

Physique atomique et moléculaire

M. Claude COHEN-TANNOUJJI, membre de l'Institut
(Académie des Sciences), professeur

Le cours de l'année 1987-1988 a poursuivi l'étude de « diverses formulations équivalentes de l'électrodynamique quantique » entreprise au cours de l'année antérieure. L'objectif d'une telle étude est de préciser les motivations qui sont à l'origine de ces formulations, de comparer leurs avantages et inconvénients respectifs et d'analyser les éclairages physiques nouveaux qu'elles donnent sur les processus d'interaction entre matière et rayonnement. Le cours de cette année a porté plus particulièrement sur l'étude des transformations unitaires qui visent à soustraire du champ électromagnétique total le champ « lié » aux particules, l'objectif poursuivi étant de faire apparaître dans l'hamiltonien transformé des termes d'interaction effective entre particules.

Le cours commence par un rappel rapide des résultats obtenus l'année précédente et par une discussion générale de l'équivalence de deux points de vue se déduisant l'un de l'autre par une transformation unitaire.

Electrodynamique quantique en jauge de Coulomb Photons réels et photons virtuels

La notion d'amplitude de transition joue un rôle essentiel en électrodynamique quantique. Cette notion est illustrée sur un certain nombre d'exemples physiques simples : absorption et émission de photons par un atome, diffusion Compton par une particule, rayonnement de freinage, émission et réabsorption de photons par une particule, échange de photons entre deux particules. Les amplitudes associées à ces divers processus sont évaluées de manière perturbative vis-à-vis de l'hamiltonien d'interaction V .

Sur les représentations diagrammatiques de ces diverses amplitudes figurent clairement deux types de photons : ceux qui existent dans l'état initial et dans l'état final du processus étudié (photons réels) et ceux qui n'apparaissent que de manière transitoire, étant émis par une particule puis réabsorbés par la même particule ou une autre particule (photons virtuels). Plusieurs effets physiques associés à ces photons virtuels sont passés en revue : correction de

masse pour une particule libre, corrections radiatives à la diffusion par un potentiel, interactions magnétiques et effets de retard.

Champ transverse lié à une particule classique

Les photons virtuels ainsi introduits traduisent en théorie quantique l'existence d'un champ transverse lié à une particule chargée en mouvement.

Pour la suite du cours, il est utile de préciser la valeur d'un tel champ en théorie classique. On commence par calculer les variables normales décrivant l'état du champ transverse lié à une particule libre en mouvement uniforme. Le calcul est ensuite généralisé à une particule diffusée par un potentiel extérieur dont la portée est plus petite que la longueur d'onde des modes du rayonnement qui sont pris en compte (approximation des grandes longueurs d'onde). Une telle étude permet de dégager clairement la différence qui existe entre, d'une part, le champ transverse lié à la particule, qui n'est pas le même avant et après la diffusion, puisqu'il est proportionnel à la vitesse de la particule, égale à \vec{v}_1 avant la diffusion et à \vec{v}_2 après la diffusion, et, d'autre part, le champ rayonné par la particule qui dépend de l'accélération subie par la particule lorsque sa vitesse passe de \vec{v}_1 à \vec{v}_2 sous l'effet du potentiel extérieur.

Transformation de Pauli-Fierz pour une particule quantique localisée

Soient \vec{r} et \vec{p} la position et l'impulsion d'une telle particule, soumise par ailleurs à un potentiel extérieur V_e . Sous l'effet de V_e , \vec{p} change au cours du temps. On peut cependant, à chaque instant t , essayer de soustraire du champ total, le champ transverse lié à une particule libre dont le mouvement serait, à l'instant t , « tangent » au mouvement de la particule étudiée (même \vec{r} et même \vec{p}). La transformation unitaire, introduite par Pauli et Fierz pour étudier la catastrophe infrarouge, permet effectivement de réaliser une telle soustraction, à l'ordre 1 en q (où q est la charge de la particule) et dans le cadre de l'approximation des grandes longueurs d'onde.

