

Comparaison des prédictions des suites logicielles
de ILC (iLCSoft) et de FCC (key4HEP)
sur un signal $e^+e^- \longrightarrow ZH$

Alexia HOCINE

Juillet 2022

Préambule

Remerciements

Je souhaite d'abord remercier Gérard GRENIER pour m'avoir donné la chance de montrer ce que je peux faire. Et aussi pour son encadrement, son accompagnement et son temps.

Je souhaite plus largement remercier mon équipe, Gérard GRENIER, Imad LAKTINEH et Clément DEVANNE, pour l'atmosphère positive, détendue et stimulante.

Et plus largement, les employés de l'IP2I pour leur gentillesse et leur accueil.

Participation à la *Geek and Japan Touch*

Au cours de mon stage, j'ai participé à l'atelier tenu par l'IP2I à la *Geek and Japon Touch*, organisé par Stéphanie BEAUCERON (IP2I, CNRS, CMS).

Durant ce week-end, avec 2 autres chercheuses (non physiciennes), Florence BOYER et Liliane DE ARAUJO, on a tenu un débat sur le film *Don't look up : Déni Cosmique* de Adam MCKAY, sur la crédibilité du discours scientifiques.

Ensuite sur le stand, j'ai pu expliquer les bases scientifiques et des recherches menées par le CNRS et CMS, ainsi que Virgo au près du grand public.

De plus, j'ai aussi animé le stand de l'association ?? dont l'objectif est d'expliquer les principes de base de la gravité en 2D avec un drap tenu.

Résumer du travail effectué

Mon stage est principalement du développement numérique, et l'ensemble des codes à conserver par l'IP2I sont sur mon GitHub publique :

<https://github.com/alexhxia/nnhAnalysis>

Email Gérard Grenier :

Un tutorial de ilcsoft : <https://agenda.linearcollider.org/event/9272/>

Initialisation ilcsoft :

La documentation et le packet git du format de données LCIO et de la librairie Marlin

- <https://github.com/iLCSoft/LCIO> [?]
- <https://github.com/iLCSoft/Marlin>

Pour la deuxième partie du stage :

- le software en développement : <https://github.com/key4hep>
- et plus particulièrement l'adaptateur ilcsoft vers key4hep : <https://github.com/key4hep/k4MarlinWrapper>

Table des matières

1	Introduction	3
1.1	Physique des collisionneurs	3
1.1.1	Collisionneurs hadroniques	3
1.1.2	Collisionneurs leptoniques	3
1.2	Physique du boson de Higgs	3
1.2.1	Production du boson de Higgs	3
1.3	SDHCAL (Semi-Digital Hadronic CALorimeter)	3
1.3.1	Collisions	3
1.4	Présentation & Objectif du Stage	4
2	ilcsoft	5
2.1	Projet <code>nnhAnalysis</code>	5
2.2	Programme <code>processor</code>	5
2.3	Programme <code>analysis</code>	5
3	FCC	6
3.1	Projet FCC	6
3.1.1	Présentation	6
3.2	Développement Numérique	6
3.3	Travail de Stage	6
3.4	Comparaison avec <code>iLCSoft</code>	6
4	Outils Numériques	7
4.1	<code>nnhScript</code>	7
4.2	<code>nnhTest</code>	7
4.2.1	Programmes <code>testXxCompleted.py</code>	7
4.2.2	Programmes <code>testXxSame.py</code>	7

Chapitre 1

Introduction

1.1 Physique des collisionneurs

Le principe des collisionneurs est simple, on accélère des particules à des énergies cinétiques suffisantes pour provoquer des collisions inélastiques.

Il en existe de 2 types que l'on distingue par le type de particules que l'on utilise.

1.1.1 Collisionneurs hadroniques

Dans les collisionneurs hadroniques on utilise des hadrons, qui sont des particules complexes composées de 3 quarks et de gluons (bosons médiateurs de l'interaction forte qui maintiennent les quarks ensembles). En pratique au LHC (Large Hadron Collider) du CERN, on utilise des protons, 2 quarks up et un quark down.

