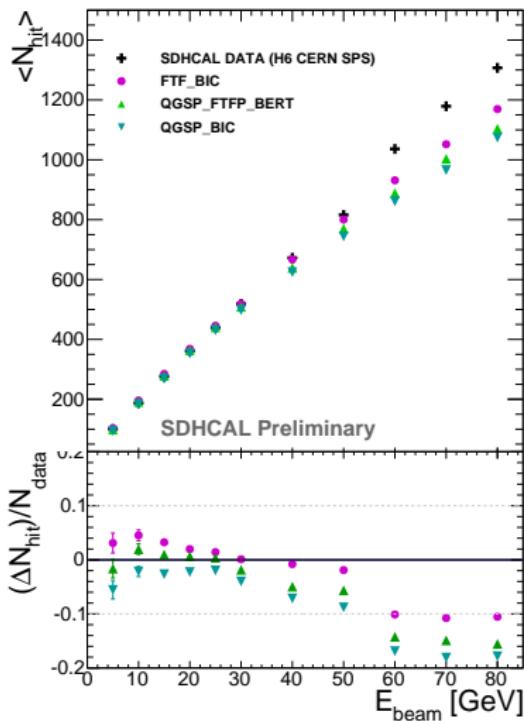
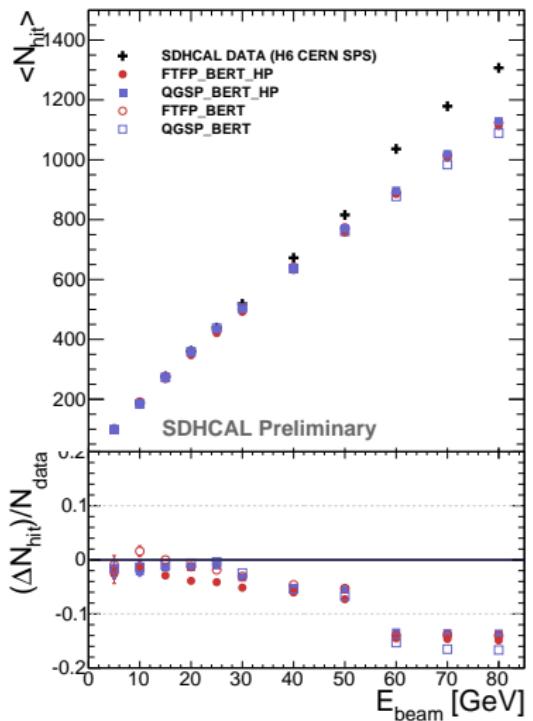


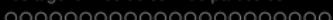
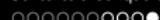
The Calice Collaboration

JINST **11** P04001

Contexte théorique et expérimental

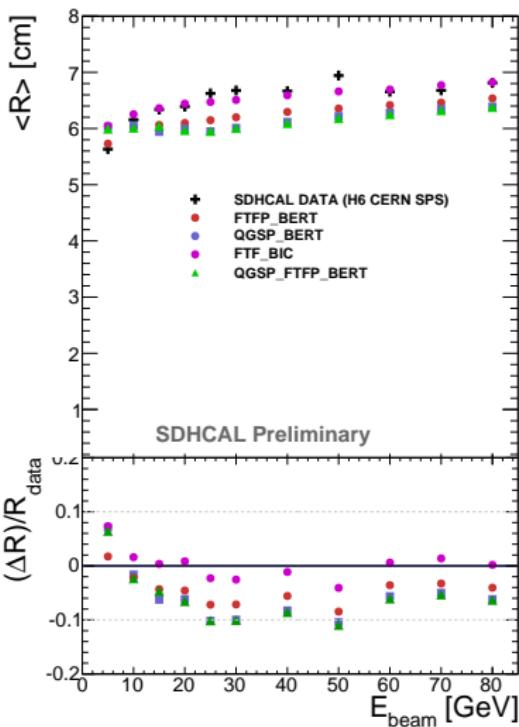
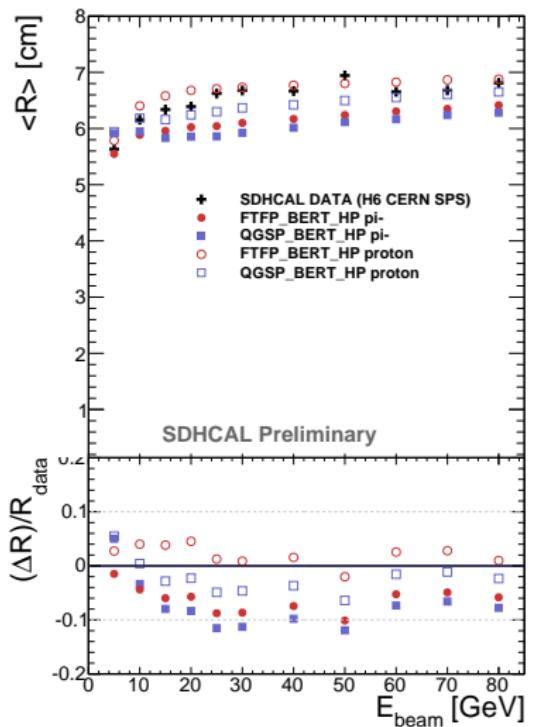
Performances du SDHCAL- quelques désaccords ...





Contexte théorique et expérimental

Performances du SDHCAL- quelques désaccords ...



Les algorithmes de suivi de particules

1 Contexte théorique et expérimental

- Le modèle standard
- Le collisionneur linéaire international
- Le calorimètre hadronique semi-digital
- Performances du SDHCAL

2 Les algorithmes de suivi de particules

- Introduction
- Principe d'ArborPFA
- ArborPFA pour le SDHCAL
- ArborPFA pour le détecteur ILD

3 Logiciel de surveillance de données

- Introduction
- Logiciel DQM4HEP
- Surveillance de la prise de données du SDHCAL

4 Conclusion et perspectives



Les algorithmes de suivi de particules

Introduction

Définition

Algorithme(s) de reconstruction visant à reconstruire les particules individuellement en combinant les informations les plus appropriées des différents sous-détecteurs.

Les algorithmes de suivi de particules

Introduction

Définition

Algorithme(s) de reconstruction visant à reconstruire les particules individuellement en combinant les informations les plus appropriées des différents sous-détecteurs.

PFA = Logiciel + Détecteur !

Les algorithmes de suivi de particules

Introduction

Définition

Algorithme(s) de reconstruction visant à reconstruire les particules **individuellement** en **combinant les informations** les plus appropriées des **différents sous-détecteurs**.

PFA = Logiciel + Détecteur !

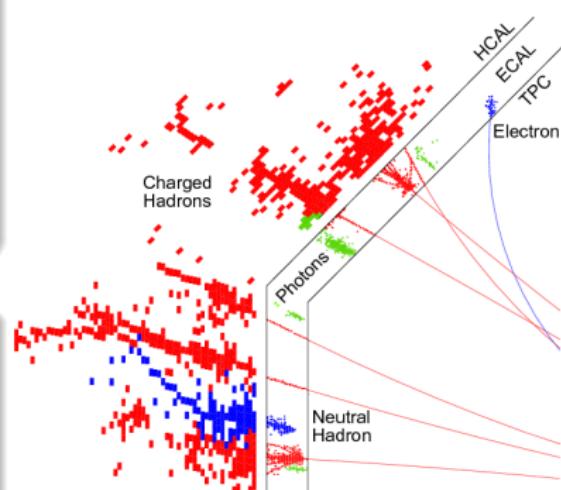
Sous-détecteurs appropriés

- e^\pm : **Tracker**
- h^\pm : **Tracker**
- μ^\pm : **Tracker** + chambres à muons
- γ : **ECal** + Tracker (track veto)
- h^0 : **ECal** + **HCal**

Composition moyenne d'un jet de 100 GeV

- 65 % particules chargées
- 25 % photons
- 10 % hadrons neutres

NIM **A495** (2002), 107-120



Les algorithmes de suivi de particules

Introduction- PandoraPFA

PandoraPFA

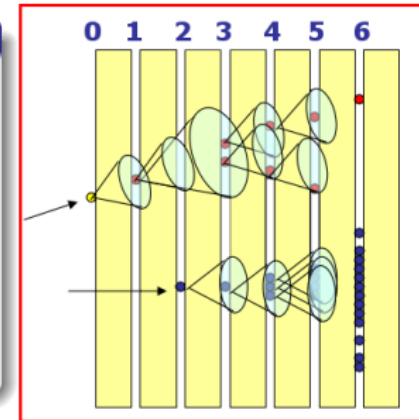


Les algorithmes de suivi de particules

Introduction- PandoraPFA

PandoraPFA

1 Clustering en cône récursifs

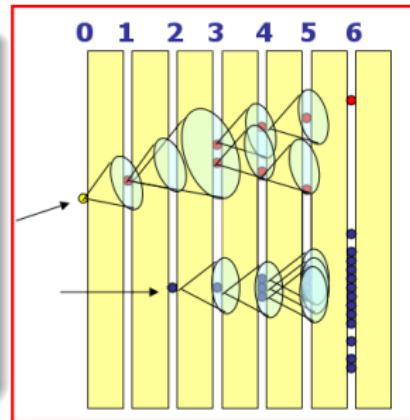
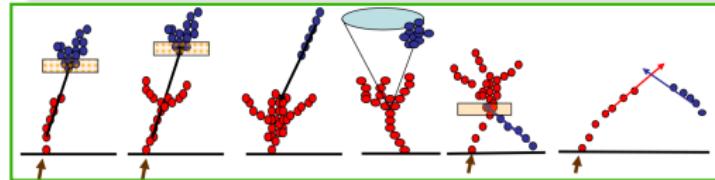


Les algorithmes de suivi de particules

Introduction- PandoraPFA

PandoraPFA

- 1 Clustering en cône récursifs
 - 2 Associations topologiques
 - Association trace \leftrightarrow cluster
 - Association cluster \leftrightarrow cluster

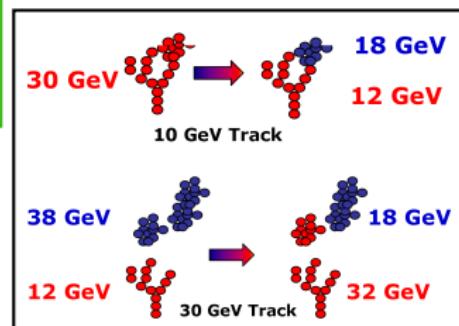
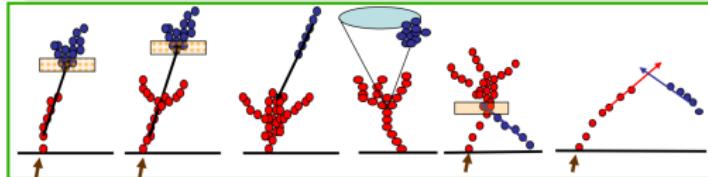
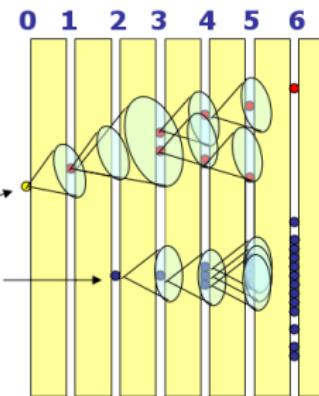


Les algorithmes de suivi de particules

Introduction- PandoraPFA

PandoraPFA

- ➊ Clustering en cône récursifs
- ➋ Associations topologiques
 - Association trace \leftrightarrow cluster
 - Association cluster \leftrightarrow cluster
- ➌ Re-clustering statistique
 - Compatibilité $E - p$
 - Clustering local

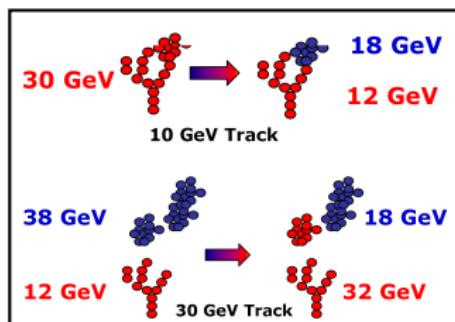
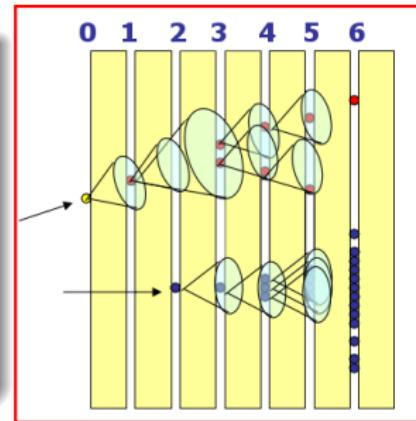
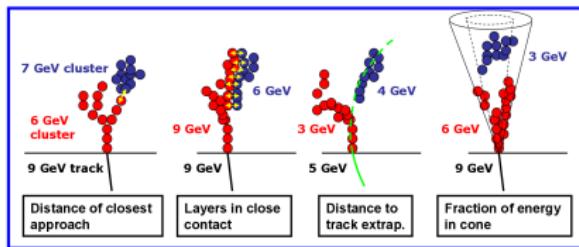
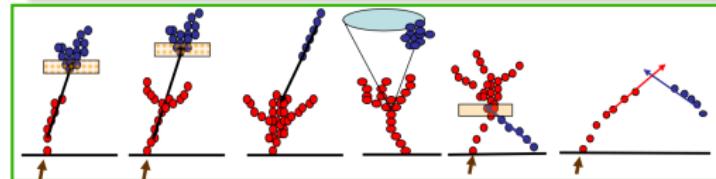


Les algorithmes de suivi de particules

Introduction- PandoraPFA

PandoraPFA

- 1 Clustering en cône récursifs
- 2 Associations topologiques
 - Association trace \leftrightarrow cluster
 - Association cluster \leftrightarrow cluster
- 3 Re-clustering statistique
 - Compatibilité $E - p$
 - Clustering local
- 4 Suppression des fragments

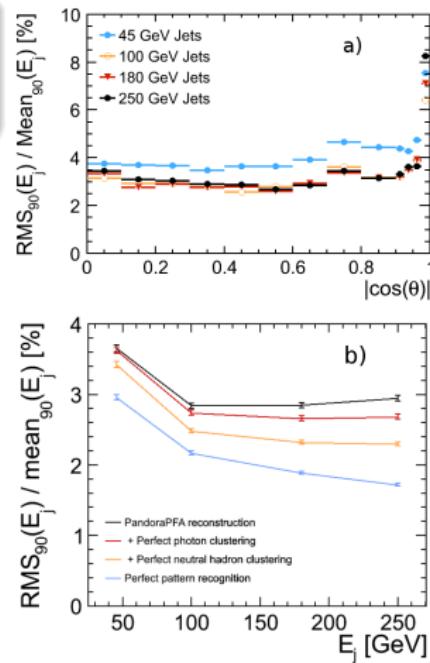


Les algorithmes de suivi de particules

Introduction- les performances de PandoraPFA

Extraction des performances

- Boson Z^0 virtuel $\rightarrow jj$
- Énergies : 91, 200, 360 et 500 GeV



M. A. Thomson

NIM, A611:25-40, 2009

Les algorithmes de suivi de particules

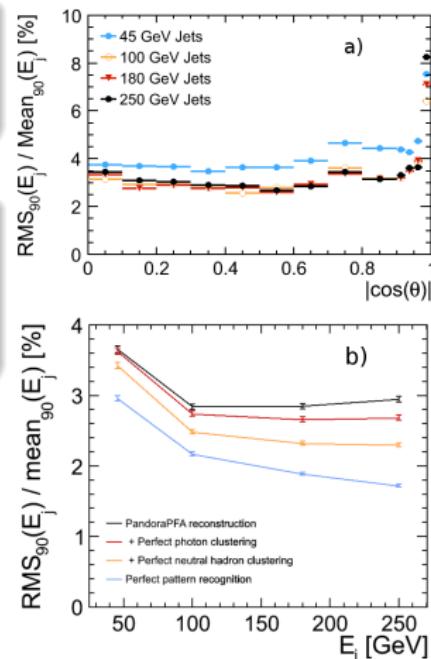
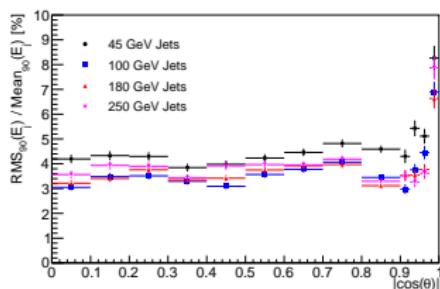
Introduction- les performances de PandoraPFA

Extraction des performances

- Boson Z^0 virtuel $\rightarrow jj$
- Énergies : 91, 200, 360 et 500 GeV

Les limites de PandoraPFA

- Conçu pour un HCal analogique
- Optimisé pour une taille de cellule $3 \times 3 \text{ cm}^2$
- Calcul d'énergie linéaire dans les algorithmes



M. A. Thomson

NIM, A611:25-40, 2009

Les algorithmes de suivi de particules

Principe d'ArborPFA

Principe

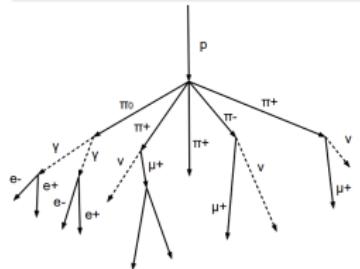
Algorithme de clustering basé sur la **topologie en arbre** des gerbes hadroniques.

Les algorithmes de suivi de particules

Principe d'ArborPFA

Principe

Algorithme de *clustering* basé sur la **topologie en arbre** des gerbes hadroniques.



Gerbe hadronique

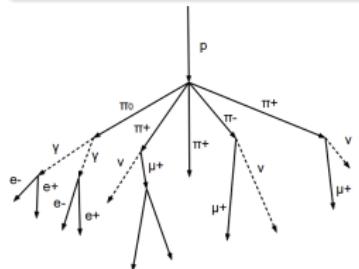


Les algorithmes de suivi de particules

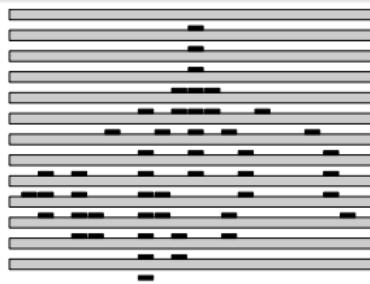
Principe d'ArborPFA

Principe

Algorithme de *clustering* basé sur la **topologie en arbre** des gerbes hadroniques.