Une telle transformation T est introduite et analysée en détail. On étudie en particulier comment se transforment les observables associées aux divers champs ainsi que celles associées à la position et à l'impulsion de la particule. Il apparaît ainsi que T soustrait de la position instantanée de la particule, le mouvement de vibration $\vec{\xi}$ que cette particule effectue dans le champ de rayonnement libre (champ quantique du vide et éventuellement rayonnement incident). En d'autres termes, dans la nouvelle représentation, l'opérateur multiplication par \vec{r} représente la « position moyenne » de la particule autour de laquelle la particule vibre sous l'effet du rayonnement libre.

Hamiltonien dans le nouveau point de vue

La transformation de Pauli-Fierz T , appliquée à l'hamiltonien en jauge de Coulomb, donne naissance à un nouvel hamiltonien qui possède de nombreuses propriétés intéressantes.

Tout d'abord, comme le champ transverse lié à la particule a été soustrait du champ total, les effets physiques qui lui sont associés doivent apparaître directement dans l'hamiltonien des particules. Effectivement, le nouveau terme d'énergie cinétique fait intervenir la masse de la particule corrigée de l'inertie électromagnétique.

Par ailleurs, le nouvel hamiltonien d'interaction entre particule et rayonnement est proportionnel, non plus à la vitesse de la particule, mais à son accélération dans le potentiel extérieur V_e . Effectivement, comme le champ transverse lié a été éliminé, l'hamiltonien d'interaction ne peut concerner que les photons réels émis par la particule lorsqu'elle est accélérée.

Il apparaît également, dans le nouvel hamiltonien, des termes décrivant le moyennage du potentiel extérieur par la particule du fait de son mouvement de vibration dans le rayonnement libre. De tels termes permettent d'interpréter très simplement le déplacement de Lamb des niveaux liés de la particule dans le potentiel V_e , de même que les corrections radiatives à la diffusion par ce même potentiel.

Soulignons enfin que le nouvel hamiltonien ne contient plus de terme d'interaction linéaire vis-à-vis de la charge q de la particule. Un tel résultat est dû au fait que la transformation T revient à soustraire des diverses observables la réponse linéaire de chacun des deux systèmes (particule ou champ) à l'autre. Il entraîne que, dans le nouveau point de vue, il est correct, au premier ordre en q , de prendre comme états asymptotiques de la particule dans un processus de diffusion, de simples ondes planes.

Etude quantique du rayonnement de freinage et des corrections radiatives à la diffusion par un potentiel

Les avantages du nouveau point de vue permettent de calculer, plus simplement que dans le point de vue de Coulomb, la section efficace d'émission d'un photon par une particule de charge q diffusée par le potentiel V_e . Un tel calcul est effectué en détail à l'ordre le plus bas en q et V_e et appliqué au cas d'un potentiel V_e coulombien.

De même, l'évaluation des corrections radiatives à la diffusion élastique par le potentiel V_e est grandement simplifiée. Le facteur de forme correspondant est calculé à l'ordre 2 en q .

Etude non perturbative de la catastrophe infrarouge

Les sections efficaces calculées précédemment à l'ordre le plus bas en q et V_e divergent lorsque l'énergie $\hbar\omega$ du photon émis tend vers zéro. Les simplifications introduites par le point de vue de Pauli-Fierz permettent de reprendre un tel calcul et de le mener à tous les ordres en q , tout en se limitant à l'ordre le plus bas en V_e .

On présente ainsi une étude non perturbative de l'amplitude de diffusion de la particule avec émission d'un nombre quelconque de photons basse fréquence. Il apparaît alors que toutes les grandeurs mesurables expérimentalement ne divergent plus à basse fréquence.

Un autre résultat intéressant obtenu concerne l'état quantique du champ rayonné à basse fréquence. L'étude non perturbative précédente permet de montrer que cet état est un état cohérent. Il s'ensuit que la distribution du nombre de photons émis dans chaque mode basse fréquence est donnée par une loi de Poisson.

