

N° d'ordre NNT : ?

Thèse de doctorat de l'Université de Lyon
opérée au sein de
L'Université Claude Bernard Lyon 1

École Doctorale N° 52
École Doctorale de Physique et Astrophysique

Spécialité du doctorat : Physique des particules

Soutenue publiquement le **XX xxxx** 2021 par

Lucas TORTEROTOT

**Recherche d'un boson de Higgs de haute masse se
désintégrant en paire de taus dans l'expérience
CMS au LHC**

devant le jury composé de :

M Bla BLA Fonction Institut <rôle>

À...

Remerciements

Remerciements

Résumé

Résumé

Abstract

Abstract

Table des matières

1	Introduction	1
2	Particules, interactions et phénoménologie	3
1	Les particules du modèle standard	3
1.1	Les fermions	3
1.2	Les bosons	3
2	Formalisme théorique et interactions	3
2.1	Lagrangien, champs et symétries	3
2.2	Interaction électromagnétique	3
2.3	Interaction électrofaible	3
2.4	Mécanisme de Higgs	3
2.5	Interaction forte	3
3	Succès et limites du modèle standard	3
4	Au-delà du modèle standard	3
4.1	Modèles à deux doublets de Higgs	3
4.2	La supersymétrie	3
4.3	L'extension supersymétrique minimale du modèle standard ou MSSM	3
5	Phénoménologie des bosons de Higgs du MSSM	3
5.1	Production de bosons de Higgs	3
5.2	Désintégration de bosons de Higgs	3
5.3	Désintégration des leptons tau	3
6	Conclusion	3
3	Dispositif expérimental	5
1	Le LHC : <i>Large Hadron Collider</i>	5
1.1	Collisions de protons	5
1.2	Accélération de protons	5
1.3	Luminosité et nombre d'événements	5
1.4	L'empilement	5
1.5	Les expériences du LHC	5
2	L'expérience CMS : <i>Compact Muon Solenoid</i>	5
2.1	Le solénoïde	5
2.2	Le trajectographe ou <i>tracker</i>	5
2.3	Le calorimètre électromagnétique ou ECAL	5
2.4	Le calorimètre hadronique ou HCAL	5
2.5	Les chambres à muons	5
2.6	Prise de données à CMS	5
3	Événements simulés	5
3.1	Génération d'événements	5
3.2	Simulation du détecteur	5
4	Reconstruction des événements	5
4.1	L'algorithme de <i>Particle Flow</i>	5
4.2	Identification et reconstruction des particules	5
4.3	Objets de haut niveau	5

4.4	Énergie transverse manquante	5
5	Conclusion	5
4	Calibration en énergie des jets	7
1	Introduction	7
2	Phénoménologie des événements photon + jets	7
3	Corrections résiduelles absolues des jets	7
3.1	Méthode de la balance	7
3.2	Méthode de la projection de la fraction d'énergie transverse manquante	7
3.3	« Comment ça fonctionne ce code »	7
3.4	Résultats	7
4	Correction de la résolution en énergie des jets	7
4.1	•	7
4.2	•	7
4.3	•	7
4.4	•	7
5	Conclusion	7
5	Recherche d'un boson de Higgs de haute masse	9
1	Introduction	9
2	Sélection d'événements et catégorisation	9
2.1	Données	9
2.2	Simulation	9
2.3	Catégorisation	9
3	Chaîne d'analyse	9
4	Estimation du bruit de fond	9
4.1	Estimations de bruits de fond à partir de simulations	9
4.2	Estimations de bruits de fond à partir de données	9
5	Incertitudes systématiques	9
5.1	Incertitudes de normalisation	9
5.2	Incertitudes de forme	9
6	Résultats et interprétations	9
7	Conclusion	9
6	Conclusion	11

Table des figures

Liste des tableaux

Chapitre 1

Introduction

Chapitre 2

Particules, interactions et phénoménologie

Sommaire

1	Les particules du modèle standard	3
1.1	Les fermions	3
1.2	Les bosons	3
2	Formalisme théorique et interactions	3
2.1	Lagrangien, champs et symétries	3
2.2	Interaction électromagnétique	3
2.3	Interaction électrofaible	3
2.4	Mécanisme de Higgs	3
2.5	Interaction forte	3
3	Succès et limites du modèle standard	3
4	Au-delà du modèle standard	3
4.1	Modèles à deux doublets de Higgs	3
4.2	La supersymétrie	3
4.3	L'extension supersymétrique minimale du modèle standard ou MSSM	3
5	Phénoménologie des bosons de Higgs du MSSM	3
5.1	Production de bosons de Higgs	3
5.2	Désintégration de bosons de Higgs	3
5.3	Désintégration des leptons tau	3
6	Conclusion	3

