

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

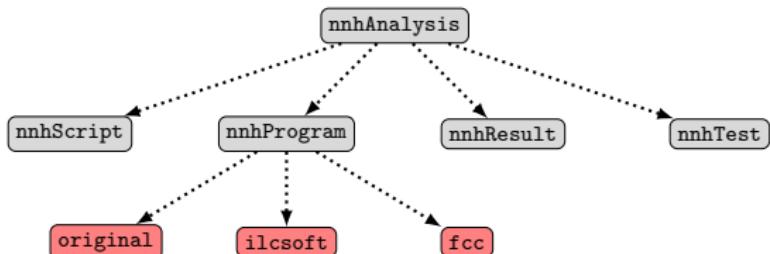


Figure 1 – Organisation des dossiers de mon Projet -
<https://github.com/alexhxia/nnhAnalysis>

Physique des Particules Expérimentales

Collisionneur Hadronique

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

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

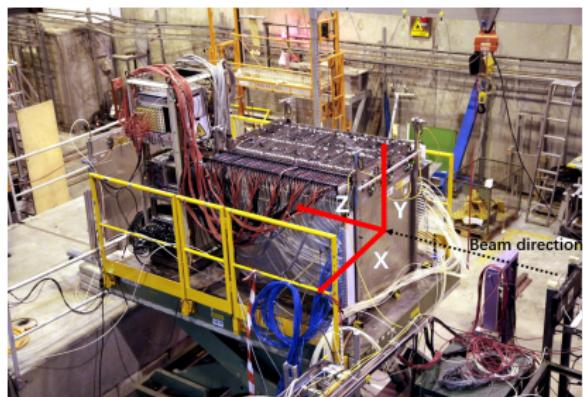
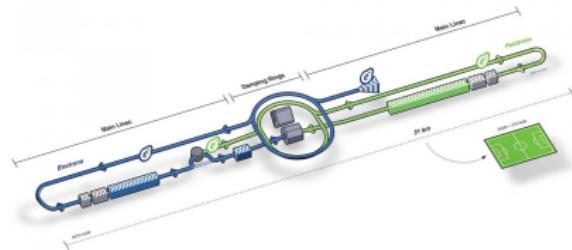


Figure 2 – DéTECTEUR SDHCAL

Projets iLC et FCC

Des fabriques à bosons de Higgs

ILC - International Linear Collider (Japon)

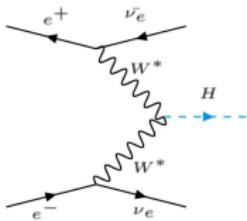


- Collisionneur linéaire
- 31 km (agrandissable)
- 500 GeV en centre de masse
- Suites logicielles : iLCSoft avec Marlin

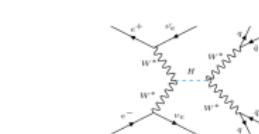
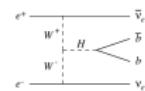
FCC-ee - Future Circular Collider (CERN)



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

Figure 3 – $e^+e^- \rightarrow \nu\nu h$

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

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

- Canal :

$$h \rightarrow WW \rightarrow qqqq$$

- Mesures : 4 jets

- Canal :

$$h \rightarrow b\bar{b}$$

- Mesures : 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>

Type de processus

```
/gridgroup/ilc/nnhAnalysisFiles/AHCAL
(base) [1]: 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
```

miniDSTMaker

Télécharge du server

lyogrid06 les fichiers DST de
DESY : .lcio

processor

Transforme les fichiers .lcio en .root par type de
processus

analysis

Entraîne une BDT, pour
obtenir l'analyse statistique
des événements

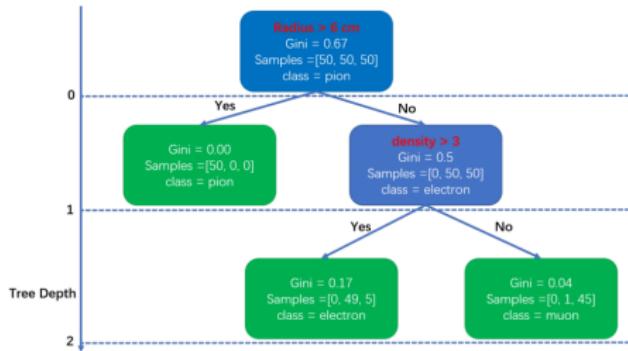
Principe d'une BDT

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



iLCSoft

<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

Répartitions par canaux

- 0 Signal
- 1 Other higgs->WW*
- 2 Other higgs
- 5 2 fermions leptonic
- 6 2 fermions hadronic
- 8 4 fermions hadronic
- 9 4 fermions semileptonic
- 7 4 fermions leptonic

(a) Pour le canaux WW*

- 0 Signal
- 3 Other higgs->bb
- 4 Other higgs
- 5 2 fermions leptonic
- 6 2 fermions hadronic
- 8 4 fermions hadronic
- 9 4 fermions semileptonic
- 7 4 fermions leptonic

(b) Pour le canaux b \bar{b}

Figure 6 – Les numéros et les noms des différentes catégories d'analysis pour l'étude statistique

Premiers résultats

Variables à étudier

```

"0": {
  "stat": 222774,
  "sum": 3.4616719633340836,
  "statPreSel": 183558,
  "sumPreSel": 2.8522968888282776,
  "statSel": 90111,
  "sumSel": 1.4002294540405273,
  "name": "Signal",
  "effPreSel": 0.8239651009800215,
  "effSel": 0.40449513092855477
},
"1": {
  "stat": 222807,
  "sum": 3.4627108722925186,
  "statPreSel": 183711,
  "sumPreSel": 2.855108082294464,
  "statSel": 89102,
  "sumSel": 1.384761095046997,
  "name": "Signal",
  "effPreSel": 0.8245297362653367,
  "effSel": 0.3999066471669359
},

```

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

Variabilité entre 2 fichiers analysis

Nombre d'évènement

- un écart initial sur le nombre d'évènement de moins de 0.01%,
- puis une diminution des évènements pré-sélectionnés de 17,6% pour le *run 1* contre 17,5% pour le *run 2*
- Et une diminution de 59,6% et 60,0% pour les évènements sélectionnés par la BDT.

Luminosité

- diminution entre les variables `sum` et `effSel`, de 88,3% et 88,5%

Conclusion

Travaux réalisés

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

Travail non terminé

- Adaptation au projet FCC

Compétences renforcées

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

Nouvelles compétences

- Utilisation de BDT