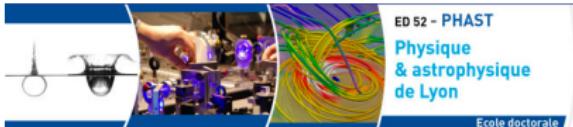


# Développement d'un algorithme de suivi de particules (PFA) pour l'ILC. Outils de surveillance en ligne de qualité de données

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

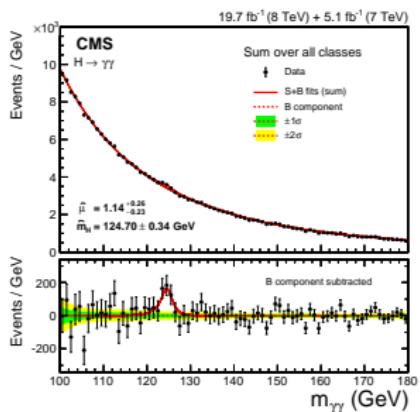
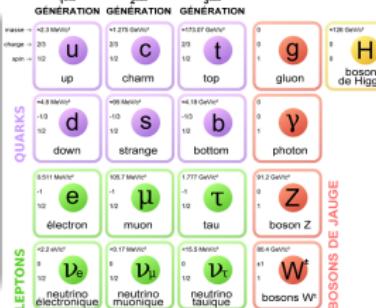
Le modèle standard

## 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

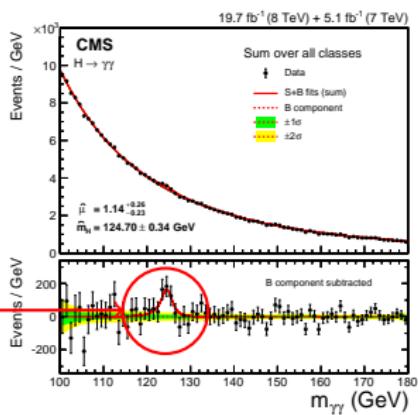
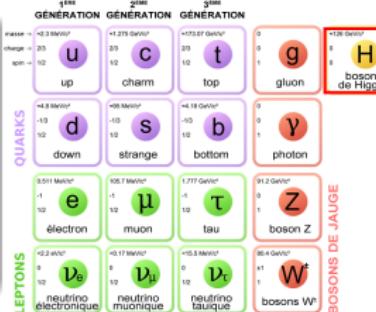
Le modèle standard

## 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 !

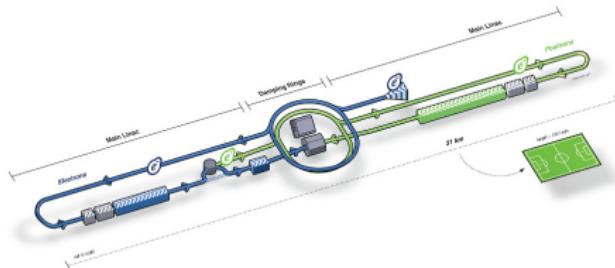
- 12 fermions
- 4 bosons de jauge
- 1 boson de Higgs

## 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 :  $0.75 \cdot 10^{34} - 1.8 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
  - Fréquence de collisions : 5 Hz (contre 40 MHz au LHC)
  - Nb de particules par croisement :  $2 \cdot 10^{10}$
  - Alimentation pulsée

## - Japanese Mountainous Sites -

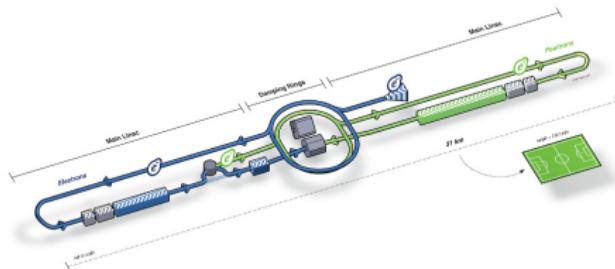


# *ILC Technical Design Report, Vol. 1 Executive Summary*

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	$e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}hh$ $e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}VV$ $e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}t\bar{t}$ $e^+e^- \rightarrow \tilde{t}\tilde{t}^*$	Higgs self-coupling composite Higgs sector composite Higgs and top search for supersymmetry

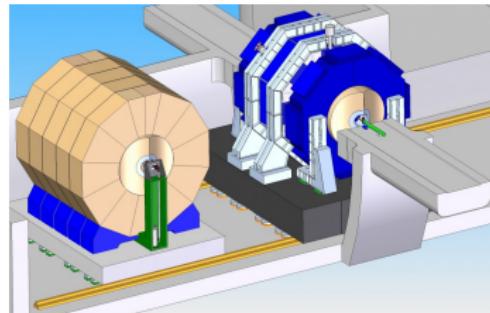
# Contexte théorique et expérimental

ILD et SiD

Deux détecteurs génériques :

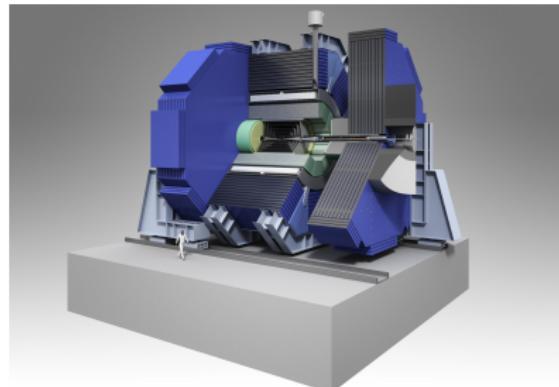
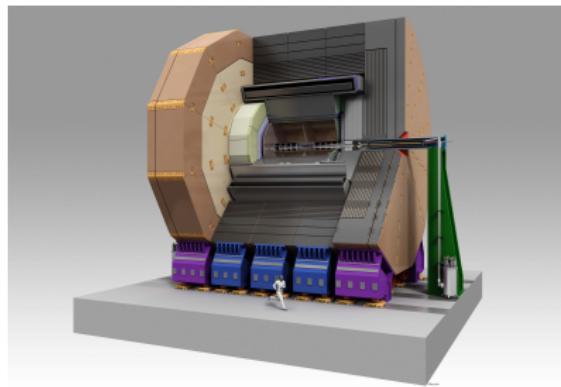
- ILD : TPC, plus large,  $B = 3.5 - 4$  T
- SiD : Tracker en silicium, plus compact,  $B = 5$  T

Installation sur rail coulissant



*ILC Technical Design Report, Vol.4 Detectors*

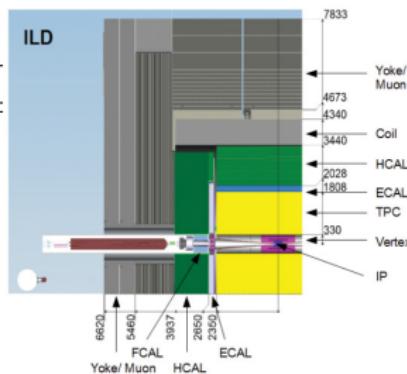
arXiv:1306.6329



# Contexte théorique et expérimental

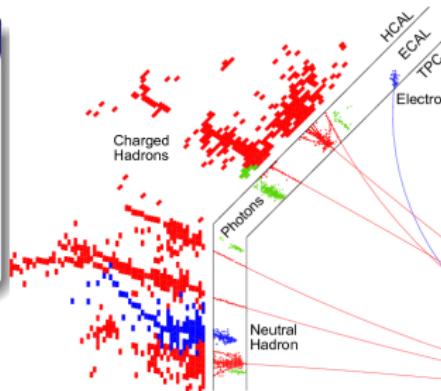
Les sous détecteurs de l'ILD

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



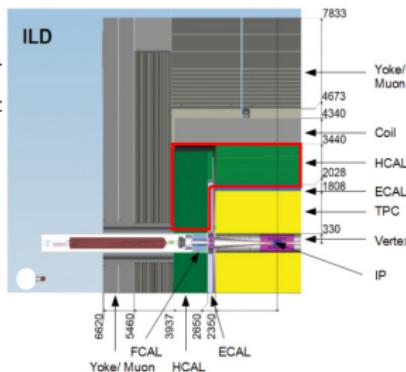
ILC Technical Design Report, Vol.4 Detectors

