

Physique atomique et moléculaire

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

Le cours a été consacré à la poursuite de l'étude des forces radiatives exercées par des faisceaux laser sur des atomes. Ont été abordés plus particulièrement les points suivants : mises en évidence expérimentale récentes de l'existence de ces forces, possibilités ouvertes dans les domaines du refroidissement et du piégeage radiatifs, fluctuations des forces radiatives, équations cinétiques classiques et quantiques décrivant le mouvement d'un atome dans une onde lumineuse.

Le cours commence par un rappel des principaux résultats établis au cours de l'année antérieure et concernant les forces radiatives moyennes qui décrivent le mouvement du centre du paquet d'ondes atomique. Les expressions de la force de pression de radiation résonnante et de la force dipolaire sont analysées et interprétées en termes d'échanges d'impulsion entre atomes et photons.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES FORCES RADIATIVES

La *force de pression de radiation* peut être utilisée pour changer la direction ou le module de la vitesse d'un atome.

Les expériences de déflexion d'un jet atomique entrent dans la première catégorie. Un faisceau laser irradie à angle droit un jet atomique. Lorsque la fréquence du laser coïncide avec une fréquence atomique, les atomes absorbent de manière résonnante les photons laser, et l'impulsion qu'ils acquièrent ainsi fait dévier leur trajectoire. Les expériences correspondantes sont passées en revues et analysées. Les applications possibles de la déflexion résonnante d'un jet atomique sont discutées : études spectroscopiques, séparation isotopique, lien entre le profil de déflexion et la statistique du nombre de photons de fluorescence émis par un atome pendant un intervalle de temps donné.

Lorsque le jet atomique et le faisceau laser se propagent dans le même sens ou dans des sens opposés, l'effet de la pression de radiation est d'accélérer ou de ralentir les atomes. L'accélération n'est pas très intéressante, car il est plus simple d'ioniser les atomes et de leur appliquer une différence de potentiel. Par contre, le ralentissement des atomes, et éventuellement leur immobilisation, sont beaucoup plus importants par les perspectives qu'ils ouvrent en spectroscopie (élimination de tout effet Doppler lié à la vitesse atomique).

Sont d'abord passées en revue les expériences où la fréquence du laser et celle des atomes sont fixes. La pression de radiation ne ralentit alors qu'une classe d'atomes, ceux dont la vitesse est telle qu'elle leur permet par effet Doppler d'être en résonance avec l'irradiation laser. De plus, dès qu'ils sont suffisamment ralentis, ces atomes sortent de résonance et ne subissent plus l'effet du laser. On décrit alors un nouveau dispositif imaginé par Phillips, Metcalf et Prodan aux USA, et permettant d'augmenter considérablement l'efficacité du ralentissement. L'idée consiste à appliquer aux atomes un champ magnétique inhomogène spatialement, produisant donc un déplacement Zeeman de la fréquence atomique qui varie le long de la trajectoire atomique. Cette variation d'effet Zeeman est alors ajustée pour compenser la variation d'effet Doppler due au ralentissement de l'atome, et permettre ainsi à ce dernier de rester constamment en résonance avec le laser. La distribution initiale des vitesses atomiques est alors comprimée vers les faibles vitesses sous forme d'un pic très étroit. Une autre possibilité, de plus en plus utilisée, consiste à balayer temporellement la fréquence du laser pour compenser la variation d'effet Doppler due au ralentissement des atomes. Les premiers résultats obtenus avec cette nouvelle méthode sont passés en revue et discutés.

Les *forces dipolaires*, qui dérivent d'un potentiel et sont dirigées suivant le gradient d'intensité lumineuse, ont été utilisées pour focaliser des jets atomiques. Les expériences correspondantes sont décrites. Une autre application intéressante des forces dipolaires, qui n'a pu être encore réalisée, est le piégeage d'atomes neutres dans le puits de potentiel associé à ces forces. La profondeur de ce puits est calculée, ainsi que les valeurs optimales des paramètres déterminant cette profondeur.

