

### **Astrophysique théorique**

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

Le cours n'a pas eu lieu.

#### ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DU LABORATOIRE D'ASTROPHYSIQUE THÉORIQUE

Le laboratoire (désigné par le sigle L.A.T.), est depuis sa création, installé à l'Institut d'Astrophysique de Paris (ou I.A.P.), laboratoire propre du C.N.R.S., dont le directeur est M. Jean AUDOUZE, Directeur de recherches au C.N.R.S.

Comme par le passé, la spécificité du L.A.T. au sein de l'I.A.P. est la préoccupation, commune aux chercheurs qui le composent, de s'occuper, à travers les faits astrophysiques, de la nature des phénomènes physiques qui en commandent les aspects, et dont bien souvent, l'astrophysique seule permet l'étude. D'où la diversité de nos travaux, explicités dans les rapports annuels d'activité du Collège de France.

#### ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DU LABORATOIRE

Elle est restée orientée vers deux directions essentielles : l'étude des atmosphères solaire et stellaire, les recherches extragalactiques et la cosmologie. Le rapport ci-après résulte de la combinaison des rapports rédigés par les divers chercheurs du laboratoire.

##### I. *Soleil*

a) *Etudes des facules (régions actives) de l'atmosphère solaire.* L'étude des observations menées au sol et par le satellite OSO-8 s'est poursuivie dans deux

directions : 1) établir un modèle d'une atmosphère différente de celle du Soleil calme pour la comparer aux atmosphères stellaires et en rechercher les paramètres caractéristiques ; 2) faire une étude détaillée des facules solaires et de leur structure.

Au début de l'année 1981, on avait terminé l'étude dynamique de la zone de transition chromosphère-couronne (CCT) et montré l'existence de mouvements ascendants et descendants plus importants dans les régions actives que dans les régions calmes. Poursuivant l'étude des raies de résonance des ions Si VI et C IV, observées avec l'instrument LASP, et celle de la raie de l'ion O VI, observée avec l'instrument LPSP, tous deux montés sur le satellite OSO-8, on a pu mettre au point trois méthodes pour déterminer l'épaisseur optique de ces raies dans la zone de transition (CCT) ; on a ainsi pu fixer une limite supérieure et une limite inférieure de l'opacité dans chacune de ces raies. Ces résultats ont permis d'obtenir la densité électronique dans les couches de température 63 100, 100 000 et 317 000 K (ions Si IV, C IV et O VI, respectivement) dans le Soleil calme et dans les régions actives. En supposant de plus que l'atmosphère est formée de couches plan-parallèles, il a été possible de déterminer aussi le gradient de température et d'obtenir deux modèles : densité électronique et température en fonction de l'altitude, soleil calme et actif.

On a commencé l'étude de la chromosphère à partir des observations OSO-8, instrument LPSP, principalement des raies Ca II, H et K et Mg II, h et k. Pour l'étude de ces raies, on a traité le problème du transfert de rayonnement avec champ de vitesse macroscopique.

Par ailleurs, les effets de « rugosité » au bord du Soleil, dans les régions chromosomiques et photosphériques, sont en cours d'étude détaillée.

Enfin, dans la *chromosphère*, nous avons mis en évidence un phénomène non encore observé : l'augmentation de la turbulence au bord d'une facule. Ceci nous a conduit à envisager d'autres observations et une étude théorique des ondes de surface dans le cadre de l'A.T.P. « Soleil actif » du C.N.R.S.

Dans la *photosphère*, nous avons fait une étude statistique des champs magnétiques et trouvé une bonne corrélation entre le champ magnétique et la structure faculaire. Ce programme a été et sera poursuivi par S. Dumont et J.-C. Pecker en collaboration avec M. Desmerger (I.A.P.), Z. Mouradian et G. Simon (Observatoire de Meudon) et en coopération sur différents points du programme avec J.-C. Vial et G. Artzner (LPSP), E. Chipman (LASP), E. Hiei (Observatoire de Tokyo).

C'est à ces divers noms qu'on trouvera les nombreux articles concernant cette question dans la bibliographie. Ils y figurent avec leur titre.

b) *Divers* : on se reportera à la bibliographie où divers articles de revue de J.-C. Pecker sur la physique solaire et les relations Soleil-Terre sont mentionnés.

Simone Dumont participe à la rédaction de l'ouvrage « Astronomie, Science du Ciel », publié par Flammarion, sous la direction de J.-C. Pecker. Elle y écrit le chapitre consacré au Soleil. Par ailleurs, J.-C. Pecker poursuit à l'aide de l'atlas de Liège, l'étude du champ magnétique stochastique dans le soleil calme ; on trouve (valeur provisoire)  $B \sim 200 \text{ G} + 100 \text{ G}$  (ce travail reprend des résultats anciens, non publiés, de M. Fitremann).