Gerbe hadronique



dans un calorimètre

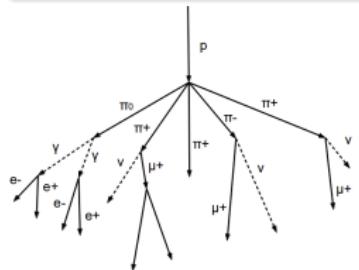


Les algorithmes de suivi de particules

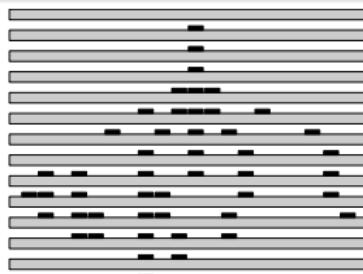
Principe d'ArborPFA

Principe

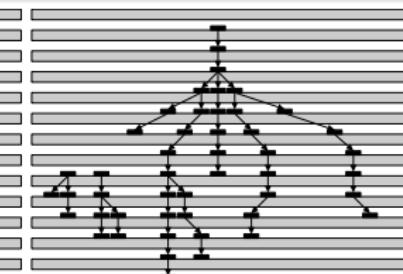
Algorithme de *clustering* basé sur la **topologie en arbre** des gerbes hadroniques.



Gerbe hadronique



dans un calorimètre



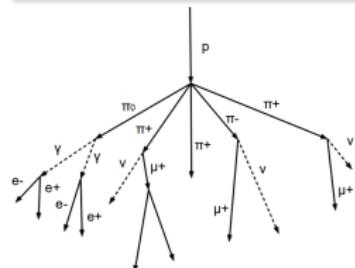
avec ArborPFA

Les algorithmes de suivi de particules

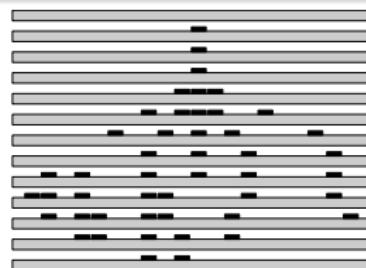
Principe d'ArborPFA

Principe

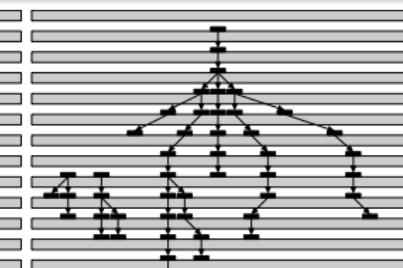
Algorithme de *clustering* basé sur la **topologie en arbre** des gerbes hadroniques.



Gerbe hadronique



dans un calorimètre



avec ArborPFA

Quelques définitions

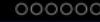
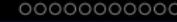
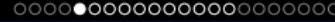
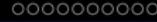
- **Vertex** : Point (sommet) dans l'espace relié par un ou plusieurs connecteurs (+ vertex racines et feuilles)
- **Connecteur** : Lien (arrête) orienté liant deux vertex
- **Arbre** : Ensemble de vertex reliés par des connecteurs (*arbre enraciné*).
 - il est connexe
 - possède un unique vertex sans prédecesseur,
 - tous les autres vertex possèdent un unique prédecesseur.

Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL

ArborPFA pour le SDHCAL

- Test du principe de l'algorithme
- Habilité à reconstruire une particule isolée
- Habilité à séparer un hadron neutre d'un chargé



Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL

ArborPFA pour le SDHCAL

- Test du principe de l'algorithme
- Habilité à reconstruire une particule isolée
- Habilité à séparer un hadron neutre d'un chargé

Implémentation

- **Création de vertex (1 algo)**
- Construction des arbres et clusters (6 algos)
 - Connexions des vertex (3 algos)
 - Nettoyage des connexions (3 algos)
- Association traces → clusters (1 algo)
- Association clusters → clusters (3 algos)
- Création de PFOs (1 algo)





Les algorithmes de suivi de particules

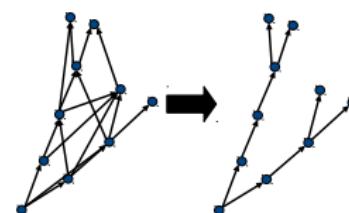
ArborPFA pour le SDHCAL

ArborPFA pour le SDHCAL

- Test du principe de l'algorithme
- Habilité à reconstruire une particule isolée
- Habilité à séparer un hadron neutre d'un chargé

Implémentation

- Création de vertex (1 algo)
- Construction des arbres et clusters (6 algos)
 - Connexions des vertex (3 algos)
 - Nettoyage des connexions (3 algos)
- Association traces → clusters (1 algo)
- Association clusters → clusters (3 algos)
- Création de PFOs (1 algo)



Les algorithmes de suivi de particules

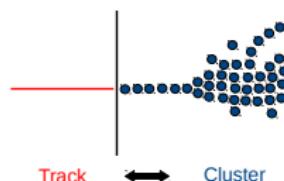
ArborPFA pour le SDHCAL

ArborPFA pour le SDHCAL

- Test du principe de l'algorithme
- Habilité à reconstruire une particule isolée
- Habilité à séparer un hadron neutre d'un chargé

Implémentation

- Création de vertex (1 algo)
- Construction des arbres et clusters (6 algos)
 - Connexions des vertex (3 algos)
 - Nettoyage des connexions (3 algos)
- **Association traces → clusters (1 algo)**
- Association clusters → clusters (3 algos)
- Création de PFOs (1 algo)





Les algorithmes de suivi de particules

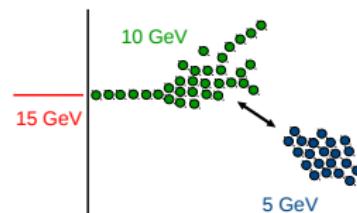
ArborPFA pour le SDHCAL

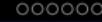
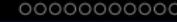
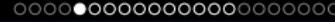
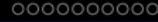
ArborPFA pour le SDHCAL

- Test du principe de l'algorithme
- Habilité à reconstruire une particule isolée
- Habilité à séparer un hadron neutre d'un chargé

Implémentation

- Création de vertex (1 algo)
- Construction des arbres et clusters (6 algos)
 - Connexions des vertex (3 algos)
 - Nettoyage des connexions (3 algos)
- Association traces → clusters (1 algo)
- **Association clusters → clusters (3 algos)**
- Création de PFOs (1 algo)





Les algorithmes de suivi de particules

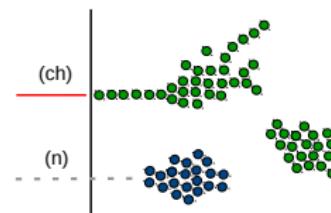
ArborPFA pour le SDHCAL

ArborPFA pour le SDHCAL

- Test du principe de l'algorithme
- Habilité à reconstruire une particule isolée
- Habilité à séparer un hadron neutre d'un chargé

Implémentation

- Création de vertex (1 algo)
- Construction des arbres et clusters (6 algos)
 - Connexions des vertex (3 algos)
 - Nettoyage des connexions (3 algos)
- Association traces → clusters (1 algo)
- Association clusters → clusters (3 algos)
- **Création de PFOs (1 algo)**



Les algorithmes de suivi de particules

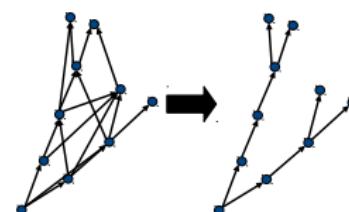
ArborPFA pour le SDHCAL

ArborPFA pour le SDHCAL

- Test du principe de l'algorithme
- Habilité à reconstruire une particule isolée
- Habilité à séparer un hadron neutre d'un chargé

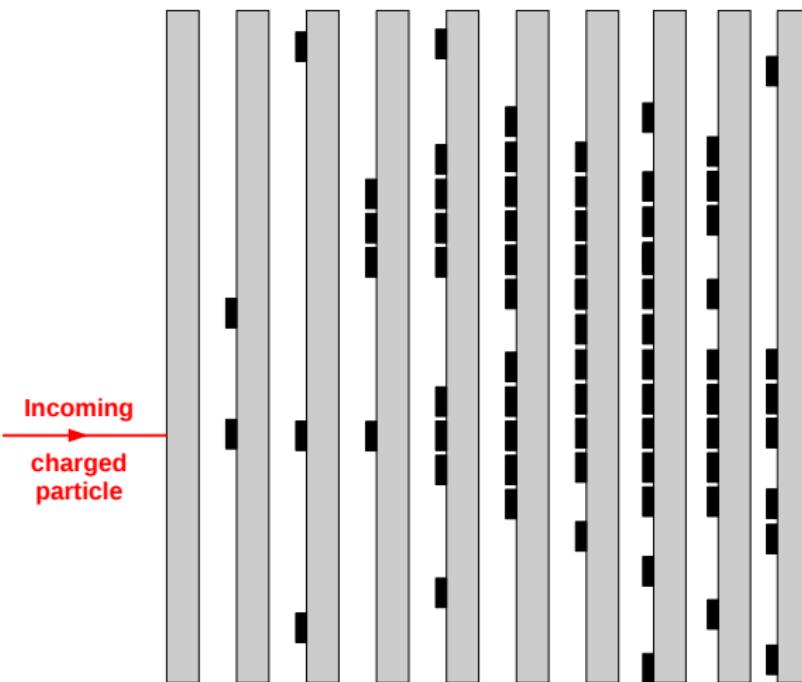
Implémentation

- Création de vertex (1 algo)
- Construction des arbres et clusters (6 algos)
 - Connexions des vertex (3 algos)
 - Nettoyage des connexions (3 algos)
- Association traces → clusters (1 algo)
- Association clusters → clusters (3 algos)
- Création de PFOs (1 algo)



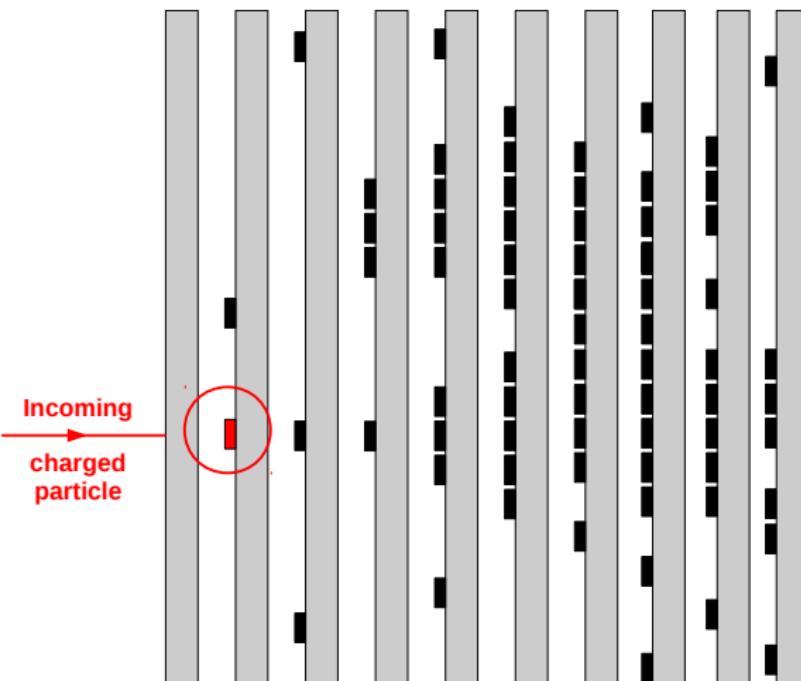
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Connexions des vertex



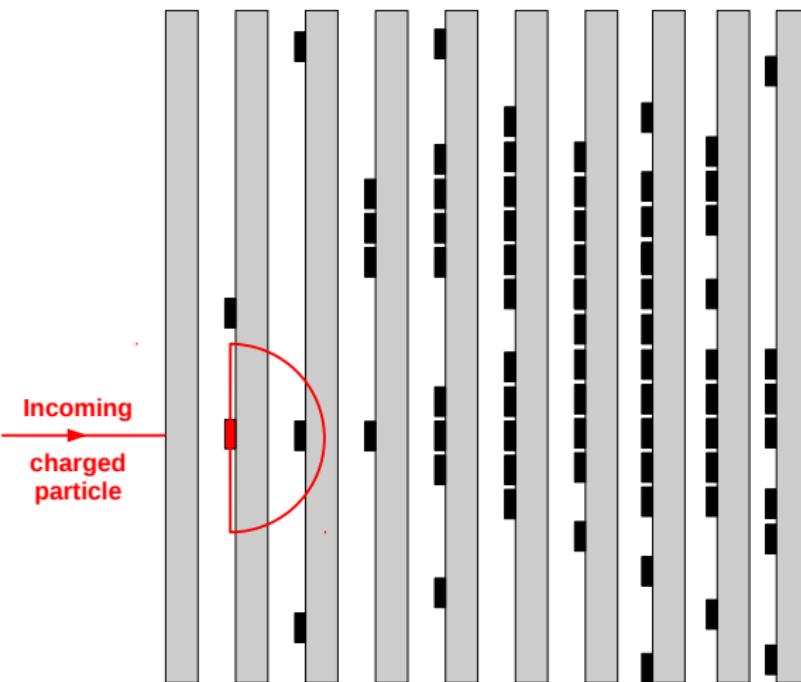
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Connexions des vertex



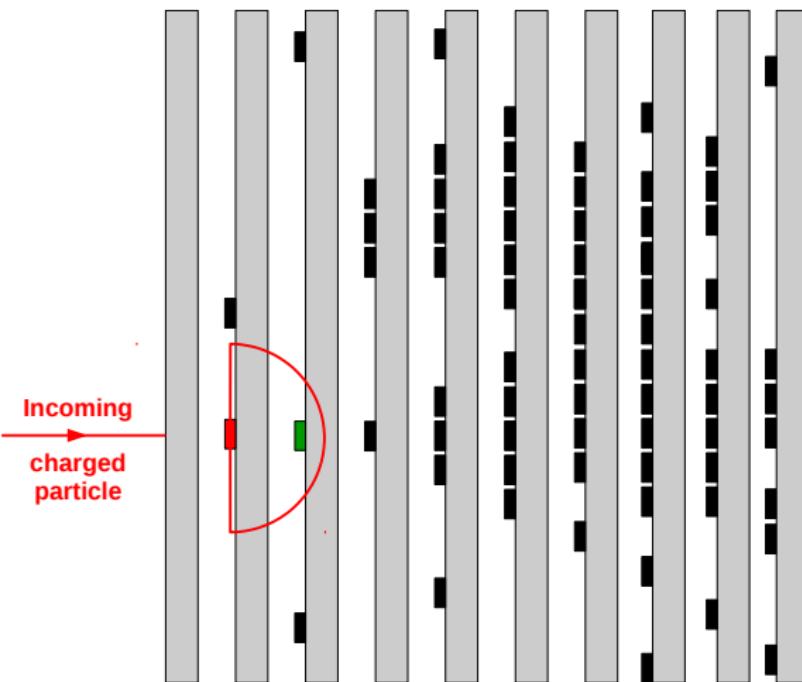
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Connexions des vertex



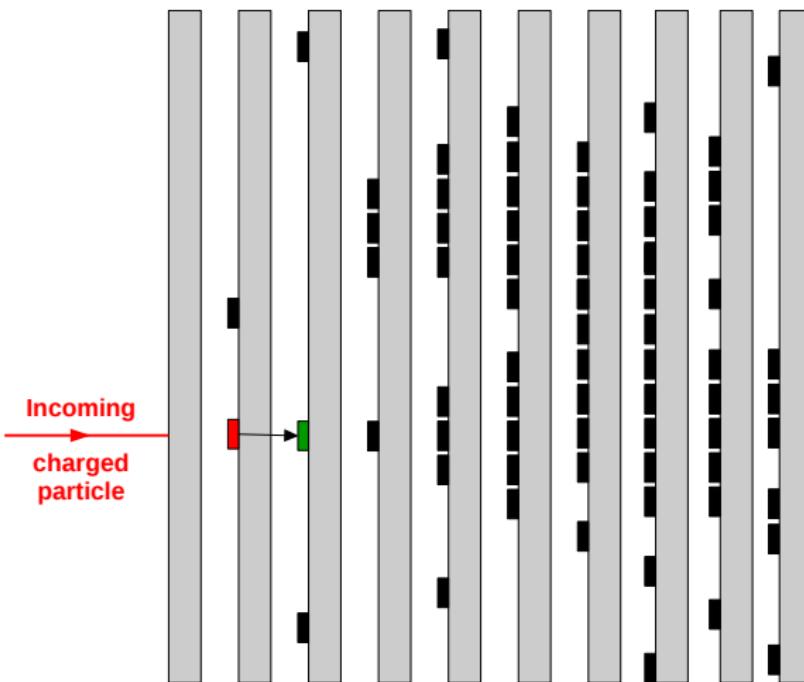
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Connexions des vertex



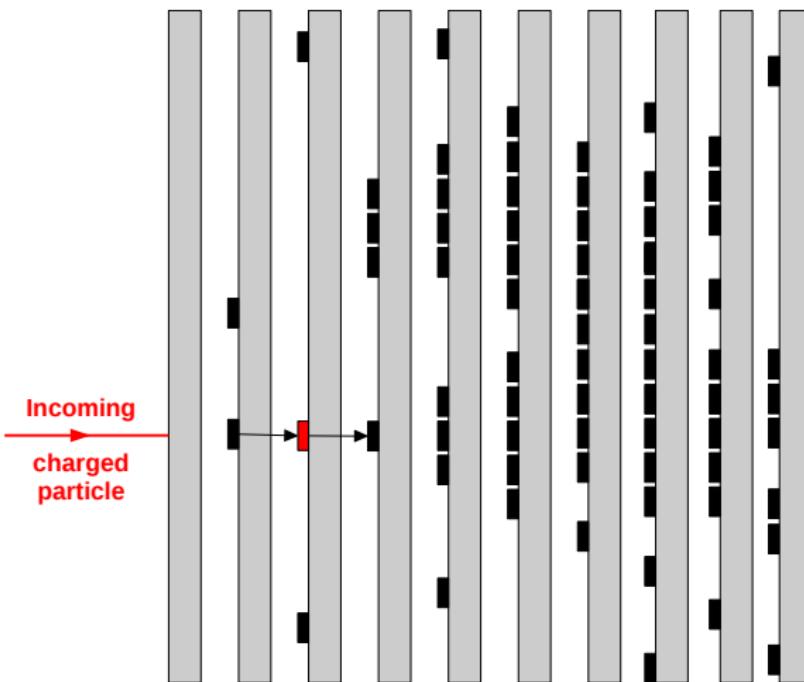
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Connexions des vertex