REFROIDISSEMENT RADIATIF D'ATOMES LIBRES

On commence par décrire un mécanisme simple de refroidissement des degrés de liberté de translation d'un atome libre. L'idée consiste à soumettre cet atome à deux ondes laser progressives se propageant en sens inverse, et dont la fréquence est légèrement désaccordée en dessous de la fréquence

atomique. Par suite de l'effet Doppler, l'atome se rapproche de résonance pour l'onde vers laquelle il se dirige. Le ralentissement produit par cette onde l'emporte donc sur l'accélération produite par l'autre onde, et l'atome est globalement ralenti quelle que soit sa vitesse. D'autres mécanismes de refroidissement radiatif (pompage optique, polarisation nucléaire dynamique) sont également mentionnés.

Pour des vitesses faibles, le taux d'amortissement de la vitesse atomique moyenne est proportionnel à la vitesse. Le coefficient de « friction » correspondant est calculé à la limite des intensités lumineuses faibles, et exprimé en fonction de l'énergie de recul, de la largeur naturelle du niveau excité atomique et du nombre de photons absorbés par unité de temps.

Une étude détaillée du bilan des échanges discrets d'impulsion entre atomes et photons permet également de calculer la dispersion de la variation d'impulsion atomique autour de sa valeur moyenne. La diffusion correspondante de l'impulsion atomique est due, d'une part au caractère aléatoire de la direction des photons réémis spontanément par l'atome, d'autre part aux fluctuations du nombre de photons absorbés par unité de temps.

Les résultats ainsi obtenus permettent alors d'estimer la température la plus basse pouvant être atteinte compte tenu de la compétition entre le refroidissement radiatif et l'échauffement dû à la diffusion d'impulsion. Pour des atomes de Sodium, des températures de l'ordre de $1,5 \cdot 10^{-4} \text{K}$ sont ainsi prévues.

EQUATIONS CINÉTIQUES CLASSIQUES POUR UN ATOME DANS UNE ONDE LUMINEUSE

Pour décrire de manière plus précise le mouvement d'un atome dans une onde lumineuse, il faut déterminer l'évolution temporelle des fonctions de distribution donnant la répartition des valeurs possibles des diverses grandeurs atomiques. Les concepts essentiels sont introduits dans cette partie au moyen d'une approche simple traitant classiquement les degrés de liberté de translation de l'atome.

Un certain nombre de notions concernant les processus stochastiques de mémoire très courte (processus de Markov) sont d'abord rappelées : probabilités de transition élémentaires, équation pilote pour la fonction de distribution. La limite où la probabilité de transition élémentaire correspond à des sauts de faible amplitude est ensuite étudiée. On montre que l'équation pilote peut alors être remplacée par une équation de Fokker-Planck dont les coefficients sont reliés aux moments d'ordre un et deux de la variable stochastique (vitesses de variation moyennes et coefficients de diffusion).

Les notions précédentes sont alors appliquées au refroidissement radiatif d'atomes libres. L'impulsion atomique apparaît comme une variable markovienne dont la fonction de distribution satisfait à une équation de Fokker-Planck. La solution stationnaire de cette équation est une gaussienne, ce qui permet de donner un sens précis à la température limite étudiée plus haut. Le lien avec la description par équation de Langevin est également souligné.

Un autre exemple important est celui d'atomes piégés dans un puits de potentiel optique. C'est alors l'ensemble des 2 variables position et impulsion x et p qui est markovien. L'équation de Fokker-Planck décrivant l'évolution de la fonction de distribution de x et p est établie. A la limite des frictions élevées (devant la fréquence d'oscillation dans le puits), l'impulsion évolue beaucoup plus vite que la position et a le temps d'atteindre un équilibre local avant que la position n'ait eu le temps de changer. Il est alors possible d'éliminer adiabatiquement l'impulsion et d'obtenir une équation de Fokker-Planck réduite pour la seule position. Une autre limite intéressante est celle des frictions faibles. C'est alors l'énergie qui joue le rôle d'une variable lente, pour laquelle il est possible d'établir une équation de Fokker-Planck réduite.

Les équations précédentes sont enfin utilisées pour évaluer, au moyen d'une méthode due à Kramers, la probabilité de sortie de l'atome hors du puits de potentiel. Le paramètre qui caractérise la stabilité du puits est le rapport entre la profondeur U_0 du puits et l'énergie résiduelle E résultant de la compétition entre le refroidissement radiatif et l'échauffement dû à la diffusion d'impulsion. Le puits est stable si U_0 est très grand devant E . Le problème de la réalisation éventuelle de puits optiques stables fait d'ailleurs l'objet d'un séminaire spécial de Jean DALIBARD, où un certain nombre de dispositifs nouveaux proposés par notre laboratoire sont présentés.