arXiv:1306.6329

# Contexte théorique et expérimental

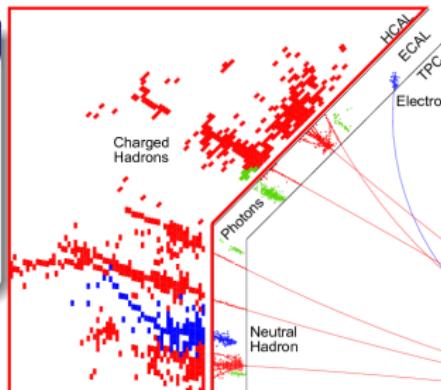
Les sous détecteurs de l'ILD

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



ILC Technical Design Report, Vol.4 Detectors

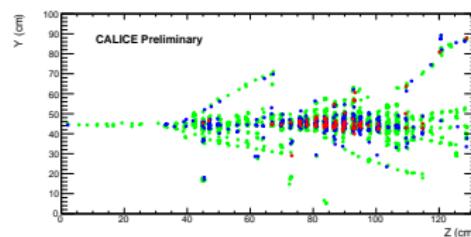
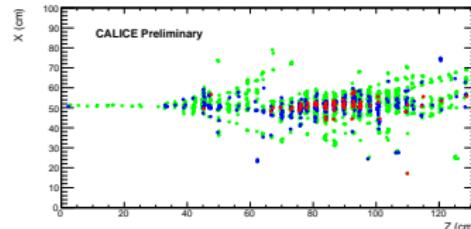
arXiv:1306.6329

# Contexte théorique et expérimental

Le calorimètre hadronique semi-digital

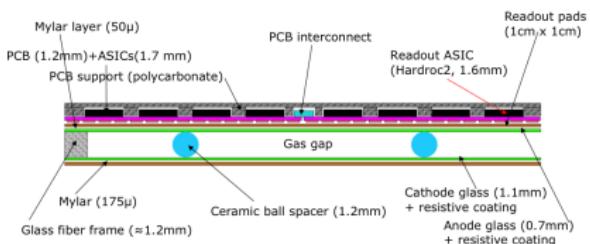
## Semi-Digital Hadron Calorimeter

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



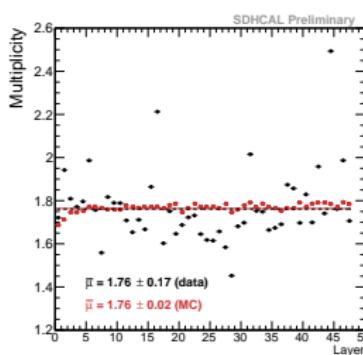
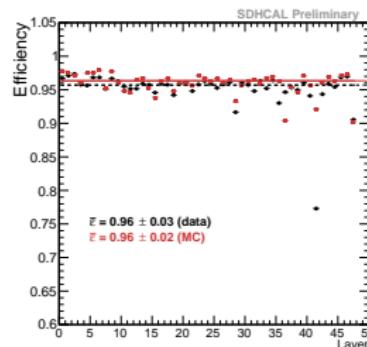
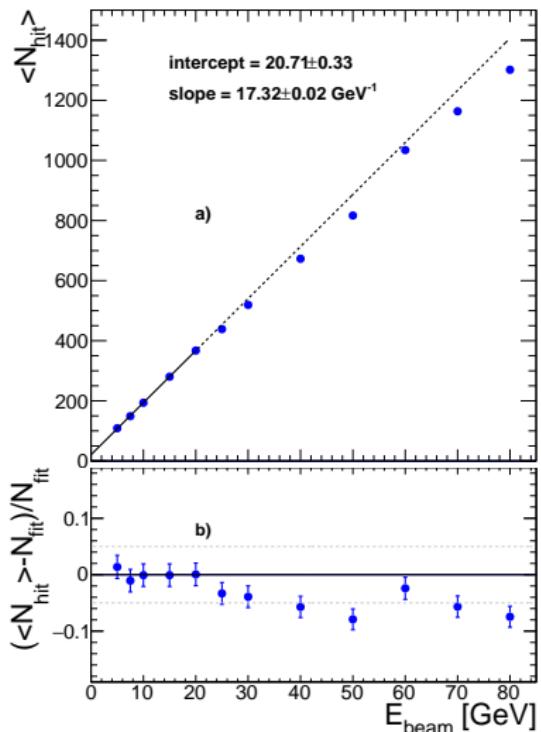
The Calice Collaboration

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  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  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  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  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  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  trois constantes.

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

## Formule quadratique

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

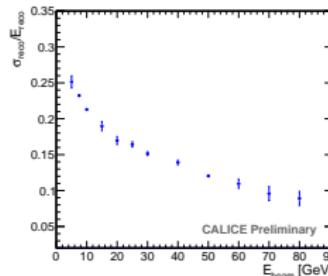
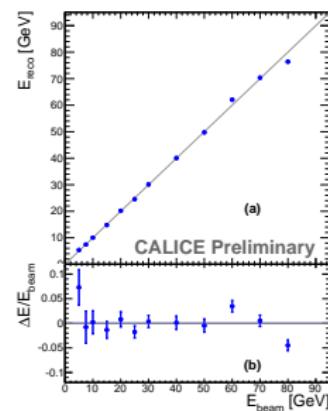
avec :

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

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

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

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

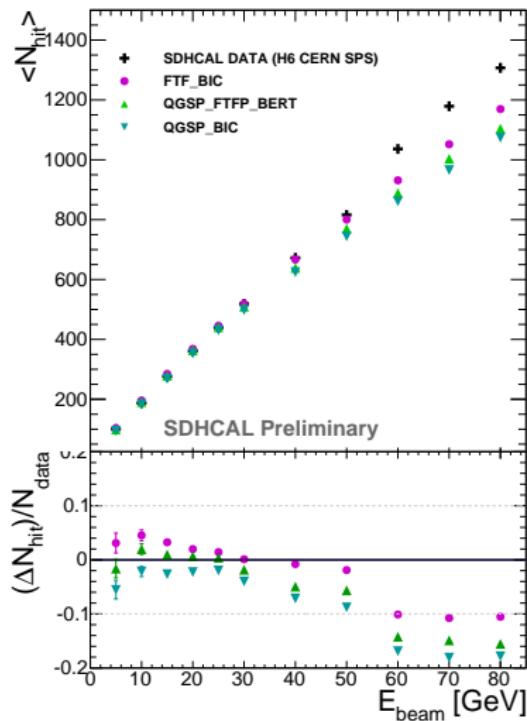
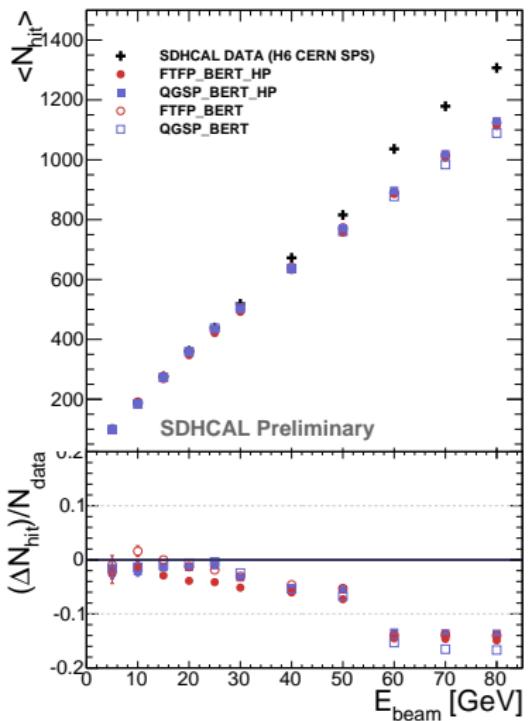


