

ANNALES DE L'I. H. P., SECTION A

JACQUES BROS

Préface

Annales de l'I. H. P., section A, tome 64, n° 4 (1996), p. 377-382

http://www.numdam.org/item?id=AIHPA_1996__64_4_377_0

© Gauthier-Villars, 1996, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Annales de l'I. H. P., section A » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

Préface

Deux numéros spéciaux des *Annales de l'Institut Henri Poincaré* sont consacrés aux comptes rendus de la conférence de Paris intitulée « *Nouveaux problèmes en théorie générale des champs et des particules* » qui a eu lieu en juillet 1994 à la Sorbonne. La première partie de ces comptes rendus a été publiée dans le numéro 4 du volume 63 (décembre 1995). Au début de cette première partie, le lecteur physicien ou mathématicien peut trouver une courte présentation d'ensemble du sujet de la conférence (cf. notre préface générale faisant suite à l'avant-propos de Jean Bellissard, Éditeur en chef de la Revue). Cinq articles forment le contenu du premier numéro; il s'agit des contributions de H.J. Borchers, D. Guido, U. Moschella, O. Steinmann et I.T. Todorov. Dans cette deuxième partie, neuf autres contributions à la conférence seront présentées.

La théorie générale des champs de Wightman et la théorie algébrique des treillis d'observables locales de Araki, Haag et Kastler (ou « physique quantique locale ») sont deux cadres conceptuels fondamentaux pour la physique des phénomènes quantiques relativistes. Dans le premier, l'approche lagrangienne est la manière standard de spécifier (au moins formellement) un modèle donné de champ(s) quantique(s) en interaction; mais dans le second, existe-t-il un substitut à cette méthode pour définir une théorie particulière? Une approche préliminaire de ce problème est proposée dans l'article de Rudolf Haag et Izumi Ojima qui prélude à cette deuxième partie.

L'analyse des relations entre les deux cadres conceptuels précédents a atteint actuellement un très haut degré de maturité grâce aux notions introduites dans la théorie des opérateurs modulaires de Tomita et Takesaki (voir les articles de Borchers et Guido dans la première partie). C'est le sujet exposé dans le second article dont l'auteur est Jakob Yngvason. Une autre application de la théorie des opérateurs modulaires est présentée dans l'article de Stephen J. Summers qui explique comment les groupes de transformations de l'espace-temps (ceci étant valable aussi pour certains espace-temps courbes tels que l'univers de de Sitter) peuvent être engendrés à partir des observables et de l'état du système, pourvu qu'une certaine « condition d'action géométrique modulaire » soit satisfaite par les objets algébriques correspondants.

Les théories de champs de jauge, dont l'électrodynamique quantique et la chromodynamique quantique représentent des exemples ayant un intérêt physique primordial, recèlent des problèmes fondamentaux non résolus qui sont un défi pour les cadres conceptuels des champs quantiques et des algèbres d'observables locales. Parmi ces problèmes, une classe importante concerne l'analyse à courte distance des théories de champs, en particulier la classification des limites d'échelle de théories de champs et la caractérisation des « particules confinées » (quarks et gluons). L'article de Detlev Buchholz nous propose une approche de ces problèmes indépendante de la théorie considérée, grâce à la notion d'« algèbre d'échelle » qui permet d'incorporer de façon rigoureuse certains aspects du groupe de renormalisation dans le cadre conceptuel des observables locales.

L'article suivant, de Giovanni Morchio, est consacré aux propriétés structurelles générales des algèbres de champs de jauge pour des jauges positives, lesquelles fournissent un cadre fondamental pour discuter les problèmes du phénomène d'écran (ou « phénomène de Higgs ») et du confinement et pour illustrer ceux-ci sur des modèles solubles jouant le rôle de prototypes.

Les propriétés générales d'analyticité obtenues en théorie des champs dans l'espace des variables d'énergie-impulsion et la caractérisation élégante des particules comme pôles des amplitudes de collision (traditionnellement considérées et développées dans le cadre des champs de Wightman, mais également valables pour les champs associés aux observables locales) rencontrent un obstacle de taille en électrodynamique quantique. Cela est dû au « problème des photons mous » qui semble être cause d'une destruction de la structure en pôles des amplitudes faisant intervenir des particules chargées électriquement. C'est le but d'un article de Henry P. Stapp de montrer (dans le cadre de la théorie des perturbations) que cette structure en pôles peut être retrouvée à condition que l'on prenne soin d'extraire à part une « partie classique de la matrice S » en procédant de façon adéquate dans les variables d'espace-temps.

Qu'advient-il des propriétés d'analyticité axiomatiques des fonctions à n points et de la représentation de Källén-Lehmann des propagateurs lorsque les observables de champs sont considérées dans un état d'équilibre thermique au lieu de l'être dans l'état du vide? Que devient la représentation des « particules » dans les variables d'énergie et d'impulsion dans ce cas? Ces sujets sont traités dans un article écrit en collaboration avec Detlev Buchholz.

Dans un monde à deux dimensions, il peut exister des excitations « de type particule » obéissant à une statistique plus générale que les bosons et

les fermions. Dans le cadre de la physique quantique locale, il a été montré que ces états d'« anyons » ou, plus généralement, de « plektons » (ces derniers correspondant à des représentations non abeliennes du groupe des tresses) pouvaient toujours être construits au moyen de champs non locaux (de Buchholz-Fredenhagen) dépendant d'une direction du genre espace. C'est le but d'un article de Klaus Fredenhagen et Matthias D. Gaberdiel de franchir ici une nouvelle étape dans cette approche algébrique des plektons en fournissant pour ces objets une théorie des états de collision.