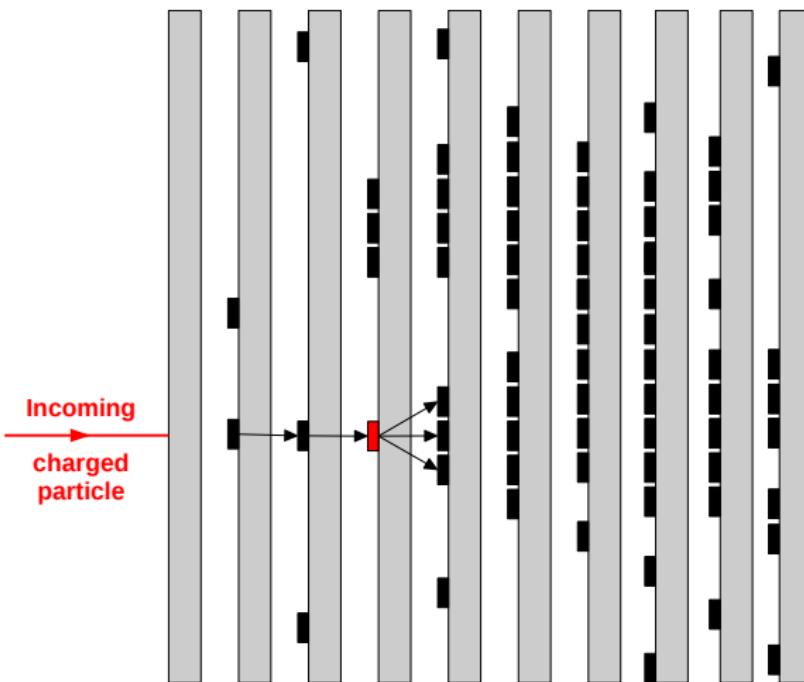
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Connexions des vertex



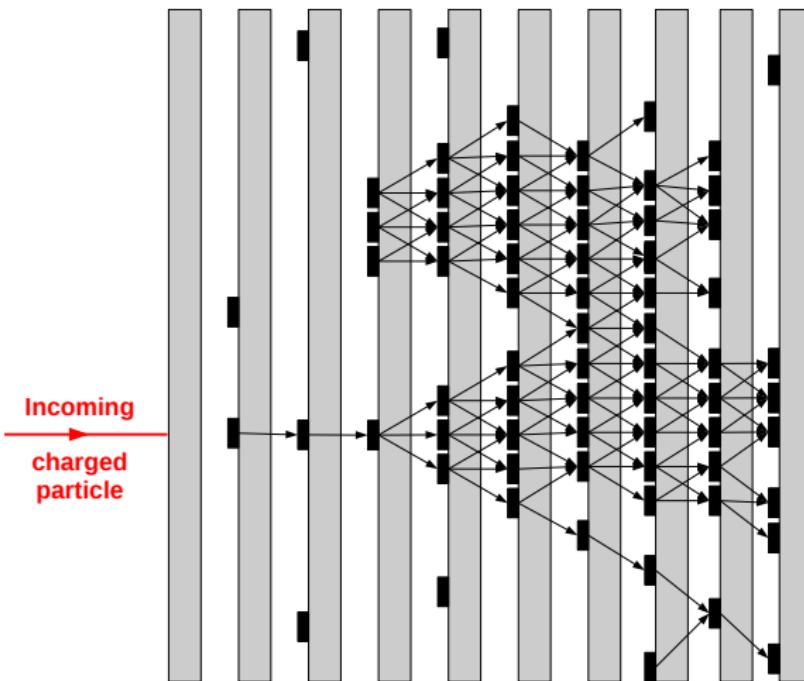
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Connexions des vertex



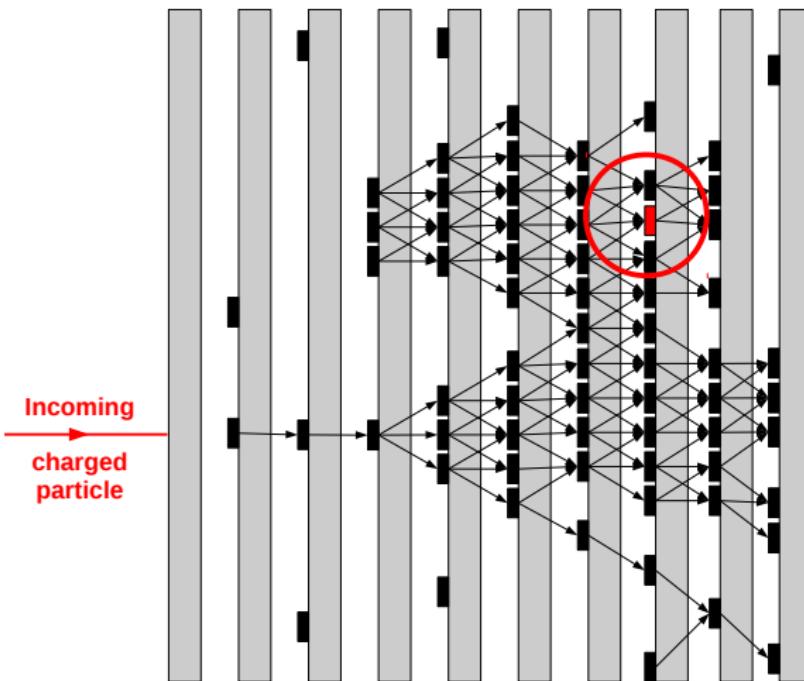
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Connexions des vertex



Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Nettoyage des connexions



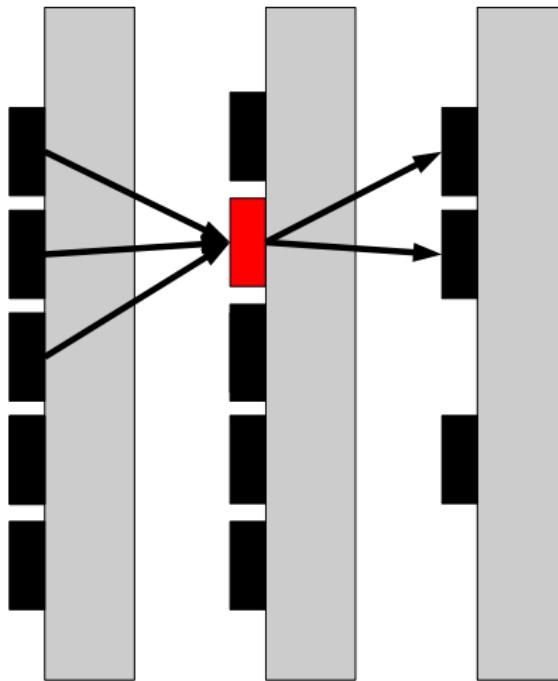
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Nettoyage des connexions

Vecteur de référence :

$$\vec{C}_{ref} = -W_{bck} \cdot \sum_{\sigma} \sum_b \vec{C}_{b,\sigma}$$

$$-W_{fwd} \cdot \sum_{\delta} \sum_f \vec{C}_{f,\delta}$$

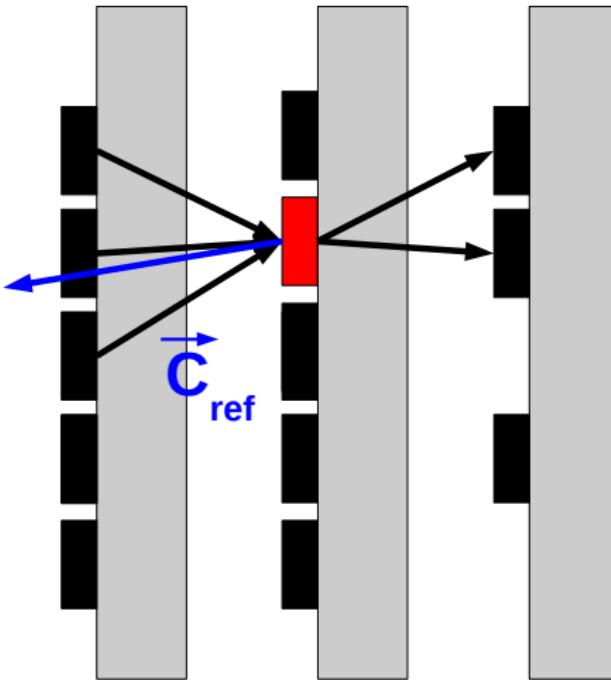


Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Nettoyage des connexions

Vecteur de référence :

$$\vec{C}_{ref} = -w_{bck} \cdot \sum_{\sigma} \sum_b \vec{c}_{b,\sigma} \\ - w_{fwd} \cdot \sum_{\delta} \sum_f \vec{c}_{f,\delta}$$



Les algorithmes de suivi de particules

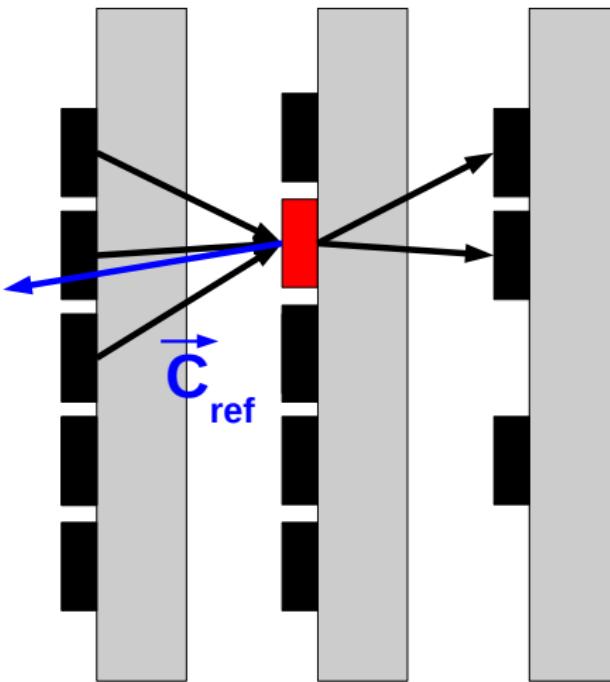
ArborPFA pour le SDHCAL- Nettoyage des connexions

Vecteur de référence :

$$\vec{C}_{ref} = -w_{bck} \cdot \sum_{\sigma} \sum_b \vec{c}_{b,\sigma} \\ - w_{fwd} \cdot \sum_{\delta} \sum_f \vec{c}_{f,\delta}$$

Paramètre d'ordre :

$$\kappa = \left(\frac{\theta}{\pi}\right)^{p_\theta} \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta_{max}}\right)^{p_\Delta}$$



Les algorithmes de suivi de particules

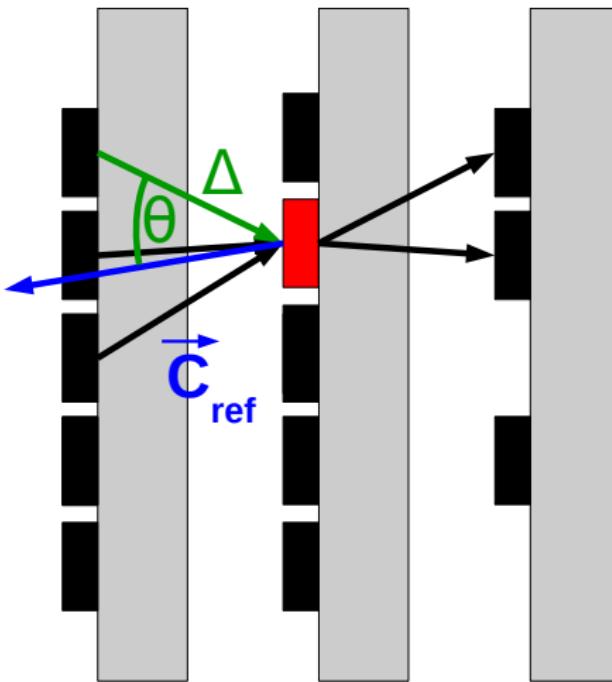
ArborPFA pour le SDHCAL- Nettoyage des connexions

Vecteur de référence :

$$\vec{C}_{ref} = -w_{bck} \cdot \sum_{\sigma} \sum_b \vec{c}_{b,\sigma} \\ - w_{fwd} \cdot \sum_{\delta} \sum_f \vec{c}_{f,\delta}$$

Paramètre d'ordre :

$$\kappa = \left(\frac{\theta}{\pi}\right)^{p_\theta} \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta_{max}}\right)^{p_\Delta}$$



Les algorithmes de suivi de particules

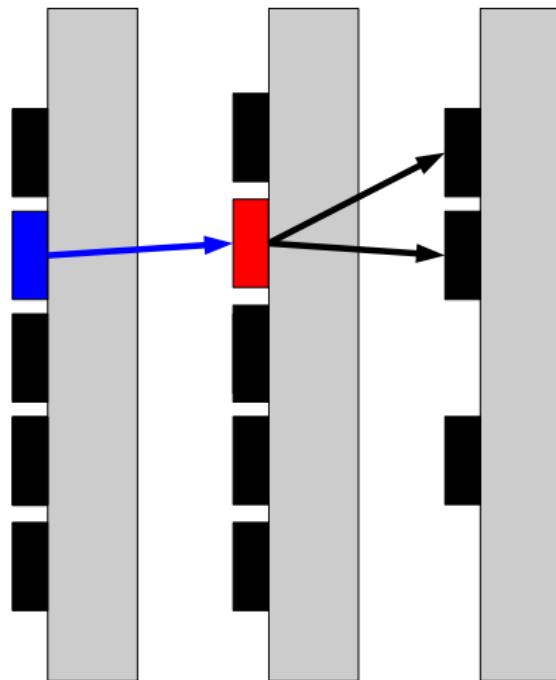
ArborPFA pour le SDHCAL- Nettoyage des connexions

Vecteur de référence :

$$\vec{C}_{ref} = -w_{bck} \cdot \sum_{\sigma} \sum_b \vec{c}_{b,\sigma} \\ - w_{fwd} \cdot \sum_{\delta} \sum_f \vec{c}_{f,\delta}$$

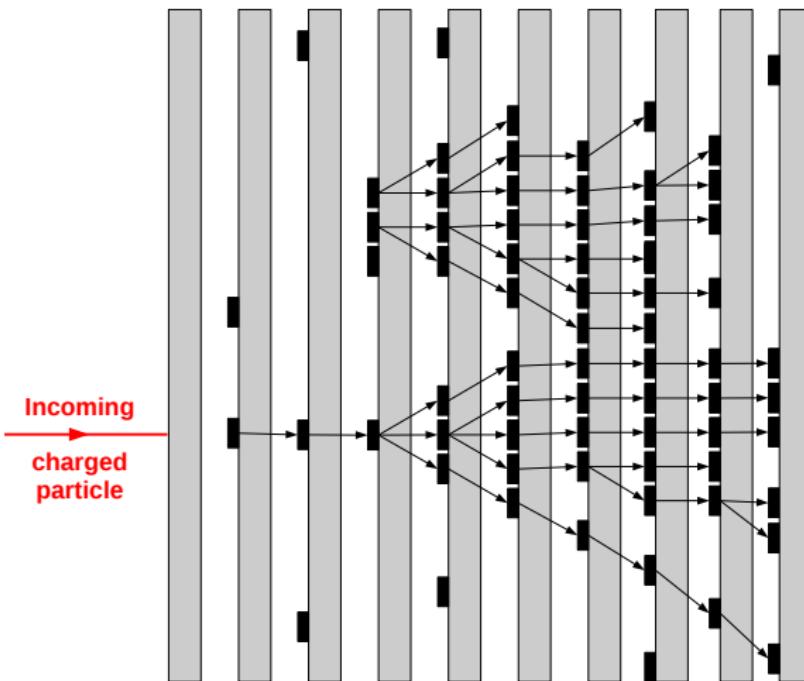
Paramètre d'ordre :

$$\kappa = \left(\frac{\theta}{\pi}\right)^{p_\theta} \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta_{max}}\right)^{p_\Delta}$$



Les algorithmes de suivi de particules

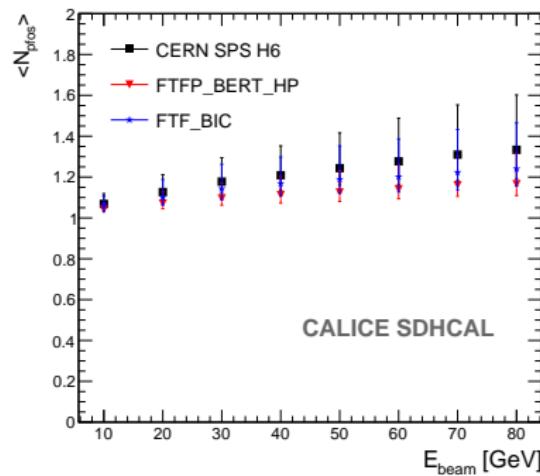
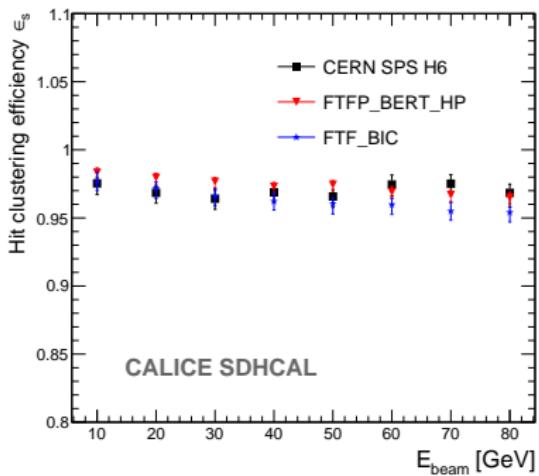
ArborPFA pour le SDHCAL- Nettoyage des connexions

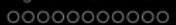
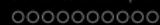




Les algorithmes de suivi de particules

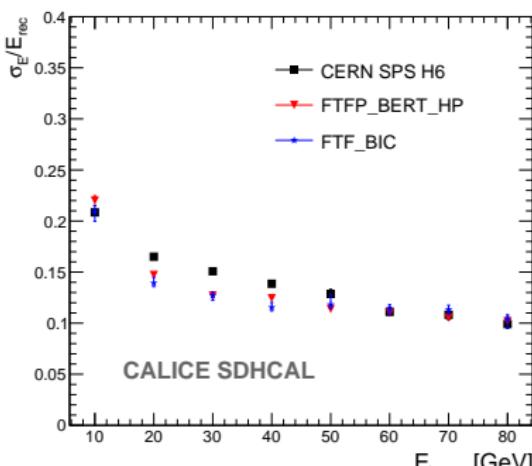
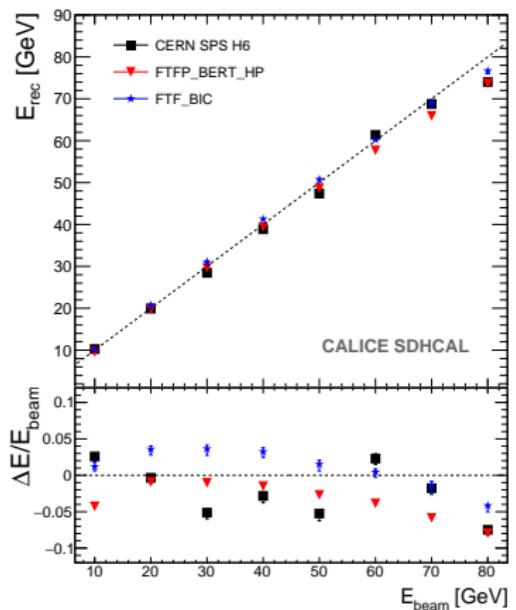
ArborPFA pour le SDHCAL- Hadrons isolés





Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Hadrons isolés



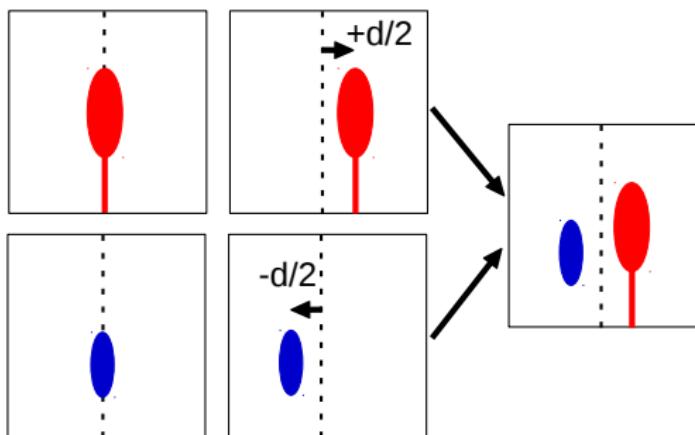


Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Séparation de deux hadrons

Superposition de deux événements hadronique

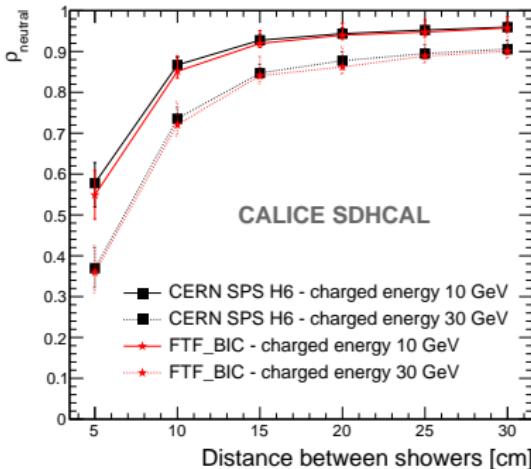
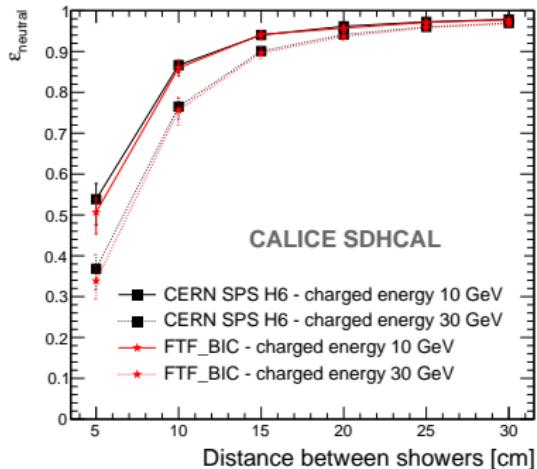
- Détermination des points d'entrées et barycentres.
- Suppression des hits du segment de trace primaire du hadron de 10 GeV
- Centrage au centre du calorimètre (x et y) puis décalage de $\pm d/2$ dans la direction x
- Hit superposé : le seuil le plus haut est assigné à ce hit
- Les hits sont étiqueté 1, 2 ou 3 (superposé).





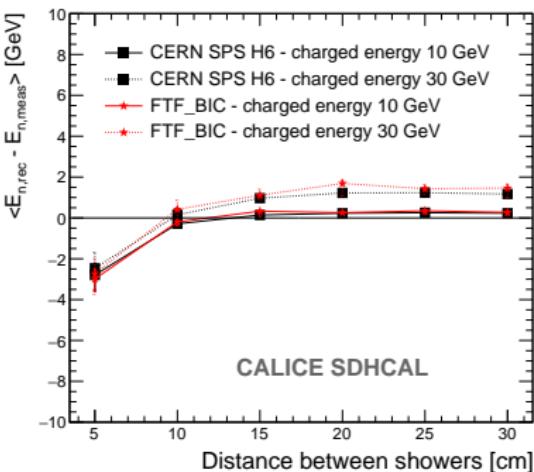
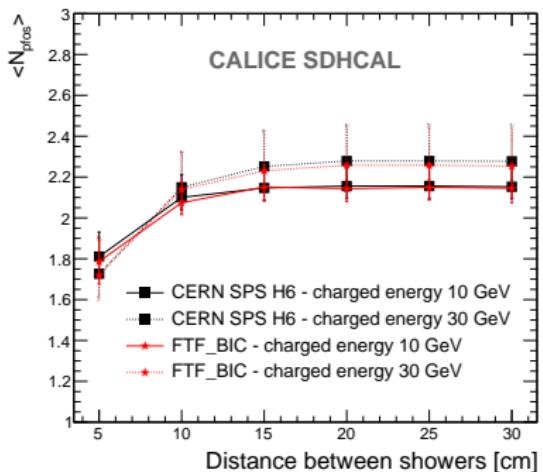
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Séparation de deux hadrons



Les algorithmes de suivi de particules

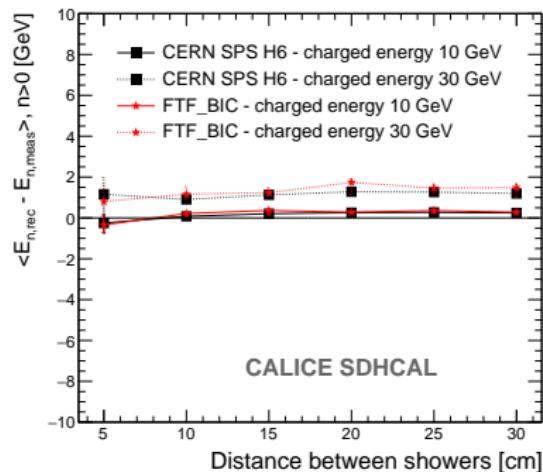
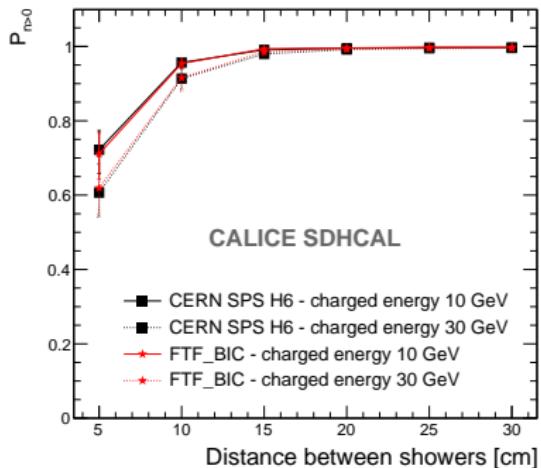
ArborPFA pour le SDHCAL- Séparation de deux hadrons





Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCAL- Séparation de deux hadrons

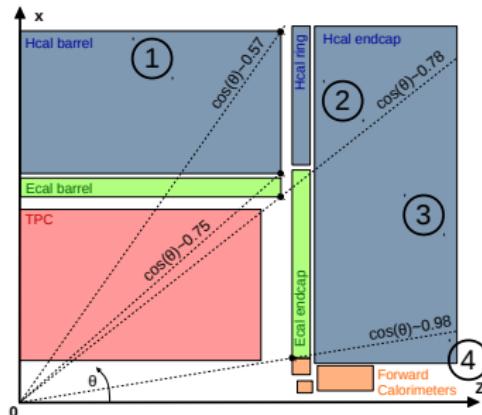


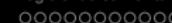
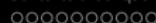
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD

ArborPFA pour le détecteur ILD

- Prise en compte des autres sous détecteurs
 - Connexion/nettoyage dans le ECAL
 - Connexion ECAL-HCAL
 - Traces courbées dans la TPC
- Étude de linéarité et de résolution en énergie pour les hadrons neutres K_0^L
 - Calibration initiale de référence
→ $\phi = 0$ et $\theta = 1.5 \text{ rad}$
 - Correction en énergie près des interstices dans le tonneau central (5 modules)
 - Correction en énergie en fonction de l'angle θ
- Performances physiques sur un système di-jets ($Z^0 \rightarrow q\bar{q}$)
 - Linéarité, résolution en énergie
 - Contribution de différents termes de confusions





Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Calibration et corrections en énergie

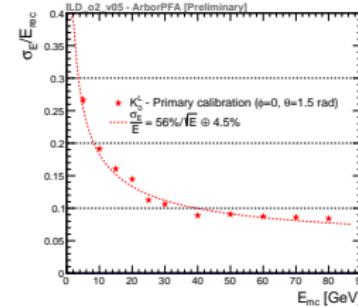
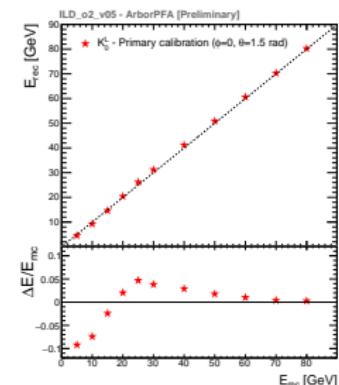
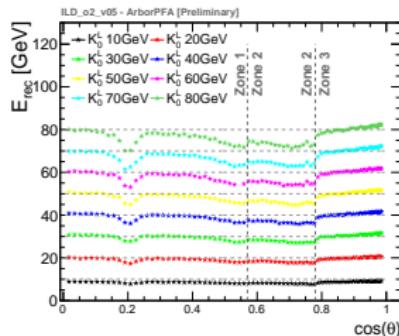
Calibration initiale ($\phi = 0, \theta = 1.5 \text{ rad}$)

- Kaons neutres $K_0^L, E = [10, 80] \text{ GeV}$
- Estimateur d'énergie :

$$E_{rec} = \sum_i (c_h^e \cdot e_i) + (\alpha \cdot N_1 + \beta \cdot N_2 + \gamma \cdot N_3)$$

avec :

- $c_h^e = 1.075 \text{ GeV}$
- $\alpha = 0.0433(771) \pm 10^{-4} \text{ GeV}$
- $\beta = 0.0884(24) \pm 10^{-4} \text{ GeV}$
- $\gamma = 0.4573(53) \pm 10^{-4} \text{ GeV}$





Les algorithmes de suivi de particules

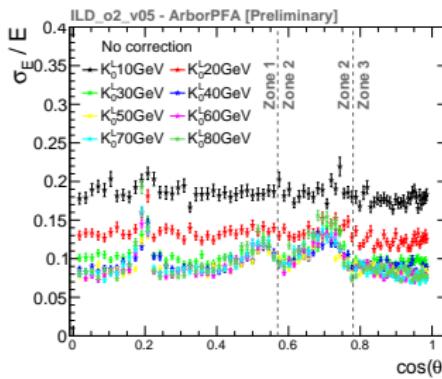
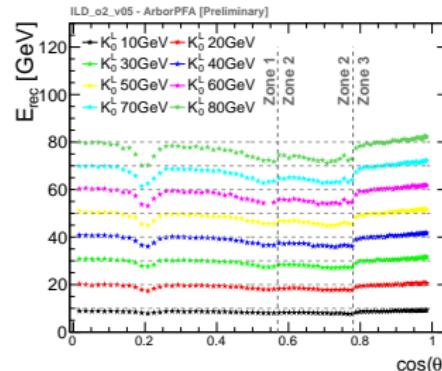
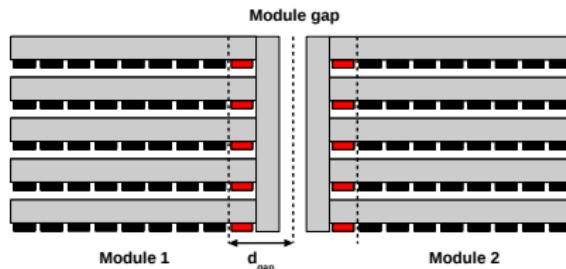
ArborPFA pour le détecteur ILD- Calibration et corrections en énergie

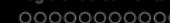
Correction près des interstices

- Tonneau central séparé en 5 modules
- Budget matière plus important près des interstices
→ Énergie manquante !
- Correction en énergie :
Comptage de l'énergie déposé près des interstices E_{gap}

$$E_{rec,gap} = E_{rec} + \alpha_{gap} \cdot E_{gap}$$

avec $\alpha_{gap} = 1.5254$





Les algorithmes de suivi de particules

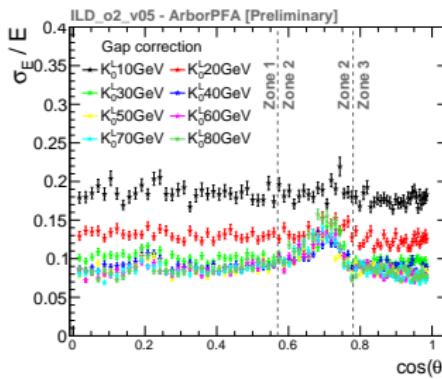
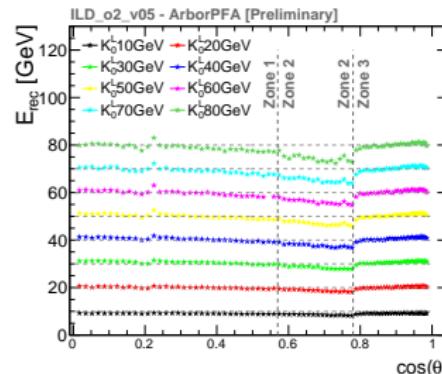
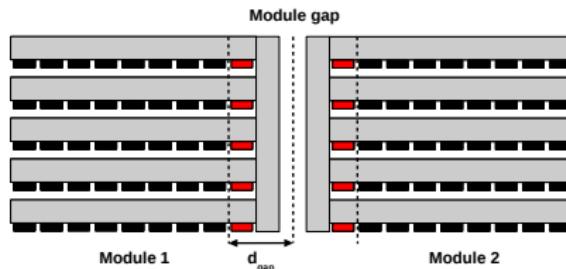
ArborPFA pour le détecteur ILD- Calibration et corrections en énergie

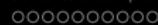
Correction près des interstices

- Tonneau central séparé en 5 modules
- Budget matière plus important près des interstices
→ Énergie manquante !
- Correction en énergie :
Comptage de l'énergie déposé près des interstices E_{gap}

$$E_{rec,gap} = E_{rec} + \alpha_{gap} \cdot E_{gap}$$

avec $\alpha_{gap} = 1.5254$



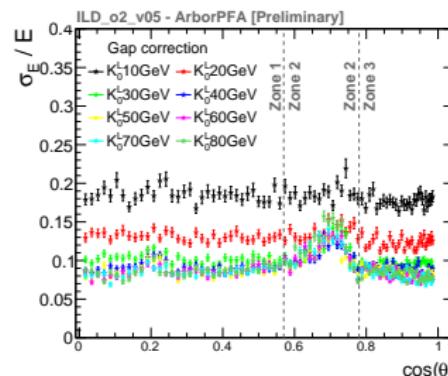
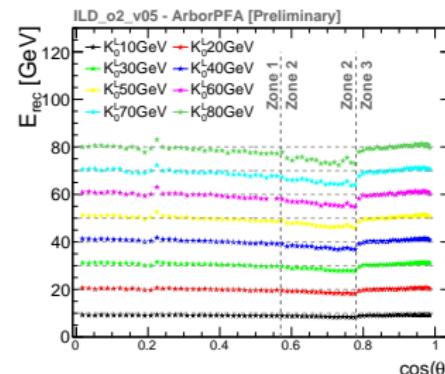


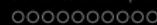
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Calibration et corrections en énergie

Correction en fonction de $\cos\theta$

- Chute linéaire de l'énergie dans le tonneau et les bouchons



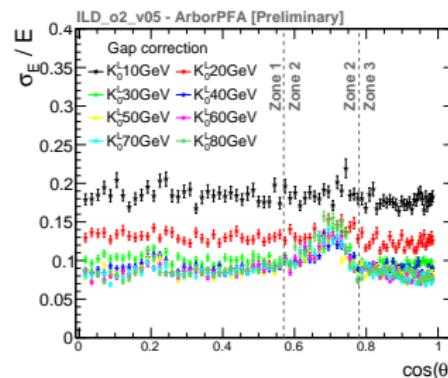
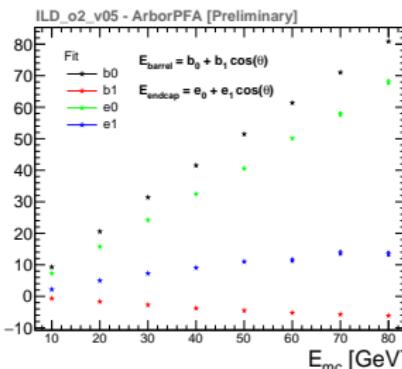
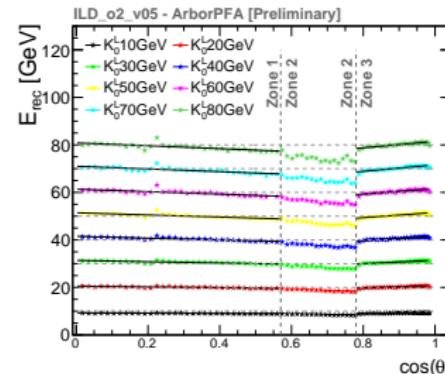


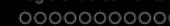
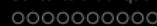
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Calibration et corrections en énergie

Correction en fonction de $\cos\theta$

- Chute linéaire de l'énergie dans le tonneau et les bouchons
- Énergies : ajustement linéaire dans les régions 1 et 3



