



FICHE PROJET DE THESE pour ANNEE 2013-2014

Fiche à adresser, par voie électronique, à l'école doctorale avant le 14 janvier 2013

Discipline du Doctorat <i>Cf l'article 1^{er} de règlement intérieur de l'ED Indiquer le n° à 7 chiffres et l'intitulé (tout ou partie selon le cas)</i>	4200002 - PHYSIQUE
Mention du Doctorat <i>Cf l'article 1^{er} de règlement intérieur de l'ED Indiquer le n° de la section CNU et l'intitulé</i>	Constituants élémentaires (29ème section)
Domaine scientifique principal	Physique théorique
Domaines scientifiques secondaires	
Entités de rattachement - Centre de recherche (UMR LISA, UMR SPE, ERT, FRES, INRA-CIRAD) - Projet structurant	UMR 6134 CNRS/Université de Corse Projet COMPA (Champs, Ondes, Mathématiques et aPplicAtions)
Direction de la thèse Préciser : (i) Nom, prénom ; (ii) tél et E-mail ; (iii) la qualité d'HDR(ou non) pour les non-Pr - Directeur - Co-directeur éventuel envisagé	Antoine Folacci (Directeur) Email : folacci@univ-corse.fr Yves Décanini (Co-directeur - HDR) Email : decanini@univ-corse.fr
Collaborations extérieures éventuelles envisagées (convention de codirection, - de cotutelle ; entreprise...)	
Type de financement visé <i>(barrer les mentions inutiles)</i>	Contrat doctoral
2	
Connaissances et compétences requises chez l'étudiant	Théories (classique et quantique) des champs, relativité générale, géométrie différentielle.
Titre de la thèse	Champs quantiques en espace-temps courbe et renormalisation
Abstract 1 (5-8 lignes, police Arial 10) : Présentation explicite du projet de thèse – Aspects scientifiques <i>Finalité, méthodologie et problématique, intérêt scientifique, caractère innovant</i>	Le travail de thèse proposé est relatif à la renormalisation des théories quantiques des champs en espace-temps courbe et à quelques unes de ses possibles applications. Il est au cœur des interrogations actuelles des physiciens théoriciens (description de l'espace-temps et de la gravitation aux hautes énergies, nature de l'énergie du vide...). L'approche que devra développer le doctorant est réellement innovante car fondée sur des méthodes qui, théoriquement, permettent de faire des calculs perturbatifs à des ordres arbitraires.
Abstract 2 (5-8 lignes, police Arial 10) : Présentation des enjeux de la thèse <i>Adéquation avec la politique scientifique de l'UCPP - Intérêt de la recherche dans le</i>	Le sujet de thèse est en adéquation avec la politique scientifique de l'UCPP car en accord avec les thèmes du projet COMPA « Champs, Ondes, Mathématiques et aPplicAtions » qui est un des projets structurants de l'UMR

cadre du développement régional	6134 CNRS-Université de Corse. Les résultats attendus ne conduiront pas à des retombés technologiques d'intérêt régional mais le travail effectué devrait aboutir à des publications réellement originales dans les meilleures revues internationales de physique.
Explicitation sur page suivante	

Explicitation du Projet de thèse

1°) Présentation des aspects scientifiques du projet de thèse (½ page à 1 page environ, police Arial 10)
Finalité, méthodologie et problématique, intérêt scientifique, caractère innovant

En l'absence d'une théorie quantique de la gravitation et de l'unification de celle-ci avec les autres interactions, il est néanmoins possible, en se plaçant dans le cadre de la théorie quantique des champs en espace-temps courbe, dite aussi approximation semi-classique de la gravitation quantique [cf. e.g. "B. S. DeWitt, *The Global Approach to Quantum Field Theory* (Oxford University Press, Oxford, 2003)"], de rendre compte de certains phénomènes physiques ayant lieu en champ gravitationnel fort qui devraient être des ingrédients incontournables des nouvelles théories fondamentales à inventer. Dans ce cadre, on définit les champs quantiques sur un background gravitationnel classique (l'espace-temps de la relativité générale) en incluant aussi, de manière cohérente, les contributions perturbatives des gravitons. On dispose alors d'une théorie quantique effective de la gravitation, valable à "basse énergie", qui permet notamment d'aborder certains problèmes concrets intéressant les cosmologistes de l'univers primordial (problématique de l'énergie du vide et de l'expansion accélérée de l'univers, création de particules due à l'expansion, inflation, instabilité de l'espace-temps de de Sitter...) et les physiciens théoriciens (rayonnement de Hawking, correspondance AdS/CFT en théorie des cordes, violation des conditions usuelles sur l'énergie et trous de ver...).

