

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

Séminaire de 2ième année

Eté Rémi

Université Claude Bernard Lyon 1
Institut de Physique Nucléaire de Lyon

9 octobre 2015



Sommaire

1 Introduction

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

2 Algorithme de suivi de particules

- Introduction
- ArborPFA
- Performance - Hadron seul
- Performance - Deux hadrons superposés

3 Monitoring de qualité de données

- Introduction
- DQM4HEP
- Implémentation pour le SDHCAL

4 Conclusion et perspectives

Introduction

1 Introduction

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

2 Algorithme de suivi de particules

- Introduction
- ArborPFA
- Performance - Hadron seul
- Performance - Deux hadrons superposés

3 Monitoring de qualité de données

- Introduction
- DQM4HEP
- Implémentation pour le SDHCAL

4 Conclusion et perspectives

Introduction

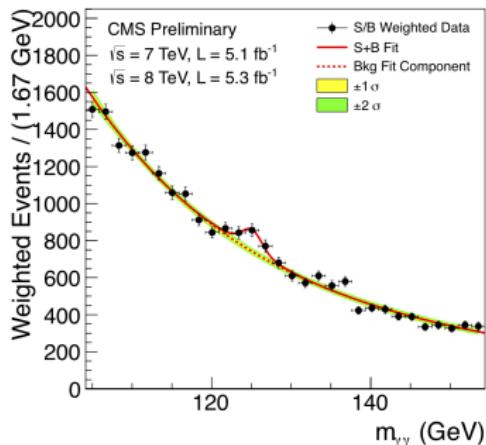
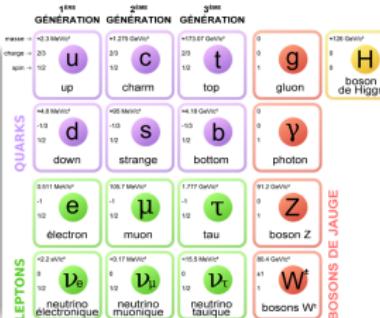
Le modèle standard

Le modèle standard

Théorie unifiant 3 des 4 interactions fondamentales

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

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



Des familles et des générations !

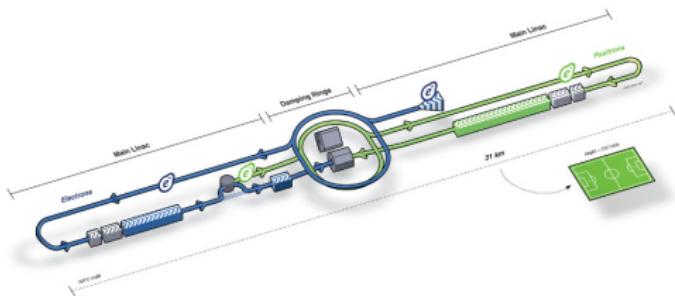
- 12 fermions
 - 4 bosons de jauge
 - 1 boson de Higgs

Modèle incomplet

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

Introduction

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



Introduction

Le programme physique

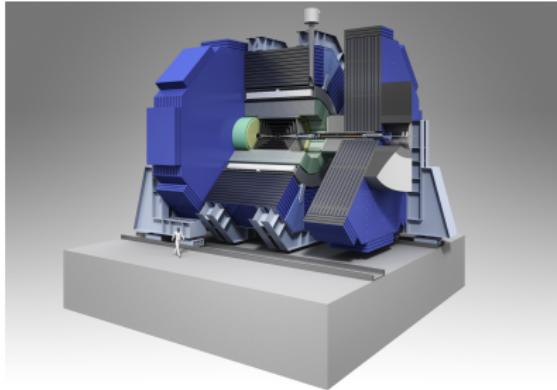
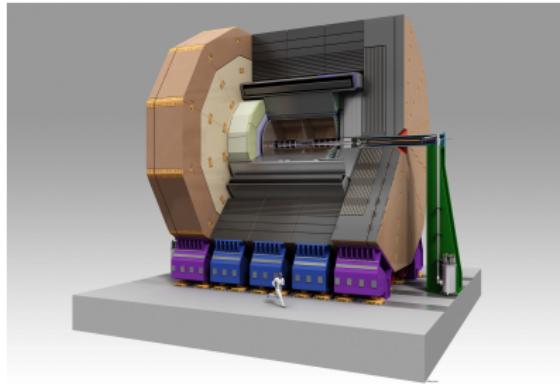
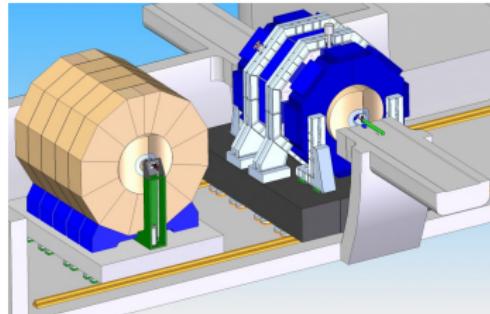
| Energy | Reaction | Physics Goal |
|--------------|---|---|
| 91 GeV | $e^+e^- \rightarrow Z$ | ultra-precision electroweak |
| 160 GeV | $e^+e^- \rightarrow WW$ | ultra-precision W mass |
| 250 GeV | $e^+e^- \rightarrow Zh$ | precision Higgs couplings |
| 350–400 GeV | $e^+e^- \rightarrow t\bar{t}$ $e^+e^- \rightarrow WW$ $e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}h$ | 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 |

Introduction ILD et SiD

Deux détecteurs génériques :

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

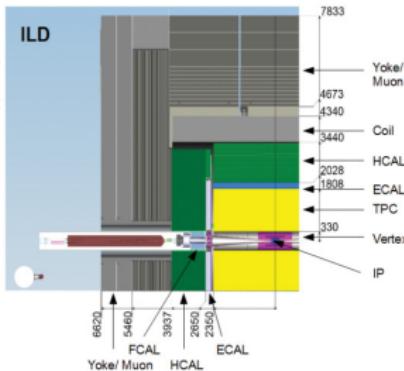
Installation sur rail coulissant



Introduction

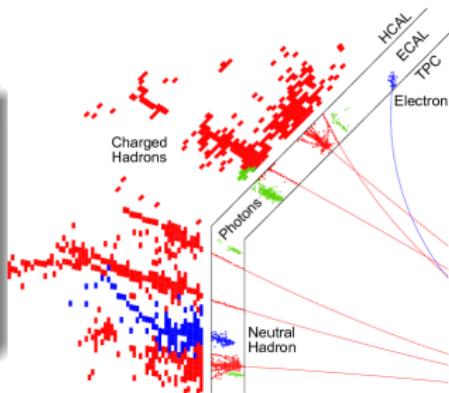
Les sous détecteurs de l'ILD

| 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 μm < 0.15 % X_0 /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 : $1 \times 1 \text{ cm}^2$



Introduction

Le calorimètre hadronique semi-digital

Semi-Digital Hadron Calorimeter

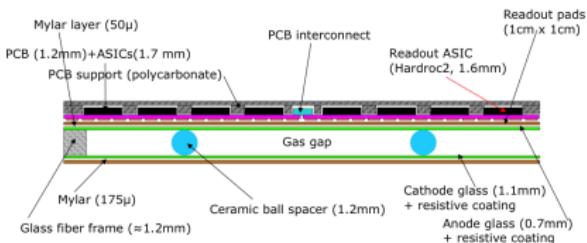
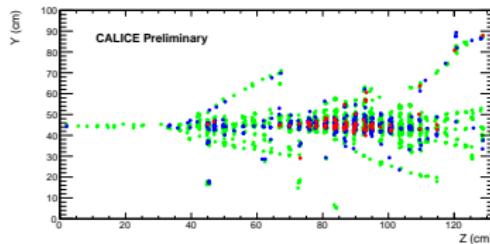
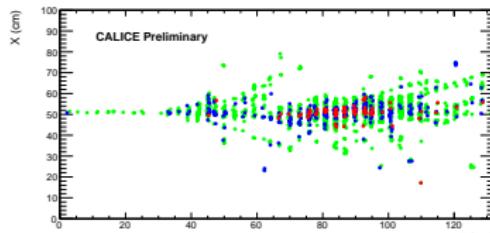
- Calorimètre à échantillonnage
- 48 plans :

 - Absorber en acier
 - Milieu sensitif : GReC

- Segmentation :

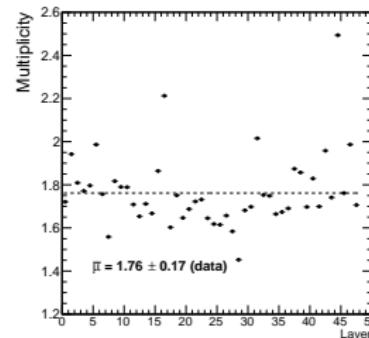
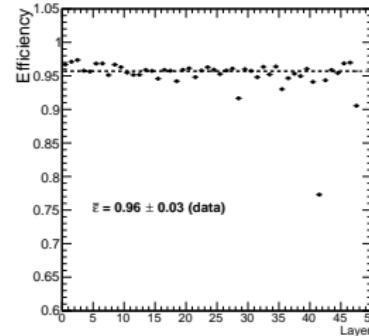
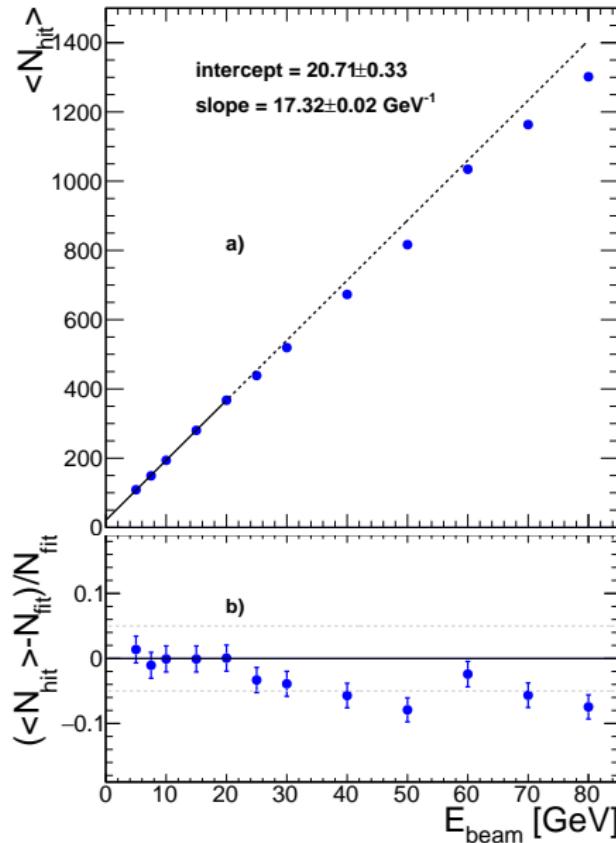
 - Transverse : 1 cm²
 - Longitudinale : 2.67 cm (abs. + sens)

