

CHEZ LE LIBRAIRE

The Quantum Theory of Fields III:

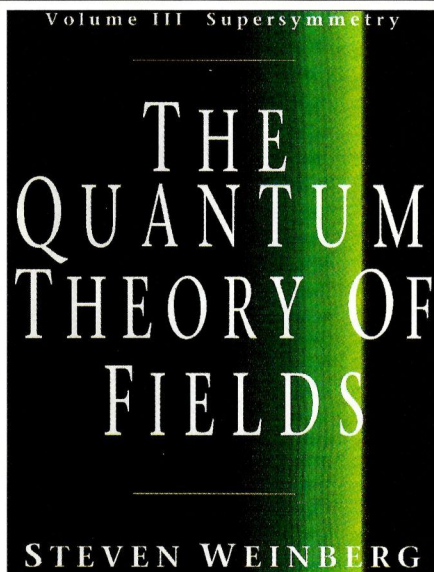
Supersymmetry par Steven Weinberg, Cambridge University Press, ISBN 0 521 66000 9 (relié £32,50/\$49,95).

La troisième volume de la collection très bien accueillie de Steven Weinberg sur la théorie quantique des champs couvre le sujet d'actualité de la supersymétrie et paraît trois ans après les fameux deux premiers tomes sur les fondations (1995) et les applications modernes (1996). Ces deux volumes avaient été considérés comme des chefs-d'œuvre de par leur présentation moderne et originale des fondements de la théorie quantique des champs et leur exposition approfondie des avancées récentes en physique des particules, avec les techniques de la brisure spontanée des théories de jauge. Le nouveau volume embrasse le large sujet de la supersymétrie dans le style typique de Weinberg, c'est-à-dire comme toujours avec un traitement complet du sujet, depuis ses fondations et ses justifications jusqu'à son application la plus récente comme canevas possible d'une nouvelle physique dépassant le modèle standard (MS).

Weinberg est en quête d'une théorie unifiée et pour lui l'intérêt principal de la supersymétrie est d'offrir une solution possible du problème des hiérarchies, c'est-à-dire une explication du "mystère" que constitue le rapport énorme entre l'échelle électrofaible (autour de 300 GeV) et celle de Planck (10^{19} GeV). Il vaut d'être mentionné que ce problème de l'ajustement fin, qui appelle une physique nouvelle à l'échelle du TeV et est aussi l'une des principales justifications des recherches futures au LHC en construction au CERN, avait été soulevé par Weinberg lui-même dans un célèbre article avec Eldad Gildener (1976 *Phys. Rev. D* 13 3333) et par deux autres des artisans principaux de la théorie moderne des interactions électrofaible et forte, Martinus Veltman (1981 *Acta Phys. Polon. B* 12 437) et Luciano Maiani (1979 *Proc. Summer School of Gif-sur-Yvette* IN2P3 1).

La supersymétrie est le seul exemple connu d'élargissement de la symétrie d'espace-temps des lois physiques (le groupe de symétrie de Poincaré basé sur la relativité restreinte d'Einstein) qui soit compatible avec tous les axiomes de la théorie relativiste des champs quantiques. Ce faisant elle unifie des particules de spins différents, prédisant ainsi diverses espèces nouvelles quand on l'applique au MS des interactions électrofaible et forte.

Weinberg commence son exposé (chapitre 24-32) par une présentation synthétique mais complète des fondements mathématiques de la supersymétrie dans les algèbres de Lie dite "graduées", lesquelles généralisent un concept plus familier aux physiciens, celui des algèbres de Lie et



des groupes de Lie continus (chapitre 25).

En préliminaire à ce qui précède il rappelle dans le chapitre 24, avec une présentation originale, les "théorèmes d'impasse", qui ont servi de base aux tentatives (échouées) antérieures à la supersymétrie d'unifier l'espace-temps et les symétries internes (comme les symétries d'isospin ou octuplet en SU(3)). Il aborde ensuite, au chapitre 26, les théories des champs supersymétriques, utilisant des superchamps, c'est-à-dire des champs définis dans un superspace, un espace abstrait qui unifie les points de l'espace-temps avec des coordonnées anticommutatives qui conviennent pour englober des multiplets de particules de spins et statistiques différents. Au chapitre 27 il développe le sujet des théories de jauge supersymétriques qui accomplissent le remarquable mariage du principe de la symétrie locale de Yang-Mills avec la supersymétrie.

La façon dont Weinberg expose le sujet, avec toutes ses subtilités et ses détails techniques, est remarquable. Il traite des théorèmes de non renormalisation, de la brisure de la supersymétrie et de la supersymétrie étendue dans une présentation originale, claire et complète. Il développe ensuite, au chapitre 28, les versions supersymétriques du MS, qui couvrent la plupart des problèmes qui sont au cœur des recherches actuelles de la supersymétrie en physique des particules, à savoir, l'échelle de la brisure de la supersymétrie, le MS supersymétrique minimal, les violations éventuelles des nombres leptonique et baryonique et la brisure de la supersymétrie par le champ de jauge.