Les calculs que l'on effectue en théorie quantique des champs en espace-temps courbe sont infestés d'infinis, comme ceux des théories quantiques des champs en espace-temps de Minkowski, et sont de plus rendus hautement non-triviaux par la présence, dans ces infinis, des caractéristiques géométriques des backgrounds gravitationnels (tenseur métrique, courbure scalaire, tenseurs de Ricci et de Riemann). Les processus de régularisation et de renormalisation bien connus en espace-temps plat doivent donc être étendus, le traitement des divergences conduisant notamment à modifier l'action d'Einstein-Hilbert de la gravitation mais aussi à briser certaines symétries classiques comme l'invariance conforme.

Le travail de thèse que nous proposons est relatif à la renormalisation en espace-temps courbe et à quelques unes de ses possibles applications. Dans une première partie, le doctorant commencera par étudier le comportement à courte distance des fonctions de Green d'une théorie scalaire. En effet, c'est ce comportement qui encode les divergences apparaissant dans les calculs perturbatifs. Il construira, en particulier, la représentation dite de DeWitt-Schwinger du propagateur de Feynman. Pour cela, il sera amené à considérer, sur un background gravitationnel arbitraire et en dimension quelconque, le développement asymptotique du noyau de la chaleur et à construire les séries de Taylor covariantes définissant ses coefficients géométriques. En théorie, ce problème peut être résolu à des ordres aussi élevés que l'on veut [cf. les appendices de l'article "Y. Décanini and A. Folacci, *Off-diagonal coefficients of the DeWitt-Schwinger and Hadamard representations of the Feynman propagator*, Physical Review D 73, 044027 (2006)"]. Mais, du point de vue pratique, les calculs s'avèrent rapidement inextricables. Le doctorant devra donc implémenter l'approche théorique à l'aide du logiciel Mathematica. Cela devrait lui permettre d'obtenir explicitement le comportement du noyau de la chaleur et celui du propagateur de Feynman à un ordre de troncation arbitraire. Dans une seconde partie, le doctorant généralisera l'approche théorique mentionnée précédemment en l'étendant aux champs vectoriels et spinoriels, aux champs de Yang-Mills et au champ des gravitons puis l'implémentera sur Mathematica. Dans une dernière partie, le doctorant pourra appliquer le formalisme développé pour aborder certains problèmes centraux et actuels de la cosmologie et/ou de la physique théorique. Il pourra, par exemple, s'intéresser à la problématique de l'énergie du vide dans les espaces-temps de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker ou considérer l'instabilité des théories quantiques des champs en interaction que l'on définit sur l'espace-temps de de Sitter.

Le travail de thèse proposé est au cœur des interrogations actuelles des physiciens théoriciens (description de l'espace-temps et de la gravitation aux hautes énergies, nature de l'énergie du vide, processus de régularisation et de renormalisation des théories quantiques des champs). L'approche que devra développer le doctorant est réellement innovante car fondée sur des méthodes qui, théoriquement, permettent de faire des calculs perturbatifs à des ordres arbitraires.

2°) Présentation des enjeux de la thèse (½ page à 1 page environ, police Arial 10)

Adéquation avec la politique scientifique de l'UCPP - Intérêt de la recherche dans le cadre du développement régional.

Le sujet de thèse est en adéquation avec la politique scientifique de l'UCPP car en accord avec les thèmes du projet COMPA « Champs, Ondes, Mathématiques et aPplicAtions » qui est un des projets structurants de l'UMR 6134 CNRS-Université de Corse. Les résultats attendus ne conduiront pas à des retombés technologiques d'intérêt régional mais le travail effectué devrait aboutir à des publications réellement originales dans les meilleures revues internationales de physique.