- Lecture semi-digitale à 3 seuils



Introduction

Performances du SDHCAL



A. Steen [CAN-053. EB]

Introduction

Performances du SDHCAL

Reconstruction de l'énergie

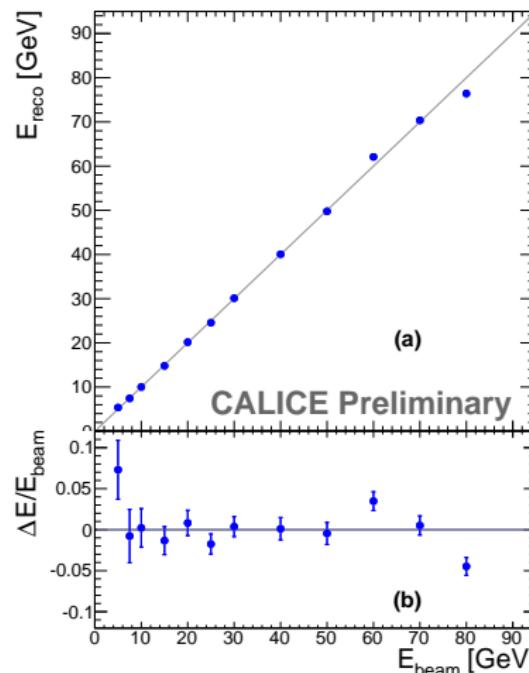
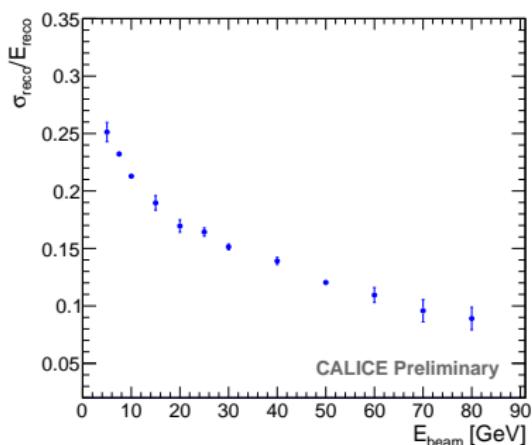
$$E = \alpha(NHit) \cdot N_1 + \beta(NHit) \cdot N_2 + \gamma(NHit) \cdot N_3 \quad (1)$$

avec :

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

$$\beta(NHit) = \beta_1 + \beta_2 \cdot NHit + \beta_3 \cdot NHit^2 \quad (3)$$

$$\gamma(NHit) = \gamma_1 + \gamma_2 \cdot NHit + \gamma_3 \cdot NHit^2 \quad (4)$$



Algorithme de suivi de particules

1 Introduction

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

2 Algorithme de suivi de particules

- Introduction
- ArborPFA
- Performance - Hadron seul
- Performance - Deux hadrons superposés

3 Monitoring de qualité de données

- Introduction
- DQM4HEP
- Implémentation pour le SDHCAL

4 Conclusion et perspectives

Algorithme de suivi de particules

Introduction

Définition

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

Algorithme de suivi de particules

Introduction

Définition

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

PFA = Logiciel + DéTECTEUR !!

Algorithme de suivi de particules

Introduction

Définition

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

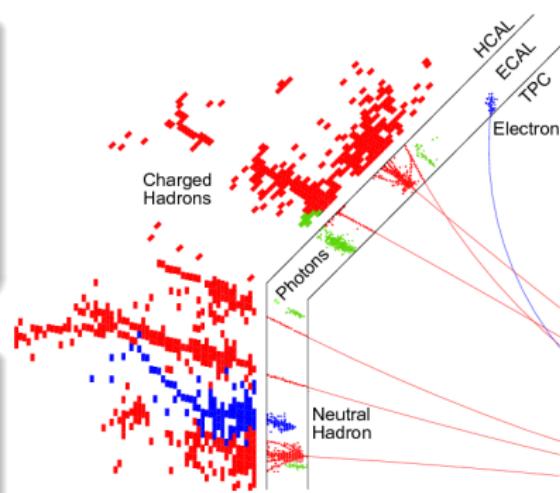
$$\text{PFA} = \text{Logiciel} + \text{Détecteur !!}$$

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

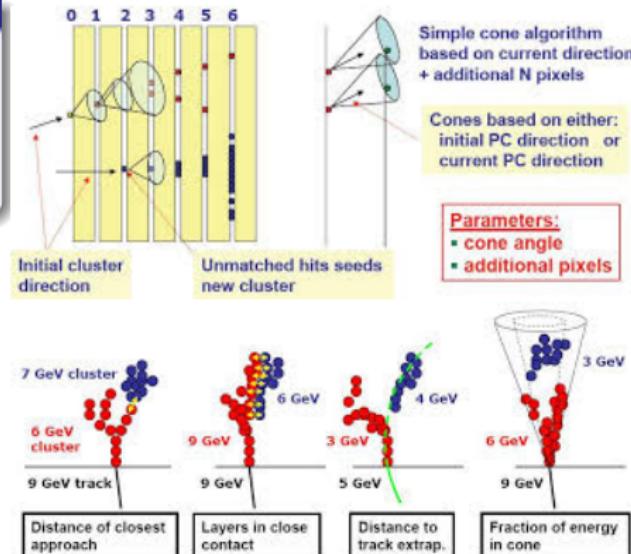
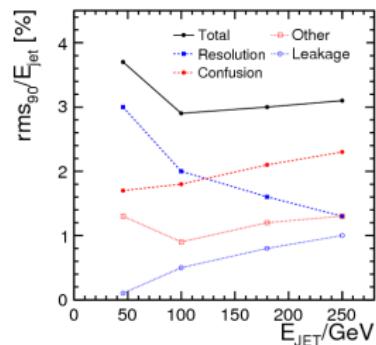


Algorithme de suivi de particules

Introduction

Pandora PFA

- Clustering en cone
- Associations cluster-cluster, track-cluster
- Reclustering statistique

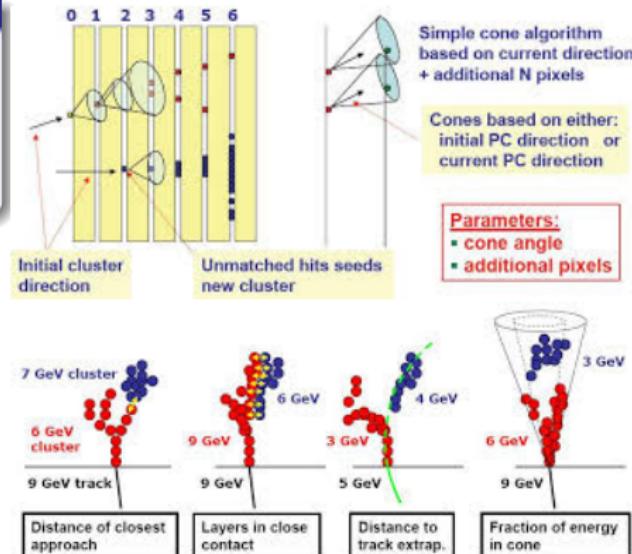
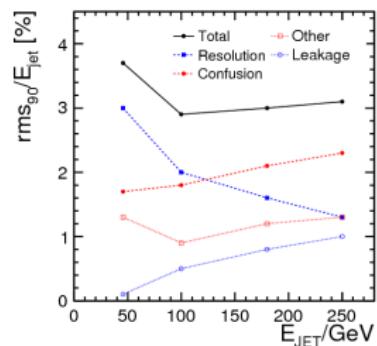


Algorithme de suivi de particules

Introduction

Pandora PFA

- Clustering en cone
- Associations cluster-cluster, track-cluster
- Reclustering statistique



Mais ...

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

Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Principe

Principe

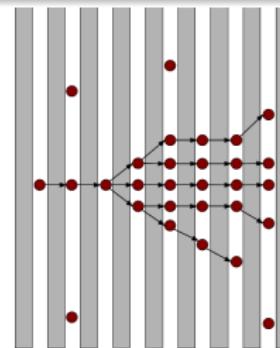
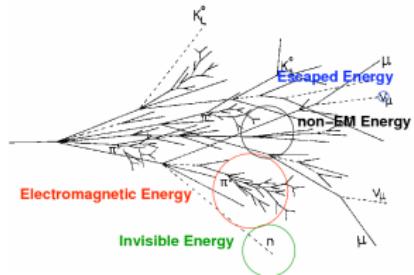
Algorithme de reconstruction basé sur la **topologie en arbre** des gerbes hadroniques.

Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Principe

Principe

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

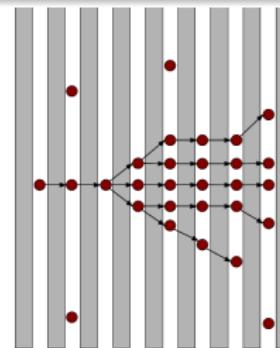
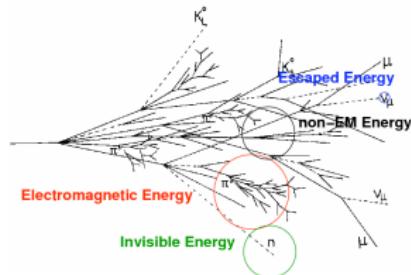


Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Principe

Principe

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



Quelques définitions

- **Objet** : *Noeud* relié par un ou plusieurs connecteurs (+ objets racines et feuilles)
 - **Connecteur** : *Lien* orienté liant deux objets
 - **Direction de flux** : Orientation du connecteur, vers l'avant ou l'arrière
 - **Arbre** : Ensemble d'objets reliés par des connecteurs. Pour chaque objet :
 - 0 ou 1 connecteur vers l'arrière
 - 0 ou plusieurs connecteurs vers l'avant
- Implique une solution d'arbre unique

Algorithme de suivi de particules

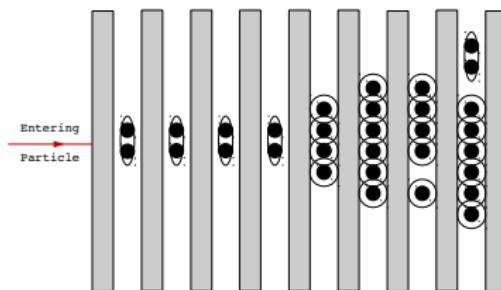
ArborPFA- Les algorithmes

① Création d'objets

- Crée des objets, prêt à être connecter
 - Clustering PV dans chaque plan
 - Si taille du cluster ≤ 4 , cluster = 1 objet
 - Si taille du cluster > 4 , chaque hit du cluster = 1 objet

Permet de :

