

Annuaire du Collège de France

121^e année

2020
2021

Résumé des cours et travaux



COLLÈGE
DE FRANCE
— 1530 —



Annuaire du Collège de France

Cours et travaux du Collège de France

121 | 2024
2020-2021

Champs, cordes et gravité

Marc Henneaux



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/annuaire-cdf/19270>

DOI : 10.4000/12ktr

ISBN : 978-2-7226-0778-1

ISSN : 2109-9227

Éditeur

Collège de France

Édition imprimée

Date de publication : 18 novembre 2024

Pagination : 117-120

ISBN : 978-2-7226-0777-4

ISSN : 0069-5580

Ce document vous est fourni par Collège de France



Référence électronique

Marc Henneaux, « Champs, cordes et gravité », *L'annuaire du Collège de France* [En ligne], 121 | 2024, mis en ligne le 01 octobre 2024, consulté le 28 novembre 2024. URL : <http://journals.openedition.org/annuaire-cdf/19270> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/12ktr>

Le texte et les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés), sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

CHAMPS, CORDES ET GRAVITÉ

Marc Henneaux

Professeur au Collège de France

La série de cours « Symétries cachées de la gravitation » est disponible, en audio et vidéo, sur le site internet du Collège de France (<https://www.college-de-france.fr/agenda/cours/symetries-cachees-de-la-gravitation>), ainsi que la série de séminaires du même nom (<https://www.college-de-france.fr/agenda/seminaire/symetries-cachees-de-la-gravitation>). Pour rappel, la leçon inaugurale, prononcée le 5 mars 2020, est également disponible en audio et vidéo, sur le site internet du Collège de France : <https://www.college-de-france.fr/agenda/lecon-inaugurale/symetrie-et-gravitation/symetrie-et-gravitation>. Elle a fait l'objet d'une publication : M. Henneaux, *Symétrie et gravitation*, Paris, Collège de France/Fayard, coll. « Leçons inaugurales du Collège de France », n° 296, 2021 ; édition numérique : Collège de France, 2021, <https://books.openedition.org/cdf/11613>. Les cours n'ayant pu se tenir en 2019-2020 pour raison sanitaire ont été reportés en 2020-2021.

ENSEIGNEMENT

COURS - SYMÉTRIES CACHÉES DE LA GRAVITATION

Introduction

Des structures de symétrie exceptionnelles apparaissent de manière tout à fait inattendue dans l'étude du comportement des solutions des équations du champ gravitationnel (équations d'Einstein ou leurs généralisations supersymétriques) au voisinage d'une singularité de genre espace (singularité de type cosmologique ou « Big Bang »). Dans cette limite où les champs divergent, la dynamique est contrôlée

par des groupes de Coxeter infinis hyperboliques. Le cas le plus spectaculaire est celui de la supergravité maximale où la limite fait apparaître le groupe de Coxeter $E(10)$ qui possède des propriétés remarquables.

Ces groupes de Coxeter sont étroitement liés aux extensions de Kac-Moody des groupes de symétries mis en évidence par la réduction dimensionnelle et aux groupes de dualité de la théorie des cordes. Le fait qu'ils soient infinis est une conséquence directe de la présence de la gravitation parmi les champs dynamiques.

Ces symétries sont inattendues car non visibles dans la formulation lagrangienne de départ de la théorie. On parle de « symétrie cachée ».

Le cours de l'année 2020-2021 a été consacré à l'étude de l'émergence de ces structures de symétrie remarquables, de leurs propriétés et de leurs implications, en prenant comme point de départ l'analyse des solutions des équations du champ gravitationnel au voisinage d'une singularité cosmologique.

Cours 1 du 5 mai 2021

- Équations d'Einstein au voisinage d'une singularité cosmologique
- Analyse de Belinski-Lifshitz-Khalatnikov (BKL)
- Solution de Kasner généralisée

Cours 2 du 19 mai 2021

- Instabilité de la dynamique de Kasner et comportement oscillant ; chaos
- Introduction de matière (champs scalaire, champ électromagnétique)
- Extension de l'analyse BKL aux dimensions supérieures d'espace-temps

Cours 3 du 26 mai 2021

- Description en termes de billards cosmologiques :
- formulation hamiltonienne des équations d'Einstein ;
 - décomposition d'Iwasawa de la métrique ;
 - supermétrique de De Witt ;
 - dynamique des facteurs d'échelle.

Cours 4 du 2 juin 2021

- Billards cosmologiques (suite) : projection dans l'espace hyperbolique
- Types de murs du billard

Cours 5 du 9 juin 2021

- Groupes de Coxeter hyperboliques

- Calcul des murs dominants pour différents modèles
- $E(10)$ et supergravité maximale
- Chaos

Cours 6 du 16 juin 2021

- Algèbre de Kac-Moody
- Développements récents : symétries cachées et conjectures

SÉMINAIRES LIÉS

Séminaire 1 – *Symmetry, chaos and integrability for gravity: Exceptions become routine*

Bernard Julia (ENS, Paris), le 5 mai 2021.

Séminaire 2 – *Asymptotically Kasner-like singularities*

Grigorios Fournodavlos (laboratoire Jacques-Louis Lions, université Paris-Sorbonne), le 19 mai 2021.

Séminaire 3 – *E11 invariance of supergravity*

Guillaume Bossard (École polytechnique), le 26 mai 2021.

Séminaire 4 – *The classical black hole interior in holography*

Sean Hartnoll (Stanford University, États-Unis), le 2 juin 2021.

Séminaire 5 – *Spinors and Kac-Moody symmetry*

Axel Kleinschmidt (Albert Einstein Institute, Potsdam, Allemagne), le 9 juin 2021.

Séminaire 6 – *E10 and K(E10): Searching for a new paradigm of fundamental physics*

Hermann Nicolai (Albert Einstein Institute, Potsdam, Allemagne), le 16 juin 2021.

RECHERCHE

Les symétries asymptotiques de la gravitation dans le cas des espaces-temps asymptotiquement plats (groupe « BMS » de Bondi-Metzner-Sachs) et la structure asymptotique de l'infini spatial ont continué d'être l'objet de nos recherches. Nous avons ainsi clarifié l'émergence d'une symétrie asymptotique infini-dimensionnelle en gravitation en la reliant aux « grandes » symétries de jauge de la théorie libre (théorie de Pauli-Fierz) (publication 1). Nous avons également cherché à formuler des conditions asymptotiques en supergravité faisant apparaître une extension fermionique infini-dimensionnelle de la symétrie BMS. Une première étape dans cette démarche a été de formuler ces conditions pour la théorie libre du champ de spin $3/2$ de Rarita-Schwinger (publication 2).

PUBLICATIONS

Fuentealba O., Henneaux M., Majumdar S., Matulich J. et Troessaert C., « Asymptotic structure of the Pauli-Fierz theory in four spacetime dimensions », *Classical and Quantum Gravity*, vol. 37, n° 23, 2020, art. 235011, <https://doi.org/10.1088/1361-6382/abbe6e>.

Fuentealba O., Henneaux M., Majumdar S., Matulich J. et Neogi T., « Asymptotic structure of the Rarita-Schwinger theory in four spacetime dimensions at spatial infinity », *Journal of High Energy Physics*, 2021, art. 31, [https://doi.org/10.1007/JHEP02\(2021\)031](https://doi.org/10.1007/JHEP02(2021)031).

Henneaux M., *Symétrie et gravitation*, Paris, Collège de France/Fayard, coll. « Leçons inaugurales du Collège de France », n° 296, 2021 ; édition numérique : Collège de France, 2020, <https://books.openedition.org/cdf/11613>.