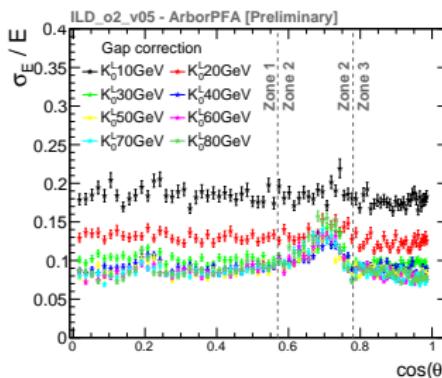
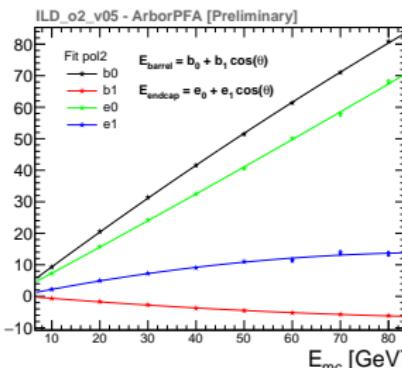
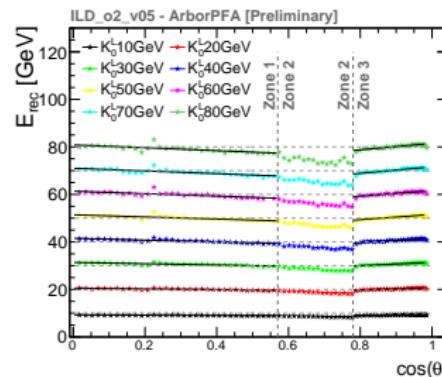


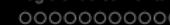
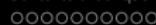
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Calibration et corrections en énergie

Correction en fonction de $\cos\theta$

- Chute linéaire de l'énergie dans le tonneau et les bouchons
- Énergies : ajustement linéaire dans les régions 1 et 3
- Paramètres : ajustement d'un polynôme d'ordre 1 ou 2



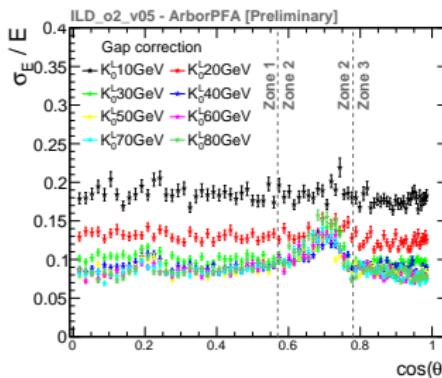
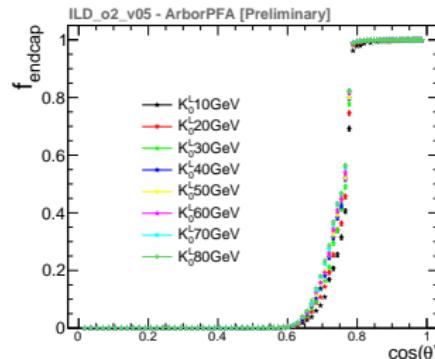
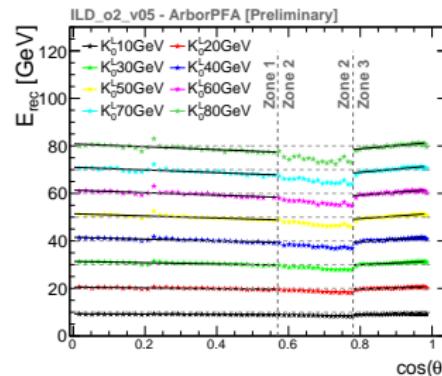


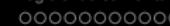
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Calibration et corrections en énergie

Correction en fonction de $\cos\theta$

- Chute linéaire de l'énergie dans le tonneau et les bouchons
- Énergies : ajustement linéaire dans les régions 1 et 3
- Paramètres : ajustement d'un polynôme d'ordre 1 ou 2
- Région intermédiaire 2 : correction en fonction des fractions tonneau/bouchon



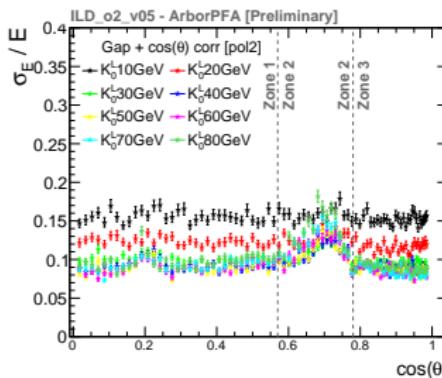
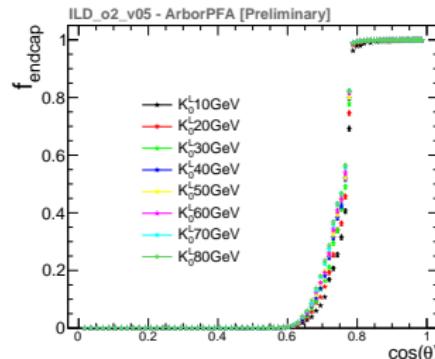
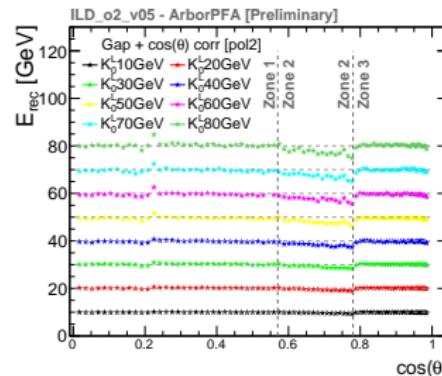


Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Calibration et corrections en énergie

Correction en fonction de $\cos\theta$

- Chute linéaire de l'énergie dans le tonneau et les bouchons
- Énergies : ajustement linéaire dans les régions 1 et 3
- Paramètres : ajustement d'un polynôme d'ordre 1 ou 2
- Région intermédiaire 2 : correction en fonction des fractions tonneau/bouchon



Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Les algorithmes de reconstruction

Implémentation pour le détecteur ILD

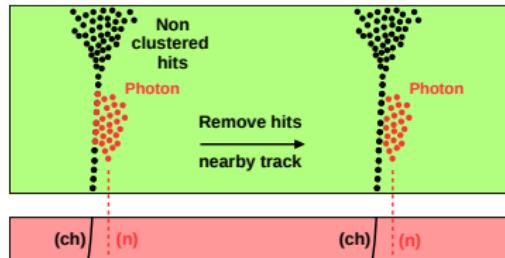
- Préparation de l'événement (2 algos)

Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Les algorithmes de reconstruction

Implémentation pour le détecteur ILD

- Préparation de l'événement (2 algos)
- Reconstruction des photons (8 algos)

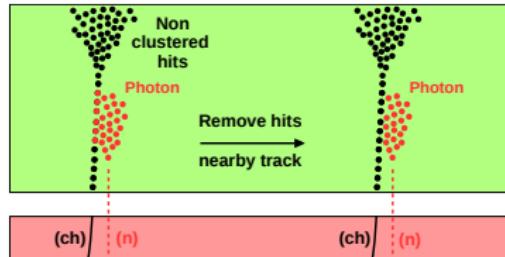


Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Les algorithmes de reconstruction

Implémentation pour le détecteur ILD

- Préparation de l'événement (2 algos)
- Reconstruction des photons (8 algos)
- Clustering principal (11 algos)

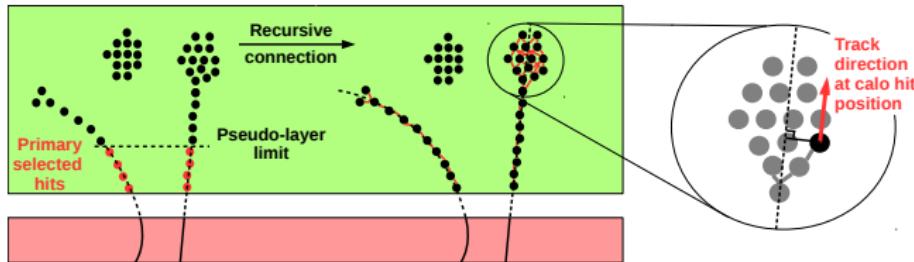


Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Les algorithmes de reconstruction

Implémentation pour le détecteur ILD

- Préparation de l'événement (2 algos)
- Reconstruction des photons (8 algos)
- Clustering principal (11 algos)
 - Connexion des vertex et nettoyage des connexions (3 algos)



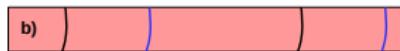
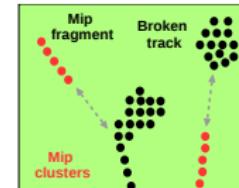
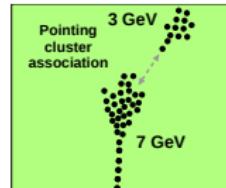
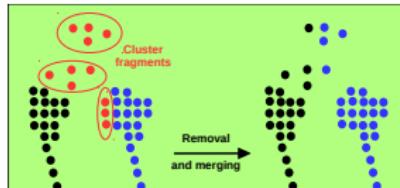


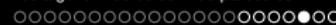
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Les algorithmes de reconstruction

Implémentation pour le détecteur ILD

- Préparation de l'événement (2 algos)
- Reconstruction des photons (8 algos)
- Clustering principal (11 algos)
 - Connexion des vertex et nettoyage des connexions (3 algos)
 - Associations topologiques (1+7 algos)



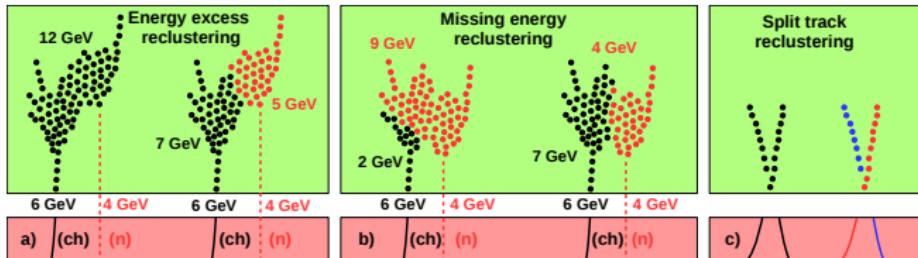


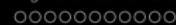
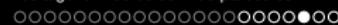
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Les algorithmes de reconstruction

Implémentation pour le détecteur ILD

- Préparation de l'événement (2 algos)
- Reconstruction des photons (8 algos)
- Clustering principal (11 algos)
 - Connexion des vertex et nettoyage des connexions (3 algos)
 - Associations topologiques (1+7 algos)
- Reclustering (41 algos)
 - Reclustering en cas d'excès en énergie (12 clust + 7 top + 1 trk-cl)
 - Reclustering en cas d'énergie manquante (12 clust + 7 top + 1 trk-cl)
 - Reclustering en cas d'associations trace-cluster multiples (1 algo)



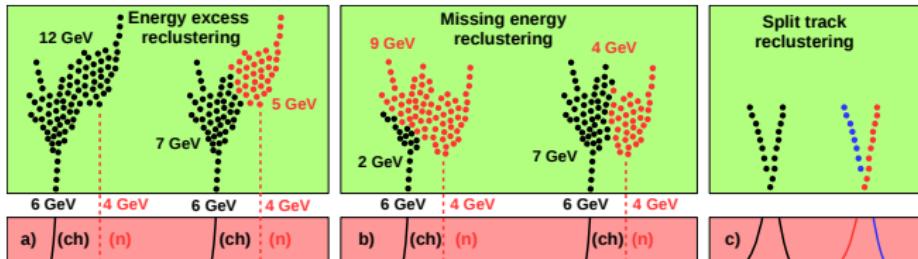


Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Les algorithmes de reconstruction

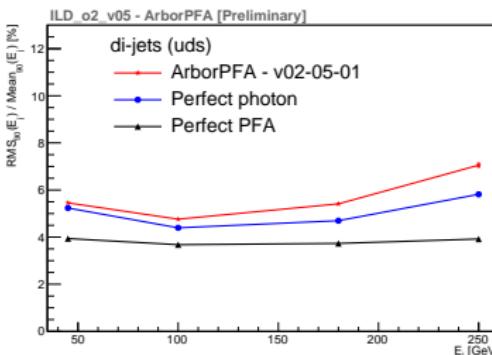
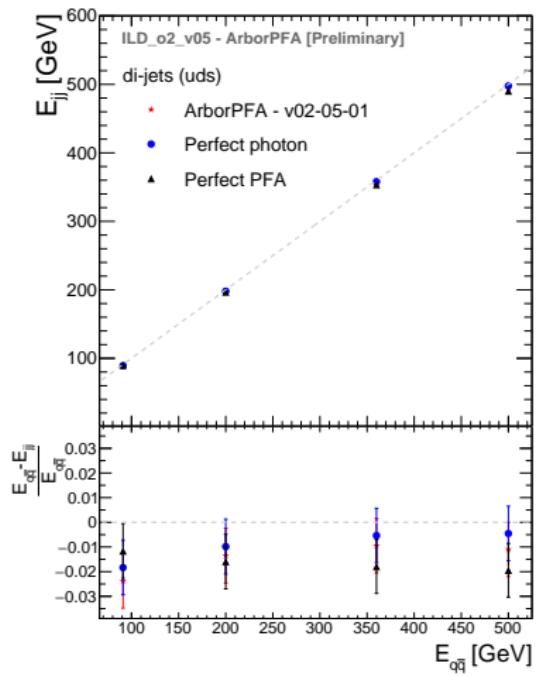
Implémentation pour le détecteur ILD

- Préparation de l'événement (2 algos)
- Reconstruction des photons (8 algos)
- Clustering principal (11 algos)
 - Connexion des vertex et nettoyage des connexions (3 algos)
 - Associations topologiques (1+7 algos)
- Reclustering (41 algos)
 - Reclustering en cas d'excès en énergie (12 clust + 7 top + 1 trk-cl)
 - Reclustering en cas d'énergie manquante (12 clust + 7 top + 1 trk-cl)
 - Reclustering en cas d'associations trace-cluster multiples (1 algo)
- Création et identification des particules reconstruites (6 algos)



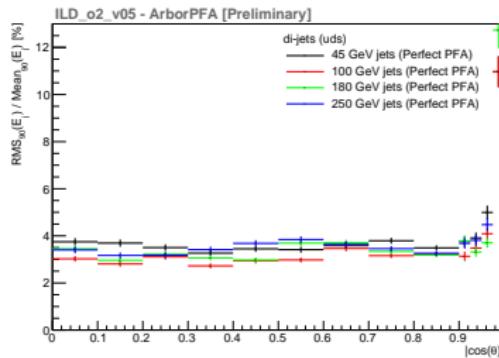
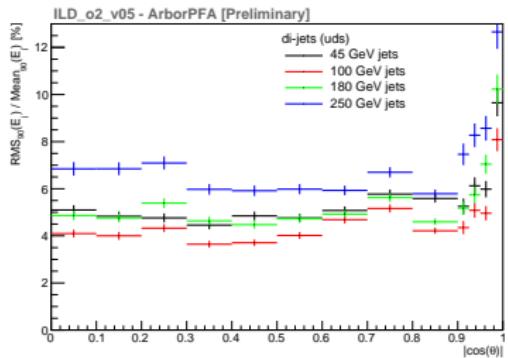
Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Les performances physiques



Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le détecteur ILD- Les performances physiques



Logiciel de surveillance de données

1 Contexte théorique et expérimental

- Le modèle standard
- Le collisionneur linéaire international
- Le calorimètre hadronique semi-digital
- Performances du SDHCAL

2 Les algorithmes de suivi de particules

- Introduction
- Principe d'ArborPFA
- ArborPFA pour le SDHCAL
- ArborPFA pour le détecteur ILD

3 Logiciel de surveillance de données

- Introduction
- Logiciel DQM4HEP
- Surveillance de la prise de données du SDHCAL

4 Conclusion et perspectives

Logiciel de surveillance de données

Introduction

Les systèmes de DQM

- Évalue la **qualité** des données :
 - en ligne
 - hors ligne
- **Alerte** l'utilisateur d'un **état anormal du système** de détection (fuite de gaz, cellule morte, ...)
- Présents dans les expériences de physique de hautes énergies. Par exemple :
 - CMS - CMSSW DQM
 - ALICE - AMORE
- Principe général : collecter → distribuer → analyser → visualiser

Logiciel de surveillance de données

Introduction

Les systèmes de DQM

- Évalue la **qualité** des données :
 - en ligne
 - hors ligne
- **Alerte** l'utilisateur d'un **état anormal du système** de détection (fuite de gaz, cellule morte, ...)
- Présents dans les expériences de physique de hautes énergies. Par exemple :
 - CMS - CMSSW DQM
 - ALICE - AMORE
- Principe général : collecter → distribuer → analyser → visualiser

Fonctionnalités communes

- Couplage au système d'acquisition
- Analyse de données en ligne / hors ligne
- Tests de la qualité des données
- Interface de visualisation des données (histogrammes, scalaires, etc ...)
- Environnements distribués (multi-processus + réseau)

Logiciel de surveillance de données

Introduction

Les systèmes de DQM

- Évalue la **qualité** des données :
 - en ligne
 - hors ligne
- **Alerte** l'utilisateur d'un **état anormal du système** de détection (fuite de gaz, cellule morte, ...)
- Présents dans les expériences de physique de hautes énergies. Par exemple :
 - CMS - CMSSW DQM
 - ALICE - AMORE
- Principe général : collecter → distribuer → analyser → visualiser

Fonctionnalités communes

- Couplage au système d'acquisition
- Analyse de données en ligne / hors ligne
- Tests de la qualité des données
- Interface de visualisation des données (histogrammes, scalaires, etc ...)
- Environnements distribués (multi-processus + réseau)

Fonctionnalités différentes

- **Contenu des données entrantes**
- **Format des données entrantes**
- Contenu des analyses
- Couplage au système d'acquisition
- Synthèse différente des données sur l'interface utilisateur



Logiciel de surveillance de données

Introduction

Les systèmes de DQM

- Évalue la **qualité** des données :
 - en ligne
 - hors ligne
- **Alerte** l'utilisateur d'un **état anormal du système** de détection (fuite de gaz, cellule morte, ...)
- Présents dans les expériences de physique de hautes énergies. Par exemple :
 - CMS - CMSSW DQM
 - ALICE - AMORE
- Principe général : collecter → distribuer → analyser → visualiser

Fonctionnalités communes

- Couplage au système d'acquisition
- Analyse de données en ligne / hors ligne
- Tests de la qualité des données
- Interface de visualisation des données (histogrammes, scalaires, etc ...)
- Environnements distribués (multi-processus + réseau)

Fonctionnalités différentes

- **Contenu des données entrantes**
- **Format des données entrantes**
- Contenu des analyses
- Couplage au système d'acquisition
- Synthèse différente des données sur l'interface utilisateur

Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP

Points clés

- Nouveau logiciel : DQM4HEP (*Data Quality Monitoring for High Energy Physics*)
- Regroupement des fonctionnalités communes des différents logiciels
- **Abstraction des autres fonctionnalités**

Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP

Points clés

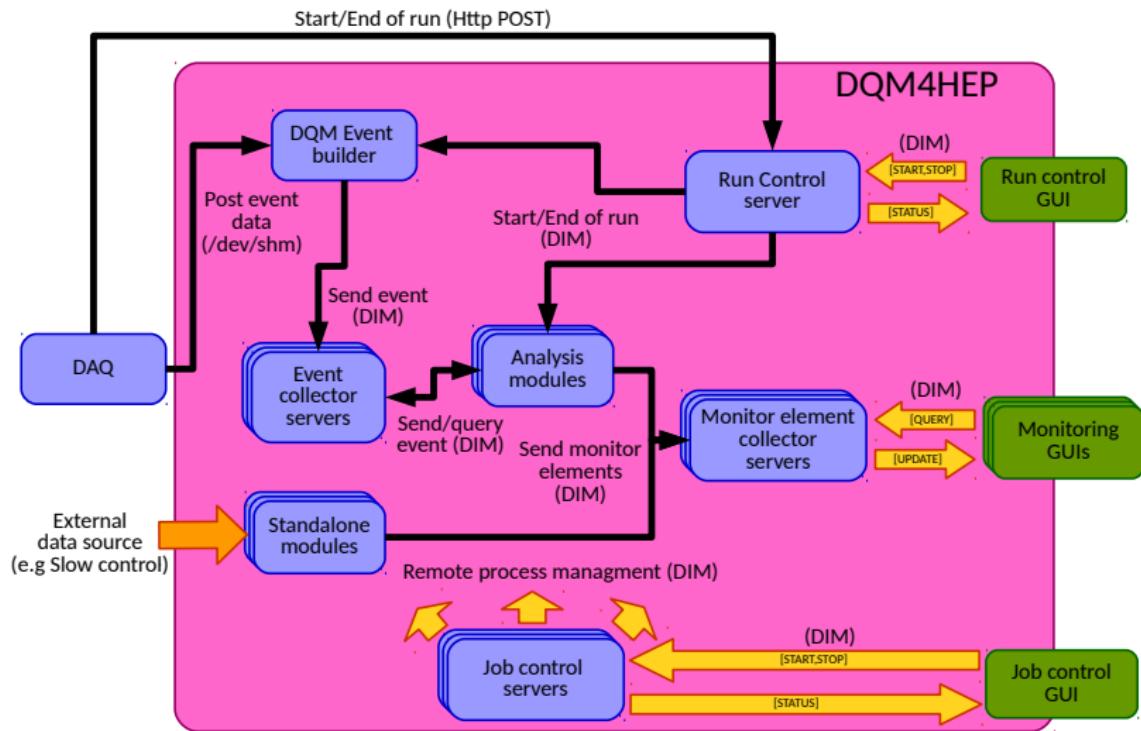
- Nouveau logiciel : DQM4HEP (***Data Quality Monitoring for High Energy Physics***)
- Regroupement des fonctionnalités communes des différents logiciels
- **Abstraction des autres fonctionnalités**

Les fonctionnalités

- **Système de plug-in**
- **Abstraction des événements (modèle/format)**
- Station de gestion des runs
- Environnement d'analyse de données dédié au DQM
- Environnement distribué (serveur/client)
 - Données brutes (DAQ)
 - Éléments de surveillance (histogrammes, graphes, ...)
- Interface graphique de visualisation (opérateurs)

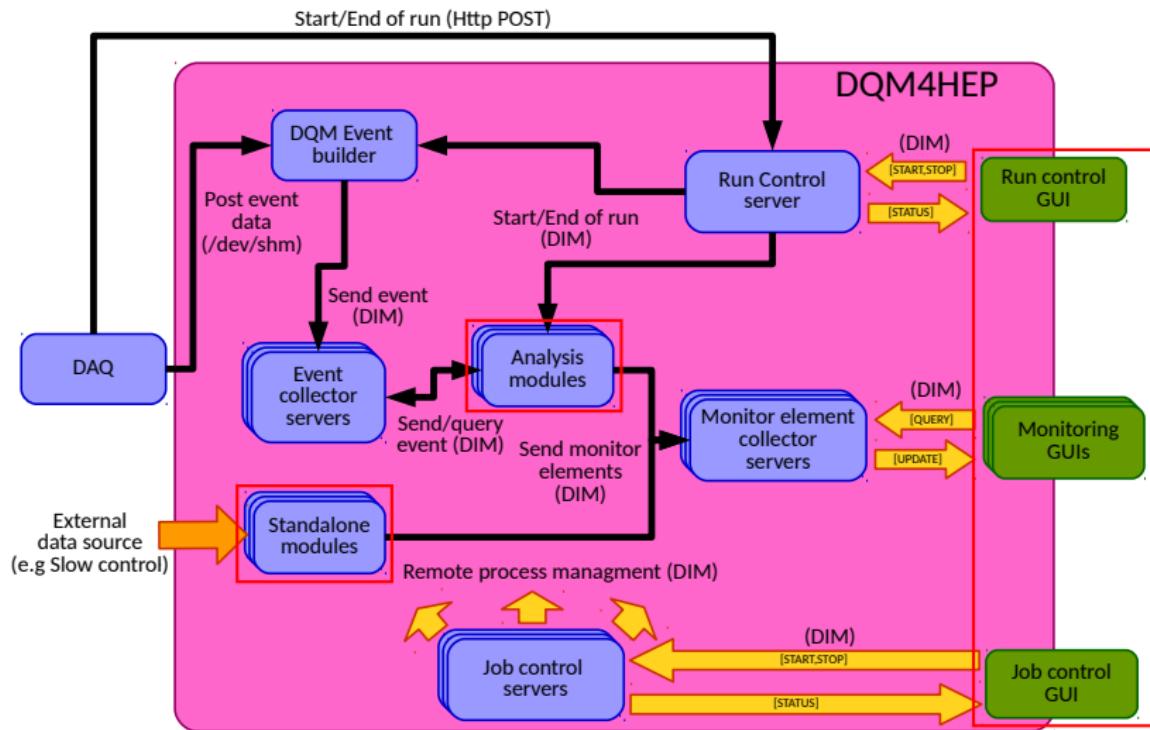
Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- architecture logicielle



Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- architecture logicielle

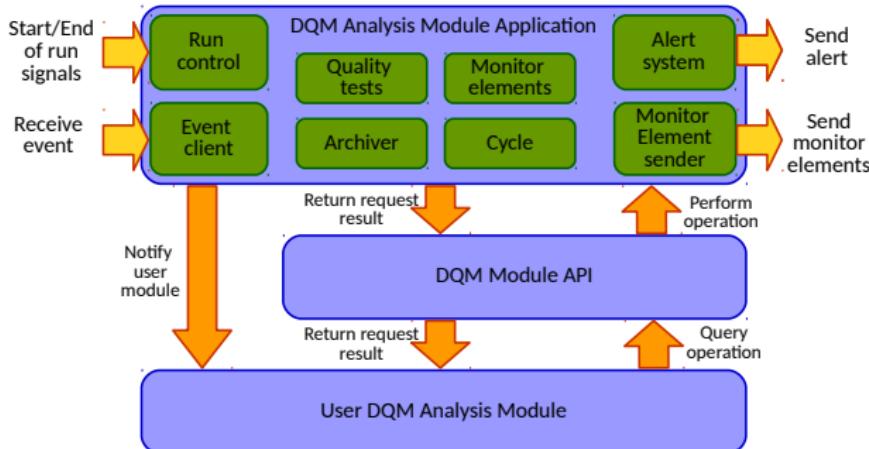


Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- analyse des données provenant des détecteurs

Module d'analyse de données

- Conçu pour l'analyse de données (raw data, tracking, PFA, etc ...)
- Produit des éléments de surveillance (histogrammes, graphes, ...)
- Évalue la qualité des données (Q-tests)
- Structuré en séquence de runs et de cycles

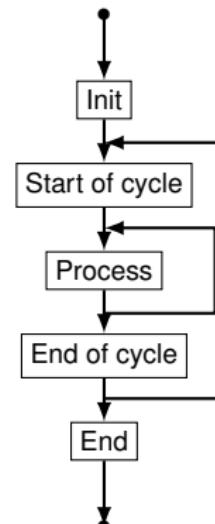
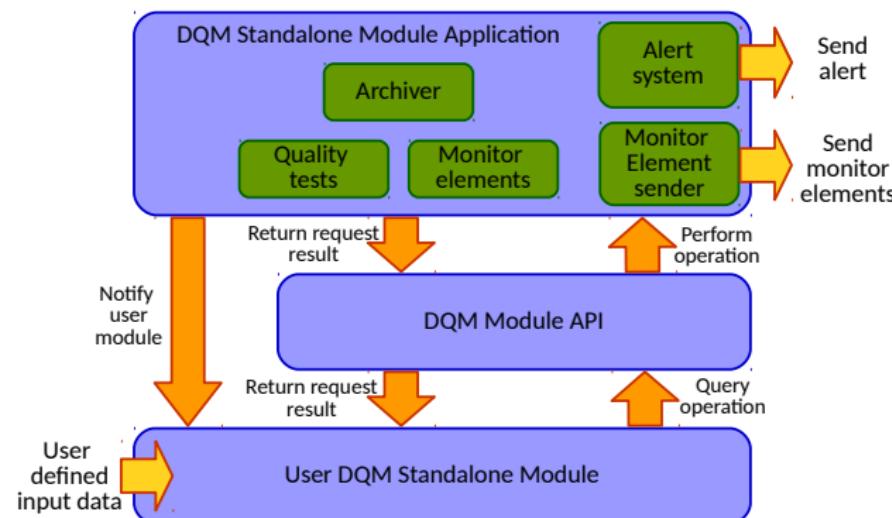


Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- analyse des données environnementales

Module environnemental

- Traitement de données environnementales (T, P, HV, gaz, ...)
- Pas de donnée transmise au module
- Produit des éléments de surveillance (histogrammes, graphes, ...)
- Évalue la qualité des données (Q-tests)

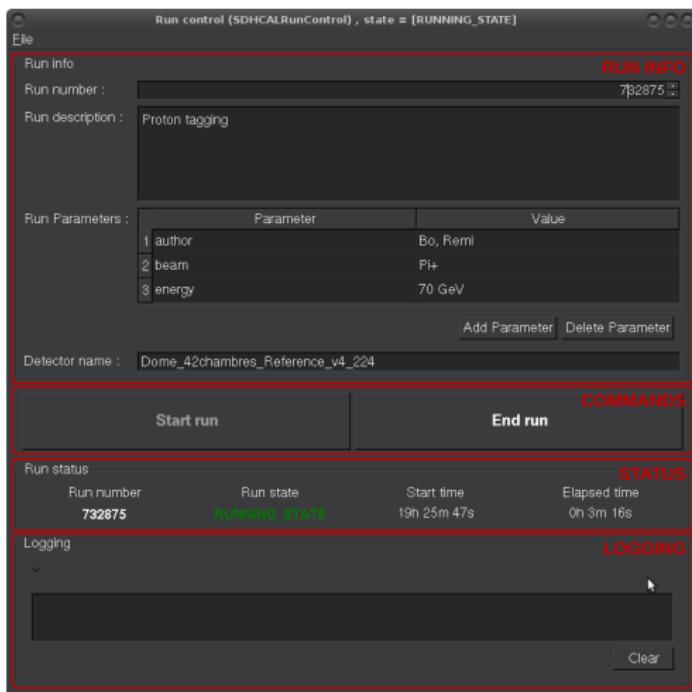


Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- gestion des run

Gestionnaire graphique de run

- Configuration du run
 - numéro de run
 - nom du détecteur
 - paramètres
 - description
- Envoie des signaux de :
 - début de run
 - fin de run
- Statut du run
- Barre de notification



Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- gestion des processus

Remarques

- nombre important de processus
- processus dispatchés sur plusieurs hôtes
 - séparation DAQ ↔ DQM
 - amortissement de la charge CPU
- gestion manuelle complexe

Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- gestion des processus

Remarques

- nombre important de processus
- processus dispatchés sur plusieurs hôtes
 - séparation DAQ ↔ DQM
 - amortissement de la charge CPU
- gestion manuelle complexe

Solution

- Implémentation d'un gestionnaire de processus à distance (*dimjc*)
- Implémentation d'un gestionnaire graphique (QtGui)

Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- gestion des processus

Job interface

AUTOMATIC UPDATES

Stop Update period (secs) : 2 ▲ ▼

Job Control	Program Name	PID	Status
↳ ysodhal10	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_run_control_server	11045	S (sleeping)
↳ DQMRunControl	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_event_collector	12154	S (sleeping)
↳ EventCollector	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_event_collector	12157	S (sleeping)
↳ EventCollector_2	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_monitor_element_collector	12164	S (sleeping)
↳ MonitorElementCollector			
↳ ysodhal7			
↳ AsicAnalysisModule	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31189	R (running)
↳ ECalAnalysisModule	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31251	R (running)
↳ EventDisplayModule	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31268	D (disk sleep)
↳ HoughTransformModule	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module		X (dead)
↳ ParticleIDModule	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module		X (dead)
↳ BeamAnalysisModule	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31280	R (running)
↳ HitAnalysisModule	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31292	D (disk sleep)
↳ RawAnalysisModule	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31301	R (running)
↳ SlowControlModule	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_standalone_module	31308	R (running)
↳ ysodhal9			
↳ ShmDriver	/opt/dqmssoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_shm_driver	21002	S (sleeping)

KILL METHOD Set Kill Method : INT (interrupt); 2

PROCESS TABLE

ARGS and ENV

ACTIONS

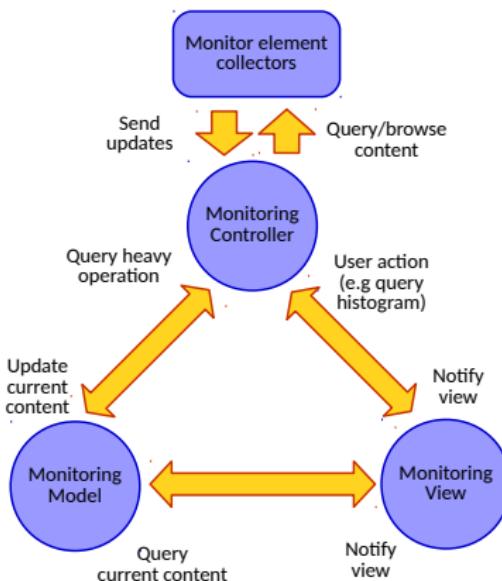
Load file Reload file OpenLogFile Update

Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- surveillance par les opérateurs

Interface pour les opérateurs

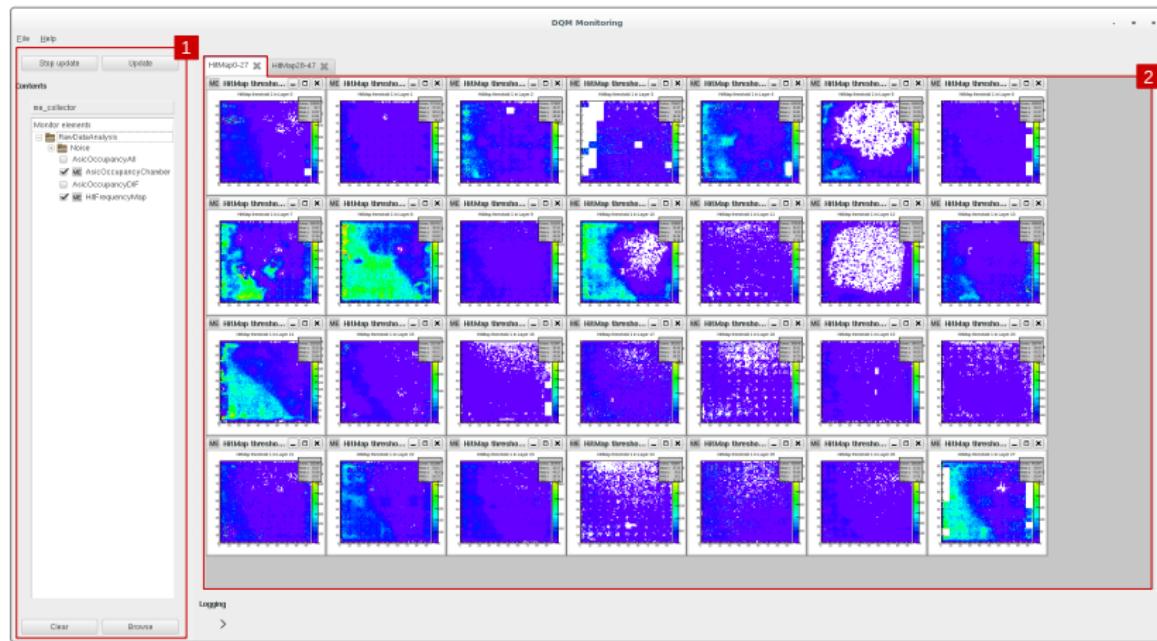
- Client graphique multi-collecteurs (QtGui)
- Navigateur vers les collecteurs
 - Requête, filtrage, sélection d'éléments
- Rendu des éléments de surveillance lors des mises à jour
- Affichage multi-éléments
- **Aperçu du statut des détecteurs**
- Contenu graphique persistant (XML)

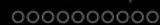




Logiciel de surveillance de données

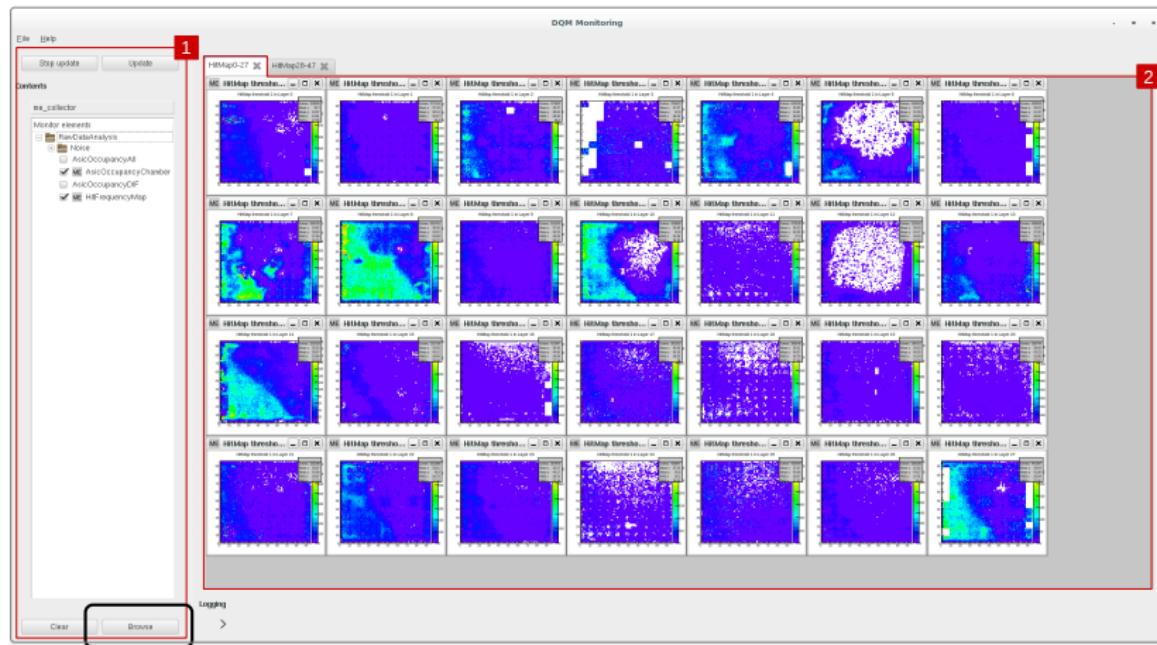
Logiciel DQM4HEP- surveillance par les opérateurs (GUI)