- s'affranchir de la multiplicité dans le SDHCAL
- réduire la taille du problème
 $N_{\text{Hit}} \rightarrow N_{\text{Object}} (< N_{\text{Hit}})$
- accélérer le traitement des connexions



Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

Construction des arbres

Phase d'itération :

- Création de connecteurs entre objets (seeding)
- Nettoyage des connecteurs pour obtenir une structure en arbre (cleaning)

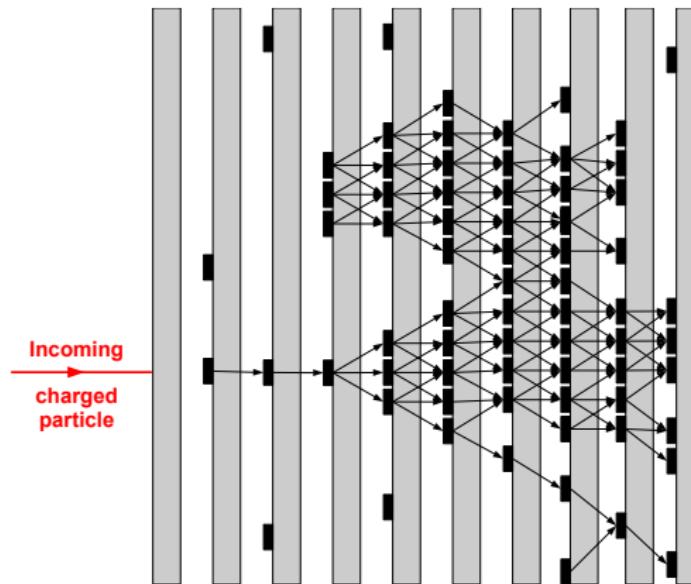
Idée générale : créer une première structure en arbre globale puis altérer cette structure en créant d'autre connexions plus optimisées.

Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

② Création des connecteurs 1

- Pour chaque objet, on cherche les objets proches dans les 3 plans suivants à une distance maximale de 45 mm et on créer une connexion pour chacun d'entre eux.

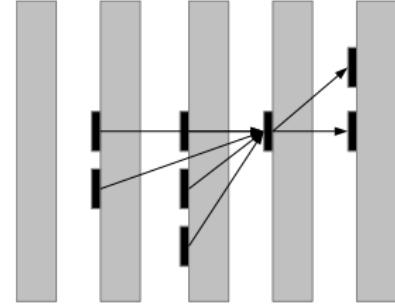


Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

③ Nettoyage des connecteurs 1

- Nettoyage des connecteurs pour former une structure en arbre.



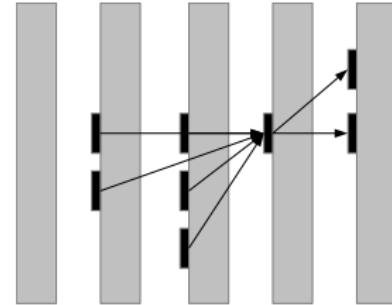
Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

③ Nettoyage des connecteurs 1

- Nettoyage des connecteurs pour former une structure en arbre.

Pour chaque objet :



Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

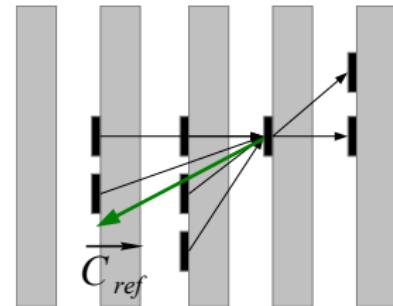
③ Nettoyage des connecteurs 1

- Nettoyage des connecteurs pour former une structure en arbre.

Pour chaque objet :

- Calcul de la direction de référence :

$$\vec{C}_{ref} = w_{bck} \cdot \sum_{\sigma} \sum_b \vec{c}_{b,\sigma} - w_{fwd} \cdot \sum_{\delta} \sum_f \vec{c}_{f,\delta} \quad (5)$$



Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

③ Nettoyage des connecteurs 1

- Nettoyage des connecteurs pour former une structure en arbre.

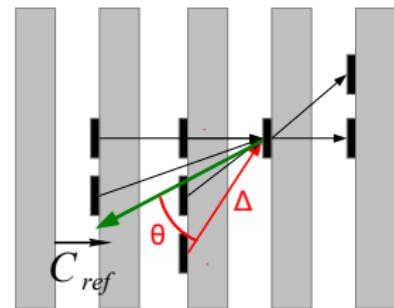
Pour chaque objet :

- Calcul de la direction de référence :

$$\vec{C}_{ref} = w_{bck} \cdot \sum_{\sigma} \sum_b \vec{c}_{b,\sigma} - w_{fwd} \cdot \sum_{\delta} \sum_f \vec{c}_{f,\delta} \quad (5)$$

- Pour chaque objet connecté en arrière, on définit le paramètre d'ordre κ :

$$\kappa = \left(\frac{\theta}{\pi}\right)^{p_\theta} \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta_{max}}\right)^{p_\Delta} \quad (6)$$



Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

③ Nettoyage des connecteurs 1

- Nettoyage des connecteurs pour former une structure en arbre.

Pour chaque objet :

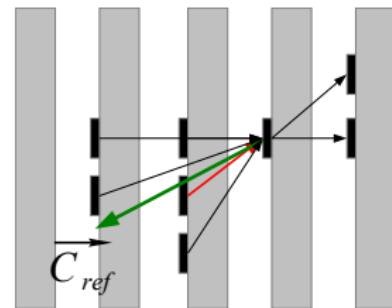
- Calcul de la direction de référence :

$$\vec{C}_{ref} = w_{bck} \cdot \sum_{\sigma} \sum_b \vec{c}_{b,\sigma} - w_{fwd} \cdot \sum_{\delta} \sum_f \vec{c}_{f,\delta} \quad (5)$$

- Pour chaque objet connecté en arrière, on définit le paramètre d'ordre κ :

$$\kappa = \left(\frac{\theta}{\pi}\right)^{p_\theta} \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta_{max}}\right)^{p_\Delta} \quad (6)$$

- Le connecteur vers l'arrière avec le **paramètre κ minimal** est gardé.



Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

③ Nettoyage des connecteurs 1

- Nettoyage des connecteurs pour former une structure en arbre.

Pour chaque objet :

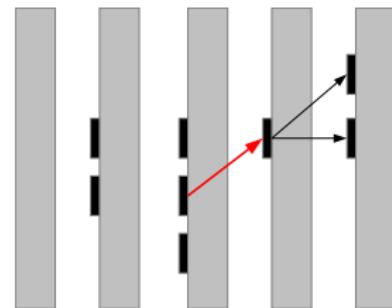
- Calcul de la direction de référence :

$$\vec{C}_{ref} = w_{bck} \cdot \sum_{\sigma} \sum_b \vec{c}_{b,\sigma} - w_{fwd} \cdot \sum_{\delta} \sum_f \vec{c}_{f,\delta} \quad (5)$$

- Pour chaque objet connecté en arrière, on définit le paramètre d'ordre κ :

$$\kappa = \left(\frac{\theta}{\pi}\right)^{p_\theta} \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta_{max}}\right)^{p_\Delta} \quad (6)$$

- Le connecteur vers l'arrière avec le **paramètre κ minimal** est gardé.
- A la fin de l'algorithme**, on supprime tous les autres connecteurs.



Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

③ Nettoyage des connecteurs 1

- Nettoyage des connecteurs pour former une structure en arbre.

Pour chaque objet :

- Calcul de la direction de référence :

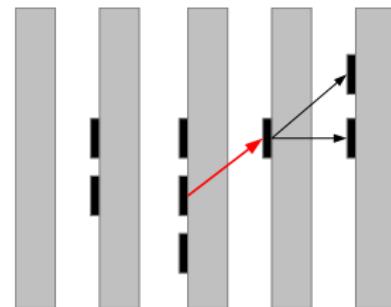
$$\vec{C}_{ref} = w_{bck} \cdot \sum_{\sigma} \sum_b \vec{c}_{b,\sigma} - w_{fwd} \cdot \sum_{\delta} \sum_f \vec{c}_{f,\delta} \quad (5)$$

- Pour chaque objet connecté en arrière, on définit le paramètre d'ordre κ :

$$\kappa = \left(\frac{\theta}{\pi}\right)^{p_0} \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta_{max}}\right)^{p_\Delta} \quad (6)$$

- Le connecteur vers l'arrière avec le **paramètre κ minimal** est gardé.
- A la fin de l'algorithme**, on supprime tous les autres connecteurs.

→ On obtient une structure en arbre.

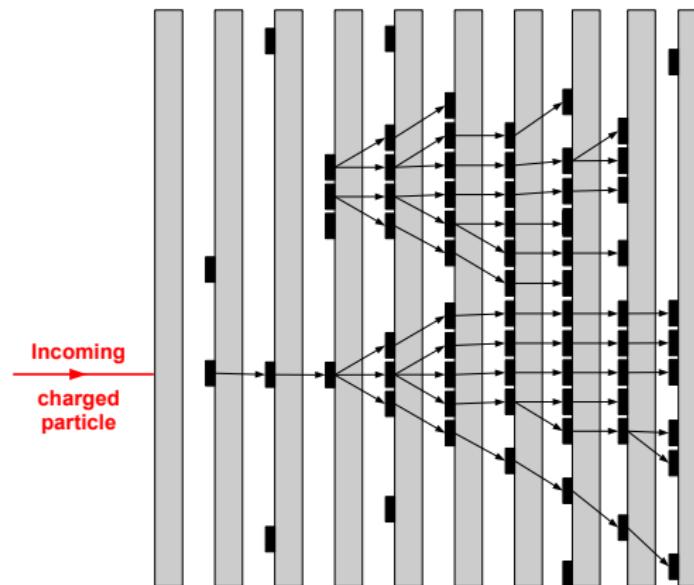


Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

④ et ⑤ Alignement des connexions

- A partir de la structure en arbre déjà existante, d'autres connexions sont créées pour aligner les connecteurs dans l'arbre. Un second nettoyage est effectué pour finalement obtenir une structure en arbre.



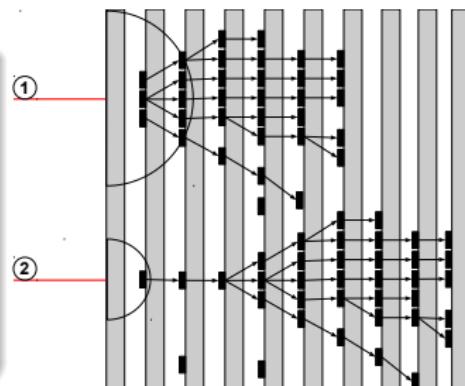
Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

⑥ Association trace - arbre

■ Association entre les traces et les arbres en fonction de critères simples :

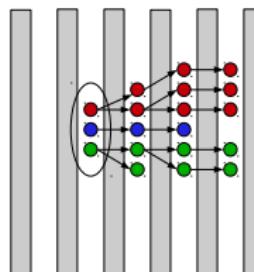
- Distance entre les racines des arbres et l'extrapolation de la trace au calorimètre
- Comparaison impulsion - énergie de l'arbre
- Prise en compte des cas d'interactions tôt dans le calorimètre



⑦ Fusion des arbres neutres

■ Interaction des particules neutres dans un absorbeur

→ Plusieurs racines dans un même plan et donc plusieurs arbres reconstruits au lieu d'un seul.
Les racines appartenant à ce type de configuration sont **identifiées** et les arbres **fusionnés**.