DESCRIPTION QUANTIQUE DU MOUVEMENT D'UN ATOME DANS UNE ONDE LUMINEUSE

Lorsque les degrés de liberté (internes et externes) de la particule sont traités quantiquement l'état de la particule est décrit par un opérateur densité. L'objet de la dernière partie du cours est d'étudier l'évolution de cet opérateur densité sous l'effet de l'interaction entre l'atome et le rayonnement, et de montrer qu'il est possible de déduire de cette équation d'évolution des équations cinétiques quantiques tout à fait analogues aux équations cinétiques classiques étudiées plus haut.

On commence par étudier le cas d'une particule sans degrés de liberté internes. Plusieurs représentations possibles de l'opérateur densité σ de la particule sont passées en revue, dont la représentation de Wigner qui associe

à σ une fonction $w(\vec{r}, \vec{p})$ de \vec{r} et \vec{p} , qui présente beaucoup d'analogies avec la fonction de distribution de la position \vec{r} et de l'impulsion \vec{p} d'une particule classique. La fonction de Wigner $w(\vec{r}, \vec{p})$ n'est cependant pas une vraie distribution de probabilité dans la mesure où elle peut prendre des valeurs négatives, mais plutôt une distribution de « quasiprobabilité ».

La discussion précédente est ensuite généralisée au cas d'une particule ayant des degrés de liberté internes, par exemple un atome à deux niveaux e et g couplé à une onde lumineuse. L'état interne et externe de la particule est alors décrit par quatre fonctions de Wigner $w_{ab}(\vec{r}, \vec{p})$, où les nombres quantiques internes a et b peuvent prendre chacun deux valeurs e ou g . Les équations d'évolution couplées de ces quatre fonctions sont établies. Elles décrivent l'évolution couplée des degrés de liberté internes et externes et peuvent être considérées comme des équations de Bloch optiques généralisées. On montre notamment que la conservation de l'impulsion globale lors des processus d'absorption, d'émission induite et d'émission spontanée de photons par l'atome apparaît explicitement dans ces équations.

La trace par rapport aux degrés de liberté internes de l'opérateur densité en représentation de Wigner est une fonction de Wigner réduite, $w(\vec{r}, \vec{p}) = w_{ee}(\vec{r}, \vec{p}) + w_{gg}(\vec{r}, \vec{p})$, donnant la quasiprobabilité de trouver la particule au point \vec{r} avec l'impulsion \vec{p} , quel que soit son état interne. Une méthode opératorielle nouvelle, permettant de déduire des équations de Bloch optiques généralisées l'équation d'évolution de $w(\vec{r}, \vec{p})$, est alors présentée. Elle consiste à éliminer adiabatiquement, (à un ordre donné par rapport aux infiniments petits du problème) les variables internes rapides. Il est possible ainsi d'établir que $w(\vec{r}, \vec{p})$ obéit à une équation de Fokker-Planck, ce qui permet, tout en gardant une description entièrement quantique du mouvement de l'atome, d'utiliser les interprétations physiques associées aux équations cinétiques classiques étudiées plus haut. Un tel traitement a également l'avantage de faire apparaître les tenseurs de diffusion et de friction au même ordre de perturbation, et de fournir des expressions explicite de ces deux tenseurs en termes de fonctions de corrélation des forces radiatives. Le lien entre fluctuations et dissipation apparaît ainsi clairement. La méthode est également directement applicable à des systèmes plus complexes qu'un atome à deux niveaux.

FLUCTUATIONS DES FORCES RADIATIVES

La trace du tenseur de diffusion apparaissant dans l'équation de Fokker-Planck décrivant l'évolution de $w(\vec{r}, \vec{p})$ est calculée. Les divers termes ainsi obtenus sont analysés et interprétés physiquement. Ils sont associés à trois

types de fluctuations : fluctuations de la direction d'émission des photons spontanés, fluctuations de la pression de radiation liées aux fluctuations du nombre de photons absorbés par l'atome, fluctuations des forces dipolaires, dont la contribution (à la différence des deux autres types de fluctuations) ne tend pas vers une limite finie quand l'intensité lumineuse croît indéfiniment.

