

Détecteur SDHCAL pour le signal  $e^+e^- \rightarrow \nu\nu H$ :  
Optimisation et Adaptation de l'analyse de données  
pour le Projet FCC

Superviseur : Gérald Grenier (IP2I équipe CMS, FCC, SDHCAL)

Alexia HOCINE  
Étudiante en Master 2 en Physique SUBAtomique

Université de Claude Bernard Lyon 1

5 Septembre 2022



## 1 Introduction

- Physique Expérimentales
- Détecteur SDHCAL
- Projets de Détecteurs
- Processus étudiés

## 2 Programmes

- original
- iLCSoft
- FCC

## 3 Outils Numériques

- Script
- Test

## 4 Conclusion

- Premiers résultats
- État actuelle

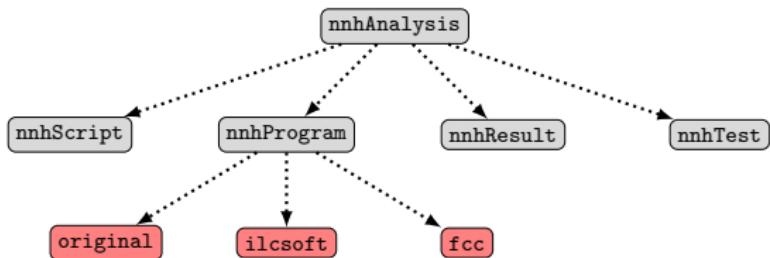


Figure 1 – Organisation des dossiers de mon Projet -  
<https://github.com/alexhxia/nnhAnalysis>

# Physique des Particules Expérimentales

## Collisionneur Hadronique

- collision à haute énergie de hadron
  - (proton-proton)
- machine à découverte
- Exemple : LHC

Linéaire VS Circulaire



## Collisionneur Leptonique

- collision à haute énergie de lepton
  - (électron-positron)
- machine de haute précision
- Exemple : LEP

## DéTECTEUR SDHCAL

### SDHCAL - Semi-Digital Hadronic CALorimeter

- Collaboration internationale CALICE
- Calorimètres à grande granularité
  - Mesure d'énergie
  - Mesure de trajectoire
- Très bonne performance des Algorithmes de Flux de Particules
- Candidat pour les futurs collisionneurs leptoniques
- Prochaines étapes :
  - Septembre : tests en faisceaux
  - En cours de développement : exploitation du temps à 100 ps

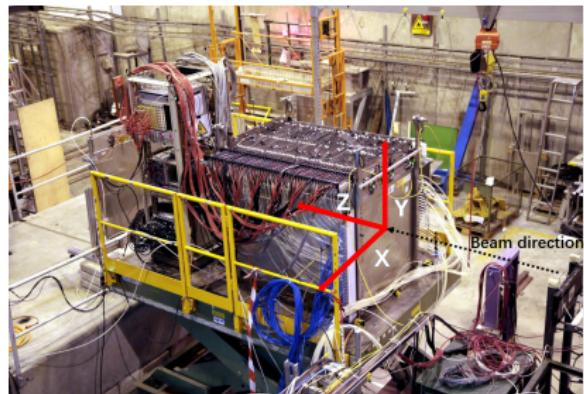
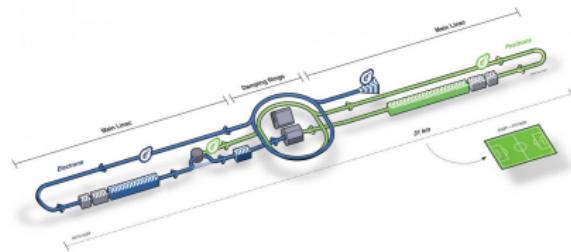


Figure 2 – DéTECTEUR SDHCAL

# Projets iLC et FCC

## Des fabriques à bosons de Higgs

### ILC - International Linear Collider (Japon)



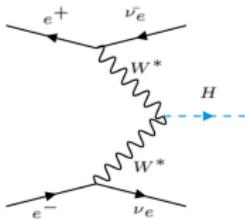
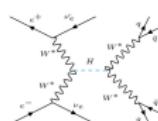
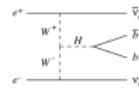
- Collisionneur linéaire
- 31 km (agrandissable)
- 500 GeV en centre de masse
- Suites logicielles : iLCSoft avec Marlin