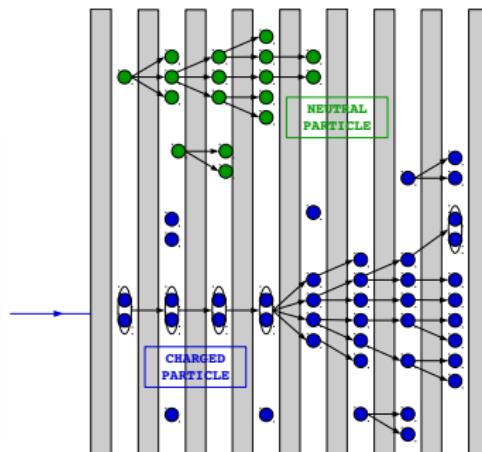
Algorithme de suivi de particules

ArborPFA- Les algorithmes

⑧ Association d'arbres pointant sur d'autres

■ Association d'arbres neutres (fils) à des arbres neutres ou chargés (parent) en fonction de leurs axes principaux (ajustement linéaire 3D sur la position des objets) et de leurs énergies.

- Croisement proche axe-axe
- Croisement proche axe-barycentre
- Critères d'énergies



⑨ Fusion des petits arbres neutres

■ Les arbres de petite taille ($\text{NObj} < 20$) sont fusionnés dans l'arbre le plus proche de grande taille

⑩ Création de *Particle Flow Objects*

■ Création de particules reconstruites :

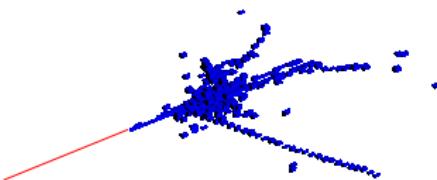
- une trace (si chargé)
- un arbre

Algorithme de suivi de particules

Performance - Hadron seul

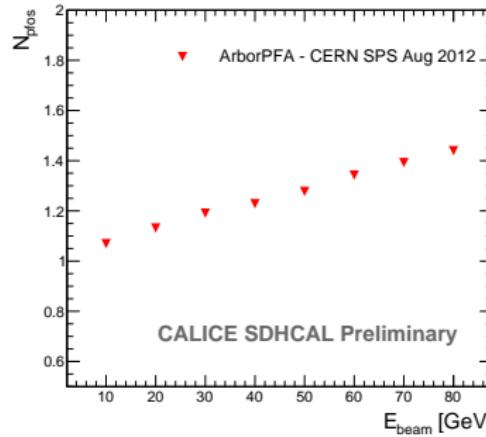
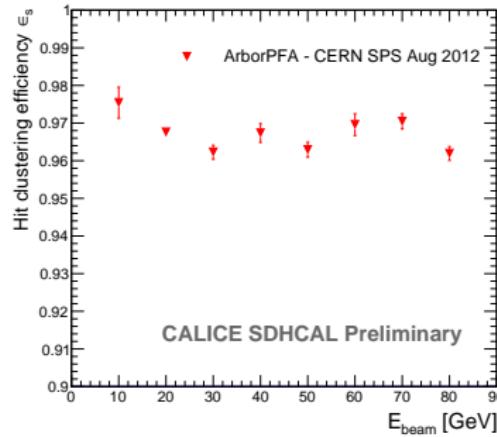
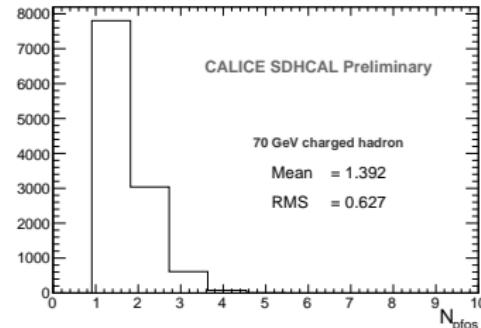
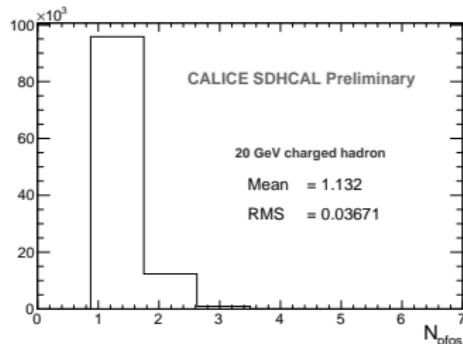
Données d'entrée du programme de reconstruction

- Données : CERN SPS 2012 - Août-Septembre
- Particules : h^\pm
- Énergies : [10 ; 80] GeV par pas de 10 GeV
- "Fausse" trace générée :
 - $\vec{p} = (0, 0, E_{beam})$
 - Point d'entrée \vec{e} : barycentre (b_x, b_y) des hits dans les 5 premiers plans
 $\rightarrow \vec{e} = (b_x, b_y, z_{front})$
- Pas de champs magnétique ($\vec{B} = \vec{0}$ T)



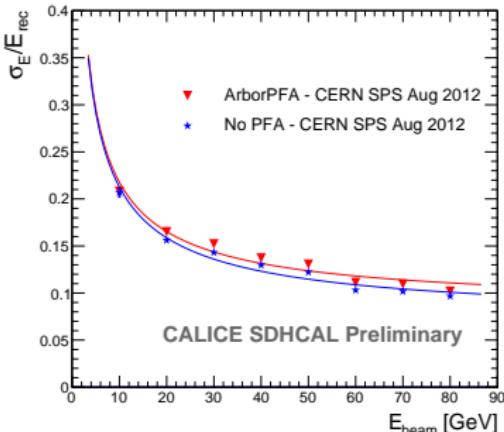
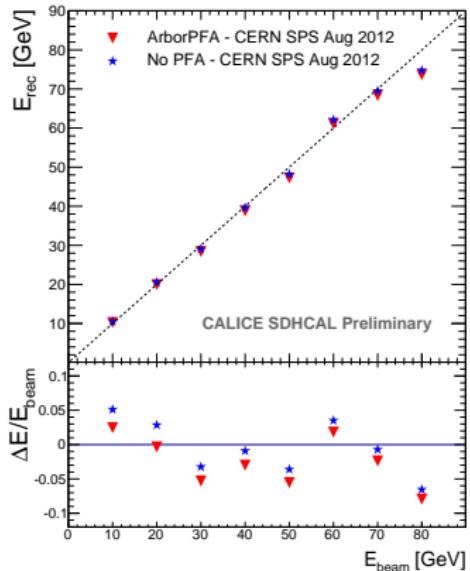
Algorithme de suivi de particules

Performance - Hadron seul



Algorithme de suivi de particules

Performance - Hadron seul



Algorithme de suivi de particules

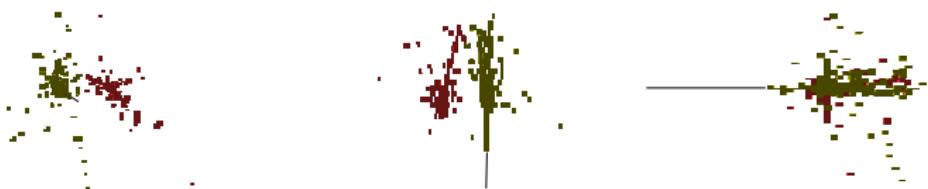
Performance - Deux hadrons superposés

Superposition de deux événements hadronique

- Même jeu de données
- Énergie particule 1 : 10 GeV
- Énergies particule 2 : [10 ; 50] GeV par pas de 10 GeV

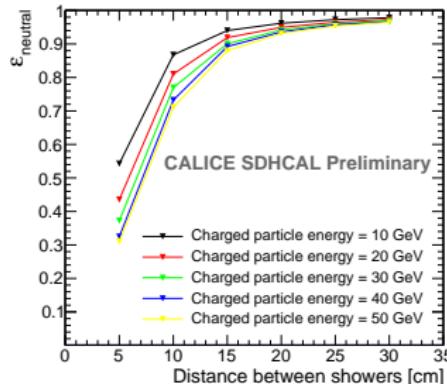
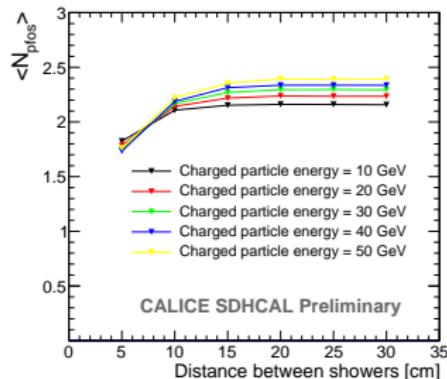
Algorithme de superposition :

- 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).