## II. *Problèmes archétypes des atmosphères stellaires, et méthodologie du traitement du transfert de rayonnement*

a) Christian Magnan et Monique Gros ont rédigé un article exposant de *nouvelles méthodes numériques de résolution des équations de transfert en présence de plusieurs raies et continus couplés entre eux*. L'étude en cours a pour but de décrire l'état d'excitation et d'ionisation des atomes d'hydrogène illuminés par une source centrale dans le cas où l'atmosphère n'est ni très près (atmosphère plan parallèle classique) ni très loin (nébuleuses planétaires) de la source de rayonnement. Monique Gros poursuit son travail de thèse en généralisant la méthode au cas sphérique et en exploitant les programmes sur des modèles d'atomes de plus en plus complexes. On continue à travailler avec un seul faisceau lumineux, ce qui simplifie considérablement les codes de calcul, mais on tient compte des trajets nouveaux que permet la géométrie sphérique, trajets impossibles en géométrie plan-parallèle.

b) Dans le cadre de la même méthode générale, G. Debève et J.-C. Pecker poursuivent l'étude des *régions circumstellaires ionisées* d'hydrogène et d'hélium autour des étoiles chaudes. Les difficultés numériques sont encore grandes.

c) C. Magnan a terminé de rédiger une première version d'un article important qui discute les problèmes de *formation des raies en présence de vitesses non thermiques*. On y fait une étude critique des méthodes utilisées jusqu'à présent. Ces méthodes ignorent toutes le problème, ou l'évident, en prétendant le décrire par l'introduction de paramètres arbitraires (vitesses de microturbulence). Le point de vue défendu dans l'article consiste à aborder l'étude des champs de vitesses comme un sujet en soi, au lieu de le considérer comme un phénomène gênant. L'article devait paraître dans un livre consacré à la dynamique des atmosphères stellaires, livre édité par J.-P. Zahn et D. Gough. Les éditeurs ne semblant pas donner suite à leur projet, Christian Magnan a décidé de se servir de la matière de cet article initial pour en faire un livre qui traiterait en détails des problèmes de formation des raies, en particulier en ce qui concerne l'aspect de la question lorsque le milieu considéré est animé de vitesses non thermiques, ordonnées ou aléatoires. Si l'entreprise est menée à bien, dans un délai de l'ordre de l'année, l'ouvrage présenterait un intérêt original en ce sens que les questions y sont exposées de façon nouvelle, critique et pratique. En particulier l'idée est d'établir une saine distinction entre des considérations théoriques, que l'on

développe avec tout l'arsenal voulu de moyens analytiques et mathématiques, et les considérations plus pratiques, qui sont utiles lorsque l'on s'essaie à un diagnostic. Dans ce dernier cas, on se trouve en présence d'objets beaucoup plus complexes que ne le sont les modèles théoriques qui souvent n'envisagent qu'un ou deux aspects de la question à la fois. Pour donner une idée rapide mais néanmoins précise du contenu de ce travail, en voici la table des matières telle qu'elle est actuellement envisagée : Chapitre 1 : Discussion générale des mouvements atmosphériques : turbulence, vitesses non thermiques, formation des raies, interprétation des observations. Chapitre 2 : Coefficients de transfert locaux : coefficients phénoménologiques (absorption, émission, émission induite), redistribution en fréquences, élargissement thermique, fonctions de redistribution généralisées. Chapitre 3 : Coefficients radiatifs globaux relatifs à un volume de dimensions finies : principes d'invariance, méthode d'addition de couches. Chapitre 4 : Champs de vitesses aléatoires : description, cas ETL, détermination de valeurs moyennes, approximation des cellules effectives, généralisation. Chapitre 5 : Flux de masse et approximation de Sobolev : équations d'équilibre statistique, probabilité de fuite, signification physique de l'approximation de Sobolev, son inutilité pratique. Chapitre 6 : Critique des diagnostics : modèles théoriques, cas pratiques, inutilité des calculs trop complexes, intérêt des discussions tenant compte des réalités observées, exemples relatifs à la soi-disant détermination de taux de perte de masse.

L'ouvrage serait publié en anglais, sous le titre (provisoire) « Physics of Line Formation in Moving Atmospheres of Stars ». Ajoutons enfin que les deux premiers chapitres sont entièrement rédigés et que le chapitre 3 est en cours de rédaction.

d) Signalons enfin que Christian Magnan participe à la rédaction d'un livre de popularisation publié par les éditions Flammarion sous la direction de J.-C. Pecker. Il a écrit le chapitre consacré à l'interaction des étoiles et du milieu environnant, sujet qui englobe la formation des étoiles, l'équilibre des poussières, les étoiles variables, les phénomènes de perte de masse et les phases ultimes de la vie des étoiles.