Diffusion par un potentiel en présence d'un rayonnement laser

L'étude de l'hamiltonien d'une particule chargée interagissant avec un potentiel extérieur V_e et un rayonnement laser incident décrit comme un champ monochromatique extérieur suggère d'appliquer à cet hamiltonien une transformation unitaire dépendant du temps tout à fait analogue à la transformation de Pauli-Fierz. Cette transformation, appelée également transformation de Henneberger, revient à soustraire de la position instantanée de la particule son mouvement de vibration dans l'onde laser.

Dans le nouveau point de vue, les calculs des amplitudes de diffusion de la particule sont beaucoup plus simples car les états asymptotiques de la particule sont de simples ondes planes. On présente effectivement un calcul non perturbatif (à tous les ordres en q et à l'ordre 1 en V_e) des sections efficaces de diffusion de la particule par le potentiel V_e avec absorption ou émission induite d'un nombre quelconque n de photons laser. Des exemples d'observation expérimentale de tels processus sont également présentés.

On montre enfin qu'il est possible de généraliser le traitement précédent au cas où le champ laser est décrit comme un champ quantique. Une telle étude permet en plus de resommer tous les termes du développement de Born de l'amplitude de diffusion (calcul à tous les ordres non seulement en q , mais aussi en V_e), à la limite où la fréquence ω_L du champ laser est très faible. On obtient ainsi la formule de Kroll et Watson reliant exactement les amplitudes de diffusion inélastique avec absorption ou émission stimulée d'un nombre quelconque de photons laser aux amplitudes de diffusion élastique dans le seul potentiel V_e .

Calcul non relativiste du déplacement de Lamb

Tous les exemples précédents d'application de la transformation de Pauli-Fierz (ou de transformations analogues) sont relatifs à des problèmes de diffusion. Le calcul non relativiste du déplacement de Lamb à partir de l'hamiltonien de Pauli-Fierz constitue un exemple d'application relatif à un problème d'état lié.

Les éclairages apportés par un tel calcul sur l'origine physique du déplacement de Lamb sont discutés en détail. On montre également que le résultat obtenu (formule de Bethe) coïncide avec celui déduit des hamiltoniens de Coulomb ou Göppert-Mayer.

Généralisation de la transformation de Pauli-Fierz

Le cours se termine par une étude de quelques généralisations possibles de la transformation de Pauli-Fierz.

On commence tout d'abord par essayer de s'affranchir de l'approximation des grandes longueurs d'onde tout en continuant à se limiter à une seule particule sans spin et non relativiste. La généralisation la plus simple se révèle être celle consistant à construire une transformation unitaire T qui élimine dans le nouvel hamiltonien tous les termes d'interaction particule-champ transverse linéaires en q . L'expression de T est établie et la structure du nouvel hamiltonien analysée. On montre qu'un tel hamiltonien permet de calculer très simplement la section efficace de diffusion Compton.

La généralisation suivante consiste à introduire les spins. Un premier exemple très simple est étudié. Il concerne un ensemble de spins situés en des points fixes. Partant de l'hamiltonien qui décrit l'interaction de ces spins avec le champ quantique du rayonnement et éventuellement un champ magnétique statique appliqué, on effectue sur cet hamiltonien une transformation unitaire qui élimine tous les termes d'interaction spins-champ quantique linéaires en q . Tous les effets physiques liés aux échanges de photons entre deux spins différents doivent alors apparaître dans l'hamiltonien des spins. On trouve effectivement que le nouvel hamiltonien contient explicitement l'interaction dipôle-dipôle entre chaque paire de spins de même que l'interaction de contact de Fermi. On trouve également des termes correctifs diminuant la fréquence de Larmor de chaque spin dans le champ magnétique statique appliqué. Ces corrections apparaissent comme étant dues au mouvement de vibration des spins dans les fluctuations du champ quantique magnétique du vide.