Dans les quatre derniers chapitres, Weinberg développe encore d'autres aspects plus théoriques des théories des champs supersymétriques, qui sont néanmoins extrêmement importants quant à

la justification théorique de la supersymétrie et à son rôle dans la formulation des théories quantiques de la gravitation.

Le chapitre 29 aborde les aspects généraux de la supersymétrie au-delà de la théorie des perturbations avec les évolutions récentes de la dualité électrique-magnétique. Cette dernière nous permet d'obtenir des "résultats exacts" pour l'action à basse énergie dans certaines théories des champs supersymétriques présentant une phase de Coulomb pour le champ de Higgs (les solutions de Seiberg-Witten).

Les chapitres suivants sont consacrés aux règles de Feynman pour des théories des champs supersymétriques (chapitre 30), et à une élégante présentation de la supergravitation (chapitre 31) dans ses aspects essentiels, depuis la limite en champ faible jusqu'à tous les ordres de la supersymétrie locale. Il montre le rôle fondamental du champ de jauge prédit par la supergravitation, c'est-à-dire le gravitino de spin-3/2, dans les scénarios de brisure de la supersymétrie par la gravitation.

Le chapitre final est consacré à la supersymétrie dans un espace-temps de dimension élevée et au rôle émergent d'objets étendus, appelé les p-branes, dans la description des théories de jauge modernes et leur filiation avec des schémas plus généraux comme les supergravitations à dimensions élevées, la théorie M et la théorie des cordes.

Le livre contient également, à la fin de chaque chapitre, des problèmes permettant au lecteur de travailler le sujet, et donne même des preuves différentes des résultats obtenus. De ce point de vue, comme les deux volumes précédents, ce livre convient aux étudiants de thèse en physique et en mathématiques appliquées ainsi qu'aux chercheurs qui veulent approfondir le sujet fascinant de la supersymétrie.

L'auteur a réussi de façon remarquable la tâche importante de produire un ouvrage sur la supersymétrie, en établissant des passerelles entre le formalisme et ses applications les plus importantes en physique des particules grâce à un choix de sujets présentés de façon complète et dans un ordre très original.

Pour conclure, rappelons certaines observations expérimentales indirectes, auxquelles fait allusion en différents endroits le livre de Weinberg, et qui montrent que la supersymétrie forme une base plausible d'une physique nouvelle dépassant le MS:

- la non observation de la désintégration du proton en un pion neutre et un positon, ce qui exclut une théorie de grande unification (TGU) minimale;
- les mesures de précision du LEP, incompatibles avec l'unification des couplages de jauge pour une TGU minimale habituelle, mais présentant un accord raisonnable avec une TGU supersymétrique mini- ➤

male et une brisure de la symétrie à l'échelle du TeV;

- l'importance du couplage de Yukawa pour le quark t , comparé aux couplages des autres quarks et leptons;
- la résolution possible du problème de la matière noire à l'aide de certaines particules supersymétriques naturelles (les neutralinos) qui sont des candidats naturels pour cette matière obscure (WIMP ou mauviettes).

Bien qu'individuellement aucun de ces faits n'appelle irrémédiablement la supersymétrie et que d'autres explications puissent être trouvées, il n'en est pas moins vrai qu'on peut tous les interpréter dans le contexte d'une extension supersymétrique du MS. Quelle que soit la théorie définitive de la gravitation quantique, la supersymétrie reste une extension profonde et non banale de notre concept des symétries de l'espace-temps.

Sergio Ferrara, CERN.

Lucifer's Legacy: the Meaning of Asymmetry

par Frank Close, OUP, ISBN 0 19 850380 6.

Faire partager le savoir scientifique est difficile. Contrairement à d'autres domaines, il faut une longue expérience avant de pouvoir y contribuer utilement. Si la créativité dans les sciences et les arts est souvent laissée aux jeunes à l'esprit ouvert, quand il s'agit d'expliquer des nouveautés à un large public, le communicateur scientifique doit d'abord maîtriser lui-même cette science et son enseignement et aussi les méthodes de dissémination.

Frank Close, auteur déjà de plusieurs classiques popularisant la science, a toutes les qualités requises. Il nous emmène ici dans un tour de la science moderne en suivant un thème dont l'étude a débuté à l'aube du 19^{ème} siècle: l'attrayante et fascinante symétrie de la nature et l'asymétrie qui l'accompagne.