f) *Systèmes à géométrie sphérique.* Eduardo Simonneau a mis en évidence le parallélisme existant dans la résolution de l'équation de transfert, entre les deux types de géométrie : plane et sphérique. Il a montré également que la méthode dite des moments, est la plus adéquate pour résoudre cette équation en géométrie sphérique. L'application de ce procédé dans la construction des modèles d'atmosphères d'étoiles supergéantes froides est en cours, en collaboration avec F. Querci (Observatoire de Meudon). E. Simonneau a également développé une théorie simplifiée qui permet d'obtenir explicitement, avec des formules analytiques, une très bonne première approximation des modèles d'atmosphères ETL ; dans cette théorie, il a mis clairement en évidence l'in-

fluence des paramètres fondamentaux, comme la température, la gravité et la composition chimique. Ces premiers modèles peuvent être considérés comme solutions de départ dans les algorithmes d'itération pour la construction de modèles plus perfectionnés ; le fait de disposer d'une bonne première approximation comme solution de départ, assure une convergence rapide. Dans ce cadre, E. Simonneau a publié (Ann. Phys.) une description analytique simple des atmosphères stellaires, dans le cas hors équilibre mais linéaire ; cette description, très maniable et néanmoins suffisamment précise, a un puissant intérêt heuristique et doit permettre une compréhension des paramètres et enveloppes des étoiles.

*g) Formation des raies spectrales. Redistribution de l'énergie entre l'absorption et l'émission.* Ces travaux suivent ceux qui ont été décrits dans le rapport précédent. En 1981, E. Simonneau et J. Borsenberger (Observatoire de Meudon) ont préparé les outils mathématiques nécessaires pour résoudre, de façon couplée, une équation cinétique pour la fonction de distribution des vitesses des particules capables d'émettre et une équation de transfert du rayonnement. Ces outils — forme matérielle de l'opérateur des collisions élastiques, transformation entre la fonction de distribution des vitesses des atomes excités et le coefficient d'émission ainsi que la relation entre le champ de rayonnement et le terme de création des atomes excités — vont être maintenant utilisés dans un algorithme d'itérations permettant de résoudre les équations citées et d'obtenir le champ de rayonnement et la population des niveaux.

Au point de vue de la théorie, le problème s'éclaircit alors considérablement, mais il se pose dans des termes cependant beaucoup plus compliqués que ceux proposés par Oxenius (*Astron. Astrophys.*, 1979, **76**, 312). Il devint donc clair qu'il fallait étudier les fonctions de distribution des vitesses pour chaque degré interne (virtuel) d'excitation, c'est-à-dire pour chaque énergie à l'intérieur de chaque niveau (Oxenius suppose implicitement une moyenne sur tous les degrés d'excitation internes, virtuels, de chaque état).

Les résultats de ce calcul de la fonction de distribution des vitesses des atomes excités par leur propre rayonnement (ainsi que par les collisions électroniques), ont mis en évidence des anisotropies de cette fonction, et prouvent l'existence d'un flux d'atomes excités qui tend à compenser les gradients imposés par l'équilibre radiatif. Ces anisotropies conduisent à des asymétries du profil du coefficient d'émission et donc à une distorsion de la forme de la raie spectrale.

M. E. Simonneau travaille actuellement à l'extension de ces résultats (qui supposent l'absence de collisions élastiques atome-atome) au cas où il faut tenir compte de ces collisions. Il a développé une nouvelle forme, plus rigoureuse que celles disponibles, du traitement de l'opérateur qui décrit ces collisions. L'intervention de polynômes ortho-normés permet une grande efficacité des méthodes en œuvre.

h) *Effet Compton inverse dans les atmosphères stellaires.* Ces questions ont naguère fait l'objet de la thèse d'Etat de Ralph Krikorian (soutenue en mai 1981). R. Krikorian a montré l'importance de la rigueur dans le traitement relativiste des problèmes de collisions entre photons et électrons relativistes, et a mis en évidence les conséquences d'erreurs classiques dans ce traitement sur la compréhension de l'émission non thermique d'étoiles telles que les étoiles T Tauri. Ce travail a été dirigé par S. Kichenassamy (I.H.P.). Dans le cadre de l'interaction particule relativiste-rayonnement, les travaux de R. Krikorian ont permis plus récemment d'obtenir :

1) L'expression du coefficient d'absorption volumique pour un gaz relativiste à l'équilibre thermique. Il découle, en particulier, de ce travail que même à l'approximation non relativiste une petite correction doit être apportée à la formule habituellement utilisée.

2) L'expression de la fonction de redistribution pour la diffusion du rayonnement par des électrons relativistes. Contrairement aux travaux antérieurs, l'expression obtenue montre que la probabilité de diffusion cohérente n'est pas nulle. Dans le cas relativiste, d'autre part, elle se réduit exactement à l'expression classique lors du passage gaz relativiste-gaz non relativiste. Par ailleurs, toujours en collaboration avec S. Kichenassamy, R. Krikorian a obtenu la formule décrivant l'ionisation dans un gaz relativiste, formule qui se réduit à celle de Saha lors du passage à un gaz non-relativiste. Ce travail montre que l'utilisation de la formule de Saha n'est plus justifiée à partir de  $10^8$  degrés Kelvin.