Algorithme de suivi de particules

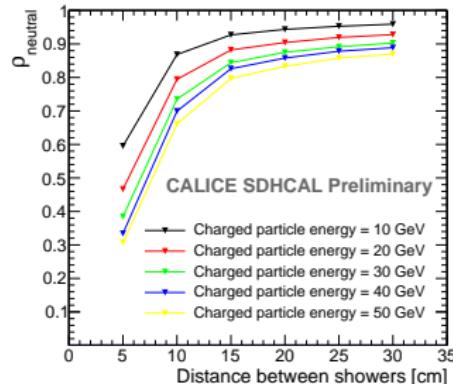
Performance - Deux hadrons superposés



Efficacité et pureté

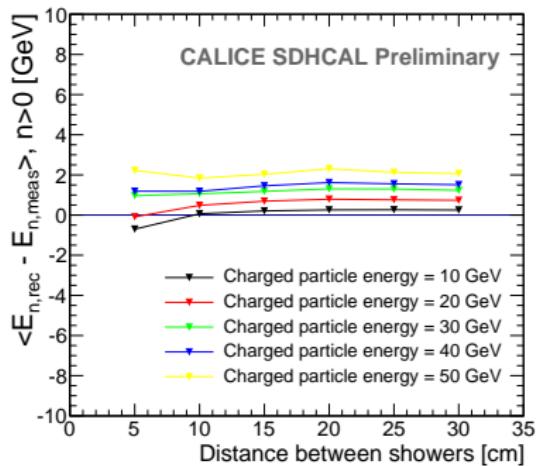
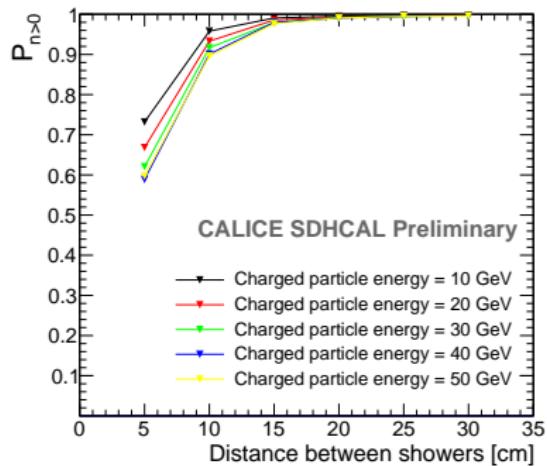
$$\epsilon = \frac{N_{hit,good}}{N_{hit,ini,tot}} \quad (7)$$

$$\rho = \frac{N_{hit,good}}{N_{hit,rec,tot}} \quad (8)$$



Algorithme de suivi de particules

Performance - Deux hadrons superposés



Monitoring de qualité de données

1 Introduction

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

2 Algorithme de suivi de particules

- Introduction
- ArborPFA
- Performance - Hadron seul
- Performance - Deux hadrons superposés

3 Monitoring de qualité de données

- Introduction
- DQM4HEP
- Implémentation pour le SDHCAL

4 Conclusion et perspectives

Monitoring de qualité 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 la plupart des expériences de physique de hautes énergies. Par exemple :
 - CMS - CMSSW DQM
 - ALICE - AMORE

Monitoring de qualité 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 la plupart des expériences de physique de hautes énergies. Par exemple :
 - CMS - CMSSW DQM
 - ALICE - AMORE

Fonctionnalités communes

- Run control
- Analyse de données en ligne/hors ligne
- Tests de qualité des données
- Interface de visualisation des données (histogrammes, scalaires, etc ...)
- Environnements distribués
- Mise en relation à travers le réseau
- *Workflow* du système

Fonctionnalités différentes

- Contenu des analyses
- Système d'acquisition
- **Format de données**
- Synthèse différente des données sur l'interface utilisateur

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

- Run control standalone dédié au DQM

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

- Run control standalone dédié au DQM
- Système de plug-in par librairies partagées

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

- Run control standalone dédié au DQM
- Système de plug-in par librairies partagées
- **Distribution par réseau** des données brutes : collecteur (serveur), client

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

- Run control standalone dédié au DQM
- Système de plug-in par librairies partagées
- **Distribution par réseau** des données brutes : collecteur (serveur), client
- Analyse de données adaptée au DQM : type d'analyse, cycle

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

- Run control standalone dédié au DQM
- Système de plug-in par librairies partagées
- **Distribution par réseau** des données brutes : collecteur (serveur), client
- Analyse de données adaptée au DQM : type d'analyse, cycle
- **Distribution par réseau** des histogrammes : collecteur (serveur), client

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

- Run control standalone dédié au DQM
- Système de plug-in par librairies partagées
- **Distribution par réseau** des données brutes : collecteur (serveur), client
- Analyse de données adaptée au DQM : type d'analyse, cycle
- **Distribution par réseau** des histogrammes : collecteur (serveur), client
- Interface de **visualisation des histogrammes** (Qt Gui)

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

- Run control standalone dédié au DQM
- Système de plug-in par librairies partagées
- **Distribution par réseau** des données brutes : collecteur (serveur), client
- Analyse de données adaptée au DQM : type d'analyse, cycle
- **Distribution par réseau** des histogrammes : collecteur (serveur), client
- Interface de **visualisation des histogrammes** (Qt Gui)
- Interface graphique de **gestion de processus** par réseau (Qt Gui)

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

- Run control standalone dédié au DQM
- Système de plug-in par librairies partagées
- **Distribution par réseau** des données brutes : collecteur (serveur), client
- Analyse de données adaptée au DQM : type d'analyse, cycle
- **Distribution par réseau** des histogrammes : collecteur (serveur), client
- Interface de **visualisation des histogrammes** (Qt Gui)
- Interface graphique de **gestion de processus** par réseau (Qt Gui)
- **Modèle de données indépendant du format**

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

- Run control standalone dédié au DQM
- Système de plug-in par librairies partagées
- **Distribution par réseau** des données brutes : collecteur (serveur), client
- Analyse de données adaptée au DQM : type d'analyse, cycle
- **Distribution par réseau** des histogrammes : collecteur (serveur), client
- Interface de **visualisation des histogrammes** (Qt Gui)
- Interface graphique de **gestion de processus** par réseau (Qt Gui)
- **Modèle de données indépendant du format**
- Interface ELog

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Data Quality Monitoring for High Energy Physics

Points clés

- Run control standalone dédié au DQM
- Système de plug-in par librairies partagées
- **Distribution par réseau** des données brutes : collecteur (serveur), client
- Analyse de données adaptée au DQM : type d'analyse, cycle
- **Distribution par réseau** des histogrammes : collecteur (serveur), client
- Interface de **visualisation des histogrammes** (Qt Gui)
- Interface graphique de **gestion de processus** par réseau (Qt Gui)
- **Modèle de données indépendant du format**
- Interface ELog

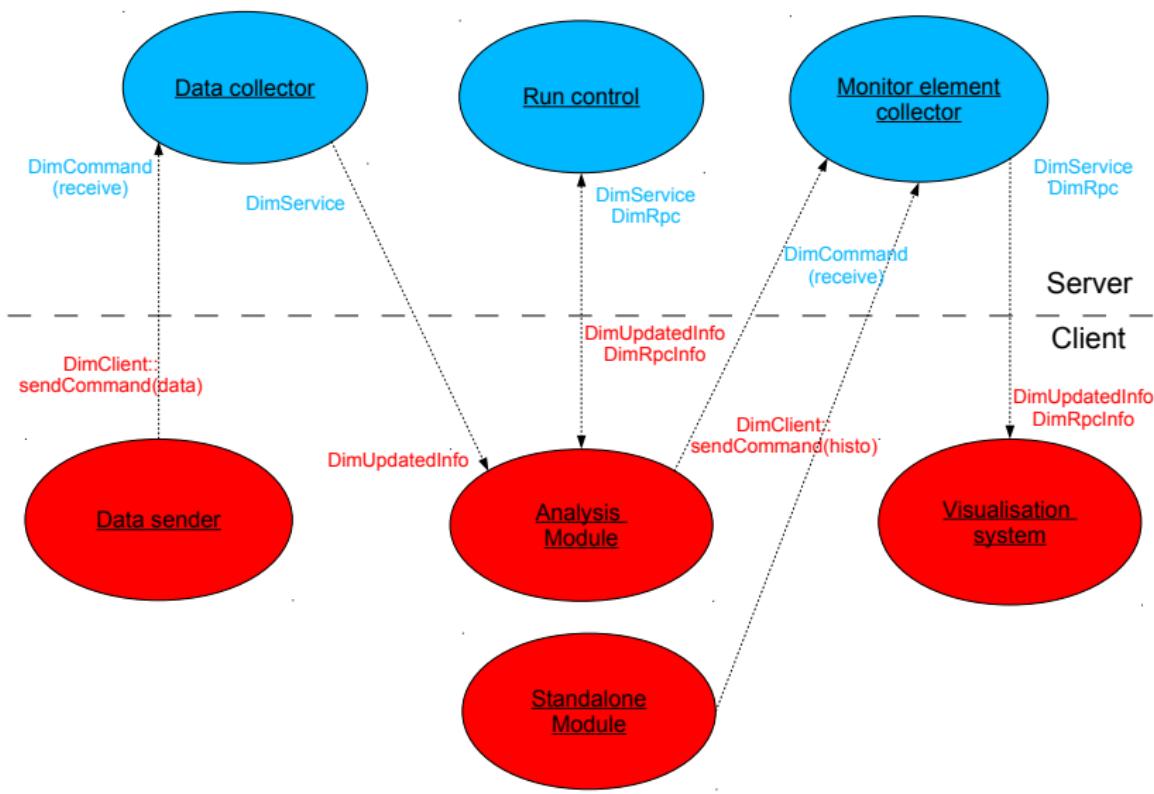
Dépendance

- ROOT
- DIM (+ DIMJC)
- Json cpp (config)
- Optionnellement : LCIO, Qt, binaire Elog

Tout en C++ !!

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Architecture réseau

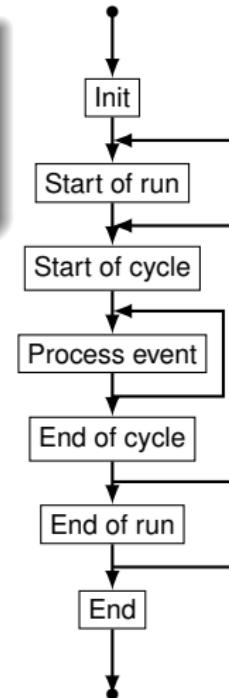


Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface d'analyse de données

Module d'analyse

- Conçu pour l'analyse de données (raw data, tracking, PFA)
- Produit des éléments monitorables (histograms, scalaires, *strings*, TObject)
- Structuré en séquence de runs et cycles
 - **Init** : Initialisation de l'application, chargement des plugins, déclaration des services réseaux, etc...
Attends un début de run
 - **Start of run** : Commence une boucle de cycles
 - **Start of cycle** : Commence une boucle de traitement de données
 - **Process event** : Traite l'événement physique entrant, rempli les éléments monitorables, etc ...
 - **End of cycle** : Termine un cycle. Récupère les éléments monitorables et les envoi au collecteur dédié
 - **End of run** : Termine le run en cours. Attends le run suivant
 - **End** : Quitte l'application

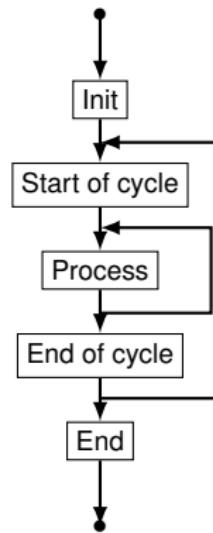


Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface d'analyse standalone

Module standalone

- Conçu pour le traitement de données environnementales (T, P, HV, LV, gaz)
 - Pas de donnée transmise au module
 - Produit des éléments monitorables (histograms, scalaires, *strings*, TObject)
 - Pas de structure en run
-
- **Init** : Initialise l'application, charge les plugins, etc ...
 - **Start of cycle** : Démarre un cycle de n secondes
 - **Process** : Fonction de rappel utilisateur
 - **End of cycle** : Récupère les éléments monitorables et les envoi au collecteur dédié
 - **End** : Quitte l'application



Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface réseau

Interface vers le collecteur d'événement

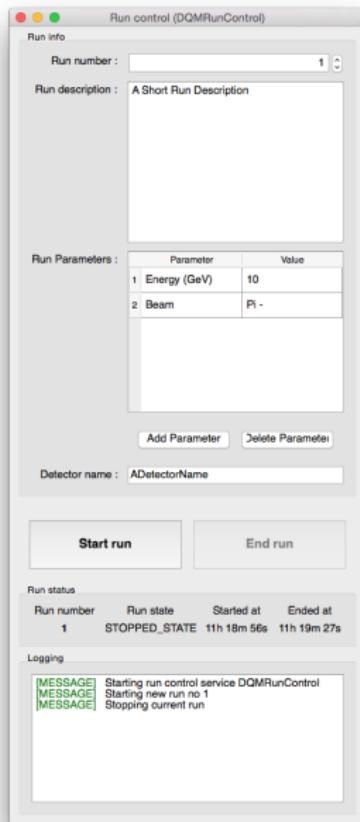
- envoi d'événements vers le collecteur
- requête d'événements au collecteur (avec/sans timeout)
- requête d'une **partie** de l'événement
- système interne de queue pour le stockage des événements
- mode de mise à jour automatique

Interface vers le collecteur d'éléments monitorables

- Requêtes possibles :
 - Information sur le collecteur (nom, machine, statistique, etc ...)
 - Liste des noms des éléments monitorables + filtre (nom du module, type d'élément, ...)
 - Liste d'éléments monitorables

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Run control



Run control

- Envoie les signaux de début et fin de run
- Configuration du run : numéro de run, nom du détecteur, description et paramètres
- Montre le statut du run (started/stopped) et ses informations relatives
- Barre de notification

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Gestion des processus

Job interface

Set Kill Method INT (interrupt): 2

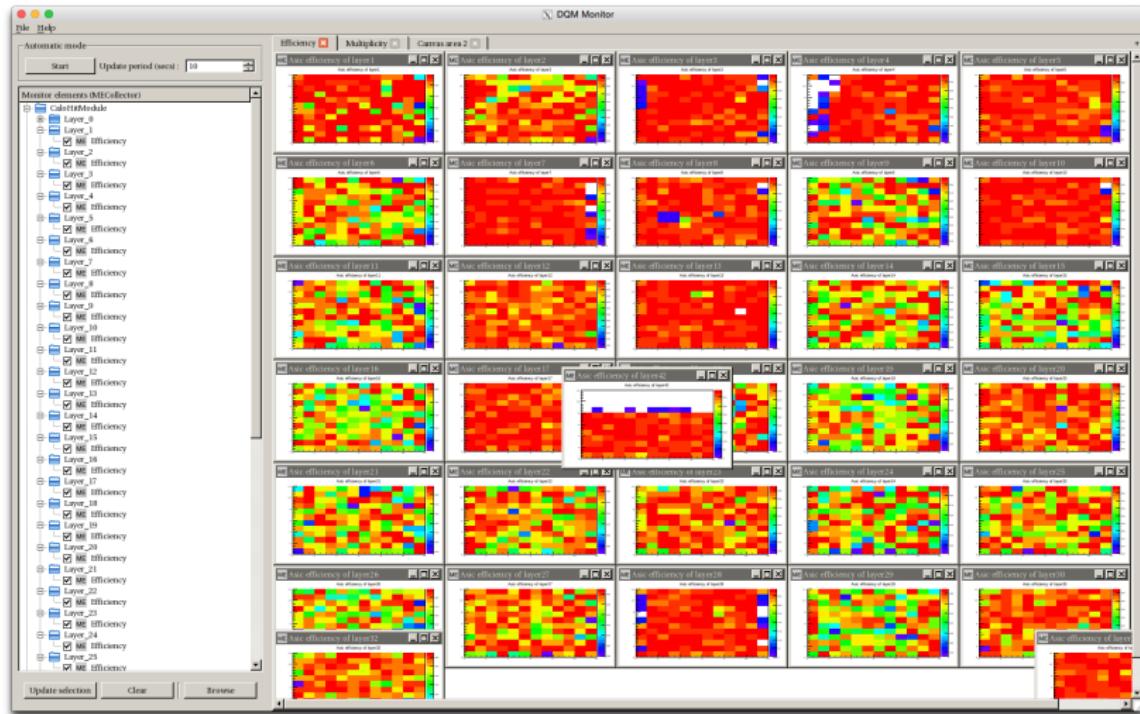
| Job Control | Program Name | PID | Status |
|--|--|-------|--------------|
| lyoac29 | | | |
| lyosdhcal10 | | | |
| RAWBIN_2_CALOHIT_CONVERTER | /opt/dqmsdhcal/bin/dqmsdhcal_start_r... | 32055 | S (sleeping) |
| RAWBIN_DATA_COLLECTOR | /opt/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_data... | 32064 | R (running) |
| CALOHIT_DATA_COLLECTOR | /opt/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_data... | 32070 | R (running) |
| ME_COLLECTOR | /opt/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_mon... | 32073 | R (running) |
| Lcio_Data_Source | /opt/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_lcio... | 32076 | S (sleeping) |
| ENV | | | |
| LD_LIBRARY_PATH=/usr/lib:/usr/local/lib:/opt/dqm4he... | | | |
| PATH=/bin:/usr/bin:/usr/local/bin:\$PATH | | | |
| DIM_DNS_NODE=lyosdhcal10 | | | |
| ARGS | | | |
| -f | /home/acqilc/dqm_setup/DHCAL_726280_I0_0.slcio | | |
| -t | | | |
| 200000 | | | |
| -c | | | |
| RobinDataCollector | | | |
| -v | | | |
| DEBUG | | | |
| -s | | | |
| lyosdhcal10 | | | |
| TB_ANALYSIS_MODULE | /opt/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_anal... | | DEAD |
| RAWBIN_ANALYSIS_MODULE | /opt/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_anal... | | DEAD |
| RAWHIT_ANALYSIS_MODULE | /opt/dqm4hep/bin/dqm4hep_start_anal... | 6228 | S (sleeping) |

Load file Reload file Update

- Charge une liste d'exécutables et leurs paramètres (hôte, nom, fichier source, etc ...) et montre leur statuts sur le réseau
- Configuration avec des fichiers Json
- Gestion des processus (start, kill) sur tous les hôtes qui fonctionne avec le DQM

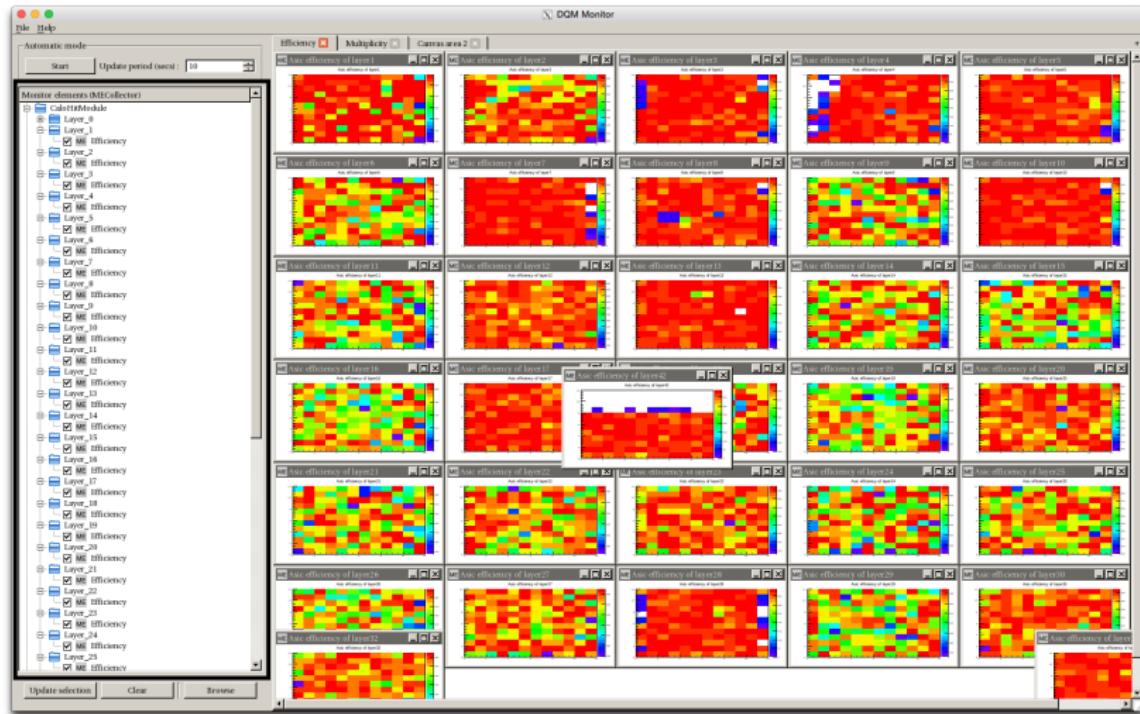
Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Fenêtre de monitoring



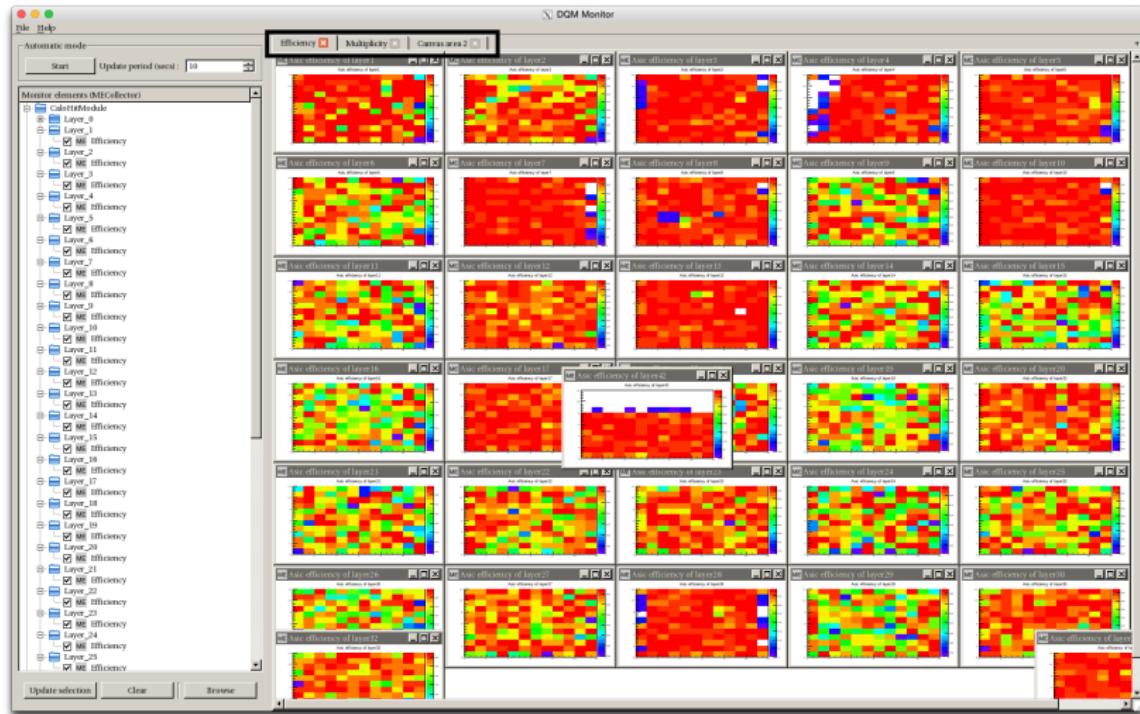
Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Fenêtre de monitoring