Les calculs précédents peuvent être généralisés au cas où les particules portant les spins sont non plus fixes, mais en mouvement. A l'ordre 2 inclus en v/c (où v est la vitesse des particules, c la vitesse de la lumière), les

nouveaux termes obtenus décrivent les interactions courant-courant entre paires de particules et les interactions spin-orbite entre le spin d'une particule et le champ magnétique créé en son emplacement par le mouvement d'une autre particule (l'interaction spin-orbite pour chaque particule figurant d'emblée à l'ordre 2 en v/c dans l'hamiltonien de chaque particule).

SÉMINAIRES 1987-1988

Les séminaires donnés au Collège de France ont été consacrés à la présentation et à la discussion d'un certain nombre de développements récents en physique atomique et moléculaire :

Huit séminaires ont été organisés :

J. MLYNECK (Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich), *New optical methods of hertzian coherence spectroscopy*.

C. FABRE (Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'E.N.S.), *Compression du bruit quantique sur des faisceaux de photons jumeaux*.

F. LALOË et P.J. NACHER (Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'E.N.S.), *Liquéfaction de l'Hélium 3 Polarisé*.

W. HEIL (Université de Mayence, RFA), *Measurement of the parity violation in the quasi-elastic scattering of polarized electrons from ^9Be* .

P. GRANGIER (Institut d'Optique, Orsay), *Interférométrie en dessous du bruit de photons*.

D. DELANDE (Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'ENS), *Le chaos quantique dans un système atomique simple*.

D. ESTEVE (S.P.S.R.M., C.E.N. Saclay), *Effets quantiques macroscopiques dans les jonctions Josephson*.

V. BAGNATO (Université de São Paulo, Brésil), *Continuous stopping and trapping neutral atoms*.

Les auditeurs du cours et du séminaire ont suivi également les quatre conférences du Professeur K. WALTERS (Rice University) données sur le thème *New Physics and Old with Optically Pumped He (2^3S) Atoms*.

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE

M. Claude COHEN-TANNOUJDI effectue ses recherches au sein du Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'Ecole Normale Supérieure. Il y dirige les travaux d'une équipe de chercheurs et participe, sur le plan théorique, à quelques-uns des autres projets en cours du Laboratoire.

Ce Laboratoire, qui est associé au C.N.R.S., est implanté géographiquement, d'une part au Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale Supérieure (24, rue Lhomond), d'autre part à l'Université Paris VI (quai Saint-Bernard). Il est dirigé depuis le 1^{er} octobre 1985 par M. Jacques DUPONT-ROC, Directeur de Recherches au C.N.R.S.

Le personnel du Laboratoire comporte 11 enseignants-chercheurs (professeurs, maître de conférences, maître-assistants, agrégés-préparateurs), 35 chercheurs au C.N.R.S. (directeurs, maîtres, chargés et attachés de recherche), 8 chercheurs étrangers, 12 élèves de grandes écoles, 23 techniciens et administratifs.

Le Laboratoire est constitué d'une dizaine d'équipes de recherches, comprenant 3 à 10 chercheurs, et étudiant divers problèmes de physique atomique et moléculaire centrés autour des deux thèmes généraux suivants :

— développement des méthodes optiques de la physique atomique et moléculaire ;

— diffusion de la lumière laser par un fluide.

Un rapport d'activité scientifique est rédigé tous les ans pour le Comité National du C.N.R.S. Il constitue une analyse détaillée des problèmes scientifiques abordés par chaque équipe et un bilan des résultats nouveaux obtenus. Nous nous contenterons donc ici de donner la liste des publications du Laboratoire en 1987, ainsi que celles des thèses (de 3^e cycle et d'Etat) soutenues au cours de cette même année.

PUBLICATIONS 1987

M. BRUNE, J.M. RAIMOND, S. HAROCHE, *Theory of the Rydberg-atom two-photon micromaser* (*Phys. Rev.*, A 35, 154, 1987).

R. HOROWICZ, M. PINARD, S. REYNAUD, *Generation of twin photon beams through intracavity four-wave mixing* (*Opt. Commun.*, 61, n° 2, 142, 1987).