### III. *Recherches sur les étoiles particulières : phénomènes non-thermiques dans les atmosphères*

a) R.N. Thomas a continué ses travaux de *coordinateur scientifique des Monographies N.A.S.A.-C.N.R.S.* sur les phénomènes non-thermiques dans les étoiles. Les deux premiers volumes sont sortis des presses, et concernent : 1) *The Sun as a Star* (le Soleil en tant qu'étoile) ; 2) *B and Be stars* (les étoiles B et Be). Leurs éditeurs ont été respectivement le D<sup>r</sup> S. Jordan (1) et les D<sup>rs</sup> A.B. Underhill et V. Doazan (2). Ils ont été fort bien accueillis par les milieux spécialisés, comme l'indique, par exemple, la revue faite dans *Sky and Telescope* par le Prof. Dimitri Mihalas : « A vast amount of observational material is coherently organized, summarized, and digested. A major thrust of this monograph, second in the joint C.N.R.S.-N.A.S.A. series on nonthermal phenomena in stellar atmospheres, is to show that this rather complacent picture has been shattered irretrievably by modern observations outside the visible wavelengths used in most classical studies. Certainly we have here a major paradigm shift for the whole field. We must come to grips with a new model for all B stars, one characterized by highly variable mass and energy fluxes. As Doazan describes it, this model contains a sequence of quite different regions ».

R.N. Thomas de plus poursuit les recherches impliquées par l'ouvrage de cette série dont il est directement responsable : *The Patterns of Atmospheric Structure* (Les modèles de la structure atmosphérique) ; il en poursuit la rédaction. L'essence de cet ouvrage se déduit de l'examen systématique d'une variété de types spectraux à travers le diagramme HR ; de tels modèles sont bien illustrés par le volume sur les étoiles B et Be, tel qu'il est décrit ci-dessus.

b) *Recherches sur les étoiles Be* (équipe Doazan-Thomas). En collaboration avec V. Doazan (Observatoire de Paris), R.N. Thomas a entrepris depuis 1978 un programme systématique d'un certain nombre d'étoiles Be dans le visible, l'ultraviolet lointain, et les rayons X, de façon simultanée. Ces étoiles montrent des comportements frappants par les variations des paramètres non-thermiques qui déterminent la structure de leur atmosphère extérieure.

Ces études s'appuient sur les observations des satellites IUE, et Einstein, et sur les campagnes d'observations à l'OHP et à l'ESO.

c) *Recherches sur les étoiles Be* (équipe Zorec-Divan). Dans le même domaine, sous la direction de M<sup>lle</sup> L. Divan, J. Zorec, jusqu'en octobre 1982 (date à laquelle, nommé Attaché de Recherche au C.N.R.S., il est entré dans l'équipe de M<sup>lle</sup> Divan à l'I.A.P.) a contribué à l'étude de la distribution d'énergie dans le spectre de ces étoiles aux cours de leur phases successives [normale, à émission, à enveloppe (« shell »)] et des corrélations entre les diverses caractéristiques spectrales, raies de Balmer, divers continus. Ces auteurs ont déterminé l'extinction interstellaire et discuté de l'éclat absolu de l'étoile 59 Cygni et de sa variation, s'appuyant principalement sur les possibilités du système BCD de classification stellaire. Ils ont étudié les corrections bolométriques et ont discuté de ces problèmes dans le cadre d'une calibration générale en température effective et magnitudes bolométriques des étoiles O et B.

d) *Recherches sur les étoiles de Wolf-Rayet et Of*. J. Zorec a étudié le diamètre de ces étoiles, en vue d'une comparaison physique avec les étoiles O, à partir de l'analyse des spectres continus, permettant la mesure des flux absolus, à condition d'accepter les modèles « thermiques » des atmosphères. Les distances sont déterminées grâce aux amas stellaires auxquels ces étoiles sont associées. On trouve que par dimension décroissante, les étoiles se classent dans l'ordre : supergéantes O, WN, géantes normales, WC, ce qui semble exclure le schéma classique d'évolution des étoiles Of vers les WN et de celles-ci vers les WC.

J. Zorec a étudié aussi un modèle de l'enveloppe de  $\gamma_2$ Vel.

e) *Préparation des observations du satellite HIPPARCOS*. J. Zorec a poursuivi au Chili des mesures de calibration de la classification BCD en termes de magnitude absolue ; il travaille à la confection du catalogue d'entrée du satellite.

f) *Etude de chromosphères stellaires d'étoiles particulières.* M<sup>lle</sup> S. Dumont a entrepris une collaboration avec R. et G. Cayrel et P. et N. Mein pour l'étude du triplet infrarouge de Ca II (article soumis à *Astron. Astrophys.*) ; ce triplet est un précieux indicateur sur l'état des chromosphères stellaires.