La visite commence et finit à Paris, dans un jardin à la française dont la symétrie quasiment parfaite semble légèrement brisée, ce jour-là, par une statue endommagée de Lucifer. Avec cette métaphore de notre monde tout entier, accidentellement asymétrique mais gouverné par des lois apparemment symétriques, Close se lance dans un voyage au fil de l'histoire de cette quête d'une compréhension de l'origine de l'asymétrie dans l'Univers.

Même notre existence lui est subordonnée: que la matière l'emporte sur l'antimatière était un pas nécessaire pour éviter le néant. De plus, la vie sur la Terre, du point de vue de la structure de base des molécules organiques, est asymétrique. Le mystère de la vie ne peut se comprendre par la physique seule, pourtant l'asymétrie est une propriété de la vie elle-même et ce fil nous conduit d'un bout à l'autre du livre.

D'abord l'auteur examine la symétrie en général avec des exemples de la vie quotidienne, citant des concepts et des clichés courants. L'une des énigmes qu'il considère est aussi ma préférée, le puzzle de Martin Gardner: pourquoi un miroir échange-t-il la gauche et la droite mais pas le haut et le bas? Ici l'auteur ajoute beaucoup de ses intuitions et de sa malice personnelles ("les muscles qui ferment la bouche sont bien plus forts que ceux qui l'ouvrent - comme le sait tout membre d'un comité"). Le résultat est un panorama fascinant, jusqu'au niveau moléculaire, des asymétries qui nous entourent, et qui doivent d'abord être découvertes avant d'être expliquées.

La suite du livre couvre l'histoire des outils nécessaires pour explorer la matière et révéler ses asymétries cachées. Après les travaux de pionniers de Biot (polarisation de la lumière) et de Pasteur (l'étude de l'acide racémique), la fin du 19^e siècle a apporté de grandes découvertes dues aux scientifiques étudiant la nature réelle de l'électricité en poursuivant le chemin pris par Faraday et Maxwell.

D'abord est arrivée la découverte des rayons X par Roentgen, un outil capital un demi-siècle plus tard quand il s'est agi de décoder la structure de l'ADN. Juste après les rayons X est venue la découverte de l'électron par Thomson, puis celle de la radioactivité (Becquerel et les Curie) et du noyau (Rutherford). Les grands piliers de la physique moderne sont apparus pendant ces quelques années "magiques" que Close raconte de manière à faire apparaître les hésitations et les inspirations des acteurs, les erreurs banales de ceux qui "auraient pu trouver" (Lenard, Crookes) mais n'étaient pas tout à fait prêts, et le génie de ceux qui ont fait en sorte d'être au bon endroit, au bon moment, avec les bonnes idées. Quel meilleur pladoyer pourrait-on faire pour la recherche fondamentale?

Tout cela mène à la physique moderne, laquelle exploite le concept de symétrie de manière approfondie, en révélant des lois jusqu'alors insoupçonnées à travers de subtiles brisures de symétrie. Nous sommes initiés aux schémas unificateurs basés sur des symétries brisées à notre échelle d'énergie mais apparentes dans des expériences à haute énergie. Close explique tout cela en détail et avec des anecdotes amusantes, montrant comment l'idée de symétrie a guidé les physiciens pendant leurs grandes découvertes des secrets de la matière, jusqu'au prochain pas entrevu: la découverte du boson de Higgs.

Cette objectif exige une instrumentation et un appareillage impressionnants. Les efforts incroyables de la communauté mondiale au CERN pour construire le LHC et ses expériences géantes aide à familiariser le lecteur avec cette recherche

ultime de l'origine de la masse.

En chemin, le chapitre sur l'antimatière mérite l'admiration: pour les scientifiques ce concept est parmi les plus difficiles à expliquer. Je me rappelle un collègue commençant un exposé pour le grand public en définissant l'antimatière, sans s'en excuser, comme "la solution d'énergie négative des équations de Dirac". La vérité n'est pas toujours limpide et Frank Close prend le temps de présenter l'antimatière, d'en dessiner le côté humain à travers le caractère de Dirac et en insistant sur le délai entre les travaux de Dirac en 1928 et la découverte du positon par Anderson en 1932.

La violation de la symétrie du miroir P par la force faible, comment elle a été découverte, la violation de la symétrie CP et les récentes preuves de la violation de la symétrie de renversement du temps, tous ces sujets sont clairement expliqués, illustrés par des analogies avec les gravures d'Escher pour aider l'esprit à voir des motifs dans des espaces abstraits.

Nous comprenons alors que l'univers, autrefois totalement symétrique, a pu se révéler asymétrique en se refroidissant et permettre à la vie d'apparaître. La vie, intrinsèquement liée aux asymétries, est le thème de ce livre, et Close revient sur ce qui a déjà été écrit sur le sujet en nous offrant un compte rendu passionnant et scientifiquement correct de la symétrie et de ses profondes conséquences.

