

---

# Axions, cordes cosmiques et monopoles magnétiques

DIRECTEUR DE THESE : MICHEL RAUSCH DE TRAUBENBERG

INSTITUT PLURIDISCIPLINAIRE HUBERT CURIEN, 23 RUE DU LOESS, 67200 STRASBOURG

TEL : 03.88.10.65; E-MAIL : [MICHEL.RAUSCH@IPHC.CNRS.FR](mailto:MICHEL.RAUSCH@IPHC.CNRS.FR)

Contexte : Les axions sont des particules hypothétiques légères qui jouent potentiellement un rôle important en physique des particules, mais aussi dans des thématiques connexes telles que la cosmologie primordiale, l'astrophysique stellaire ou la gravité quantique [1]. Par conséquent, un vaste programme expérimental leur est dédié et fera l'objet d'expansions continues au cours de la prochaine décennie. Un soutien théorique à cet effort est crucial, afin d'affiner notre perspective sur l'espace des paramètres contraint par les résultats de mesures, et par là notre interprétation de ces dernières.

Objectifs : Cette thèse permettra l'étude de deux aspects de la phénoménologie des axions. Premièrement, on s'intéressera au fait que les axions peuvent constituer la matière noire de l'univers, dans un scénario où leur production est assurée dans l'univers jeune et chaud par des structures métastables étendues appelées cordes cosmiques. Du fait des très hautes énergies caractéristiques d'une telle phase du Big Bang, un traitement quantitatif de l'impact des cordes cosmiques impose de connaître le modèle complet de nouvelle physique des particules associé aux axions. On se concentrera sur deux paradigmes importants, selon lesquels les axions sont soit associés à des dimensions d'espace-temps supplémentaires compactes, soit accompagnés d'autres particules légères. Bien qu'ils soient d'importance majeure, ces paradigmes n'ont pas encore été évalués du point de vue de la cosmologie des cordes cosmiques axioniques.

Deuxièmement, on étudiera les couplages entre un axion et le photon, qui sont à la base de la majorité des recherches expérimentales d'axions. En particulier, on tâchera d'identifier la façon dont ils sont induits par l'interaction entre l'axion et un monopole magnétique. Le formalisme permettant de décrire cette interaction fait l'objet de recherches actives à l'interface entre électromagnétisme, théorie quantique des champs, théorie des symétries et topologie. On déduira de ce travail la sensibilité à l'existence de monopoles magnétiques des expériences dédiées aux axions, et on caractérisera de possibles signaux exotiques.

Tâches détaillées : Pour la partie cosmologie de cette thèse, on commencera par mettre en place les outils permettant l'analyse systématique de la cosmologie des axions et des cordes cosmiques (étude analytique et numérique des cordes, suivi de leur formation et de leur évolution au cours de l'expansion de l'univers, suivi de la production d'axions associée, prise en compte des contraintes issues de la cosmologie de précision), puis on les appliquera à plusieurs scénarios. D'abord, les axions et les cordes cosmiques seront reliés à une nouvelle force électromagnétique se propageant dans une dimension d'espace supplémentaire compacte et à ses charges magnétiques. Différentes réalisations de ce scénario (par exemple, via des monopoles de 't Hooft-Polyakov) seront ensuite comparées au cas particulier où la nouvelle force est une description effective de la gravité quantique. Enfin, on étudiera la dynamique des cordes cosmiques et de la matière noire dans des modèles où plusieurs particules légères accompagnent l'axion.

Pour la thématique liée aux couplages axion-photon, on étendra plusieurs descriptions des monopoles magnétiques (dualité électro-magnétique, théories de Zwanziger, action de la ligne d'univers d'un monopole ou théories supersymétriques) afin qu'elles contiennent des interactions avec un axion. On testera leur cohérence interne et on comparera leurs prédictions phénoménologiques, pour le photon ou une particule hypothétique similaire. On fera si besoin le lien avec la théorie naissante des symétries généralisées.

[1] S. Navas et al, *Review of particle physics – 90. Axions and Other Similar Particles*, Phys. Rev. D 110.3 (2024).