#### IV. *Galaxies actives*

a) S. Dumont (avec S. Collin-Souffrin) a étudié le spectre des *galaxies de Seyfert et des quasars*.

Au cours d'une mission à l'Observatoire de Nice en janvier 1981, elles ont achevé, avec H. Frisch et Ph. Delache, une étude critique des approximations fréquemment utilisées dans l'étude des raies d'émission de l'hydrogène des quasars. En comparant les solutions approchées à la solution exacte, elles ont montré que, dans un milieu d'épaisseur finie ou les raies subordonnées ne sont pas très épaisses, l'approximation « probabilité d'échappement, semi-infini » surestime le flux des raies. Elles ont de plus proposé une forme modifiée de l'approximation « probabilité d'échappement » pour un milieu d'épaisseur limitée ; cette approximation donne de bons résultats.

Ensuite, avec J. Tully, elles ont discuté les calculs de modèles de la région qui émet les raies larges (BLR) dans les quasars et les galaxies de Seyfert. Elles proposent finalement un modèle composé de deux régions physiquement distinctes : 1) une région « photoionisée » comprenant une région H II et une région H II avec éventuellement une zone de transition ; 2) une région chaude et dense, chauffée par collisions.

Ce travail est poursuivi actuellement par l'étude, avec M. Joly et D. Péquignot d'un modèle « épais ». On étudie la région qui produit les raies d'émission larges (BLR) dans les quasars et galaxies de Seyfert 1 : on cherche à établir un modèle complètement cohérent de cette région, ionisée par le rayonnement de la source centrale. De plus, S. Dumont et J.-C. Pecker ont entrepris une collaboration avec S. Collin-Souffrin, L. Nottale et M. Joly ; à la suite d'un atelier de 5 jours qui a eu lieu début décembre 1982, on a commencé l'étude statistiques des quasars par l'établissement d'un catalogue (variabilité-spectre) et avec l'intention de mieux comprendre la nature physique des galaxies actives et des quasars.

b) *Dynamique du Superamas Local.* H. Karoji a cherché à représenter et « modéliser » la dynamique du Superamas Local et son voisinage immédiat à l'aide de la relation de Hubble de galaxies individuelles. Cette analyse fera apparaître un apex du mouvement de notre Galaxie, qui doit être comparé à ceux déterminés par rapport aux différents référentiels extragalactiques, notamment au corps noir « cosmologique » de 3 °K. L'étude porte sur les questions suivan-

tes : 1) La relation de Hubble est-elle perturbée par la présence du Superamas ?  
2) Y a-t-il à l'intérieur du Superamas, une rotation différentielle ? Ces deux questions sont liées à deux problèmes importants de la cosmologie, à savoir respectivement, la détermination de la densité moyenne actuelle de l'Univers par la méthode dynamique, et la discrimination des théories de formation des galaxies par le moment angulaire à grande échelle ( $\sim 30$  Mpc et plus). Les premiers résultats de H. Karoji montrent que :

1) Le paramètre de Hubble n'est pas en augmentation derrière le centre du Superamas (derrière l'amas de Virgo) ;

2) le « flux » de l'expansion générale est freiné dans le Superamas, d'une façon bien déterminée ;

3) l'existence d'une rotation apparaît significative.

Ces résultats sembleraient en contradiction avec une classe de solutions *exactes* d'Einstein décrivant des insertions dans un milieu par ailleurs homogène et isotrope, seules solutions pour l'instant capables de représenter les amas (ou superamas) de galaxies, puisqu'elles donnent toutes une accélération de l'expansion dans l'amas, à moins d'hypothèses très particulières (deux temps « cosmiques » différents pour l'amas et pour le reste, par exemple).

c) *Etudes des décalages spectraux anormaux vers le rouge.* Ces travaux, menés comme par le passé, en collaboration avec de nombreux chercheurs, notamment J.-P. Vigier (I.H.P.) et E. Giraud, ont été poursuivis, principalement, par S. Depaquit. Il a consacré une partie importante de son temps à rassembler les données expérimentales, relatives aux QSO, et notamment à constituer des échantillonnages complets, exempts de biais statistiques. Une analyse statistique de l'ensemble des données du catalogue de Burbidge a permis de mieux cerner l'incidence des divers effets de sélection observationnels (notamment spectroscopique, par excès d'UV) sur l'histogramme des QSO. Cette première étape (qui manquait à la littérature consacrée à ce sujet) a permis de pousser plus loin la réflexion sur la distribution des QSO par : 1) la comparaison d'échantillons homogènes caractéristiques d'une méthode de sélection ; 2) l'étude d'échantillons complets. Il ressort de ce travail que les effets de sélection observationnels : a) rendent bien compte de la distribution du  $z$  d'émission des quasars optiques ; b) mais ne sauraient entièrement expliquer la périodicité mise en évidence dans l'histogramme des quasars radio. Le compte rendu détaillé de ce travail est rédigé. Il a fait l'objet d'une note interne et il est soumis pour publication. Cette étude sera complétée par une recherche sur la distribution des  $z$  d'absorption des QSO selon les mêmes critères.

d) *Faits d'importance cosmologique.* Ce thème de recherches, qui est aussi celui du cours de l'année, a donné lieu à quelques travaux originaux.