Une interprétation physique des forces dipolaires et de leurs fluctuations en terme d'atome « habillé » par les photons laser est alors présentée. Les états propres du système atome plus photons laser en interaction ont une énergie qui varie d'un point à l'autre de l'espace. Le gradient de cette énergie apparaît comme une force associée à chaque niveau d'énergie de l'atome habillé. On montre que la force dipolaire moyenne n'est autre que la moyenne des forces associées aux divers niveaux de l'atome habillé, pondérées par les probabilités d'occupation de ces niveaux. L'émission spontanée provoque des transitions radiatives entre ces divers niveaux et change ainsi de manière aléatoire la force agissant sur l'atome, ce qui permet de comprendre qualitativement et quantitativement les fluctuations des forces dipolaires.

C. C.-T.

SÉMINAIRES 1983-1984

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 :

Onze séminaires ont été organisés :

J.P. BRIAND (Laboratoire Curie - Université P. et M. Curie), *La physique atomique auprès des grands accélérateurs et sources d'ions.*

P. PILLET (Laboratoire Aimé Cotton - Orsay), *Atomes de Rydberg en présence de champs micro-ondes intenses.*

C. BREANT (Laboratoire de physique des Lasers - Paris Nord), *Spectroscopie à ultra haute résolution au moyen d'un laser à centres colorés : application à la structure hyperfine de HF.*

F. HAAKE (Université d'Essen, RFA), *Superfluorescence. Onset of Stokes radiation and the falling pencil.*

M.A. BOUCHIAT (Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'ENS), *Observation d'une violation de la parité dans l'atome de Césium. Un test des théories unifiées électrofaibles.*

D. KLEPPNER (M.I.T. et Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'ENS), *Rydberg atoms in « circular states ».*

Y. PETROFF (Laboratoire LURE, Orsay), *Laser à électrons libres sur anneau de stockage. Etat actuel et perspectives.*

P. GLORIEUX (Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne, Lille), *Instabilité et chaos en optique quantique.*

E. ARIMONDO (Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne, Lille et Université de Naples, Italie), *Expériences de bistabilité en infrarouge et microondes.*

J. DALIBARD (Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'ENS, Paris), *Pièges radiatifs pour atomes neutres.*

D. WALLS (Université de Waikato, Nouvelle Zélande et Université de Zurich, Suisse), *Squeezed states of light.*

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE

M. Claude COHEN-TANNOUDI effectue ses recherches au sein du Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'Ecole Normale Supérieure. Il y dirige les travaux d'une petite équipe de chercheurs et participe, sur le plan théorique, à quelques-uns des autres projets en cours au 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 St Bernard). Il est dirigé par M. Jean BROSSEL, Professeur à l'Université Paris VI, membre de l'Institut.

Le personnel du Laboratoire comporte 12 enseignants-chercheurs (professeurs, maître de conférences, maître-assistants, agrégés-préparateurs), 28 chercheurs au C.N.R.S. (directeurs, maîtres, chargés et attachés de recherche), 11 chercheurs étrangers, 10 élèves de grandes écoles, 25 techniciens et administratifs.

Le laboratoire est constitué d'une dizaine d'équipes de recherches, comprenant 3 à 7 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 contient 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 1983, ainsi que celles des thèses (de 3^e cycle et d'Etat) soutenues au cours de cette même année.

PUBLICATIONS DE 1983

M. GLASS-MAUJEAN, P. QUADRELLI, K. DRESSLER and L. WOLNIEWICZ, *Transition probabilities for spontaneous emission in the adiabatic and nonadiabatic approximations for all bound vibrational levels of the EF, GK and HH¹Σ_g⁺ states of H₂* (Phys. Rev., A28, 2868, 1983).

G. GOUEDARD, J. VIGUE, *Improvement of the RKR procedure obtained by semiclassical calculations* (Chem. Phys. Letters, 96, 193, 1983).

J. VIGUE, M. SAUTE, M. AUBERT-FRECON, *Estimation of some matrix elements of the dynamical dipolar polarizability of Iodine atoms from long range dispersion energy terms for molecular iodine* (J. Chem. Phys., 78, 4544, 1983).