Comme il s'agit de particules composites, ce sont pas le protons qui collisionnent directement mais ces constituants, appelés partons. Chacuns porte une fraction de l'énergie du proton. Ce qui permet d'avoir des énergies de collisions indéterminées en amont. C'est pourquoi, ils sont utiles pour la découverte de nouvelles particules de masse inconnue, puisqu'il permettent de balayer tout le spectre de masse d'une gamme d'énergie.

1.1.2 Collisionneurs leptoniques

En revanche, les collisionneurs leptoniques collisionnent des leptons, qui sont des particules élémentaires. Donc on connaît parfaitement leur énergie et on les utilise pour faire de la recherche à un niveau d'énergie choisi. Ce sont des collisionneurs de précision.

Les prochaines générations de collisionneurs, ILC, CEPC, CLIC et FCC, sont des collisionneurs leptoniques. Leur objectif est de préciser les données du LHC, notamment sur le boson de Higgs découvert en 2012 par le LHC, qui était la pièce manquante du modèle standard des particules, car il permet aux particules d'acquérir une masse.

1.2 Physique du boson de Higgs

1.2.1 Production du boson de Higgs

Concrètement, on ne mesure pas directement le boson de Higgs mais les particules qu'ils produisent sous la forme de jets. Ainsi on veut améliorer la résolutions en énergie des jets que l'on détecte [?].

1.3 SDHCAL (Semi-Digital Hadronic CALorimeter)

Pour cela, on utilise ici des calorimètres à grande granularité qui permet une très bonne performance des Algorithmes de Flux de Particules (PFA) [?].

Dans le cadre de la collaboration internationale CALICE, le premier prototype de la famille de calorimètres granulaires SDHCAL a été développer au grande partie à l'IP2I.

tests en Septembre

1.3.1 Collisions

Au cours, de ce stage, je me concentrerais sur les collisions de type $\nu\nu h$ pour neutrino-neutrino-higgs

1.4 Présentation & Objectif du Stage

analyse des canaux :

$$e^+e^- \longrightarrow \nu\nu h (h \longrightarrow WW \longrightarrow qq\bar{q}\bar{q}) \quad (1.1)$$

$$e^+e^- \longrightarrow \nu\nu h (h \longrightarrow b\bar{b}) \quad (1.2)$$

Chapitre 2

ilcsoft

2.1 Projet nnhAnalysis

2.2 Programme processor

Données

Initialement, on m'a mis à disposition des fichiers `SLCIO` rangés par processus dans 66 dossiers (Figure 2.1).

FIGURE 2.1 – Les noms des dossiers qui correspondent aux numéros de processus

Numéro des processus ???

Méthodes

On cherche à convertir ces fichiers `SLCIO` en arbre `R00T` par processus.

Résultats

Chaque dossier de fichier de donnée `SLCIO` produira un fichier `R00T` en sortie, c'est-à-dire que l'on obtiendra un arbre `R00T` par processus.

Interprétation

2.3 Programme analysis

Données

On récupère les fichiers `R00T` du programme `processor` précédent.

hadd qui va créer le fichier `DATA.root`

Méthodes

BDT Entraînement

L'analyse

Résultats

Vérification des résultats Comparaison entre les différentes séries d'analyse, basée sur les mêmes fichiers `R00T`, mais un autre entraînement de `BDT`.

Interprétation

Chapitre 3

FCC

3.1 Projet FCC

3.1.1 Présentation

Le FCC (Futur Collisionneur Circulaire) est le projet du CERN pour remplacer leur collisionneur actuelle, le LHC (Large Hadronic Collider). Dont la fin de l'exploitation est prévu en 2040 [?]

Pour le FCC, on prévoit un anneau de 100 km, contre 27 km pour le LEP et le LHC (comme montrer Figure [?]). Ce qui devrait nous permettra d'atteindre une énergie de 100 TeV contre 13 TeV actuellement pour le LHC.