Yves Sacquin, Saclay.

Cosmology: the Science of the Universe

par Edward Harrison, Cambridge University Press, ISBN 0 521 66148 X, £32,50/\$54,95.

Notre compréhension de l'univers a été profondément transformée dans la petite vingtaine d'années écoulées depuis la première édition du succès de librairie "Cosmology". Harrison vient maintenant de produire cette seconde édition remise à jour et augmentée. Elle compte de nombreuses sections nouvelles et révisions. Ce livre merveilleusement informatif constitue une bonne source sur une gamme étonnement large de sujets.

Mes préférences personnelles vont au traitement de la relativité restreinte - présenté exactement pour le goût des physiciens des particules - et à l'explication du paradoxe d'Olbers - la plus claire que j'aie jamais rencontrée. Le livre tout entier est habile et amusant, pimenté de faits historiques, de questions extrêmement pointues et de sujets provocants et difficiles appelant la discussion. Tout cela se présente pratiquement sans mathématiques et constitue une introduction globale de la cosmologie moderne très satisfaisante et facile à lire.

Steve Reucroft, Northeastern University.

EPAC

2000

Vienna

7th European Particle Accelerator Conference A Europhysics Conference



**Austria Center Vienna
26 - 30 June 2000**

The 7th European Particle Accelerator Conference will take place at the Austria Center, Vienna, from 26 to 30 June 2000. Previous conferences took place in Rome, Nice, Berlin, London, Sitges and Stockholm, with approximately 800 delegates participating each time. Lively poster sessions, an important industrial exhibition and a session organized with representatives of the industry in mind, complete the overall programme of the conference.

EPAC 2000 is a Europhysics Conference, organized by the Elected Board of the EPS Interdivisional Group on Accelerators. The Organizing Committee is chaired by Dr. S. Myers, CERN, Geneva. The Scientific Programme Committee is chaired by Dr. J.-L. Laclare, CEA, Paris. The Local Organizing Committee is chaired by Professor M. Regler, Institute of High Energy Physics of the Austrian Academy of Sciences, Vienna.

All information concerning the conference is published at the conference website at

<http://www.cern.ch/epac/Vienna/General.html>

Registration is possible via mail, fax, e-mail, and the WWW.



Revealing Unknown Phenomena With Hamamatsu Large Diameter PMT Series

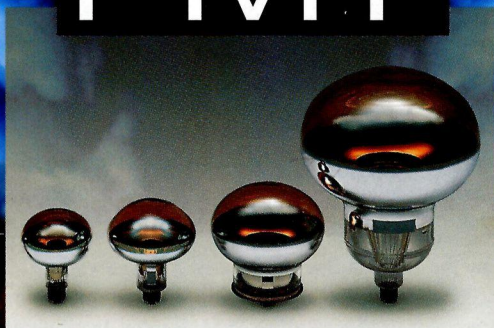
A 332 mm (13-inch) diameter has now been added to our large diameter PMT (photomultiplier tube) series.

Thousands of Hamamatsu large diameter PMTs are awaiting their chance to exhibit the unequalled abilities for capturing messages from unknown phenomena or matter.

There are still many hidden truths of the science that can only be revealed with our large diameter PMTs.

332
mm dia.

LARGE DIAMETER
PMT



508 mm (20-inch) dia.
332 mm (13-inch) dia.
252 mm (10-inch) dia.
202 mm (8-inch) dia.

HAMAMATSU PHOTONICS K.K., Electron Tube Center <http://www.hamamatsu.com>
314-5 Shimokanzo, Toyooka-village, Iwata-gun, Shizuoka-ken, 438-0193 Japan. TEL:81-539-62-5248 FAX:81-539-62-2205

HAMAMATSU

United Kingdom: Hamamatsu Photonics UK Limited. TEL:(44)208-367-3560 FAX:(44)208-367-6384
North Europe: Hamamatsu Photonics Norden AB. TEL:(46)8-509-031-00 FAX:(46)8-509-031-01
Italy: Hamamatsu Photonics Italia S.R.L. TEL:(39) 02-935 81 733 FAX:(39) 02-935 81 741

U.S.A.: Hamamatsu Corporation. TEL:(1)908-231-0960 FAX:(1)908-231-1218
Germany: Hamamatsu Photonics Deutschland GmbH. TEL:(49)8152-3750 FAX:(49)8152-2658
France: Hamamatsu Photonics France S.A.R.L. TEL:(33) 1 69 53 71 00 FAX:(33) 1 69 53 71 10
Switzerland: CERN Liaison Office TEL:(41)31/879 70 70 FAX:(41)31/879 18 74