

Université Catholique de Louvain
Faculté des Sciences
**LPHY2135-Computing et Méthodes numériques en physique des
particules**
Bruno Giacomo Luca

Calorimétrie et boson de Higgs

Maëlle Joveneau
Manuel Tondeur
Brieuc François

Table des matières

1	Introduction	3
2	Descriptifs et méthodes	3
2.1	Description du détecteur	3
2.2	Description physique du processus	4

1 Introduction

Afin de découvrir les principes de bases de Geant4, un framework conçu pour la physique des particules, nous avons créé un programme permettant de déterminer la masse du Higgs en suivant la désintégration de celui-ci en deux Z^0 qui eux-mêmes se désintègrent en $e^- e^+$.

Pour ce faire nous avons d'abord dû construire un détecteur qui soit efficace pour notre désintégration. Nous avons déterminé que les éléments nécessaires pour ce détecteur étaient : des calorimètres électromagnétiques et des trackers. Nous avons donc dû utiliser les classes de Geant4 pertinentes pour nos besoins.

Nous avons alors généré nous-même les différentes particules qui apparaissent dans l'évènement qui nous intéresse. Pour donner aux différentes particules leur masse, leur énergie, et/ou leur impulsion, nous avons dû faire appel à des fonctions de distribution variées qui nous ont permises de mettre en pratique la théorie des variables aléatoires dont la méthode "Monte Carlo".

A partir des classes abstraites de Geant4, nous avons défini les interactions possibles entre les particules et les éléments présents au sein du détecteur. Cela fait il nous fallait reconstruire la trajectoire des électrons à partir des informations fournies par les trackers et les calorimètres. Avec celles-ci, nous avons pu déterminer l'énergie et l'impulsion des quatre électrons qui nous donnent la masse du Higgs par la relation de la masse invariante suivante :

$$M_H^2 = E_H^2 - p_H^2 = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4)^2 - (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \vec{p}_4)^2. \quad (1)$$

Afin d'inclure les erreurs dues aux bruits et celles dues à?????(erreur stochastique)?????, nous avons du...

2 Descriptifs et méthodes

2.1 Description du détecteur

Pour la construction du détecteur nous avons opté pour une géométrie cylindrique de type CMS que nous avons bien entendu simplifiées pour ne garder que les éléments utiles à notre simulation. Le détecteur est donc constitué de plusieurs trackers en forme de tubes imbriqués et d'un calorimètre électromagnétique granulaire qui englobe le tout. Ces éléments sont placés dans le "world volume" que nous avons choisi de remplir d'air pour se rapprocher de la réalité.

Comme dans le CMS, les trackers sont fait de silicium et mesurent 13.6 m de long. Ils sont au nombre de treize, nous en avons mis trois très proches du centre, le premier étant à 8 cm du vertex et les deux autres espacé de 1 cm du premier. Les dix autres trackers se trouvent espacés chacun de 10 cm, le premier ayant un rayon 20 cm. Bien qu'il nous faut plusieurs trackers pour obtenir une bonne résolution sur la direction des particules, ce choix particulier est fait pour

se rapprocher du CMS. Étant donné que notre projet ne nécessite aucunement un champ magnétique, nous avons simplement choisi de ne pas en mettre pour ne pas nous compliquer la tâche inutilement.

Le bloc de calorimètres est un gros tube de 14 m de long dont l'épaisseur s'étend de 1.5 m du centre à 3 m du centre. Il est uniquement composé de calorimètres électromagnétiques car l'événement d'intérêt n'implique ni muon ni hadron. L'épaisseur fût choisie pour éviter toute perte d'énergie.

Je ferai la segmentation à la fin pcq ça peut encore changer Je dois encore dire pk on a mit de si grosse cellules si on laisse comme ça et l'iodure de Cesium c est comme dans CMS j'imagine ?

2.2 Description physique du processus

Pour rappel, le but de ce projet est de reconstruire la masse invariante du boson de Higgs à l'aide de la détection de l'énergie de quatre électrons issus du processus suivant :

$$H \longrightarrow ZZ \longrightarrow e^+e^-e^+e^-. \quad (2)$$

Voyons maintenant en détail la méthodologie utilisée dans ce but. Dans un soucis de réalisme, nous avons choisi de ne pas fixer la masse du H mais de la générer aléatoirement avec une distribution de Breit-Wigner centrée sur 200 GeV. Nous avons dans un premier temps étudié la reconstruction de sa masse invariante lorsque le higgs se désintègre au repos pour ensuite se rapprocher de la réalité et considérer sa désintégration alors qu'il est en mouvement dans le repère du détecteur. Dans ce but, nous générons une énergie cinétique issue d'une distribution exponentielle négative de paramètre 30 GeV ainsi que deux angles θ et φ issus de distributions uniformes pour lui donner une direction. NB : la distribution uniforme des angles se justifie par l'absence d'information sur les origines du H . Nous nous plaçons ensuite dans le repère où il est au repos pour simuler sa désintégration en deux bosons Z . La cinématique relativiste du processus est assez simple et tous les paramètres sont fixés hormis la direction d'émission (nous avons choisi de négliger l'incertitude sur la masse du Z car cela est sans intérêt pour notre discussion). Pour la direction, nous générons à nouveau deux angles de manière uniforme mais la justification vient cette fois de l'absence de spin du H .

La même méthode est appliquée pour simuler la désintégration des Z en e^+e^- . Nous avons donc quatre électrons d'énergie et de direction bien déterminées dans le repère de leur parent Z respectif. Il suffit alors d'effectuer les boosts de Lorentz adéquats pour retourner dans le repère du H et ensuite dans le repère du détecteur¹. NB : les temps de vie très court du H et du Z nous permettent en très bonne approximation de considérer que ces quatre électrons sont émis au centre géométrique de notre détecteur.

1. Toutes ces manipulations pour simuler la désintégration du higgs sont des algorithmes ne nécessitant pas le framework "Geant4".