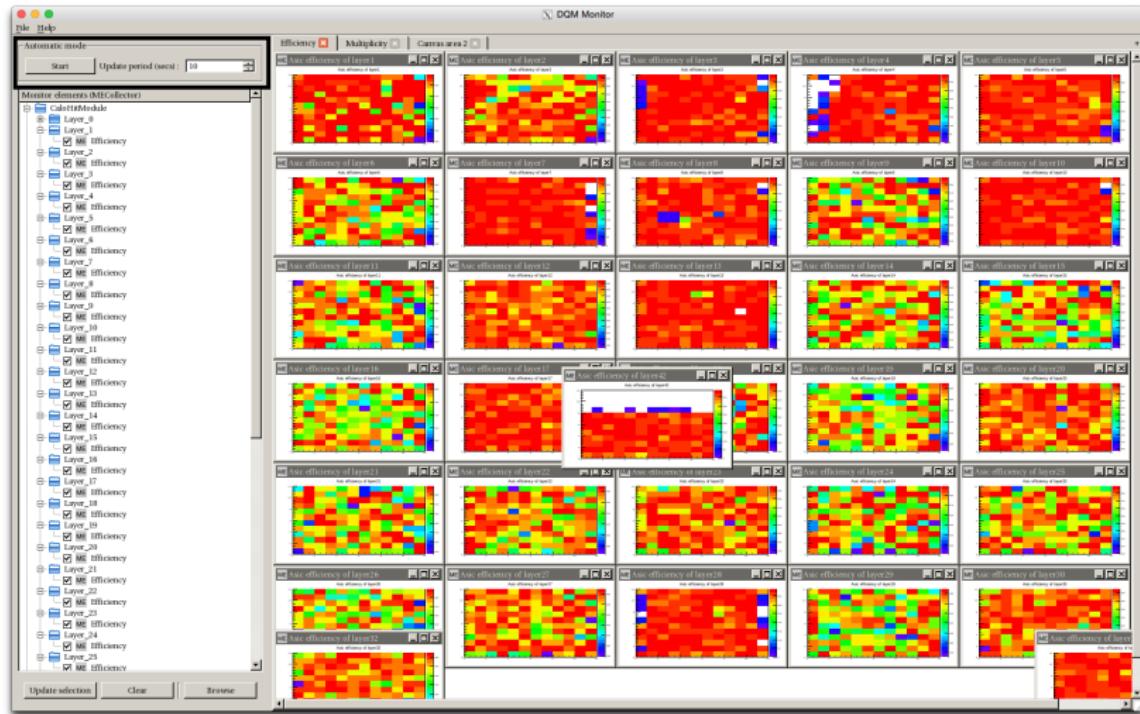
Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Fenêtre de monitoring



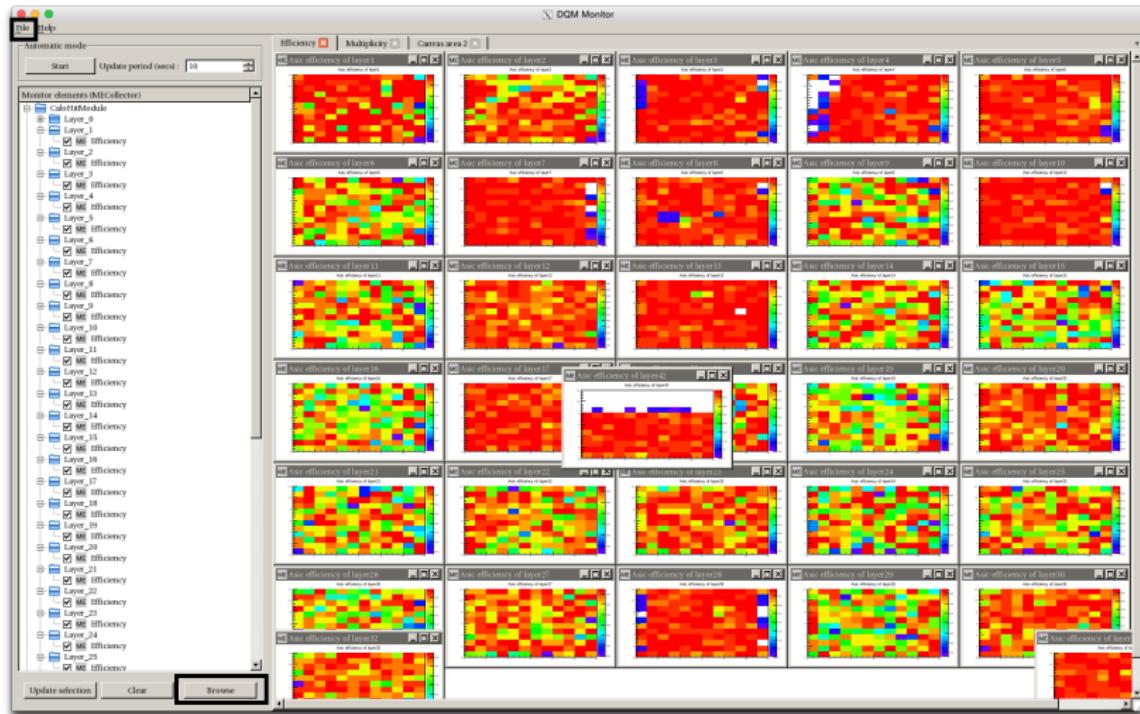
Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Fenêtre de monitoring



Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Fenêtre de monitoring



Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Fenêtre de navigation

DQM Browser

Monitor element collector

Monitor element collector : MECollector

Search option

Module name

Monitor element name

Monitor element type All

Search result

| Module | Directory | Name | Type |
|---------------|-----------|--------------|---------------------|
| CaloHITModule | /Layer_0 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_0 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_1 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_1 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_2 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_2 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_3 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_3 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_4 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_4 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_5 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_5 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_6 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_6 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_7 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_7 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_8 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_8 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_9 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_9 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_10 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_10 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_11 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Fenêtre de navigation

DQM Browser

Monitor element collector

Monitor element collector : MECollector

Search option

Module name

Monitor element name

Monitor element type All

Search result

| Module | Directory | Name | Type |
|---------------|-----------|--------------|---------------------|
| CaloHITModule | /Layer_0 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_0 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_1 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_1 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_2 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_2 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_3 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_3 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_4 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_4 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_5 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_5 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_6 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_6 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_7 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_7 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_8 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_8 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_9 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_9 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_10 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_10 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_11 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Fenêtre de navigation

DQM Browser

Monitor element collector

Monitor element collector : MECollector

Search option

Module name

Monitor element name

Monitor element type All

Search result

| Module | Directory | Name | Type |
|---------------|-----------|--------------|---------------------|
| CaloHITModule | /Layer_0 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_0 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_1 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_1 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_2 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_2 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_3 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_3 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_4 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_4 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_5 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_5 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_6 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_6 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_7 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_7 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_8 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_8 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_9 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_9 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_10 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_10 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_11 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Fenêtre de navigation

DQM Browser

Monitor element collector

Monitor element collector : MECollector

Search option

Module name

Monitor element name

Monitor element type All

Search result

| Module | Directory | Name | Type |
|---------------|-----------|--------------|---------------------|
| CaloHITModule | /Layer_0 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_0 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_1 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_1 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_2 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_2 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_3 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_3 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_4 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_4 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_5 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_5 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_6 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_6 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_7 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_7 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_8 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_8 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_9 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_9 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_10 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_10 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_11 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |

Monitoring de qualité de données

DQM4HEP- Interface graphique - Fenêtre de navigation

DQM Browser

Monitor element collector

Monitor element collector : MECollector

Search option

Module name

Monitor element name

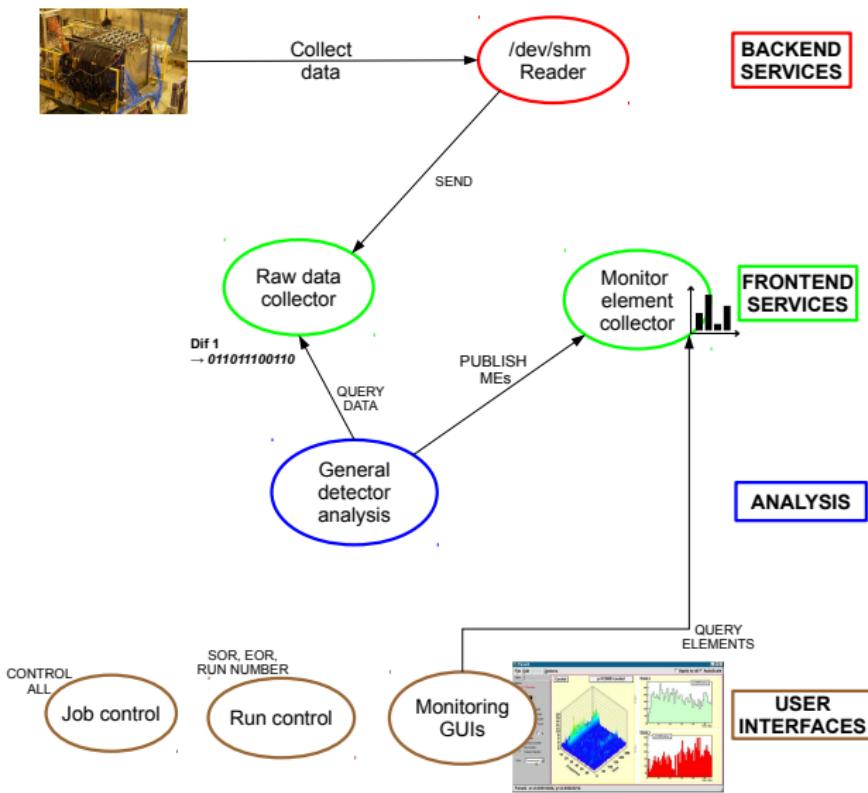
Monitor element type All

Search result

| Module | Directory | Name | Type |
|---------------|-----------|--------------|---------------------|
| CaloHITModule | /Layer_0 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_0 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_1 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_1 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_2 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_2 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_3 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_3 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_4 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_4 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_5 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_5 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_6 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_6 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_7 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_7 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_8 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_8 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_9 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_9 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_10 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_10 | Multiplicity | REAL_HISTOGRAM_2... |
| CaloHITModule | /Layer_11 | Efficiency | REAL_HISTOGRAM_2... |