J.P. BOUCHAUD, C. LHUILLIER, *High-field behaviour of liquid and solid ³He. A new solid phase ?* (*Europhys. Lett.*, 3, 481, 1987).

D. CHATENAY, W. URBACH, R. MESSEGER, D. LANGEVIN, *Seld-diffusion of interacting micelles : FRAPP study of micelles self-diffusion* (J. Chem. Phys., 86, 2343, 1987).

G. GRYNBERG, P. VERKERK, *Collision-aided self-focusing and self-defocusing in sodium vapor* (Opt. Commun., 61, 296, 1987).

E. GIACOBINO, P.R. BERMAN, *Collisionally aided coherent emission at an optical frequency* (Phys. Rev. Lett., 58, n° 1, 21, 1987).

M. PINARD, P. VERKERK, E. GIACOBINO, G. GRYNBERG, *Collision-aided Faraday effect in sodium vapor* (Phys. Rev., A 35, 2951, 1987).

W. JHE, A. ANDERSON, E.A. HINDS, D. MESCHEDÉ, L. MOI, S. HAROCHE, *Suppression of spontaneous decay at optical frequencies : test of vacuum-field anisotropy in confined space* (Phys. Rev. Lett., 58, n° 7, 666, 1987).

D. CHATENAY, W. URBACH, C. NICOT, M. VACHER, M. WAKS, *Hydrodynamic radii of protein-free and protein-containing reverse micelles as studied by fluorescence recovery after fringe photo-bleaching. Perturbations introduced by myelin basic protein uptake* (J. Phys. Chem., 91, 2198, 1987).

J.P. BOUCHAUD, A. COMTET, A. GEORGES, P. LE DOUSSAL, *The relaxation-time spectrum of diffusion in a one-dimensional random medium : an exactly solvable case* (Europhys. Lett., 3, 653, 1987).

P. GRANGIER, J. VIGUÉ, *Quantum interference effect for two atoms excited by molecular photodissociation : a theoretical analysis* (J. Phys., 48, 781, 1987).

J.A. BESWICK, M. GLASS-MAUJEAN, *Interference effects on the H(2p) to H(2s) branching ratio in the photodissociation of hydrogen and deuterium* (Phys. Rev., A 35, n° 8, 3339, 1987).

M. GLASS-MAUJEAN, J. BRETON, P.M. GUYON, *High resolution study of photoabsorption photodissociation and fluorescence in H₂* (Z. Phys. D - Atoms, Molecules and Clusters, 5, 189, 1987).

J. GUÉNA, M. LINTZ, P. JACQUIER, L. POTTIER, M.A. BOUCHIAT, *Doppler-free inhibited fluorescence spectroscopy of a forbidden three-level system* (Opt. Commun., 62, 97, 1987).

B. GIRARD, N. BILLY, G. GOUEDARD, J. VIGUÉ, *LIF study of the I₂+F → IF+I reaction : population of the v''=0 level of IF* (Chem. Phys. Lett., 136, n° 1, 101, 1987).

J.P. BOUCHAUD, C. LHUILLIER, *A new variational description of Liquid ³He : the superfluid glass* (Europhys. Lett., 3, 1273, 1987).

M. LEDUC, P.J. NACHER, D.S. BETTS, J.M. DANIELS, G. TASTEVIN, F. LALOË, *Nuclear polarization and heat conduction changes in gaseous ³He* (Europhys. Lett., 4, 59, 1987).

N. BILLY, B. GIRARD, G. GOUEDARD, J. VIGUÉ, *Coherent saturation*

effects in laser induced fluorescence detection of reaction products. *Theory and experiment (Molec. Phys.*, 61, 65, 1987).

J. HAMEL, A. CASSIMI, H. ABU-SAFIA, M. LEDUC, L.D. SCHEARER, *Diode pumping of LNA lasers for helium optical pumping (Opt. Commun.*, 63, 114, 1987).

J.C. GAY, *The structure of Rydberg atoms in strong static fields* (in *Atoms in unusual situations*, ed. by J.P. Briand, Plenum, 1986).