1 Les particules du modèle standard

1.1 Les fermions

1.2 Les bosons

2 Formalisme théorique et interactions

2.1 Lagrangien, champs et symétries

2.2 Interaction électromagnétique

2.3 Interaction électrofaible

2.4 Mécanisme de Higgs

2.5 Interaction forte

3 Succès et limites du modèle standard

4 Au-delà du modèle standard

4 CHAPITRE 2. PARTICULES, INTERACTIONS ET PHÉNOMÉNOLOGIE

4.1 Modèles à deux doublets de Higgs

4.2 La supersymétrie

4.3 L'extension supersymétrique minimale du modèle standard ou MSSM

5 Phénoménologie des bosons de Higgs du MSSM

5.1 Production de bosons de Higgs

5.2 Désintégration de bosons de Higgs

5.3 Désintégration des leptons tau

6 Conclusion

Chapitre 3

Dispositif expérimental

Sommaire

1	Le LHC : <i>Large Hadron Collider</i>	5
1.1	Collisions de protons	5
1.2	Accélération de protons	5
1.3	Luminosité et nombre d'événements	5
1.4	L'empilement	5
1.5	Les expériences du LHC	5
2	L'expérience CMS : <i>Compact Muon Solenoïd</i>	5
2.1	Le solénoïde	5
2.2	Le trajectographe ou <i>tracker</i>	5
2.3	Le calorimètre électromagnétique ou ECAL	5
2.4	Le calorimètre hadronique ou HCAL	5
2.5	Les chambres à muons	5
2.6	Prise de données à CMS	5
3	Événements simulés	5
3.1	Génération d'événements	5
3.2	Simulation du détecteur	5
4	Reconstruction des événements	5
4.1	L'algorithme de <i>Particle Flow</i>	5
4.2	Identification et reconstruction des particules	5
4.3	Objets de haut niveau	5
4.4	Énergie transverse manquante	5
5	Conclusion	5

1 Le LHC : *Large Hadron Collider*

1.1 Collisions de protons

1.2 Accélération de protons

1.3 Luminosité et nombre d'événements

1.4 L'empilement

1.5 Les expériences du LHC

2 L'expérience CMS : *Compact Muon Solenoïd*

2.1 Le solénoïde

2.2 Le trajectographe ou *tracker*

2.3 Le calorimètre électromagnétique ou ECAL

2.4 Le calorimètre hadronique ou HCAL

2.5 Les chambres à muons

2.6 Prise de données à CMS

3 Événements simulés

3.1 Génération d'événements

3.2 Simulation du détecteur

4 Reconstruction des événements

4.1 L'algorithme de *Particle Flow*

4.2 Identification et reconstruction des particules

4.3 Objets de haut niveau

4.4 Énergie transverse manquante

5 Conclusion

Chapitre 4

Calibration en énergie des jets

Sommaire

1	Introduction	7
2	Phénoménologie des événements photon + jets	7
3	Corrections résiduelles absolues des jets	7
3.1	Méthode de la balance	7
3.2	Méthode de la projection de la fraction d'énergie transverse manquante	7
3.3	« Comment ça fonctionne ce code »	7
3.4	Résultats	7
4	Correction de la résolution en énergie des jets	7
4.1	•	7
4.2	•	7
4.3	•	7
4.4	•	7
5	Conclusion	7

1 Introduction

2 Phénoménologie des événements photon + jets

3 Corrections résiduelles absolues des jets

3.1 Méthode de la balance

3.2 Méthode de la projection de la fraction d'énergie transverse manquante

3.3 « Comment ça fonctionne ce code »

3.4 Résultats

4 Correction de la résolution en énergie des jets

4.1 •

4.2 •

4.3 •

4.4 •

5 Conclusion

Chapitre 5

Recherche d'un boson de Higgs de haute masse

Sommaire

1	Introduction	9
2	Sélection d'événements et catégorisation	9
2.1	Données	9
2.2	Simulation	9
2.3	Catégorisation	9
3	Chaîne d'analyse	9
4	Estimation du bruit de fond	9
4.1	Estimations de bruits de fond à partir de simulations	9
4.2	Estimations de bruits de fond à partir de données	9
5	Incertitudes systématiques	9
5.1	Incertitudes de normalisation	9
5.2	Incertitudes de forme	9
6	Résultats et interprétations	9
7	Conclusion	9

1 Introduction

2 Sélection d'événements et catégorisation

2.1 Données

2.2 Simulation

2.3 Catégorisation

3 Chaîne d'analyse

4 Estimation du bruit de fond

4.1 Estimations de bruits de fond à partir de simulations

4.2 Estimations de bruits de fond à partir de données

4.2.1 Méthode de l'encapsulation ou *embedding*

4.2.2 Méthode du facteur de faux ou *fake factor*

5 Incertitudes systématiques

5.1 Incertitudes de normalisation

5.2 Incertitudes de forme

6 Résultats et interprétations

7 Conclusion

Chapitre 6

Conclusion

Bibliographie