J. VIGUE, M. BROYER, J.A. BESWICK, *Coherence effects in the polarization of the light emitted by photofragments* (J. Physique, 44, 1225, 1983).

B. GIRARD, N. BILLY, J. VIGUE, J.C. LEHMANN, *Evidence for a dynamical Stark effect in CO A¹Π two photon excitation* (Chem. Phys. Lett., 102, 168, 1983).

N. BILLY, C. LHUILLIER, *Approche diagrammatique de l'étude d'un hamiltonien d'un atome à plusieurs électrons : II. Application à l'étude des configurations simplement excitées des gaz rares* (Ann. Phys. Fr., 8, 231-271, 1983).

L. MOI, P. GOY, M. GROSS, J.M. RAIMOND, C. FABRE and S. HAROCHE, *Rydberg-atom masers. I. A theoretical and experimental study of superradiant systems in the millimeter-wave domain* (Phys. Rev., A27, 2043, 1983).

P. GOY, J.M. RAIMOND, M. GROSS and S. HAROCHE, *Observation of Cavity-Enhanced Single-Atom Spontaneous Emission* (Phys. Rev. Lett., 50, 1903, 1983).

C. FABRE, M. GROSS, J.M. RAIMOND and S. HAROCHE, *Measuring atomic dimensions by transmission of Rydberg atoms through micrometre size slits* (J. Phys., B 16, L-671, 1983).

Y. KALUZNY, P. GOY, M. GROSS, J.M. RAIMOND and S. HAROCHE, *Observation of self-induced Rabi oscillations in two-level atoms excited inside a resonant cavity : the ringing regime of superradiance* (Phys. Rev. Lett., 51, 1175, 1983).

P. GOY, L. MOI, M. GROSS, J.M. RAIMOND, C. FABRE and S. HAROCHE, *Rydberg atom masers. II. Triggering by external radiation and application to millimeter-wave detectors* (*Phys. Rev.*, A27, 2065, 1983).

S. HAROCHE, *Atomes de Rydberg et rayonnement millimétrique* (Publication de la DRET, 1983).

C. FABRE, S. HAROCHE, *Spectroscopy of one — and two — electron Rydberg atoms*, dans *Rydberg states of atoms and molecules*. Stebbings. Dunning éditeurs. Cambridge University Press (1983).

L. MOI, C. FABRE, S. HAROCHE, *Rydberg atom masers*, dans *Lasers, physics, systems and techniques* (Firth, Harrison éditeurs, SUSSP publications, 1983).

B. CAGNAC, *La spectroscopie laser* (Le Courrier du C.N.R.S., mars 1983).

E. GIACOBINO, M. TAWIL, P.R. BERMAN, O. RED and H.H. STROKE, *Production of hot excited state atoms in collisionally aided radiative transitions* (*Phys. Rev.*, A28, 2555, 1983).

E. GIACOBINO and P.R. BERMAN, *Cooling vapors using collisionally aided radiative excitation* (NBS Public., n° 653, 112, 1983).

P.R. BERMAN and E. GIACOBINO, *Theory of electronic-state coherences produced in combined laser-field-collisional reactions* (*Phys. Rev.*, A28, 2900, 1983).

E. GIACOBINO, F. BIRABEN and P. LABASTIE, *Optogalvanic study of xenon Rydberg states* (*J. Physique Colloque C7*, 44, 505, 1983).

E. GIACOBINO, M. TAWIL, O. REDI, R. VETTER, H.H. STROKE and P.R. BERMAN, *Heating of atoms by collisionally assisted radiative excitation* (*Laser Spectroscopy VI*, ed. by H.P. Weber and W. Luthy, Springer, 1983).

S. CRIBIER, E. GIACOBINO and G. GRYNBERG, *Transients in optical bistability near the critical point* (*Laser Spectroscopy VI*, ad. by H.P. Weber and W. Luthy, Springer, 1983): (Springer Series in Optical Sciences, 40, 319, 1983).

S. CRIBIER, E. GIACOBINO and G. GRYNBERG, *Quantitative investigations of critical slowing down in all-optical bistability* (*Optics Commun*, 47, 170, 1983).