P.J. NACHER, M. LEDUC, G. TASTEVIN, L. WIESENFELD, F. LALOË, *Liquefaction of highly polarized ^3He (Jap. J. of Appl. Phys.*, 26, 205, 1987 ; Proc. 18th Int. Conf. on Low Temp. Phys., Kyoto, 1987).

M. LEDUC, P.J. NACHER, D.S. BETTS, J.M. DANIELS, G. TASTEVIN, F. LALOË, *Heat conduction changes in spin-polarized gaseous ^3He (Jap. J. of Appl. Phys.*, 26, 213, 1987 ; Proc. 18th Int. Conf. on Low Temp. Phys., Kyoto, 1987).

J.M. DANIELS, L.D. SCHEARER, M. LEDUC, P.J. NACHER, *Polarizing ^3He nuclei with neodymium $\text{La}_{1-x}\text{Nd}_x\text{MgAl}_{11}\text{O}_{19}$ lasers (J.O.S.A.*, B 4, 1133, 1987).

J. DALIBARD, C. COHEN-TANNOUJDI, *Laser-atom interactions : recent theoretical developments (Atomic Physics*, 10, 365, 1987, H. Narumi, I. Shimamura ed., Elsevier Sc. Publ.).

S. REYNAUD, *Generation of twin photon beams by a nondegenerate optical parametric oscillator (Europhys. Lett.*, 4, 427, 1987).

D. GRAND-CLÉMENT, G. GRYNBERG, M. PINARD, *Observation of continuous-wave self-oscillation due to pressure-induced two-wave mixing in sodium (Phys. Rev. Lett.*, 59, n° 1, 40, 1987).

D. GRAND-CLÉMENT, G. GRYNBERG, M. PINARD, *Parametric oscillation in sodium vapor (Phys. Rev. Lett.*, 59, n° 1, 44, 1987).

A. HEIDMANN, S. REYNAUD, *Squeezing and antibunching in phase matched many-atom resonance fluorescence (J. of Modern Opt.*, 34, n° 6/7, 923, 1987).

M. LINTZ, J. GUÉNA, P. JACQUIER, L. POTTIER, M.A. BOUCHIAT, *Helicity-dependent inhibited fluorescence in a forbidden three-level system : sensitive detection of orientation in the $7S$ state of cesium (Europhys. Lett.*, 4, 53, 1987).

S. STRINGARI, M. BARRANCO, A. POLIS, P.J. NACHER, F. LALOË, *Spin-polarized ^3He : liquid gas equilibrium (J. Phys.*, 48, 1337, 1987).

V. LEFÈVRE-SEGUIN, H. GUIGNES, C. LHUILLIER, *Two dimensional virial and spin-wave coefficients of spin-polarized gases ($H\uparrow$, $D\uparrow$, ^3He) (Phys. Rev.*, B 36, n° 1, 141, 1987).

J. MEUNIER, *Liquid interfaces : role of the fluctuations and analysis of ellipsometry and reflectivity measurements (J. Phys.*, 48, 1819, 1987).

J.P. BOUCHAUD, A. GEORGES, *A Levy flight approach to diffusion on a saw with cross-links (J. Phys. A : Math. Gen.*, 20, L1161, 1987).

J.P. BOUCHAUD, A. COMTET, A. GEORGES, P. LE DOUSSAL, *Anomalous diffusion in random media of any dimensionality* (*J. Phys.*, 48, 1445, 1987).

J.P. BOUCHAUD, A. GEORGES, P. LE DOUSSAL, *Diffusion anormale dans les milieux désordonnés : piégeage, corrélations et théorèmes de la limite centrale* (*J. Phys.*, 48, 1855, 1987).

L. DAVIDOVICH, J.M. RAIMOND, M. BRUNE, S. HAROCHE, *Quantum theory of a two-photon micromaser* (*Phys. Rev.*, A 36, n° 8, 3771, 1987).