The Calice Collaboration

JINST **11** P04001

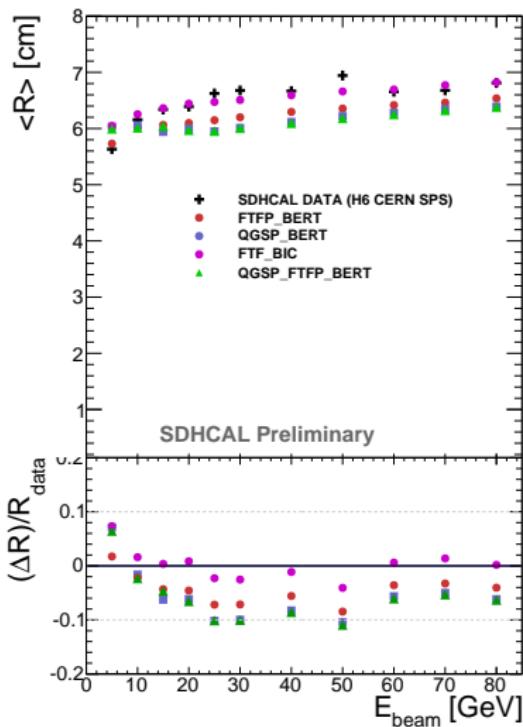
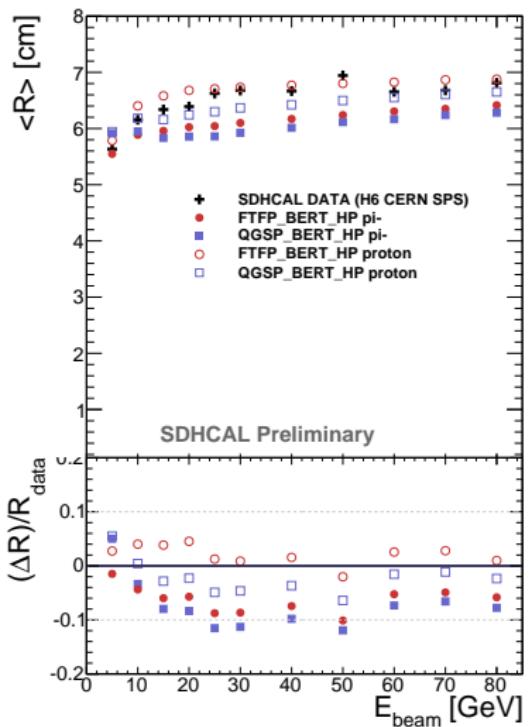
# Contexte théorique et expérimental

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 !**

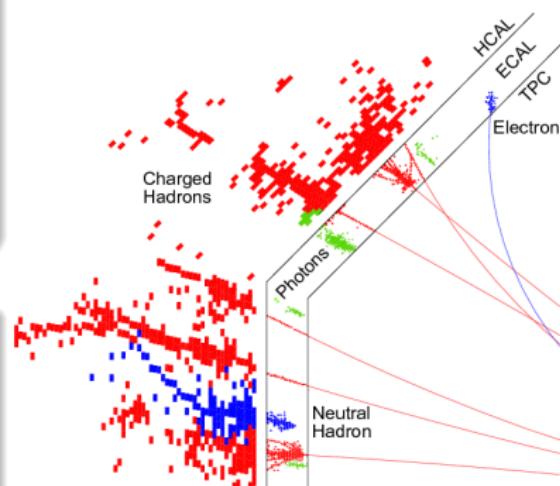
## Sous-détecteurs appropriés

- $e^\pm$  : Tracker
- $h^\pm$  : Tracker
- $\mu^\pm$  : Tracker + chambres à muons
- $\gamma$  : 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

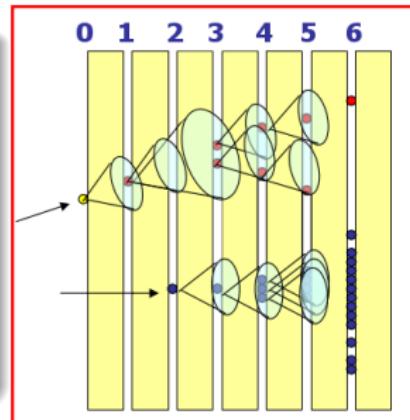
PandoraPFA

# Les algorithmes de suivi de particules

Introduction- PandoraPFA

PandoraPFA

① Clustering en cône récursifs

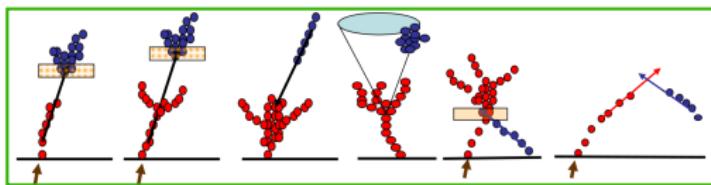
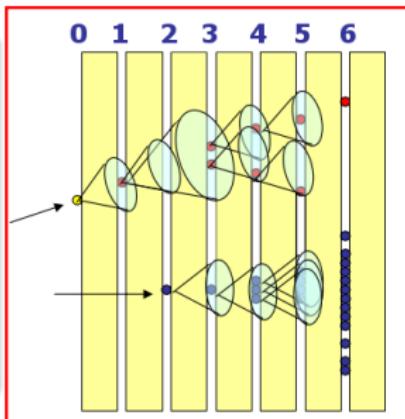


# Les algorithmes de suivi de particules

Introduction- PandoraPFA

## PandoraPFA

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

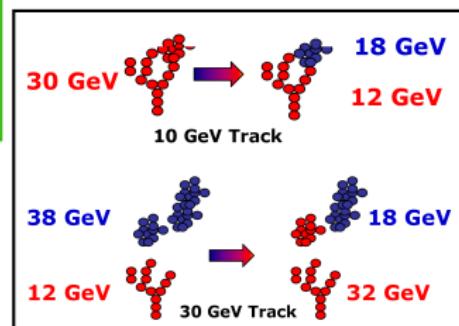
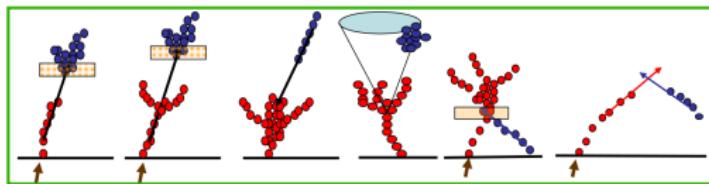
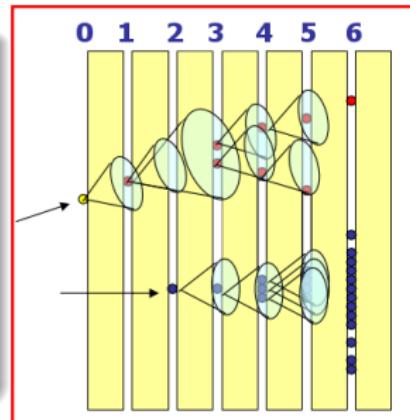