D'un côté, reprenant le « test » de Hubble-Tolman, S. Depaquit a entrepris un travail sur la statistique des dimensions des quasars radio (doubles) en relation avec l'étude de divers modèles d'univers. Cette réflexion est poursuivie en liaison avec les données, aujourd'hui abondantes, sur la densité des QSO observables.

D'un autre côté, J.-C. Pecker a continué l'étude du problème posé par Seeliger de l'extension, aux champs de gravitation, du paradoxe d'Olbers (voir cours au Collège de France, 1981-1982). Il a également affiné la démonstration de l'équation de Sciama, basée sur la forme donnée par Einstein au principe de Mach, et sur les faits d'observation que constitue l'inertie galiléenne, et le principe d'équivalence. Ces travaux abordés l'année précédente, sont en cours de développement.

Enfin, J.-C. Pecker et S. Simonneau, avec E. Molès (Madrid) et J.-P. Vigier (I.H.P.), dans le cadre d'une controverse avec E. Schatzman, ont étudié le problème du transfert de rayonnement par un milieu diffusant à caractéristique « pointue », problème étroitement lié au développement des cosmologies du type « lumière fatiguée ». Question en cours d'élaboration.

#### PROJETS DU L.A.T.

Il est certain que les orientations théoriques du laboratoire doivent continuer à dominer son activité. Cependant, dans diverses questions, il semble clair que des observations sont nécessaires ; elles devraient être possibles, notamment en collaboration avec le groupe de M<sup>me</sup> Collin (Meudon) et l'Observatoire d'Almería (M. Molès), et s'orienter vers des études localisées d'objets actifs extragalactiques.

Bien entendu, ces programmes, qui concernent directement la partie IV du rapport sur l'activité 1981-1982, n'interrompent pas les travaux théoriques.

Sans vouloir être exhaustif, nous mentionnerons :

— La continuation (projet essentiel) de la publication des monographies sur les étoiles, et les phénomènes non-thermiques qui régissent les propriétés de leurs spectres. Richard Thomas continuera à coordonner, avec Stuart Jordan (N.A.S.A.), l'ensemble de ces ouvrages, et leur contenu scientifique, jusqu'à l'achèvement par le C.N.R.S. et la N.A.S.A. de cette publication de huit importants ouvrages.

— Les études solaires basées sur les résultats du satellite OSO-8 sont loin d'être achevées, et occuperont encore une partie importante du temps de Simone Dumont, et de Jean-Claude Pecker.

— L'étude des importants problèmes de l'équilibre et du transfert dans les atmosphères stellaires, impliquant des effets de modélisation et de conceptualisation importants, continueront à rester au centre de gravité des intérêts de Christian Magnan, et Monique Gros, d'une part, et Eduardo Simonneau d'autre part ; cependant que Ralph Krikorian continuera à approfondir les problèmes posés par l'application stricte de la relativité aux atmosphères d'étoiles particulières.

— M. Claude Bertout, nouvellement arrivé au L.A.T., y poursuivra les belles recherches entreprises à Heidelberg, et concernant la physique (transfert de rayonnement et hydrodynamique) des enveloppes stellaires (T Tauri) et de l'interaction entre les étoiles et les milieux circum- et interstellaire.

— Enfin, les recherches statistiques sur les données concernant la distribution des décalages vers le rouge affectant les galaxies ordinaires et les quasars, sera poursuivie dans des directions nouvelles par Serge Depaquit, Hiroshi Karoji — en étroite collaboration avec M. J.-P. Vigier et M. E. Giraud. M. Parviz Mérat (technicien C.N.R.S., IN2P3) contribue à tirer de ces études des conclusions cosmologiques, dans le cadre de la relativité générale ; M. Henrik Broberg, chercheur de l'E.S.A., en séjour de quelques mois au L.A.T., en collaboration avec M. Mérat, poursuit l'étude d'un modèle de particules élémentaires, pouvant avoir des conséquences sur l'interprétation des décalages vers le rouge ; cette étude se poursuit dans le cadre strict de la relativité générale.