D. METCALF, P. DE GIOVANNI, J. ZACHOROWSKI, M. LEDUC, *Laser resonators containing self-focusing elements* (*Appl. Opt.*, 26, 4508, 1987).

S. REYNAUD, C. FABRE, E. GIACOBINO, *Quantum fluctuations in a two-mode parametric oscillator* (*J.O.S.A.*, B, 4, n° 10, 1520, 1987).

C. SALOMON, J. DALIBARD, A. ASPECT, H. METCALF, C. COHEN-TANNOUJJI, *Channeling atoms in a laser standing wave* (*Phys. Rev. Lett.*, 59, n° 15, 1659, 1987).

J.P. BOUCHAUD, C. LHUILLIER, *Liquid ^3He revisited from a new variational description within a strong coupling framework* (*Physica*, 148B, 87, 1987).

G. GOUÉDARD, N. BILLY, B. GIRARD, J. VIGUÉ, *The IF B-X system. New high resolution L.I.F. spectrum and analysis* (*Molec. Phys.*, 62, 1371, 1987).

M. BRUNE, J.M. RAIMOND, P. GOY, L. DAVIDOVICH, S. HAROCHE, *Realization of a two-photon maser oscillator* (*Phys. Rev. Lett.*, 59, n° 17, 1899, 1987).

THÈSES

Geneviève TASTEVIN, Doctorat d'Université, Paris VI, 9 avril 1987, *Hélium trois polarisé : ondes de spin et liquéfaction du gaz*.

Michel LINTZ, Doctorat d'Université, 16 septembre 1987, *Spectroscopie à deux lasers sur un système interdit à trois niveaux : $6S_{1/2}-7S_{1/2}-6P_{3/2}$ dans le césium*.

D. GRAND-CLÉMENT, Doctorat d'Université, Paris VI, 29 septembre 1987, *Oscillation de cavités par mélange à 2 et 4 ondes en régime continu*.

Didier CHATENAY, Doctorat d'Etat, 30 septembre 1987, *Diffusion, solubilisation et propriétés interfaciales dans les solutions isotropes d'amphiphiles*.

Bertrand GIRARD, Doctorat d'Etat, Paris VI, 18 décembre 1987, *Etude de la collision réactive $I_2+F \rightarrow IF+I$ par fluorescence induite par laser*.

OUVRAGE

Claude COHEN-TANNOUJDI, Jacques DUPONT-ROC, Gilbert GRYNBERG, *Photons et Atomes - Introduction à l'Electrodynamique quantique*, Interéditions et Editions du C.N.R.S., Paris, 1987.

ACTIVITÉS DIVERSES - MISSIONS - CONFÉRENCES

Conférences invitées

International Conference on Laser Spectroscopy, Are (Suède), juin 1987, 1 conférence plénière sur *Atomic motion in a laser standing wave*.

Conférence de la Société Française de Physique, Strasbourg, juillet 1987, 1 conférence plénière sur *Le refroidissement laser - Méthodes et perspectives*.

Missions

Mission à Rio de Janeiro et Recife (Brésil) dans le cadre de l'accord C.N.R.S.-C.N.P.Q. sur la physique atomique et moléculaire et la physique des lasers, août 1987.

Série de 5 cours au Département de Physique de l'Université Fédérale de Pernambuco (Recife) sur *Recent developments in atomic and molecular physics*.

Série de 6 cours au Département de Physique de l'Université P.U.C. de Rio de Janeiro sur *Fluctuations and dissipation in radiative processes*.

Séminaires

— *Cooling and channeling atoms in a laser standing wave*, Amsterdam (Hollande), mai 1987, Rio de Janeiro (Brésil), août 1987, Zurich (Suisse), décembre 1987.

— *Intermittent fluorescence and observation of quantum jumps on a single trapped ion*, Recife et Rio de Janeiro (Brésil), août 1987.

— *Observation de sauts quantiques sur un ion unique piégé*, Académie des Sciences (Paris), avril 1987.

Autres activités scientifiques

— Présidence de la Commission de Physique Atomique et Moléculaire du C.N.R.S.