G. GRYNBERG et S. CRIBIER, *Critical exponents in dispersive optical bistability* (*J. Phys. Lettres*, 44, L 449, 1983).

G. GRYNBERG, *Remarks on E_1 - E_2 and E_1 - M_1 two-photon transitions* (*J. de Phys.*, 44, 679, 1983).

S. HAROCHE, P. GOY, C. FABRE, M. GROSS, J.M. RAIMOND, *Atomes de Rydberg et rayonnement millimétrique* (*Revue du C.E.T.H.E.D.E.C., Ondes et Signal*, NS-83-2, 109, 1983).

J.M. RAIMOND, P. GOY, M. GROSS, C. FABRE and S. HAROCHE, *Radiative properties of Rydberg atoms in resonant cavities*, dans *Laser Spectroscopy VI*, p. 237, H.P. Weber and W. Lüthy ed., Springer, 1983).

M.A. BOUCHIAT, J. GUENA, L. HUNTER and L. POTTIER, *New measurement of the Cs 6S - 7S scalar to vector polarizability ratio* (*Opt. Commun.*, 45, 35, 1983).

M.A. BOUCHIAT, J. GUENA, L. HUNTER and L. POTTIER, *Stark interference effects in a weak magnetic field on the 6S - 7S forbidden transition of cesium* (*Opt. Commun.*, 46, 185, 1983).

M.A. BOUCHIAT, J. GUENA, L. HUNTER and L. POTTIER, *A test of electroweak unification : observation of parity violation in cesium* (*Laser Spectroscopy VI*, eds H.P. Weber et W. Luthy, Springer Verlag, 1983).

M.A. BOUCHIAT et al., *Les courants neutres dans les atomes : une performance expérimentale* (participation à la rédaction de l'article de D. TARNOWSKI dans *La Recherche*, mars 1983).

M.A. BOUCHIAT et al., *Observation d'une violation de parité dans l'atome de césium* (participation à la rédaction de l'article *Images de la Physique*, supplément au n° 51, 1983).

M.A. BOUCHIAT, J. GUENA, L. POTTIER et L. HUNTER, *La violation de la parité dans les atomes* (rapport de mise au point demandé par la D.R.E.T., 1983).

C. LHUILLIER, *Transport properties in a spin polarized gas. III* (*J. Physique*, 44, 1, 1983).

M. PINARD, L. JULIEN et F. LALOE, *Détection de la rotation Faraday produite par un gaz placé dans un interféromètre de Michelson* (*J. Physique*, 44, 589, 1983).

M. HIMBERT, V. LEFÈVRE-SEGUIN, P.J. NACHER, J. DUPONT-ROC, M. LEDUC and F. LALOE, *Nuclear polarization through optical pumping of gaseous ^3He below 1K* (*J. Phys. Lettres*, 44, L-523, 1983).

H. EISELE, H.J. PAUS, J. WAGNER, M. LEDUC, *Fading properties of a NaF : F_2^{+*} color center laser* (*J. Appl. Phys.*, 54, 4821, 1983).

C. TANGUY, S. REYNAUD, M. MATSUOKA and C. COHEN-TANNOUDJI, *Deflection profiles of a monoenergetic atomic beam crossing a standing light wave* (*Optics Commun.*, 44, 249, 1983).

J. DALIBARD, S. REYNAUD and C. COHEN-TANNOUDJI, *Proposals of stable optical traps for neutral atoms* (*Optics Commun.*, 47, 395, 1983).

J. DALIBARD and S. REYNAUD, *Correlation signals in resonance fluorescence : interpretation via photon scattering amplitudes* (*J. Physique*, 44, 1337, 1983).

S. REYNAUD, *La fluorescence de résonance : étude par la méthode de l'atome habillé* (*Ann. Phys. Fr.*, 8, 315, 1983).

S. REYNAUD, *Les spectres de fluorescence ou d'absorption d'une vapeur excitée par laser : étude par la méthode de l'atome habillé* (*Ann. Phys. Fr.*, 8, 371, 1983).

A. KASTLER, *Zwischen Himmel und Erde. Das Leuchten des Nachthimmels* (*Astronomische Nachr.*, 304, 101, 1983).

G. GRYNBERG, B. KLEINMANN, M. PINARD et F. TREHIN, *Pulse shortening in degenerate four-wave mixing in atomic sodium vapor* (*Optics Commun*, 47, 355, 1983).