### FCC-ee - Future Circular Collider (CERN)



- Collisionneur circulaire
- 100 km
- 140 GeV dans le centre de masse
- Suites logicielles : Key4Hep avec Gaudi

# Introduction

Figure 3 –  $e^+e^- \rightarrow \nu\nu h$ Figure 4 – Canal  $WW^*$ Figure 7.13: The Feynman diagram of the studied channel. The  $\ell$  and  $j$  do not indicate they have the same flavor. $WW$ -fusion with  $H \rightarrow b\bar{b}$  leading to two  $b$ -jets and missing four momentumFigure 5 – Canal  $b\bar{b}$ 

$e^+e^-$  collisionneur leptonique  
 $\nu\nu h$  2 neutrinos-higgs

## Canaux analysés

- ①  $h \rightarrow WW \rightarrow qqqq$
- ②  $h \rightarrow b\bar{b}$

## Mesures

- ① 4 jets
- ② 2 jets

# Sommaire

## 1 Introduction

- Physique Expérimentales
- Détecteur SDHCAL
- Projets de DéTECTEURS
- Processus étudiés

## 2 Programmes

- original
- iLCSoft
- FCC

## 3 Outils Numériques

- Script
- Test

## 4 Conclusion

- Premiers résultats
- État actuelle

original

<https://github.com/alexhxia/nnhAnalysis/tree/main/nnhProgram/original>

## Projet initial

<https://github.com/ggarillot/nnhAnalysis/tree/refactor>

miniDSTMaker	processor	analysis
Télécharge du server lyogrid06 les fichiers DST de DESY : .lcio	Transforme les fichiers .lcio en .root par type de processus	Entraîne une BDT, pour obtenir l'analyse statistique des événements

## Type de processus

```
/gridgroup/ilc/nnhAnalysisFiles/AHCAL
(base) [ ] AHCAL]$ ls
402001 402007 402013 500006 500066 500078 500090 500101 500107 500115 500122
402002 402008 402014 500008 500068 500080 500092 500102 500108 500116 500124
402003 402009 402173 500010 500070 500082 500094 500103 500110 500117 500125
402004 402010 402176 500012 500072 500084 500096 500104 500112 500118 500126
402005 402011 402182 500062 500074 500086 500098 500105 500113 500119 500127
402006 402012 402185 500064 500076 500088 500100 500106 500114 500120 500128
```

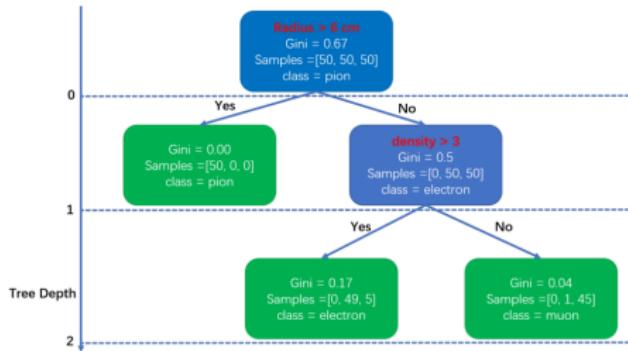
## Principe d'une BDT

### Boosted Decision Tree

- Arbres de décision boostés
- Machine Learning - apprentissage automatique
- Création d'un modèle, ici pour déterminer le type de processus

Pour 2 exécutions à partir des mêmes données

- fichiers de sortie ne sont pas identiques
- mais doivent être équivalents



<https://github.com/alexhxia/nnhAnalysis/tree/main/nnhProgram/ilcsoft>

## Améliorations apporter à processor et analysis

- Réécritures minimes (typographie, typage auto)
- Modification des noms de certaines fonctions
- Ajouts de commentaires (clarification des contrats)
- Nouvelle classe pour simplifier l'utilisation des codes PDG : PDGInfo.XX  
XX = {hh, cc}
- Réorganisation de la gestion des fichiers des sortis pour permettre l'exécution en parallèle (en cours)

## miniDSTMaker

- Non pertinent pour ce stage, puisque les données sont locales

<https://github.com/alexhxia/nnhAnalysis/tree/main/nnhProgram>

## Ajout du programme convert (en cours)

- Tranforme les fichiers .lcio, exploitable par iLCSoft, en fichier exploitable par FCC.
- De la suite logiciel LCIO vers EDM4hep