# Les algorithmes de suivi de particules

Introduction- PandoraPFA

## PandoraPFA

- 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

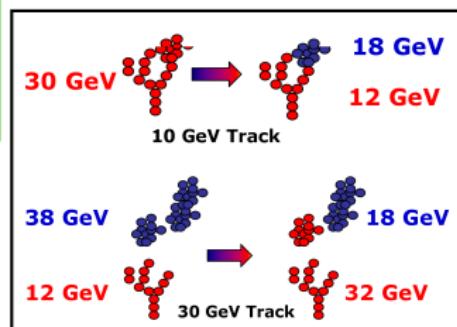
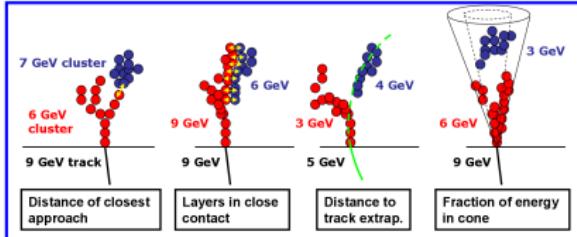
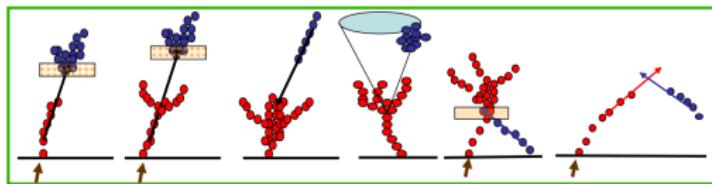
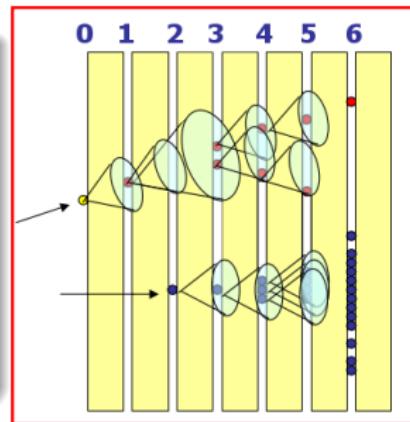


# Les algorithmes de suivi de particules

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*

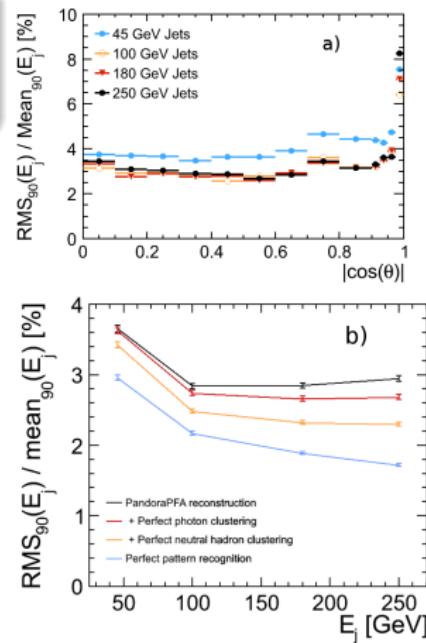


# Les algorithmes de suivi de particules

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

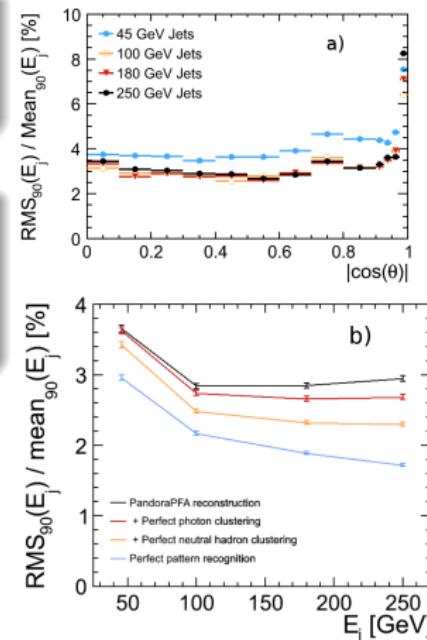
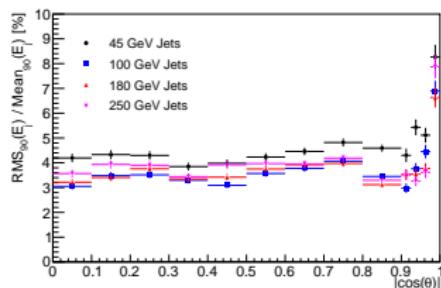
Introduction- les performances de PandoraPFA

## 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



# Les algorithmes de suivi de particules

Principe d'ArborPFA

## Principe

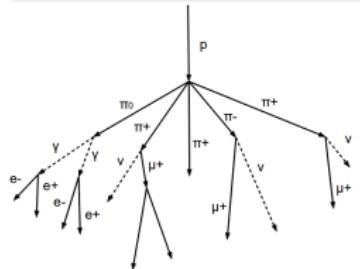
Algorithme de *clustering* basé sur la **topologie en arbre** des gerbes hadroniques.

# Les algorithmes de suivi de particules

Principe d'ArborPFA

## Principe

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



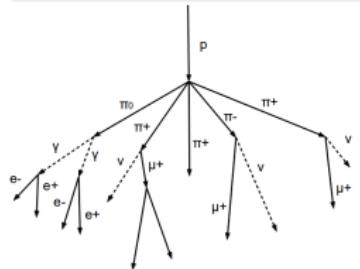
Gerbe hadronique

# Les algorithmes de suivi de particules

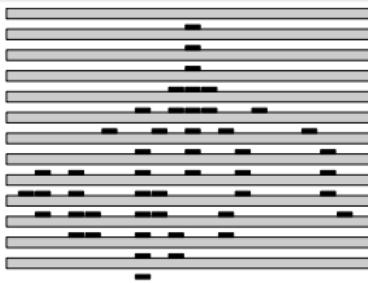
Principe d'ArborPFA

## Principe

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



Gerbe hadronique



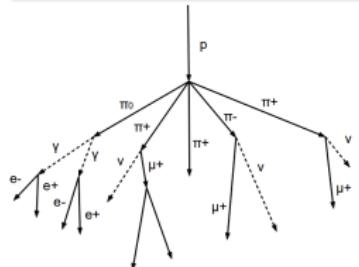
dans un calorimètre

# Les algorithmes de suivi de particules

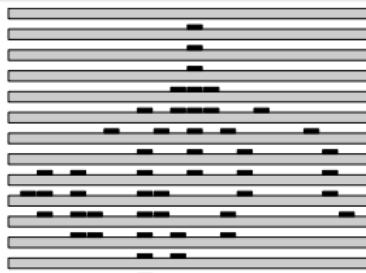
Principe d'ArborPFA

## Principe

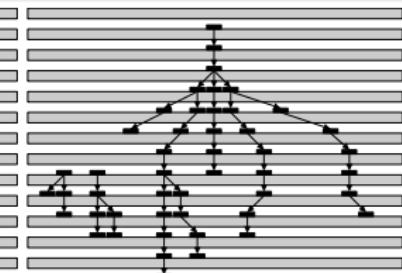
Algorithme de *clustering* basé sur la **topologie en arbre** des gerbes hadroniques.



Gerbe hadronique



dans un calorimètre



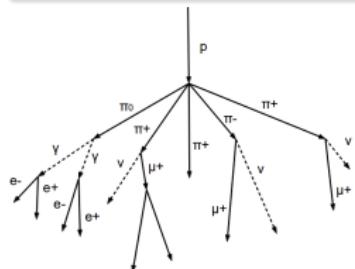
avec ArborPFA

# Les algorithmes de suivi de particules

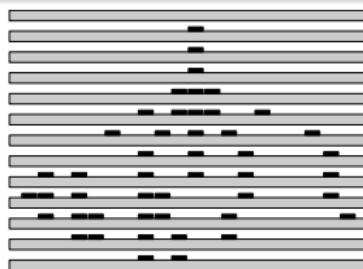
Principe d'ArborPFA

## Principe

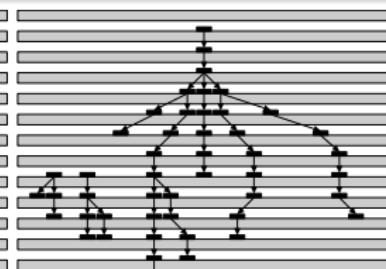
Algorithme de *clustering* basé sur la **topologie en arbre** des gerbes hadroniques.



