

Avis de Soutenance

Monsieur Abedennour DIB

Physique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés
Théories maxwelliennes généralisées – structure théorique et tests expérimentaux

Travaux dirigés par Monsieur Alessandro SPALLICCI
Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU
Unité de recherche : LPC2E - Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace

Soutenance prévue le **vendredi 19 juin 2026** à 14h00

Lieu : Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace, 3A Avenue de la Recherche Scientifique,
45071 ORLÉANS

Salle : de conférence

Composition du jury proposé

M. Alessandro SPALLICCI	Professeur émérite	Université d'Orléans	Directeur de thèse
M. Robertus POTTING	Professeur	Universidade do Algarve	Rapporteur
M. Nikolaos E MAVROMATOS	Professor	Ethnikó Metsóvio Polytechneío NTUA - CERN - King's College	Rapporteur
M. Jan-Willem VAN HOLTEN	Emeritus professor of Theoretical Physics	Universiteit Leiden - NIKHEF	Examineur
M. Salvatore CAPOZZIELLO	Professor	Università degli Studi di Napoli Federico II - SSM	Examineur
M. Sébastien CELESTIN	Professeur des universités	Université d'Orléans	Examineur
M. Claus LAMMERZAHN	Professeur émérite	Universität Bremen	Examineur
M. José A HELAYEL-NETO	Professor	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas CBPF	Examineur
M. Tomislav PROKOPEC	Universiteit Utrecht	Invité	

Mots-clés : Photon, Théories massives, Théories non linéaires, Au-delà du modèle standard, Astrophysique, Cosmologie

Résumé :

Les observations astrophysiques reposent principalement sur des signaux électromagnétiques, qui sont encore interprétés à l'aide de la théorie de Maxwell datant du XIXe siècle, une théorie linéaire et dépourvue de masse photonique, qui pourrait constituer une approximation d'une théorie plus générale, à l'instar de la gravité newtonienne par rapport à la relativité générale. Nous examinons les théories maxwelliennes généralisées (GMT) qui induisent A) des modifications des lois de Maxwell vérifiables à l'aide des données des sondes spatiales sur le vent solaire B) la biréfringence, objet d'expériences en France, pour laquelle l'indice de réfraction dépend de la polarisation de la lumière et de la direction de propagation C) la dispersion pour laquelle la vitesse de groupe diffère de c d'un facteur proportionnel à l'inverse du carré de la fréquence, ce qui a un impact sur les signaux des pulsars, les sursauts radio rapides (FRB), l'astronomie multi messagère et les estimations de la masse du graviton ; D) un décalage de fréquence dans le vide, dû à l'échange d'énergie entre les photons et les champs de fond, entraînant une réinterprétation de l'expansion de l'univers et de l'énergie noire. Aller au-delà de Maxwell est une nécessité en électrodynamique quantique pour prendre en compte les corrections non linéaires. Les GMT sont soit massifs (de Broglie-Proca, Bopp, Podolski, Stueckelberg et autres), soit non linéaires (Born-Infeld, von Heisenberg-Euler et autres). En physique des particules moderne, le Modèle Standard (SM), qui respecte la symétrie de Lorentz-Poincaré, n'explique pas les oscillations et les masses des neutrinos, le déséquilibre matière-antimatière et l'univers sombre. Pour le SM, le photon est la seule particule libre sans masse. Les théories étendant le SM sur la base d'une rupture de symétrie (théories SME) conduisent à une masse photonique effective, invariante sous l'action d'un champ de jauge, mais anisotrope. Dans cette thèse, nous avons sélectionné certaines de nos publications et discuté des effets non linéaires induits par les champs de fond sur la propagation du photon libre, en mettant en évidence la présence de décalages de fréquence. Au sein de la même classe de modèles, nous présentons les mécanismes qui conduisent à l'émergence d'une masse effective due aux interactions photon-fond, ainsi que

les caractéristiques de stabilité et de propagation de ces extensions massives. Nous montrons notamment la présence d'une masse transversale qui préserve l'invariance de jauge ainsi que l'absence de tachyons dans les cas étudiés.

Summary:

Astrophysical observations are mainly based on electromagnetic signals, still read with 19 century Maxwell's theory, linear and without photonic mass, possibly approximating a larger theory, such as Newtonian gravity for general relativity. We examine Generalised Maxwellian Theories (GMT) that induce A) modifications of Maxwell's laws testable using solar wind spacecraft data B) birefringence, object of experiments in France, for which the refractive index depends on light polarisation and propagation direction C) dispersion for which the group velocity differs from c by a factor proportional to the inverse of the square of the frequency, impacting pulsar signals, Fast Radio Bursts (FRBs), multi-messenger astronomy and graviton mass estimates D) a frequency shift in the vacuum, due to the energy exchange between photon and background fields, causing the reinterpretation of the universe expansion and of dark energy. Going beyond Maxwell is a necessity in quantum electrodynamics for taking into account non-linear corrections. GMT are either massive (de Broglie-Proca, Bopp, Podolski, Stueckelberg and others) or non-linear (Born-Infeld, von Heisenberg-Euler and others). In modern particle physics, the Standard Model (SM), which respects Lorentz-Poincaré symmetry, does not explain the oscillations and masses of neutrinos, the matter-antimatter unbalance, and the dark universe. For the SM, the photon is the only free massless particle. Theories extending the SM based on symmetry breaking (SME theories) lead to an effective, gauge invariant, but anisotropic photon mass. In this thesis, we picked some of our publications and discussed the non-linear effects induced by background fields on the free photon propagation, highlighting the presence of frequency shifts. Within the same class of models, we present the mechanisms that lead to the emergence of an effective mass due to the photon-background interactions, as well as the stability and propagation features of such massive extensions. We notably show the presence of a transversal mass that preserves gauge invariance as well as the absence of tachyons in the studied cases.