## processor (en cours)

- Change toutes les utilisations de la suite logicielle d'iLCSoft vers key4HEP

## analysis

- Ne demande aucune nouvelle modification

## Sommaire

### 1 Introduction

- Physique Expérimentales
- Détecteur SDHCAL
- Projets de DéTECTEURS
- Processus étudiés

### 2 Programmes

- original
- iLCSoft
- FCC

### 3 Outils Numériques

- Script
- Test

### 4 Conclusion

- Premiers résultats
- État actuelle

## Outils de Numérique : Script

<https://github.com/alexhxia/nnhAnalysis/tree/main/nnhScript>

### Liste de nouveaux scripts

`nnh` programme général

- permet de choisir :
  - combien de programme processus et analysis on souhaite

`NNHProcessor` lance un programme processus complet

`NNHAnalysis` lance un programme analysis complet

`prepareBDT` lance le programme `prepareBDT`

`launchBDT` lance le programme `launchBDT`

# Outils de Numérique : Test

<https://github.com/alexhxia/nnhAnalysis/tree/main/nnhTest>

## Programme de tests : `testXxYy.py`

- Teste grâce à la fonction de Kolmogorov - développé par ROOT (CERN)
- Teste les fichiers de sortis :
  - des programmes `Xx` = {processus, analysis}
  - de type `Yy` = {Completed, Same}

•	Processus	Analysis
Completed	<code>testProcessorCompleted.py</code>	<code>testAnalysisCompleted.py</code>
Same	<code>testProcessorSame.py</code>	<code>testAnalysisSame.py</code>

`Completed` teste si tous les fichiers ont bien été générés

`Same` teste les différences entre 2 séries de fichiers

`processus` tous les fichiers sont sensés être identiques

`analysis` certains les fichiers sont sensés :

- être identiques : `DATA.root`, données initiales
- d'autres différents : `model_[...].root`
- d'autres équivalents : `stats_[...].root`

## Sommaire

### 1 Introduction

- Physique Expérimentales
- Détecteur SDHCAL
- Projets de DéTECTEURS
- Processus étudiés

### 2 Programmes

- original
- iLCSoft
- FCC

### 3 Outils Numériques

- Script
- Test

### 4 Conclusion

- Premiers résultats
- État actuelle

# Premiers résultats

analysis

```

"0": {
  "stat": 312101,
  "sum": 20.547665804624557,
  "statPreSel": 298409,
  "sumPreSel": 19.646231174468994,
  "statSel": 209515,
  "sumSel": 13.793752670288086,
  "name": "Signal",
  "effPreSel": 0.9561295848040957,
  "effSel": 0.671305091363886
},
"0": {
  "stat": 312298,
  "sum": 20.54766735434532,
  "statPreSel": 298740,
  "sumPreSel": 19.655617713928223,
  "statSel": 222924,
  "sumSel": 14.667298316955566,
  "name": "Signal",
  "effPreSel": 0.9565863304562183,
  "effSel": 0.7138181704043305
},
"0": {
  "stat": 312064,
  "sum": 20.547665238380432,
  "statPreSel": 298573,
  "sumPreSel": 19.659358501434326,
  "statSel": 207665,
  "sumSel": 13.673576354980469,
  "name": "Signal",
  "effPreSel": 0.9567684831030407,
  "effSel": 0.6654564494967518
},

```

**name** nom du type d'évènement

**stat** nombre total d'évènement mesuré

**sum** somme des poids de chaque évènement  
(signal sur bruit)

**statPreSel** nombre d'évènement pré-sélectionné

**sumPreSel** somme des poids des évènements  
pré-sélectionnés

**effPreSel** taux de pré-sélection

**statSel** nombre d'évènement sélectionné

**effSel** taux de sélection

## Conclusion

### Travaux réalisés

- Optimisation des codes pour iLCSoft processor
- Automatisation des programmes
- Programmation de codes de test

### Travaux en cours

- Optimisation des codes pour iLCSoft analysis
- Adaptation au projet FCC
- Étude de la variation des résultats dues à la BDT

### Compétences renforcées

- Programmation
  - C++
  - ROOT
  - Python
  - Script bash
- Physique
  - Physique des Particules
  - Modèle Standard
  - Statistiques

### Nouvelles compétences

- Utilisation de BDT