Gerbe hadronique



dans un calorimètre



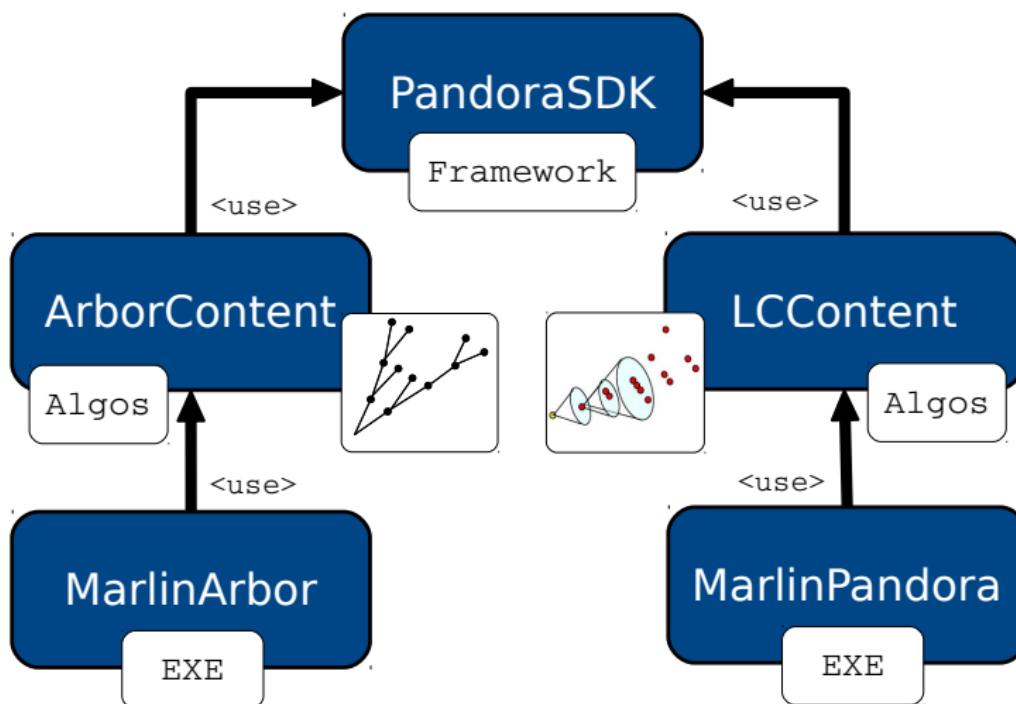
avec ArborPFA

## 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

Principe d'ArborPFA- La partie logicielle



# Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCALE

- Test du principe de l'algorithme
- Habitilité à reconstruire une particule isolée
- Habitilité 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)

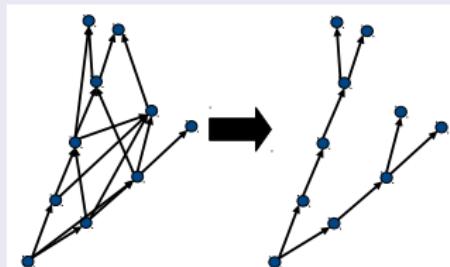
# Les algorithmes de suivi de particules

ArborPFA pour le SDHCALE

- Test du principe de l'algorithme
- Habitilité à reconstruire une particule isolée
- Habitilité 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 détecteur ILD

# 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 commun ??

# 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

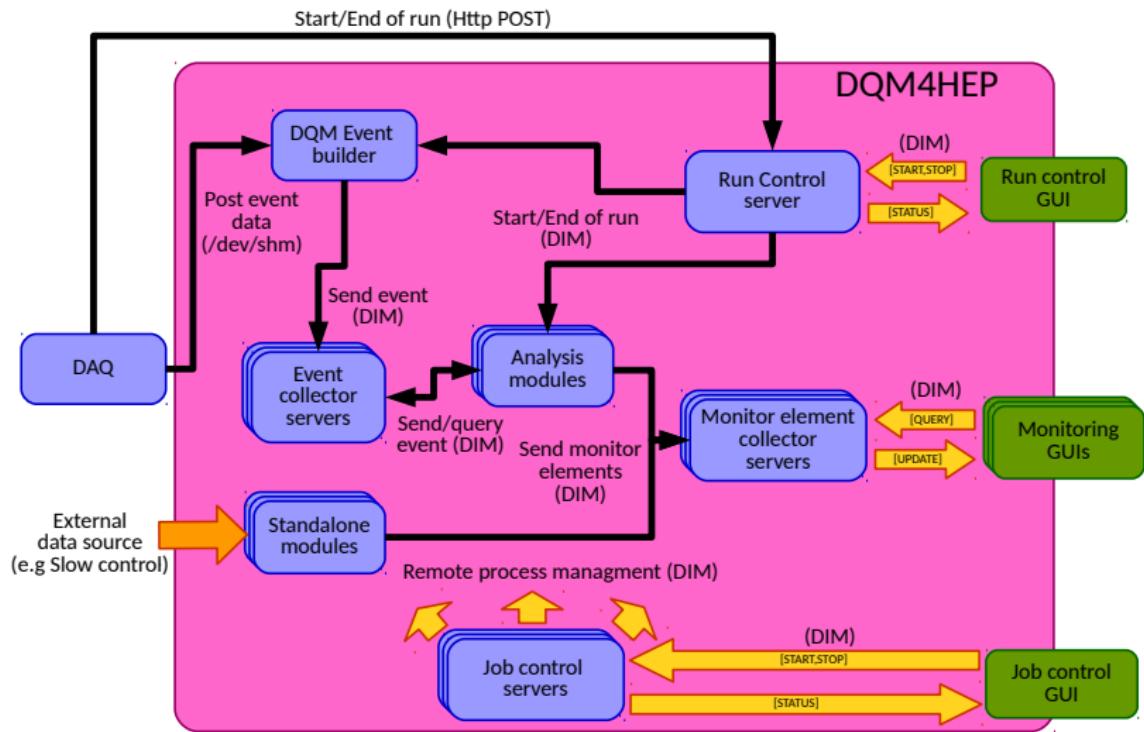
- Nouveau logiciel : DQM4HEP (*Data Quality Monitoring for High Energy Physics*)
- Regroupement des fonctionnalités communes des différents logiciels
- **Abstraction des autres fonctionnalités**

## 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)

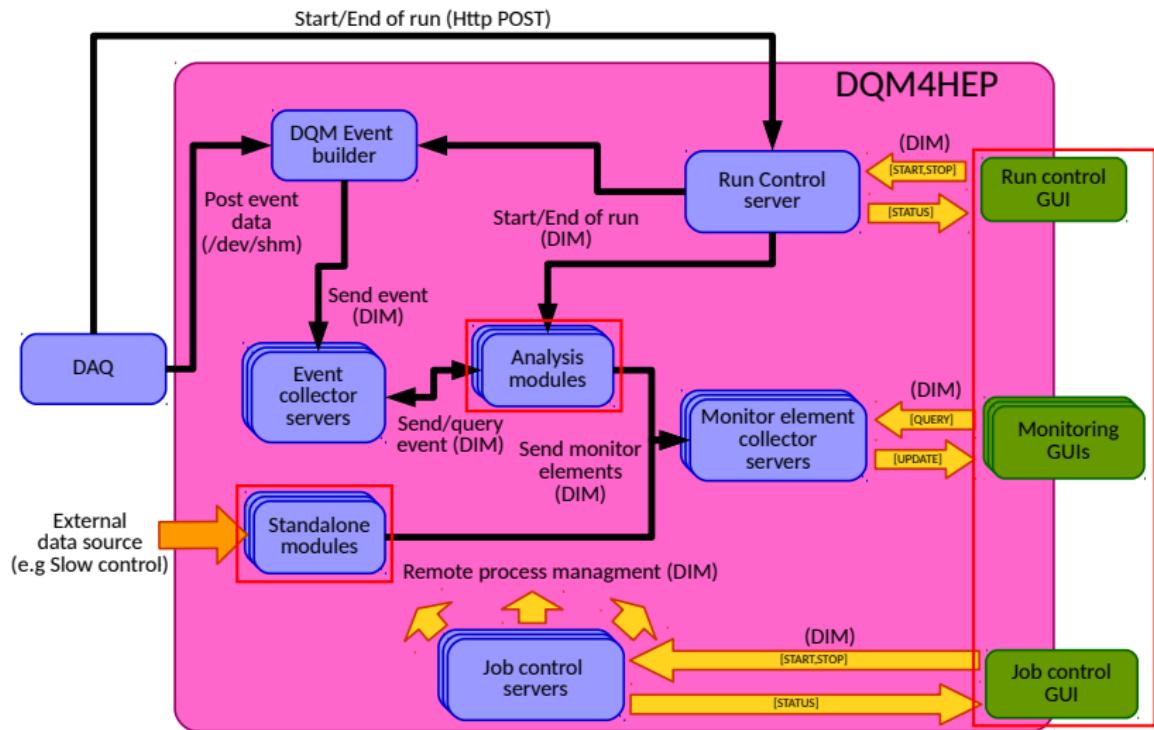
# Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- architecture logicielle



# Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- architecture logicielle

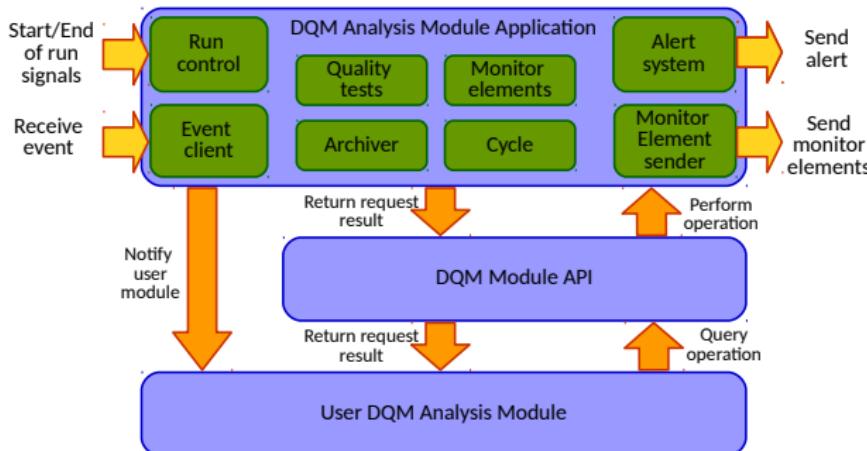


# Logiciel de surveillance de données

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

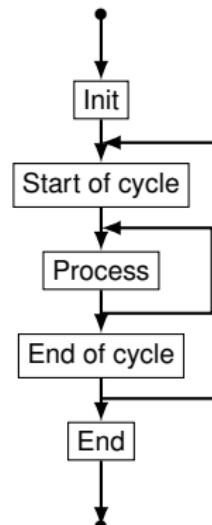
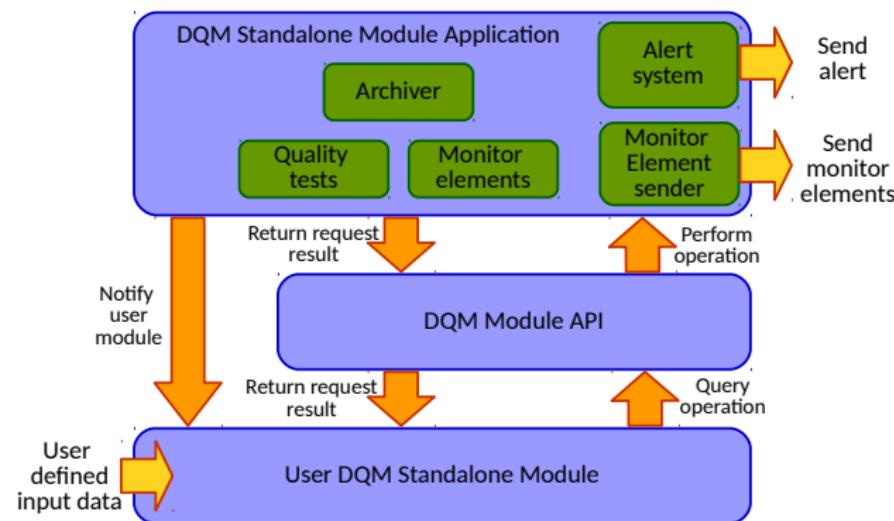


# Logiciel de surveillance de données

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)

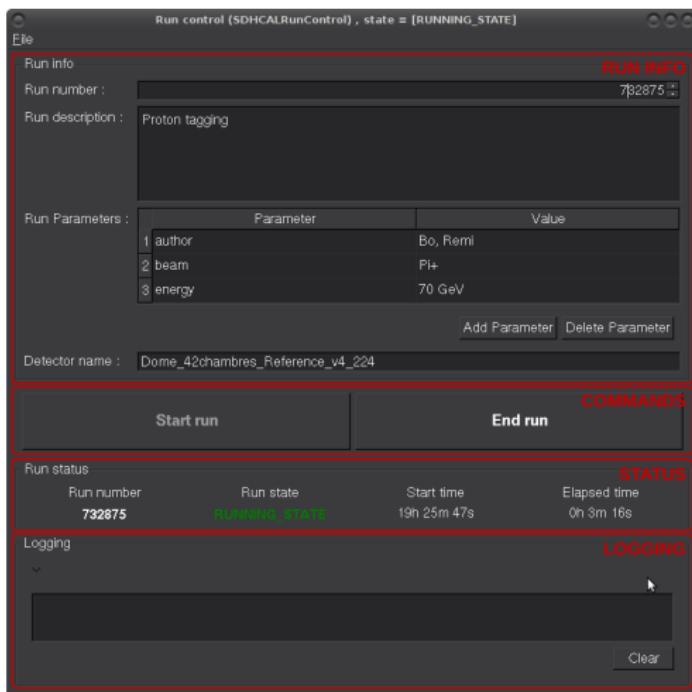


# Logiciel de surveillance de données

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

**AUTOMATIC UPDATES**

Job interface			
STOP		KILL	
Update period (secs) : 2		METHOD Set Kill Method [INT (Interrupt): 2]	
Job Control	Program Name	PID	Status
iyosdhal10			
+ DQMRunControl	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_run_control_server	11045	S (sleeping)
+ EventCollector	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_event_collector	12154	S (sleeping)
+ EventCollector_2	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_event_collector	12157	S (sleeping)
+ MonitorElementCollector	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_monitor_element_collector	12164	S (sleeping)
iyosdhal7			
+ AsicAnalysisModule	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31189	R (running)
+ ECalAnalysisModule	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31251	R (running)
+ EventDisplayModule	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31268	D (disk sleep)
+ HoughTransformModule	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module		X (dead)
+ ParticleIDModule	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module		X (dead)
+ BeamAnalysisModule	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31280	R (running)
+ HitAnalysisModule	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31292	D (disk sleep)
+ RawAnalysisModule	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_analysis_module	31301	R (running)
+ SlowControlModule	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_standalone_module	31308	R (running)
iyosdhal9			
+ ShmDriver	/opt/dqmsoftware/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_shm_driver	21002	S (sleeping)

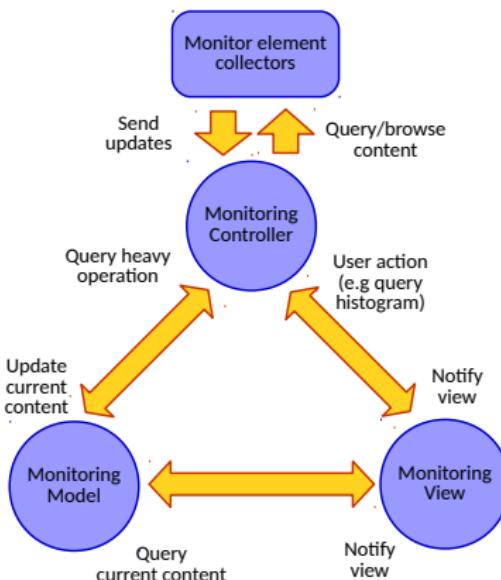
ARGS and ENV

# Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- surveillance par les opérateurs