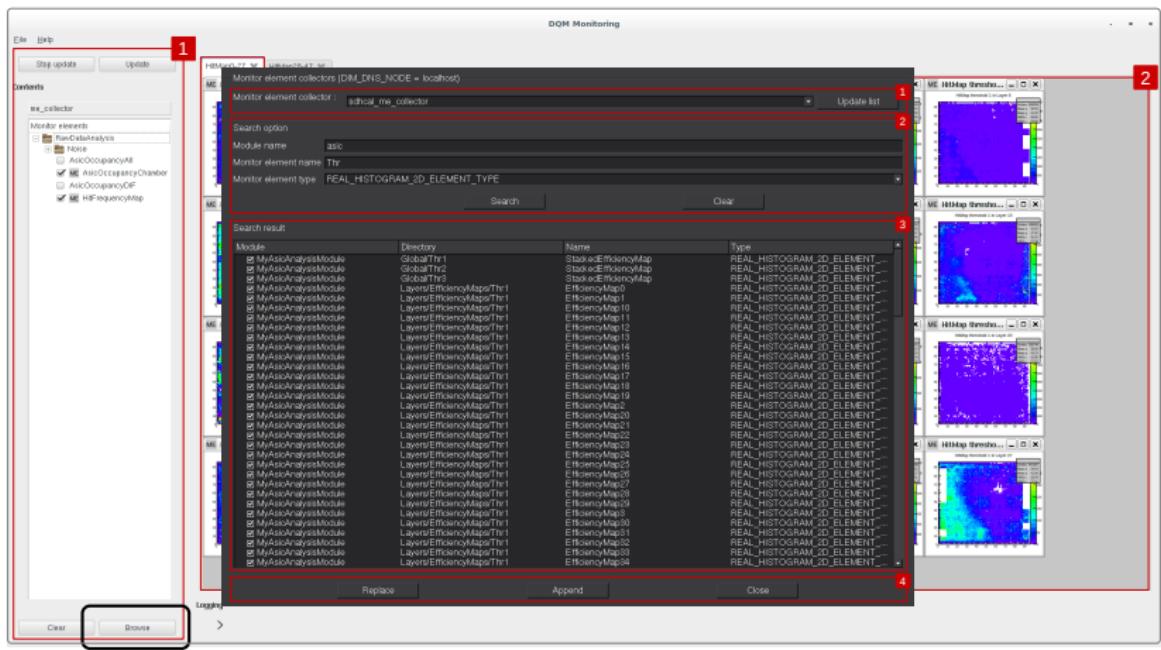
Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- surveillance par les opérateurs (GUI)



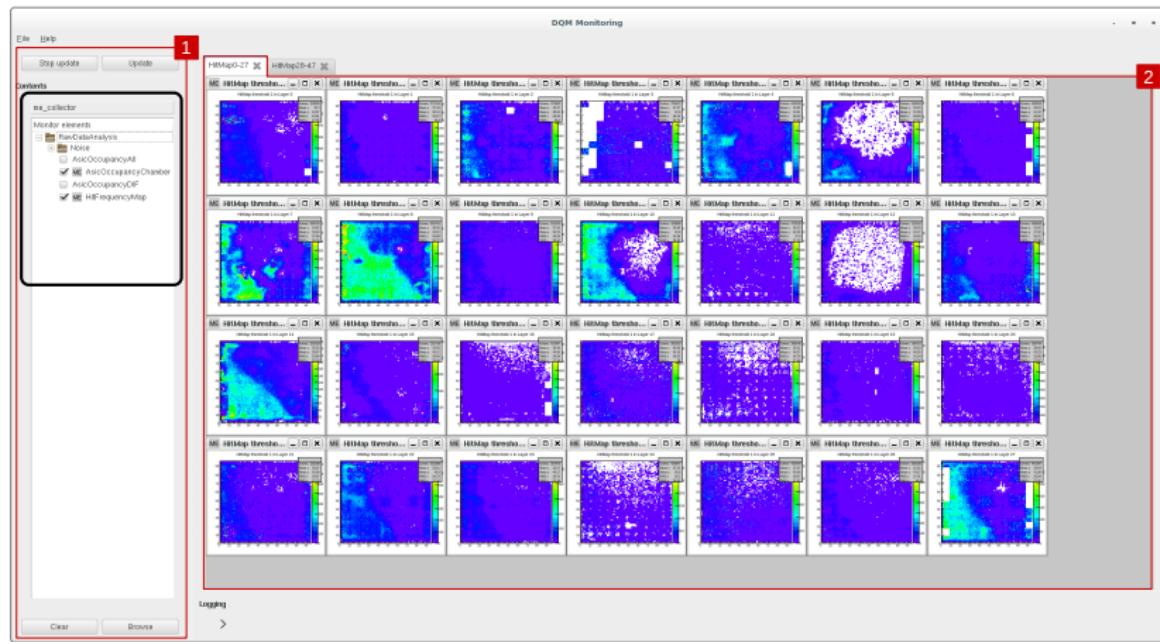
Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- surveillance par les opérateurs (GUI)



Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- surveillance par les opérateurs (GUI)

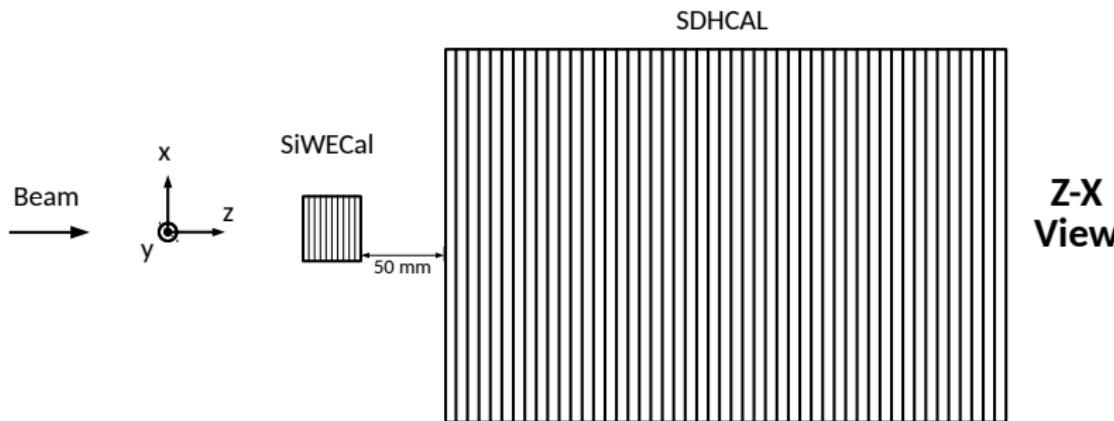


Logiciel de surveillance de données

Surveillance de la prise de données du SDHCAL

Test sur faisceau combiné

- Test sur faisceau combiné SiWEcal + SDHCAL
 - DAQ et DQM combinés
- Test du logiciel
 - Prise en main par les opérateurs ?
 - Performances graphiques, réseau, mémoire ?
 - Détection de problème(s) ?

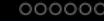
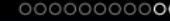
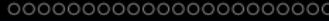
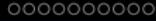


Logiciel de surveillance de données

Surveillance de la prise de données du SDHCAL

Le format de données

- Format LCIO
- Sérialisation implémentée (`LCIOTstreamer`)



Logiciel de surveillance de données

Surveillance de la prise de données du SDHCAL

Le format de données

- Format LCIO
- Sérialisation implémentée (LCIOTstreamer)

Les analyses de données

- **Module RawDataAnalysis**
Cartes de comptage de hits et ASICs
Corrélation comptage DIFs vs ASICs
- **Module EventDisplay**
Identification des particules
Profiles 2D et vues 3D des événements
- **Module SlowControl**
T, P (global) et HV, LV, I (par chambre)
- **Module EcalAnalysis**
Cartes de comptage de hits, adc par plan
- **Module BeamAnalysis**
Temps d'acquisition, durée des spills

Logiciel de surveillance de données

Surveillance de la prise de données du SDHCAL

Le format de données

- Format LCIO
- Srialisation implémentée (LCIOTstreamer)

Les analyses de données

- **Module RawDataAnalysis**
Cartes de comptage de hits et ASICs
Corrélation comptage DIFs vs ASICs
- **Module EventDisplay**
Identification des particules
Profiles 2D et vues 3D des événements
- **Module SlowControl**
T, P (global) et HV, LV, I (par chambre)
- **Module EcalAnalysis**
Cartes de comptage de hits, adc par plan
- **Module BeamAnalysis**
Temps d'acquisition, durée des spills

Bilan du test sur faisceau

- Performances mémoires → perfectible
- Performances réseau → OK
- Prise en main du logiciel → OK
 - Pas "lag" graphique
- Déploiement du logiciel → perfectible
- Éléments les plus visualisés :
 - Cartes de comptage (Ecal et SDHCAL)
 - Courant I(t)
 - Temps d'acquisition

Conclusion et perspectives

1 Contexte théorique et expérimental

- Le modèle standard
- Le collisionneur linéaire international
- Le calorimètre hadronique semi-digital
- Performances du SDHCAL

2 Les algorithmes de suivi de particules

- Introduction
- Principe d'ArborPFA
- ArborPFA pour le SDHCAL
- ArborPFA pour le détecteur ILD

3 Logiciel de surveillance de données

- Introduction
- Logiciel DQM4HEP
- Surveillance de la prise de données du SDHCAL

4 Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Conclusion

Contexte théorique et expérimental

Conclusion et perspectives

Conclusion

Contexte théorique et expérimental

- L'ILC est un des projets qui permettra de mesurer **précisement** les propriétés du boson de Higgs et de **contraindre le modèle standard**.

Conclusion et perspectives

Conclusion

Contexte théorique et expérimental

- L'ILC est un des projets qui permettra de mesurer **précisement** les propriétés du boson de Higgs et de **contraindre le modèle standard**.
- La programme physique requiert le développement de **détecteurs à grande granularité** pour permettre l'application des **algorithmes de suivi de particules**

Conclusion et perspectives

Conclusion

Contexte théorique et expérimental

- L'ILC est un des projets qui permettra de mesurer **précisement** les propriétés du boson de Higgs et de **contraindre le modèle standard**.
- La programme physique requiert le développement de **détecteurs à grande granularité** pour permettre l'application des **algorithmes de suivi de particules**
- L'algorithme de suivi de particules **PandoraPFA** est l'algorithme le plus abouti à ce jour mais **ne considère pas encore toutes les technologies** comme celle du SDHCAL.

Conclusion et perspectives

Conclusion

Contexte théorique et expérimental

- L'ILC est un des projets qui permettra de mesurer **précisement** les propriétés du boson de Higgs et de **contraindre le modèle standard**.
- La programme physique requiert le développement de **détecteurs à grande granularité** pour permettre l'application des **algorithmes de suivi de particules**
- L'algorithme de suivi de particules **PandoraPFA** est l'algorithme le plus abouti à ce jour mais **ne considère pas encore toutes les technologies** comme celle du SDHCAL.

ArborPFA pour le SDHCAL

Conclusion et perspectives

Conclusion

Contexte théorique et expérimental

- L'ILC est un des projets qui permettra de mesurer **précisement** les propriétés du boson de Higgs et de **contraindre le modèle standard**.
- La programme physique requiert le développement de **détecteurs à grande granularité** pour permettre l'application des **algorithmes de suivi de particules**
- L'algorithme de suivi de particules **PandoraPFA** est l'algorithme le plus abouti à ce jour mais **ne considère pas encore toutes les technologies** comme celle du SDHCAL.

ArborPFA pour le SDHCAL

- Un logiciel de reconstruction par **méthode de suivi de particules** a été développé pour le SDHCAL

Conclusion et perspectives

Conclusion

Contexte théorique et expérimental

- L'ILC est un des projets qui permettra de mesurer **précisement** les propriétés du boson de Higgs et de **contraindre le modèle standard**.
- La programme physique requiert le développement de **détecteurs à grande granularité** pour permettre l'application des **algorithmes de suivi de particules**
- L'algorithme de suivi de particules **PandoraPFA** est l'algorithme le plus abouti à ce jour mais **ne considère pas encore toutes les technologies** comme celle du SDHCAL.

ArborPFA pour le SDHCAL

- Un logiciel de reconstruction par **méthode de suivi de particules** a été développé pour le SDHCAL
- Une **première implémentation** visant à tester le principe sous-jacent d'ArborPFA dans le **prototype du SDHCAL** a été développée :
 - Hadrons seuls → bonnes performances ($\varepsilon_s > 96\%$ et $\Delta_E/E < 10\%$)
 - Deux hadrons proches → bonnes performances jusqu'à 10cm.
Au deçà (5cm) : $p_n=0.7 \Rightarrow \Delta_E/E < 5\%$

Conclusion et perspectives

Conclusion

Contexte théorique et expérimental

- L'ILC est un des projets qui permettra de mesurer **précisement** les propriétés du boson de Higgs et de **contraindre le modèle standard**.
- La programme physique requiert le développement de **détecteurs à grande granularité** pour permettre l'application des **algorithmes de suivi de particules**
- L'algorithme de suivi de particules **PandoraPFA** est l'algorithme le plus abouti à ce jour mais **ne considère pas encore toutes les technologies** comme celle du SDHCAL.

ArborPFA pour le SDHCAL

- Un logiciel de reconstruction par **méthode de suivi de particules** a été développé pour le SDHCAL
- Une **première implémentation** visant à tester le principe sous-jacent d'ArborPFA dans le **prototype du SDHCAL** a été développée :
 - Hadrons seuls → bonnes performances ($\varepsilon_s > 96\%$ et $\Delta_E/E < 10\%$)
 - Deux hadrons proches → bonnes performances jusqu'à 10cm.
Au delà (5cm) : $p_n=0.7 \Rightarrow \Delta_E/E < 5\%$
- Résultats publiés dans une note d'analyse CALICE (CAN-054)

Conclusion et perspectives

Conclusion

Contexte théorique et expérimental

- L'ILC est un des projets qui permettra de mesurer **précisement** les propriétés du boson de Higgs et de **contraindre le modèle standard**.
- La programme physique requiert le développement de **détecteurs à grande granularité** pour permettre l'application des **algorithmes de suivi de particules**
- L'algorithme de suivi de particules **PandoraPFA** est l'algorithme le plus abouti à ce jour mais **ne considère pas encore toutes les technologies** comme celle du SDHCAL.

ArborPFA pour le SDHCAL

- Un logiciel de reconstruction par **méthode de suivi de particules** a été développé pour le SDHCAL
- Une **première implémentation** visant à tester le principe sous-jacent d'ArborPFA dans le **prototype du SDHCAL** a été développée :
 - Hadrons seuls → bonnes performances ($\varepsilon_s > 96\%$ et $\Delta_E/E < 10\%$)
 - Deux hadrons proches → bonnes performances jusqu'à 10cm.
Au delà (5cm) : $p_n=0.7 \Rightarrow \Delta_E/E < 5\%$
- Résultats publiés dans une note d'analyse CALICE (CAN-054)
- Publication dans JINST (*Journal of Instrumentation*) en cours de rédaction

Conclusion et perspectives

Conclusion

ArborPFA pour le détecteur ILD

Conclusion et perspectives

Conclusion

ArborPFA pour le détecteur ILD

- Une **seconde version** a été implémenté pour le **détecteur ILD**

Conclusion et perspectives

Conclusion

ArborPFA pour le détecteur ILD

- Une **seconde version** a été implémenté pour le **détecteur ILD**
- Des **corrections en énergie** au niveau de hadrons isolés ont été développées :
 - Correction près des **interstices inter-modules**
 - Correction en **fonction de $\cos\theta$**
 - Corrections pas suffisante (linéarité)

Conclusion et perspectives

Conclusion

ArborPFA pour le détecteur ILD

- Une **seconde version** a été implémenté pour le **détecteur ILD**
- Des **corrections en énergie** au niveau de hadrons isolés ont été développées :
 - Correction près des **interstices inter-modules**
 - Correction en **fonction de $\cos\theta$**
 - Corrections pas suffisante (linéarité)
- De nouveaux algorithmes ont été développés
 - DéTECTEURS additionnels : ECAL, TPC ($\vec{B} \neq \vec{0}$)
 - Algorithme de reconstruction de photon
 - Associations topologiques supplémentaires
 - Algorithmes de *re-clustering*

Conclusion et perspectives

Conclusion

ArborPFA pour le détecteur ILD

- Une **seconde version** a été implémenté pour le **détecteur ILD**
- Des **corrections en énergie** au niveau de hadrons isolés ont été développées :
 - Correction près des **interstices inter-modules**
 - Correction en **fonction de $\cos\theta$**
 - Corrections pas suffisante (linéarité)
- De nouveaux algorithmes ont été développés
 - DéTECTEURS additionnels : ECAL, TPC ($\vec{B} \neq \vec{0}$)
 - Algorithme de reconstruction de photon
 - Associations topologiques supplémentaires
 - Algorithmes de *re-clustering*
- Les performances physiques on été évaluées :
 - Linéarité correcte
 - JER $\simeq 5 - 7\%$

Conclusion et perspectives

Conclusion

ArborPFA pour le détecteur ILD

- Une **seconde version** a été implémenté pour le **détecteur ILD**
- Des **corrections en énergie** au niveau de hadrons isolés ont été développées :
 - Correction près des **interstices inter-modules**
 - Correction en **fonction de $\cos\theta$**
 - Corrections pas suffisante (linéarité)
- De nouveaux algorithmes ont été développés
 - Détecteurs additionnels : ECAL, TPC ($\vec{B} \neq \vec{0}$)
 - Algorithme de reconstruction de photon
 - Associations topologiques supplémentaires
 - Algorithmes de *re-clustering*
- Les performances physiques on été évaluées :
 - Linéarité correcte
 - JER $\simeq 5 - 7\%$
- La version de l'implémentation actuelle ne respecte pas les performances requises de l'ILC (JER $\sim 3 - 4\%$)