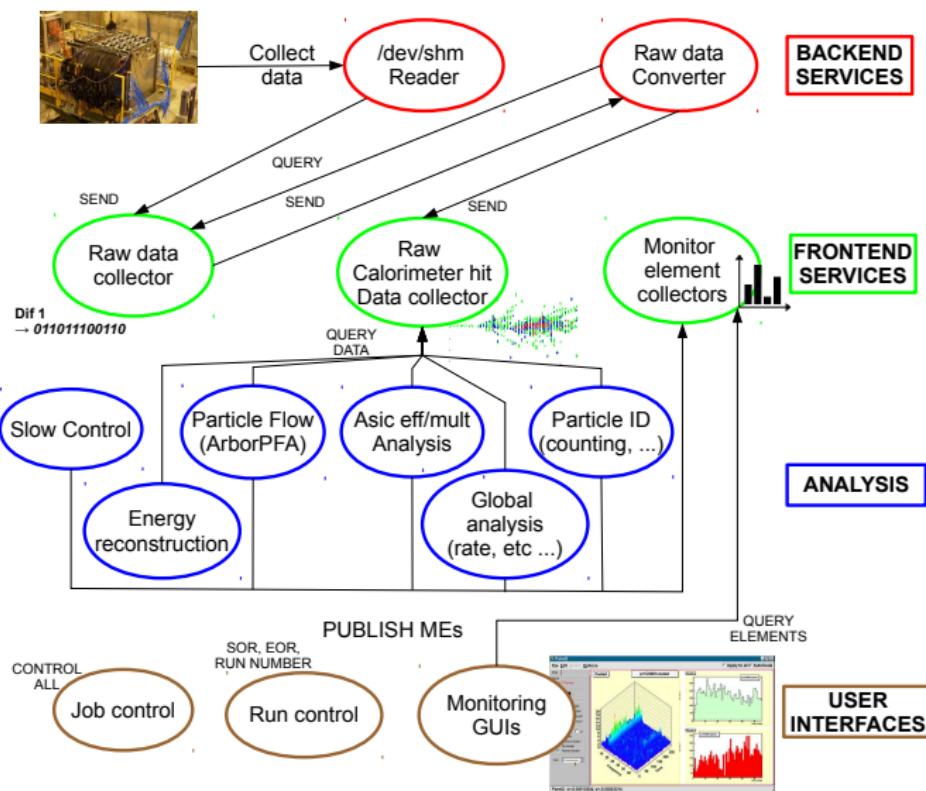
Monitoring de qualité de données

Implémentation pour le SDHCAL- Implémentation pour le SDHCAL (actuelle)



Monitoring de qualité de données

Implémentation pour le SDHCal- Implémentation pour le SDHCal (prévue)



Conclusion et perspectives

1 Introduction

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

2 Algorithme de suivi de particules

- Introduction
- ArborPFA
- Performance - Hadron seul
- Performance - Deux hadrons superposés

3 Monitoring de qualité de données

- Introduction
- DQM4HEP
- Implémentation pour le SDHCAL

4 Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Conclusion

Algorithme de suivi de particules

- Développement d'un algorithme de suivi de particule basé sur la topologie en arbre pour le prototype SDHCAL
- Extraction des performances pour un hadron seul - OK
- Extraction des performances pour des hadron proches - OK jusqu'à 5 cm de séparation

Note interne CALICE soumise : **CAN-054 Editorial Board**

Monitoring de qualité des données

- Développement d'un outil de monitoring en ligne
- Jeu d'interfaces pour l'utilisateur :
 - Analyse de données
 - Sérialisation
 - Interfaces réseaux
 - Interfaces graphiques
- Premiers déploiements pour le prototype SDHCAL

Conclusion et perspectives

Perspectives

Algorithme de suivi de particules

- Correction de certains algorithmes → revoir les performances (à faire)
- Implémentation dans l'ILD :
 - Correction angulaire pour les connexions (avancé)
 - Utilisation du tracking plus élaboré (commencé)
 - Implémentation dans le ECAL (commencé)
 - Algorithme de reconstruction pour les muons (à faire)
 - Reconstruction des photons déléguée à GARLIC (commencé)
 - Calibration en énergie (à faire)
- Performances physique :
 - Résolution en énergie des jets (JER) (à faire)
 - Échelle d'énergie des jets (JES) (à faire)
 - Étude d'un canal physique ($e^+e^- \rightarrow HZ$) (à faire)

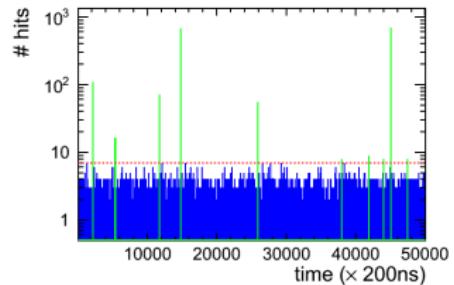
Monitoring de qualité des données

- Revoir certaines parties de l'architecture :
 - Pattern MVC pour l'interface graphique de monitoring (à faire)
 - Codage du workflow dans les applications de modules (commencé)
- Développement d'outils hors ligne (commencé)
- Implémentation des modules pour le SDHCAL (à faire)
- Implémentation pour un test en faisceau combiné avec un ECal (à faire)

Merci pour votre attention !

Backup

Reconstruction et sélection des événements

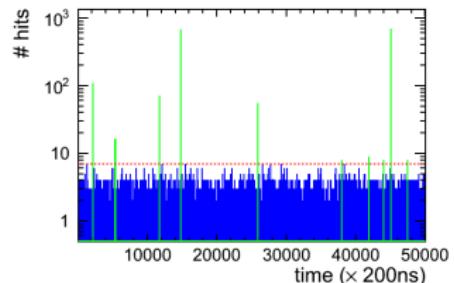


Reconstruction : clustering en temps

- Minimum NHit : 7
- Fenêtre en temps : ± 2

Backup

Reconstruction et sélection des événements



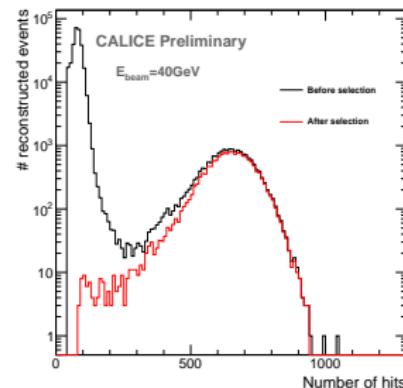
Reconstruction : clustering en temps

- Minimum NHit : 7
- Fenêtre en temps : ± 2

Sélection des événements hadroniques

Pas de détecteur cherenkôv → sélection topologique

- Muon : $N\text{Hit}/N_{layer} > 2.2$
- Particules neutres : $N\text{Hit} \in 5$ premiers plans ≥ 4
- Muon radiatifs : $\frac{N_{\text{touched layers}}/\text{RMS}}{N_{\text{touched layers}}} < 20\%$
- Electrons : $Z_{begin} \geq 5$ et $N_{\text{touched layers}} \geq 30$

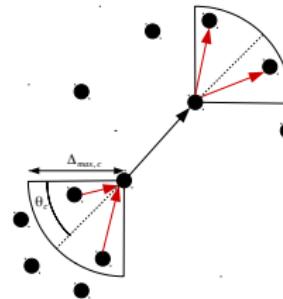


Backup

ArborPFA - La seconde itération des connexions

⑥ et ⑦ Alignement des connexions

- A partir de la structure en arbre déjà existante, d'autres connexions sont créées

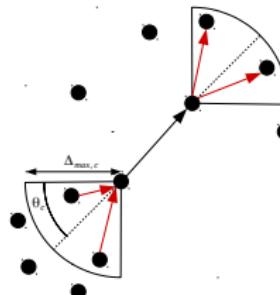


Backup

ArborPFA - La seconde itération des connexions

⑥ et ⑦ Alignement des connexions

- A partir de la structure en arbre déjà existante, d'autres connexions sont créées



⑦ Nettoyage des connecteurs 2

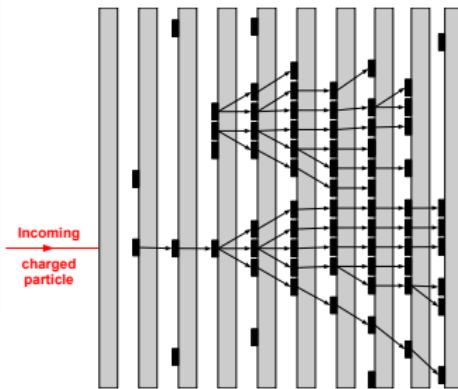
- La procédure de nettoyage est assez similaire à la première.

Seule différence : le nettoyage est effectué **plan par plan** en partant du dernier avec $\delta = 2$

→ Alignement des connexions avec celles en avant.

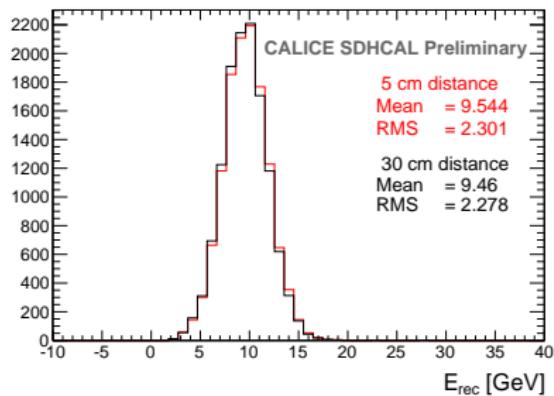
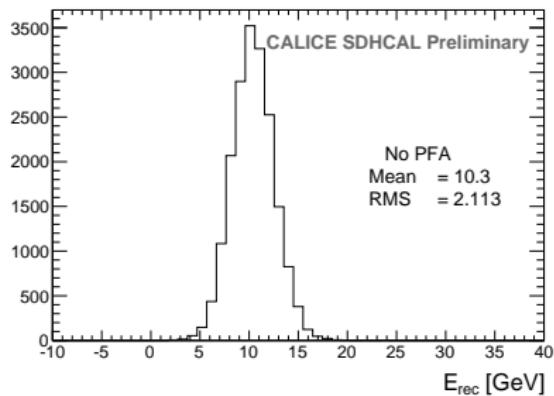
+

→ Deuxième structure en arbre !



Backup

Approximation des hits superposés



Backup

Statistique des jets de 100 GeV