L'objectif est de rechercher d'une nouvelle physique, en mettant au jour de déviation avec le modèle standard.

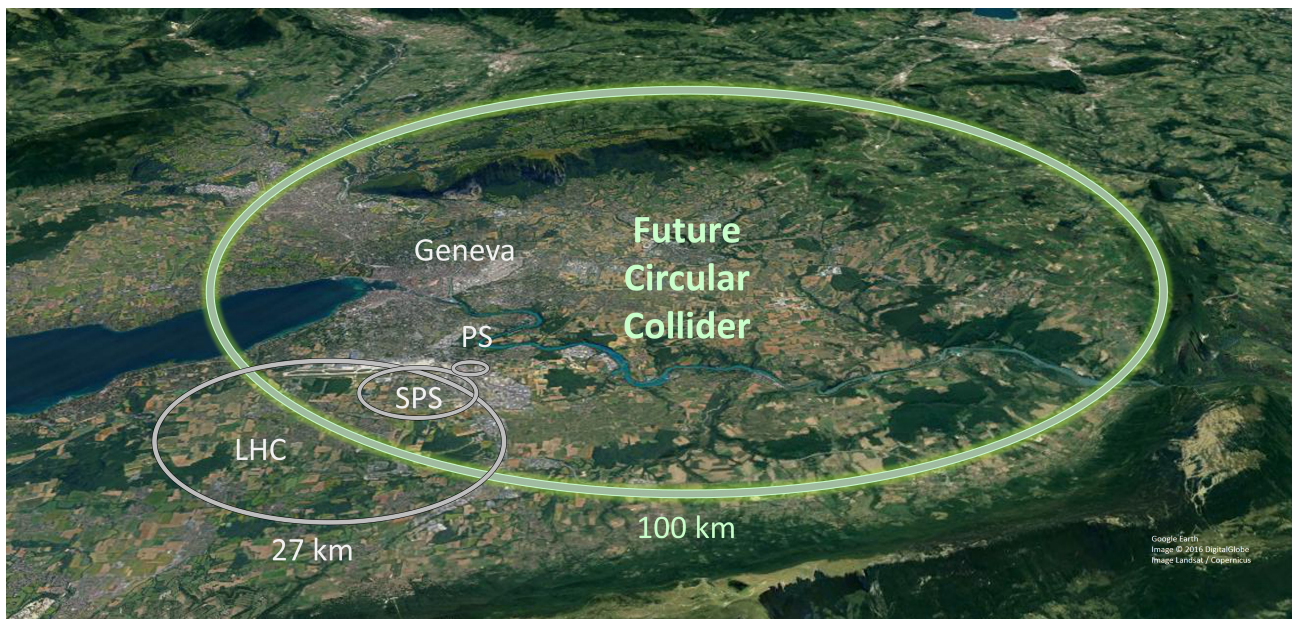


FIGURE 3.1 – <https://cds.cern.ch/images/OPEN-PHO-ACCEL-2019-001-2>

3.2 Développement Numérique

Gaudi
EDM4hep

3.3 Travail de Stage

3.4 Comparaison avec iLCSoft

Chapitre 4

Outils Numériques

4.1 nnhScript

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

4.2 nnhTest

Pour tester les programmes générés avec `nnhProgram`, j'ai développé 4 programmes en python :

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

FIGURE 4.1 – Tableau récapitulatif des fonctions de tests

4.2.1 Programmes `testXxCompleted.py`

L'objectif de ce type de programme est de tester si tous les fichiers ont été générés.

Programmes `testProcessorCompleted.py`

Le processus est complet si tous les dossiers de

Programmes `testAnalysisCompleted.py`

4.2.2 Programmes `testXxSame.py`

Programmes `testProcessorSame.py`

Programmes `testAnalysisSame.py`

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

Table des figures

2.1	Les noms des dossiers qui correspondent aux numéros de processus	5
3.1	https ://cds.cern.ch/images/OPEN-PHO-ACCEL-2019-001-2	6
4.1	Tableau récapitulatif des fonctions de tests	7