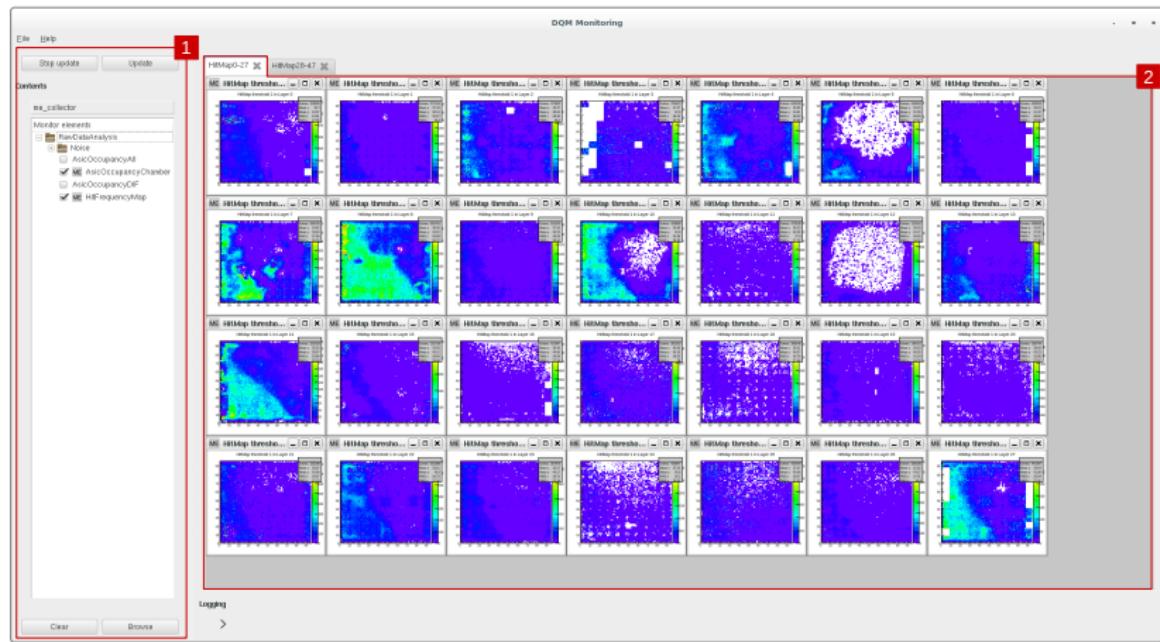
## Interface pour les opérateurs

- 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)



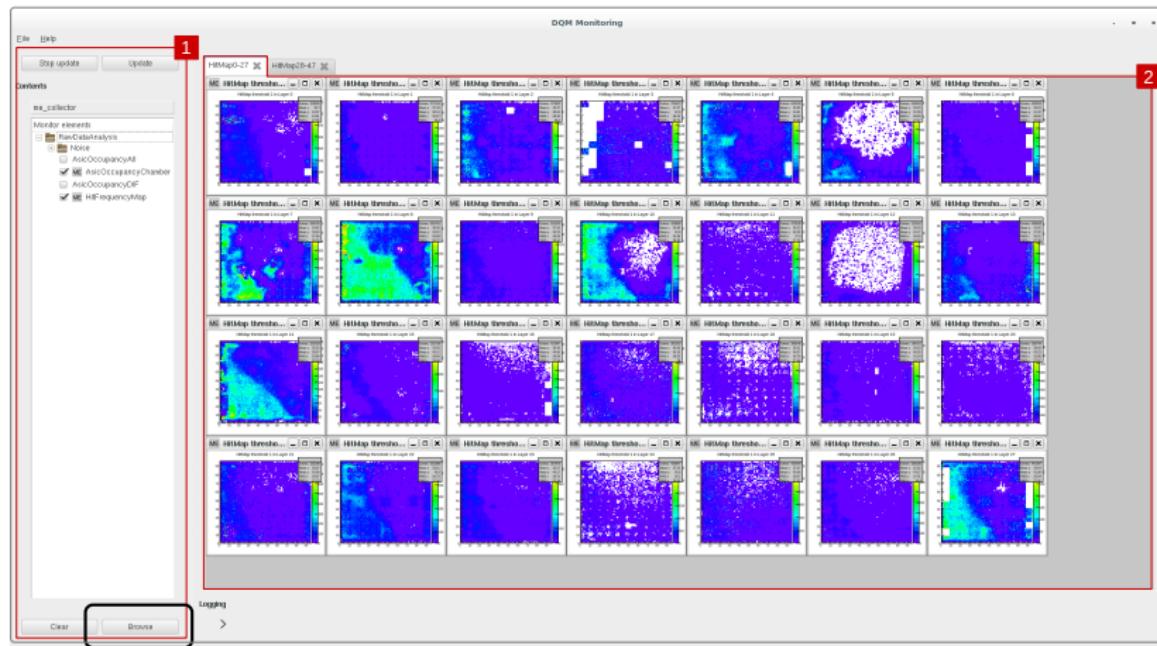
# Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- surveillance par les opérateurs (GUI)



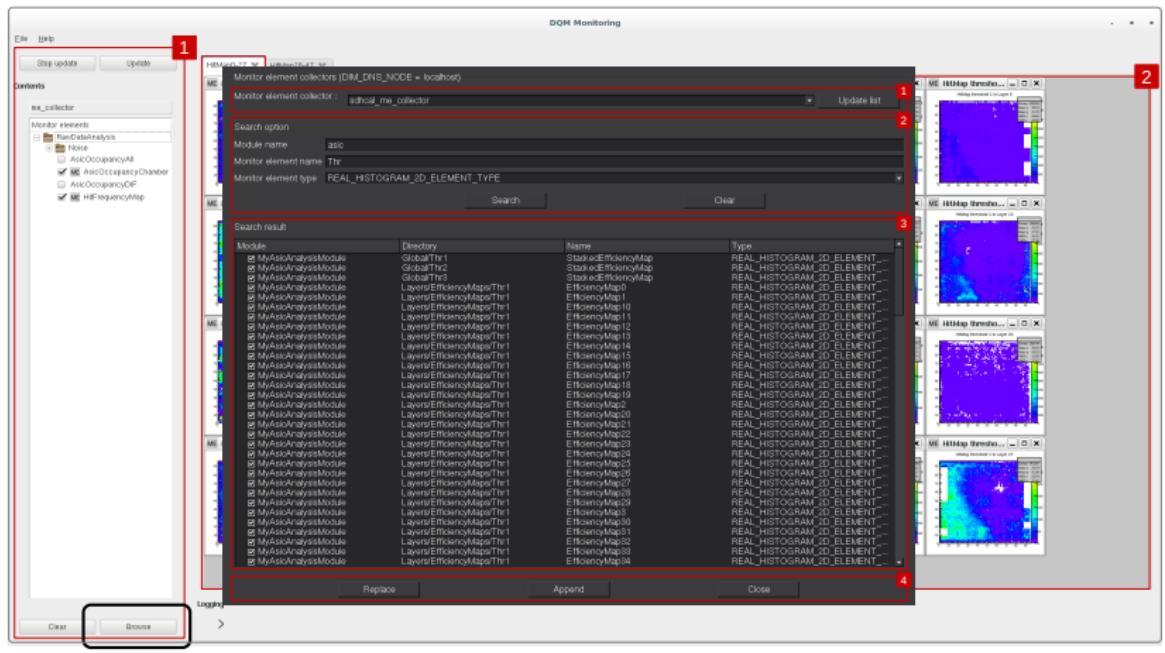
# Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- surveillance par les opérateurs (GUI)