COMPOSITION DU LABORATOIRE D'ASTROPHYSIQUE THÉORIQUE  
(98 bis, boulevard Arago, 75014 Paris)

M. C. BERTOUT (Chargé de recherche, C.N.R.S.), M<sup>me</sup> J. BRUNEL (aide-comptable, Collège de France), M. S. DEPAQUIT (ingénieur 1 A, C.N.R.S.), M<sup>lle</sup> S. DUMONT (astronome-adjoint, Observatoire de Paris), M<sup>me</sup> M. GROS (assistant, Observatoire de Paris), M<sup>lle</sup> A. L'HEVEDER (secrétaire, Collège de France), M<sup>me</sup> P. HAOUR (secrétaire, Collège de France), M. H. KAROJI (maître-assistant à Paris VII), M. R. KRİKORIAN (maître-assistant, Collège de France), M. C. MAGNAN (sous-directeur du laboratoire, Collège de France), M. J.-C. PECKER (professeur, Collège de France), M<sup>lle</sup> S. PERRET (documentaliste, C.N.R.S.), M. E. SIMONNEAU (attaché de recherche, C.N.R.S.), M. R.N. THOMAS (maître de recherche, C.N.R.S.), Chercheurs associés : R. BONNET (L.P.S.P.), J.-P. VIGIER (Institut Henri-Poincaré), S. COLLIN-SOUFFRIN (Observatoire de Meudon).

De plus des personnalités étrangères ont effectué des séjours courts ou prolongés au laboratoire d'Astrophysique Théorique : P. DELACHE, Observatoire de Nice ; H. BROBERG (Boursier E.S.A., pour un an), R. STALIO, Observatoire de Trieste, M. FRANCO, Observatoire de Trieste, R. GIOVANELLI (Sydney).

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

- C. BERTOUT, *T Tauri South : a protostar ?* (*Astron. Astrophys.*, sous presse).
- C. BERTOUT, *et al.*, *Coordinated spectroscopic observations of YY Orionis stars.* (*Astron. Astrophys.*, sous presse).
- B. CAMPBELL, R. et G. CAYREL, S. DUMONT, P. et N. MEIN, *Evidence of high chromospheric activity in Hyades dwarfs from reticon spectra of the IR Ca II triplet* (*Astron. Astrophys.*, sous presse).
- V. DOAZAN, R. STALIO, R. THOMAS, *Empirical atmospheric velocity patterns from combined I.U.E. and visual observations. The Be-similar stars* (in « *Four years of I.U.E. research* », Goddard Conference, 1982, N.A.S.A. CP-2238, p. 584).
- V. DOAZAN, R.N. THOMAS, *Empirical atmospheric velocity patterns from combined I.U.E. and visual observations : the Be stars.* (« *The third european I.U.E. conference* », mai 1982, Madrid, ESA-SP 176, p. 287.
- *The Be stars* (1982, in « *The B stars with and without emission lines* ». Second volume de la série des monographies C.N.R.S.-N.A.S.A. : *les phénomènes non-thermiques dans les atmosphères stellaires*; chap. 13, ed. A.B. Underhill, V. Doazan, N.A.S.A.-SP-456, p. 279-487.
- S. DUMONT, Z. MOURADIAN, J.-C. PECKER, J.-C. VIAL, E. CHIPMAN, *Structure and physics of solar faculae. III. Densities on the chromosphere-corona transition zone* (*Solar Physics*, 1983, **83**, 27).
- M. GROS, *Le milieu interstellaire* (*C.R. de l'école d'été d'astronomie de Sophia Antépolis*, 1982, sous presse).
- *Le milieu interstellaire* (*Bull. Union des Physiciens*, 1982, sous presse).
- H. KAROJI, *Dynamics of the supercluster of galaxies. I. Representation of the variation of the Hubble ratio* (soumis pour publication).
- S. KICHENASSAMY, R. KRICKORIAN, *The redistribution function for scattering by relativistic electrons* (*J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 1983, **29**, 27).
- *The ionization equation in a relativistic gas* (*J. of Physics, A*, sous presse).
- M. LOUCIF, C. MAGNAN, *Line profile fluctuations in a turbulent atmosphere* (*Astron. Astrophys.*, 1982, **112**, 287).
- J.-C. PECKER, *About the facts of cosmological significance ; in Essays in Honor of Wolfgang Yourgrau* (Alwyn van der Merwe ed., 1983, Plenum Press, New York, p. 309).

— *The star « Sun » - l'étoile « Soleil »* (Proc. of the VI European Meeting in Astronomy, « Sun and planetary system », 1982, ed. W. Fricke et G. Teleki, Reidel publ., Dordrecht).

— *L'atmosphère du Soleil et des étoiles. The atmosphere of Sun and stars* (Proc. of International Astron. Semicar, Unispace 82, United Nations/I.A.U., Vienne, août 1982, sous presse).

I. HUBENY, J. OXENIUS, E. SIMONNEAU, *Absorption and emission line profile coefficients of multilevel atoms. I.* (J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 1982, sous presse).

— *Absorption and emission line profile coefficients of multilevel atoms. II.* (J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 1982, sous presse).

R.N. THOMAS, *The effect on empirical atmospheric modeling of the mass-flux as an empirical parameter* (Astrophys. J., 1982, **263**, 870).