G. GRYNBERG, B. KLEINMANN, M. PINARD et F. TREHIN, *Pulse shortening in saturated phase conjugation* (*Springer Series in Optical Sciences*, 40, 318, 1983).

C. CHARDONNET, F. PENENT, D. DELANDE, F. BIRABEN and J.C. GAY, *Low field linear Stark effect on quasi-hydrogenic caesium series* (*J. Phys. Lettres*, 44, L 517, 1983).

C. CHARDONNET, F. PENENT, D. DELANDE, F. BIRABEN and J.C. GAY, *Low field linear Stark effect of high lying quasi-hydrogenic Rydberg states* (*Laser Spectroscopy VI : Springer Series in Optical Sciences*, 40, 243, 1983).

F. PENENT, D. DELANDE, F. BIRABEN and J.C. GAY, *The atomic Rydberg spectrum in crossed electric and magnetic fields : experimental evidence of a new quantization law* (*Laser Spectroscopy VI : Springer Series in Optical Sciences*, 40, 242, 1983).

J.C. GAY, D. DELANDE, F. BIRABEN and F. PENENT, *Diamagnetism of the hydrogen atom. An elementary derivation of the adiabatic invariant* (*J. Phys. B Letters*, 16, L 693, 1983).

F. PENENT, C. CHARDONNET, D. DELANDE, F. BIRABEN and J.C. GAY, *Ion detection techniques applied to Rydberg atoms in external fields* (*J. de Phys.*, 44, C 7-193, 1983).

J.C. GAY et D. DELANDE, *The hydrogen atom in a magnetic field. Symmetries in the low field diamagnetic limit* (*Comments Atom. Molec. Phys.*, 13, 275, 1983).

J.P. CONNERADE, J.C. GAY and S. LIBERMAN, *Atomic and molecular Physics near ionization thresholds* (*Comments Atom. Molec. Phys.*, 13, 89, 1983).

THÈSES

3^e cycle

Christian CHARDONNET (Université P. et M. Curie, mai 1983), *Atomes de Rydberg en champ électrique intense, effet Stark des séries hydrogénoïdes du Cesium.*

Sophie CRIBIER (Université P. et M. Curie, avril 1983), *La bistabilité optique : étude des phénomènes transitoires.*

Bertrand GIRARD (Université P. et M. Curie, mai 1983), *Etude par pompage optique à deux photons de l'état $A^1\pi$ de CO.*

Christian TANGUY (Université P. et M. Curie, mars 1983), *Contribution à l'étude théorique des forces radiatives. Profils de déflexion d'un jet atomique monocinétique par une onde laser stationnaire.*

Etat

Michel BERARD (Université P. et M. Curie, février 1983), *Etude en fonction de la température de l'élargissement collisionnel des spectres RAMAN de rotation pure de l'oxygène et de l'azote. Contribution à la détermination de leurs potentiels d'interaction.*

ACTIVITÉS DIVERSES, CONGRÈS, CONFÉRENCES

— Mission effectuée en Autriche (avril 1983), Conférences à l'Institut de Physique Théorique de l'Université de Vienne, à l'Université Technique de Vienne, à l'Université de Graz, à l'Institut de Physique Théorique de l'Université d'Innsbruck, *Quantum nature of light-Vacuum fluctuations and radiation reaction. Atoms in intense resonant laser beams.*

— Conférence d'intérêt général à l'Université Paris 7 (mai 1983), *Atomes et photons.*

— Conférence invitée au « Nato Advanced Institute on Quantum Electrodynamics and Quantum Optics » (Boulder, U.S.A., juin 1983), *Simple physical pictures for radiative processes. Vacuum fluctuations versus radiation reaction.*

— Conférence invitée à la cinquième Conférence Internationale sur la Cohérence et l'Optique Quantique (Rochester U.S.A., juin 1983), *Vacuum fluctuations versus radiation reaction.*

— Conférence invitée à la sixième Conférence Internationale de Spectroscopie Laser (Interlaken, Suisse, juin 1983), *Is field quantization essential for discussing atoms in laser beams.*

— Mission effectuée au Brésil (décembre 1983), Responsable, du côté Français, de l'organisation du troisième Colloque Franco-Brésilien sur « les Méthodes Optiques en Physique Atomique, Moléculaire et de la Matière Condensée », Deux conférences sur *Radiative Forces - Theory and Applications.*