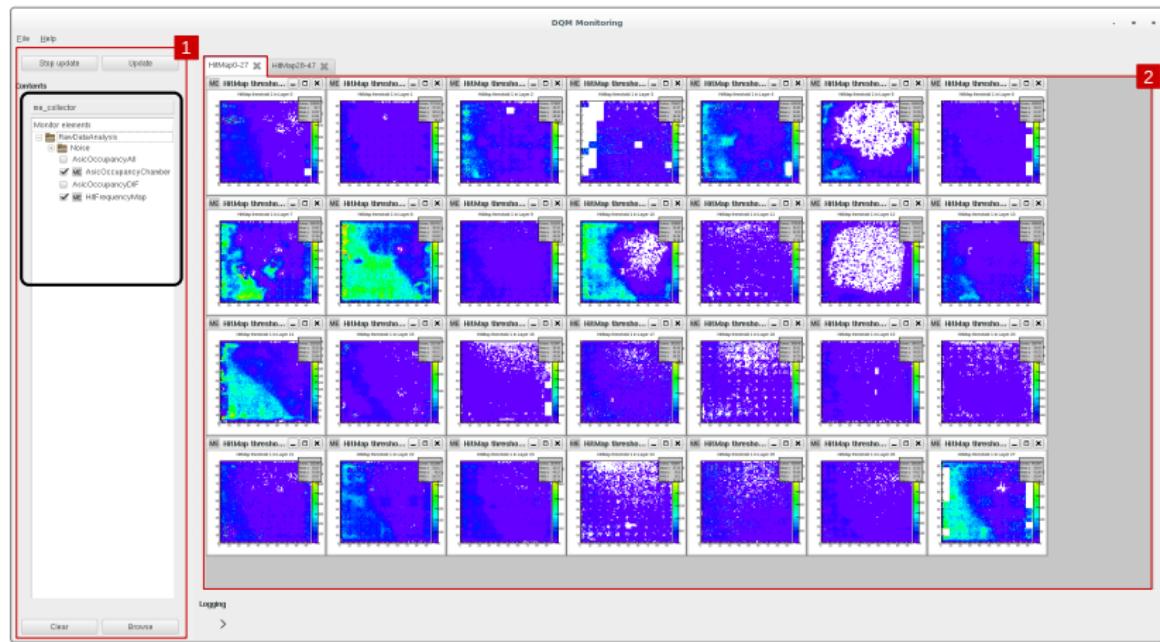
# Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- surveillance par les opérateurs (GUI)



# Logiciel de surveillance de données

Logiciel DQM4HEP- surveillance par les opérateurs (GUI)

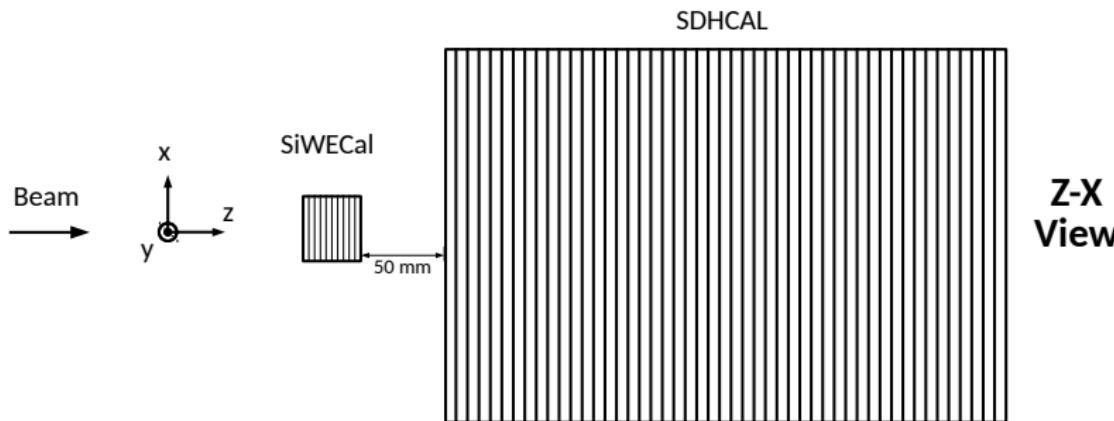


# Logiciel de surveillance de données

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 SDHCALE

## Le format de données

- Format LCIO
- Sérialisation implémentée (LCIOTreamer)

## 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
- 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

## 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

## DQM4HEP

- Les logiciels de DQM 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 généricté du logiciel à l'aide d'un gestionnaire de plug-in
- Une solution spécifique pour 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 de nombreux points.
- Résultats présentés à IEEE (poster) et publiés dans un *conference record* (TODO : mettre la référence)
- Le rapport du projet européen AIDA 2020 recommande l'utilisation de ce logiciel pour les tests sur faisceaux (TODO : à rephraser + compléter + ajouter référence)

# 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
- Implémentation d'un *Online event display*
- Rédaction d'une documentation développeur/utilisateur/opérateur

Merci pour votre attention !

# 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	<b>32.4</b>
<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	<b>1061870</b>	<b>638328</b>	<b>7.79</b>	7.76

# Backup

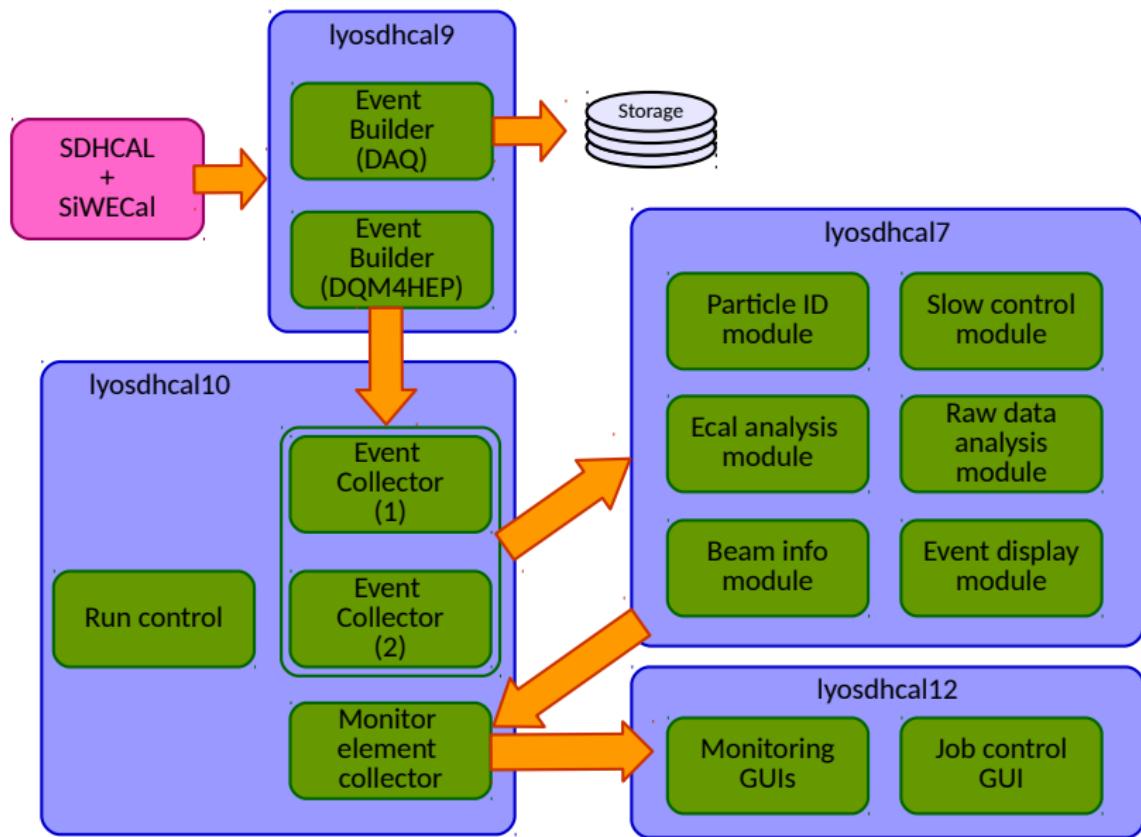
DQM4HEP

## 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