Conclusion et perspectives

Conclusion

DQM4HEP

Conclusion et perspectives

Conclusion

DQM4HEP

- Les logiciels de *DQM* permettent d'effectuer un **suivi de la qualité des données** lors des différentes prises de données

Conclusion et perspectives

Conclusion

DQM4HEP

- Les logiciels de *DQM* permettent d'effectuer un **suivi de la qualité des données** lors des différentes prises de données
- Les logiciels actuels sont de très bonne qualité mais **restent très spécifiques** à une expérience donnée

Conclusion et perspectives

Conclusion

DQM4HEP

- Les logiciels de *DQM* permettent d'effectuer un **suivi de la qualité des données** lors des différentes prises de données
- Les logiciels actuels sont de très bonne qualité mais **restent très spécifiques** à une expérience donnée
- Un logiciel générique (DQM4HEP) a été développé. Il regroupe les fonctionnalités communes et abstrait les autres fonctionnalités (événements, IO, analyses)
 - L'architecture a été présentée. Un effort particulier a été mis sur la **généricité du logiciel**
 - Une solution dédiée à la combinaison des détecteurs SiWEcal et SDHCAL a été implémentée et déployée lors de plusieurs tests sur faisceaux
 - Les performances *mémoires/réseaux/utilisateurs* ont montré un logiciel utilisable mais perfectible sur certains points

Conclusion et perspectives

Conclusion

DQM4HEP

- Les logiciels de *DQM* permettent d'effectuer un **suivi de la qualité des données** lors des différentes prises de données
- Les logiciels actuels sont de très bonne qualité mais **restent très spécifiques** à une expérience donnée
- Un logiciel générique (DQM4HEP) a été développé. Il regroupe les fonctionnalités communes et abstrait les autres fonctionnalités (événements, IO, analyses)
 - L'architecture a été présentée. Un effort particulier a été mis sur la **généricité du logiciel**
 - Une solution dédiée à la combinaison des détecteurs SiWEcal et SDHCAL a été implémentée et déployée lors de plusieurs tests sur faisceaux
 - Les performances *mémoires/réseaux/utilisateurs* ont montré un logiciel utilisable mais perfectible sur certains points
- Résultats présentés à IEEE (poster) et publiés dans un *conference record* (TODO : mettre la référence)

Conclusion et perspectives

Conclusion

DQM4HEP

- Les logiciels de *DQM* permettent d'effectuer un **suivi de la qualité des données** lors des différentes prises de données
- Les logiciels actuels sont de très bonne qualité mais **restent très spécifiques** à une expérience donnée
- Un logiciel générique (DQM4HEP) a été développé. Il regroupe les fonctionnalités communes et abstrait les autres fonctionnalités (événements, IO, analyses)
 - L'architecture a été présentée. Un effort particulier a été mis sur la **généricité du logiciel**
 - Une solution dédiée à la combinaison des détecteurs SiWEcal et SDHCAL a été implémentée et déployée lors de plusieurs tests sur faisceaux
 - Les performances *mémoires/réseaux/utilisateurs* ont montré un logiciel utilisable mais perfectible sur certains points
- Résultats présentés à IEEE (poster) et publiés dans un *conference record* (TODO : mettre la référence)
- Intégration au projet européen AIDA 2020 : WP5, Task 5.4 "*Development of data quality and slow control monitoring*"

AIDA-2020-NOTE-2017-001

cds.cern.ch/record/2241973

Conclusion et perspectives

Perspectives

ArborPFA pour l'ILD

Conclusion et perspectives

Perspectives

ArborPFA pour l'ILD

- Révision du *clustering* principal
→ Façon plus optimale de connecter les vertex ?

Conclusion et perspectives

Perspectives

ArborPFA pour l'ILD

- Révision du *clustering* principal
 - Façon plus optimale de connecter les vertex ?
- Ajout d'associations topologiques supplémentaires
 - Support de la rétro-diffusion, etc ...

Conclusion et perspectives

Perspectives

ArborPFA pour l'ILD

- Révision du *clustering* principal
 - Façon plus optimale de connecter les vertex ?
- Ajout d'associations topologiques supplémentaires
 - Support de la rétro-diffusion, etc ...
- Évaluation des performances de reconstruction/identification de chaque type de particules
 - Particule seule + séparation

Conclusion et perspectives

Perspectives

ArborPFA pour l'ILD

- Révision du *clustering* principal
 - Façon plus optimale de connecter les vertex ?
- Ajout d'associations topologiques supplémentaires
 - Support de la rétro-diffusion, etc ...
- Évaluation des performances de reconstruction/identification de chaque type de particules
 - Particule seule + séparation
- Amélioration des corrections en énergie
 - Modification des correction et ajout de nouvelles (région 2)

Conclusion et perspectives

Perspectives

ArborPFA pour l'ILD

- Révision du *clustering* principal
 - Façon plus optimale de connecter les vertex ?
- Ajout d'associations topologiques supplémentaires
 - Support de la rétro-diffusion, etc ...
- Évaluation des performances de reconstruction/identification de chaque type de particules
 - Particule seule + séparation
- Amélioration des corrections en énergie
 - Modification des correction et ajout de nouvelles (région 2)
- Optimisation des paramètres de l'algorithme
 - Procédure d'optimisation ??

Conclusion et perspectives

Perspectives

ArborPFA pour l'ILD

- Révision du *clustering* principal
 - Façon plus optimale de connecter les vertex ?
- Ajout d'associations topologiques supplémentaires
 - Support de la rétro-diffusion, etc ...
- Évaluation des performances de reconstruction/identification de chaque type de particules
 - Particule seule + séparation
- Amélioration des corrections en énergie
 - Modification des correction et ajout de nouvelles (région 2)
- Optimisation des paramètres de l'algorithme
 - Procédure d'optimisation ??
- Reconstruction des muons en amont

Conclusion et perspectives

Perspectives

ArborPFA pour l'ILD

- Révision du *clustering* principal
 - Façon plus optimale de connecter les vertex ?
- Ajout d'associations topologiques supplémentaires
 - Support de la rétro-diffusion, etc ...
- Évaluation des performances de reconstruction/identification de chaque type de particules
 - Particule seule + séparation
- Amélioration des corrections en énergie
 - Modification des correction et ajout de nouvelles (région 2)
- Optimisation des paramètres de l'algorithme
 - Procédure d'optimisation ??
- Reconstruction des muons en amont
- Évaluation des erreurs systématiques pour la JER (+ autres)

Conclusion et perspectives

Perspectives

ArborPFA pour l'ILD

- Révision du *clustering* principal
 - Façon plus optimale de connecter les vertex ?
- Ajout d'associations topologiques supplémentaires
 - Support de la rétro-diffusion, etc ...
- Évaluation des performances de reconstruction/identification de chaque type de particules
 - Particule seule + séparation
- Amélioration des corrections en énergie
 - Modification des correction et ajout de nouvelles (région 2)
- Optimisation des paramètres de l'algorithme
 - Procédure d'optimisation ??
- Reconstruction des muons en amont
- Évaluation des erreurs systématiques pour la JER (+ autres)
- Rédaction d'une documentation développeur/utilisateur

Conclusion et perspectives

Perspectives

DQM4HEP

Conclusion et perspectives

Perspectives

DQM4HEP

- Remplacement de ROOT pour les histogrammes
 - Amélioration des performances mémoires
 - Interface graphique Qt pure, plus adaptée au contexte
 - Implémentation d'une conversion DQM4HEP ↔ ROOT

Conclusion et perspectives

Perspectives

DQM4HEP

- Remplacement de ROOT pour les histogrammes
 - Amélioration des performances mémoires
 - Interface graphique Qt pure, plus adaptée au contexte
 - Implémentation d'une conversion DQM4HEP ↔ ROOT
- *Refactoring* de la couche réseau
 - Meilleure maintenance sur le long terme

Conclusion et perspectives

Perspectives

DQM4HEP

- Remplacement de ROOT pour les histogrammes
 - Amélioration des performances mémoires
 - Interface graphique Qt pure, plus adaptée au contexte
 - Implémentation d'une conversion DQM4HEP ↔ ROOT
- *Refactoring* de la couche réseau
 - Meilleure maintenance sur le long terme
- Extension de la configuration du logiciel
 - Solution plus centralisée (DB) et plus "*user friendly*" (XML, json, yaml, ...)

Conclusion et perspectives

Perspectives

DQM4HEP

- Remplacement de ROOT pour les histogrammes
 - Amélioration des performances mémoires
 - Interface graphique Qt pure, plus adaptée au contexte
 - Implémentation d'une conversion DQM4HEP ↔ ROOT
- *Refactoring* de la couche réseau
 - Meilleure maintenance sur le long terme
- Extension de la configuration du logiciel
 - Solution plus centralisée (DB) et plus "*user friendly*" (XML, json, yaml, ...)
- Interface web de visualisation
 - Pas d'installation du logiciel pour les opérateurs

Conclusion et perspectives

Perspectives

DQM4HEP

- Remplacement de ROOT pour les histogrammes
 - Amélioration des performances mémoires
 - Interface graphique Qt pure, plus adaptée au contexte
 - Implémentation d'une conversion DQM4HEP ↔ ROOT
- *Refactoring* de la couche réseau
 - Meilleure maintenance sur le long terme
- Extension de la configuration du logiciel
 - Solution plus centralisée (DB) et plus "*user friendly*" (XML, json, yaml, ...)
- Interface web de visualisation
 - Pas d'installation du logiciel pour les opérateurs
- Application de suivi de déploiement du logiciel
 - Surveillance des performances de chacune des applications en direct

Conclusion et perspectives

Perspectives

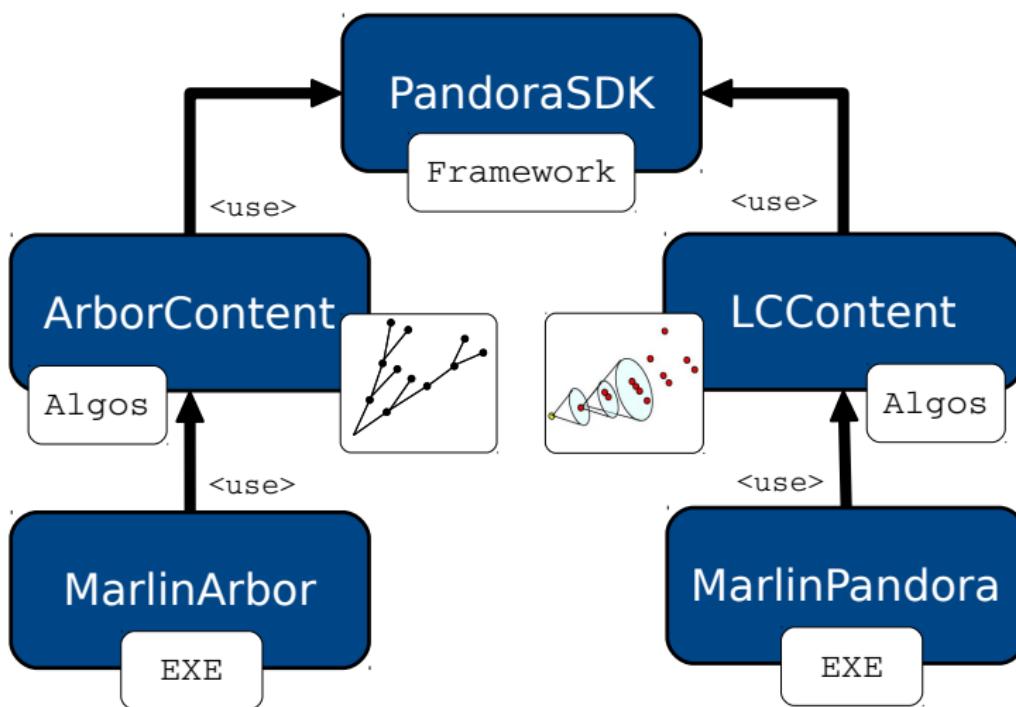
DQM4HEP

- Remplacement de ROOT pour les histogrammes
 - Amélioration des performances mémoires
 - Interface graphique Qt pure, plus adaptée au contexte
 - Implémentation d'une conversion DQM4HEP ↔ ROOT
- *Refactoring* de la couche réseau
 - Meilleure maintenance sur le long terme
- Extension de la configuration du logiciel
 - Solution plus centralisée (DB) et plus "user friendly" (XML, json, yaml, ...)
- Interface web de visualisation
 - Pas d'installation du logiciel pour les opérateurs
- Application de suivi de déploiement du logiciel
 - Surveillance des performances de chacune des applications en direct
- Rédaction d'une documentation développeur/utilisateur/opérateur

Merci pour votre attention !

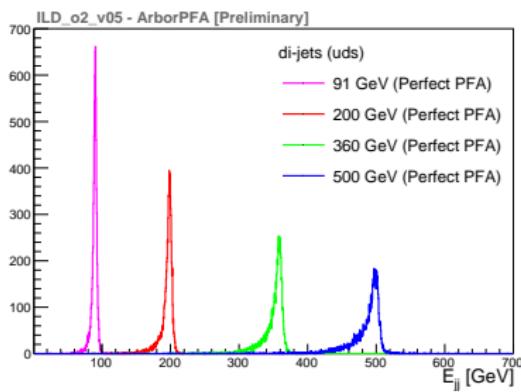
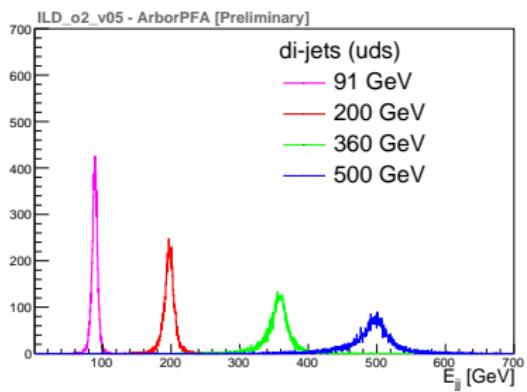
Backup

ArborPFA - La partie logicielle



Backup

ArborPFA ILD - Les performances physiques



Backup

DQM4HEP

Les performances mémoires

Processus	Mémoire virtuelle (KB)	Mémoire résiduelle (KB)	% Mémoire	% CPU
Slow control	619600	256194	3.23	19.75
Analyse ECal	<u>410477</u>	<u>89444</u>	<u>1.13</u>	7.35
Analyse données brutes	580559	221993	2.8	32.4
<i>Event display</i>	545670	237811	3	50.4
Collecteur d'éléments de surveillance	607924	305080	3.72	<u>5.05</u>
Collecteur d'événements physiques 1	558420	270784	3.3	13.57
Collecteur d'événements physiques 2	518524	252332	3.08	7.57
Gestionnaire de run	-	-	-	(0.03)
Convertisseurs SHM	1061870	638328	7.79	7.76

Backup

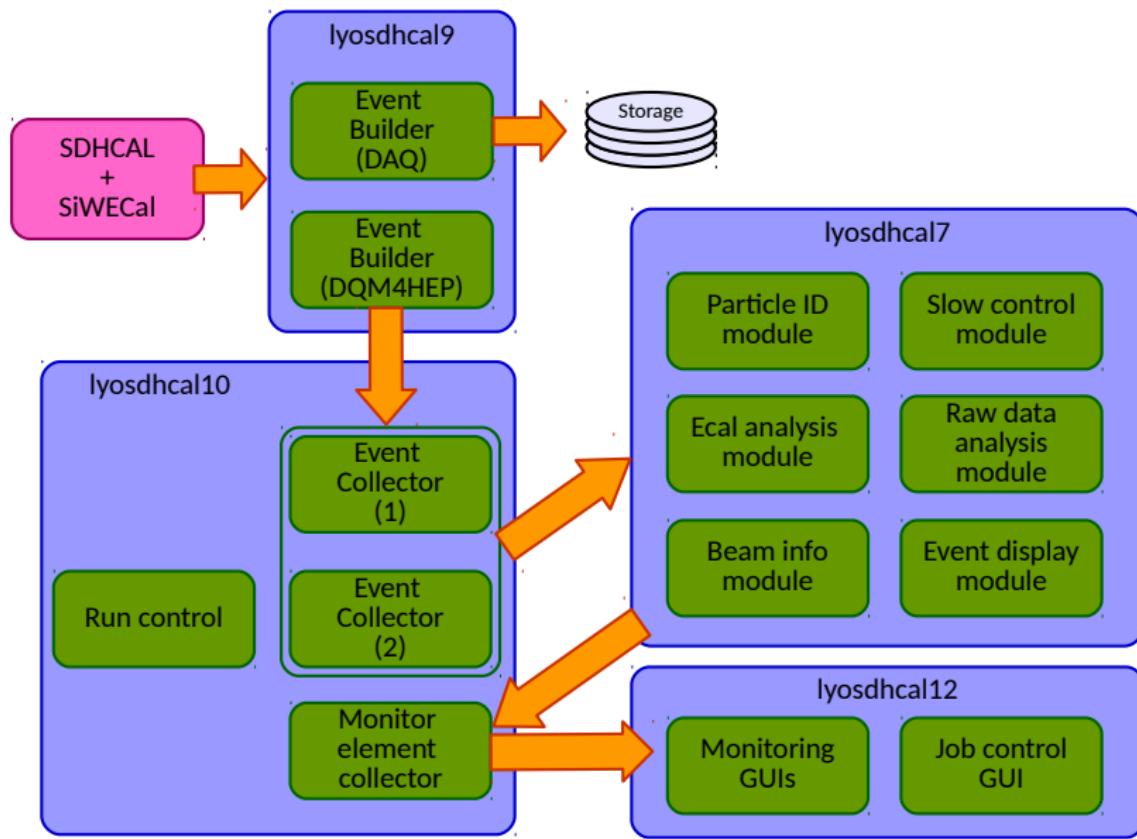
DQM4HEP

Les performances réseau

Serveur/processus sortant		Serveur/processus entrant	Bande passante (MB/s)
lyosdhcal9/Convertisseurs	→	lyosdhcal10/Collecteurs d'événements physique	12
lyosdhcal10/Collecteurs d'événements physique	→	lyosdhcal7/Modules d'analyse de données	41
lyosdhcal7/Modules d'analyse de données	→	lyosdhcal10/Collecteur d'éléments de surveillance	12

Backup

DQM4HEP - Déploiement SiWEcal/SDHCAL



Backup

DQM4HEP - les paquets