— *Monograph in N.A.S.A.-C.N.R.S. series on « Non-Thermal Phenomena in Stellar Atmospheres »*, sous presse.

R.N. THOMAS, *et al.*, *A study of the short-term variability of  $\gamma$  Cas and 59 Cyg in the UV*; in « Four years of I.U.E. research » (Proc. Goddard Conference, N.A.S.A. CP 2238, p. 425).

— *Paper II. The long-term variation of  $\gamma$  Cas in the visual region* (Astron. Astrophys., 1983, sous presse).

— *Abrupt changes in the C IV lines of  $\theta$  Cr B* (Astron. Astrophys., 1983, sous presse).

R. WAGENBLAST, C. BERTOUT, U. BASTIAN, *Spectral line profiles from spherical shells* (Astron. Astrophys., 1983, **120**, 6).

#### COLLOQUES, SÉMINAIRES, MISSIONS

Assemblée Générale de l'Union Astronomique Internationale, Patras (Grèce), août 1982 (S. DUMONT, M. GROS, J.-C. PECKER, R.N. THOMAS).

Colloque Unispace 82, U.A.I./Unesco, Vienne (Autriche), août 1982 (J.-C. PECKER).

First Trieste Workshop on « Non-thermal aspects of stellar atmospheres », Trieste (Italie), septembre 1982 (J.-C. PECKER, R.N. THOMAS).

Colloque européen « Les amas de galaxies », Meudon, octobre 1982 (J.-C. PECKER, S. DEPAQUIT).

Journées scientifiques de la S.F.S.A., Observatoire de Lyon, novembre 1982 (S. DUMONT).

Réunion de travail « *Mira* », Montpellier, mai 1983 (M. GROS).

J.-C. PECKER : Commémoration du 25<sup>e</sup> anniversaire de la naissance de Jérôme de Lalande (septembre 1982) à Bourg-en-Bresse. Conférence sur Jérôme de Lalande.

— Commémoration du 25<sup>e</sup> anniversaire de l'Année Géophysique Internationale (octobre 1982), Palais de la Découverte, conférence sur « Le Soleil et la Haute Atmosphère ».

— Conférence à l'Académie des Sciences (novembre 1982), « Les systèmes planétaires et l'évolution protostellaire ».

C. BERTOUT : Séminaire à l'Institut d'Astrophysique (février 1983) « *l'énigmatique compagnon de T Tauri* ».

R.N. THOMAS : Plusieurs séjours aux U.S.A. pour l'élaboration de la monographie « *Stellar atmospheric structural patterns* » (juillet-août 1982, mars, mai 1983).

— Mission d'observation à Madrid (septembre 1982).

— Réunion préparatoire au Second Workshop on « *Non-thermal aspects of stellar atmospheres* » à Trieste (juin 1983).

#### PUBLICATIONS DIVERSES

J.-C. PECKER, 1982, L'atmosphère solaire. Du modèle à la physique, dans : *Essais et conférences du Collège de France*, P.U.F. ed.

— 1982, Réédition revue et corrigée de deux ouvrages de Paul Couderc : *Histoire de l'astronomie classique, l'Univers*, P.U.F. ed.

— 1982, L'« embryologie » des étoiles, *La Médecine Praticienne*, **8**, 5.

— 1982, La recherche spatiale et la connaissance de l'univers, *La Pensée*, **226**, 92.

— 1982, Interview sur le vol spatial habité franco-soviétique, *Libération*, 24 juin, 13.

— 1982, Jérôme de Lalande, *Le Monde*, 25 août, 11.

— 1982, Le débat sur les phénomènes paranormaux ou : quelles voies vers la connaissance ? in : Problèmes politiques et sociaux, *La Documentation Française*, **450-451**, 5-19 novembre.

— 1983, L'astrologie et la science, *La Recherche*, **140**, 118 ; et : *Les Cahiers Rationalistes*, **383**, 127.

— 1983, Entre l'âge d'or et l'apocalypse, in : *Le Genre Humain n° 6. Les Manipulations*, p. 115, Fayard ed.

— 1983, Ambiguïté et imposture, *Bull. de liaison du C.C.M.M.*, janvier, p. 5.

— 1983, L'astronomie et les droits de l'homme. Contribution au volume collectif « *Pour les droits de l'homme* », coll. *Savoir et droits de l'homme*, Biblio. des droits de l'homme et des libertés fondamentales, Librairie des Libertés ed.

— 1983, Le Soleil, source d'Énergie, *Rev. du Palais de la Découverte*, n° spécial **26**, 27.

— 1983, L'Année Géophysique Internationale. Le Soleil et la haute atmosphère, *Rev. du Palais de la découverte*, vol. 11, **106**, 36.

#### DISTINCTIONS, NOMINATIONS

J.-C. PECKER a été nommé Président du Comité d'Orientation du Musée des sciences, des techniques et de l'industrie du parc de La Villette.