Avec le dernier article de cette série, les cadres conceptuels précédents sont ébranlés... à l'échelle de Planck: Sergio Doplicher introduit l'espace-temps quantique.

En conclusion de cette préface, je pense que les contributions présentées dans ces deux numéros spéciaux des *Annales de l'Institut Henri Poincaré* donnent une vue d'ensemble de divers développements de grand intérêt, démontrant qu'après plus de quarante ans la théorie générale des champs et des particules demeure un domaine de recherche extrêmement vivant. Enfin, j'adresse mes remerciements les plus chaleureux à Arthur S. Wightman, dont le rôle fut tellement primordial dans la genèse et le développement de ce domaine, pour avoir honoré la conférence de sa présence et pour l'« envoi » dont il nous a gratifiés à la fin de ces comptes rendus.

Jacques Bros

Preface

(Second part)

Two special issues of the Annales de l'Institut Henri Poincaré are devoted to the proceedings of the Paris conference entitled "New problems in the general theory of fields and particles" which was held in July 1994 in la Sorbonne. The first part of these proceedings has been published in volume 63, number 4 (december 1995). At the beginning of this first part, a short and comprehensive presentation of the subject of the conference has been given (cf. our general preface following the foreword of the Chief Editor of the Journal, Jean Bellissard). Five articles form the contents of that issue; these are the contributions by H. J. Borchers, D. Guido, U. Moschella, O. Steinmann and I. T. Todorov. In this second part, nine other contributions to the conference will be presented.

The general theory of Wightman fields and the Araki-Haag-Kastler algebraic theory of nets of local observables (or "local quantum physics") are two basic conceptual frameworks for the physics of relativistic quantum phenomena. In the former, the Lagrangean approach is the standard way to specify a given model of interacting quantum field(s); but in the latter, what could be a substitute to this method for defining a specific theory? A preliminary approach to this problem is proposed in the article by Rudolf Haag and Izumi Ojima which opens this second part.

The analysis of the links between the two previous conceptual frameworks has nowadays reached a higher degree of maturity thanks to the notions introduced by the Tomita-Takesaki theory of modular operators (in this connection, see the articles by Borchers and Guido in the first part). This is the subject of the second article whose author is Jakob Yngvason. Another application of the theory of modular operators is presented in the article by Stephen J. Summers, where it is shown how the transformation groups of space-time (and this is also valid for certain curved space-times such as the de Sitter universe) can be generated purely by the observables and the state of the system, provided a certain "condition of geometrical modular action" is satisfied by the corresponding algebraic objects.

Gauge-field theories, whose examples of major physical interest are quantum electrodynamics and quantum chromodynamics, contain unsolved fundamental problems which are a challenge to the conceptual frameworks

of quantum fields and algebras of local observables. Among these problems, an important class concerns the short-distance analysis of field theories, in particular the classification of the scaling limits of field theories and the characterization of “confined particles” (quarks and gluons). The article by Detlev Buchholz provides us with a model-independent approach to these problems thanks to the notion of “scaling algebra” which allows one to incorporate rigorously some aspects of the renormalization group in the conceptual framework of local observables.

The subsequent article, by Giovanni Morchio, is devoted to general structural properties of gauge-field algebras in positive gauges, which provide a basic framework for discussing the problems of screening (or “Higgs phenomenon”) and confinement and for illustrating these phenomena in soluble models serving as prototypes.

The field-theoretical analyticity properties in the space of energy-momentum variables and the characterization of particles as poles of the collision amplitudes (more considered and developed in the framework of Wightman fields, but also valid for the fields associated with local observables) encounter a sizeable obstacle in quantum electrodynamics. This is due to the “soft-photon problem” which seems to plague the pole structure of the amplitudes involving electrically charged particles. It is the purpose of an article by Henry P. Stapp to show (in the perturbative framework) that this pole structure can genuinely be restored, provided a “classical part of the S-matrix” is first extracted by a suitable coordinate-space procedure.

What becomes of the axiomatic analyticity properties of the n -point functions and of the Källén-Lehmann representation of propagators when the field observables are considered in a thermal equilibrium state instead of the vacuum state? What about the representation of “particles” in the energy and momentum variables in that case? These subjects are treated in an article written in collaboration with Detlev Buchholz.

In a two-dimensional world, particle-like excitations obeying a more general statistics than bosons and fermions can occur. In the framework of local quantum physics, such “anyon” or more generally “plekton” states (the latter corresponding to non-abelian representations of the braid group) have been shown to be constructible in terms of non-local (Buchholz-Fredenhagen) fields depending on a space-like direction. It is the purpose of an article by Klaus Fredenhagen and Matthias D. Gaberdiel to take here a further step in this algebraic approach of plektons, by providing a theory of scattering states for these objects.

With the last article of this series, the previous conceptual frameworks collapse... at the scale of the Planck length: Sergio Doplicher introduces the world of quantum space-time.

To conclude this preface, I think that the contributions presented in these two issues of the Annales de l'Institut Henri Poincaré give an excellent overview of various very interesting developments. They demonstrate that, after more than forty years, the general theory of fields and particles remains a very lively subject. As a final word, I wish to address my warmest thanks to Arthur S. Wightman, who played such an important role both in the foundations and developments of this approach, for having honoured the conference by his presence and for his nice envoi at the end of these proceedings.

Jacques Bros