

Astrophysique théorique

M. Jean-Claude PECKER, professeur

Le rapport ci-après couvre l'année universitaire 1974-1975 en ce qui concerne les cours, et l'année 1974 en ce qui concerne les autres rubriques, notamment l'activité scientifique.

COURS ET CONFÉRENCES

A. Le Professeur n'a pas fait cours en 1974-1975. En revanche, à son initiative, l'Assemblée des professeurs du Collège de France a invité plusieurs savants étrangers à donner des cours ou à prononcer des conférences. Certains de ces cours se sont, en partie, combinés avec le cours de M. R.N. THOMAS, professeur associé au Collège de France (voir ci-après page 137), comme suit, le thème général de ces cours, conférences et séminaires étant en quelque sorte : *l'étude des problèmes posés par les champs de vitesse dans les atmosphères stellaires*, et le titre général des cours de M. THOMAS et des séminaires dirigés par lui étant : (a) Cours : *L'astrophysique hors équilibre : modes non-thermiques de stockage de matière et d'énergie ; leurs applications à la structure de l'atmosphère stellaire*. (b) Séminaire : *Applications détaillées et physique de base des sujets traités dans le cours*.

Ces cours, conférences, séminaires au Collège de France, et quelques séminaires ayant eu lieu au L.A.T. (Laboratoire d'Astrophysique théorique du Collège de France, à l'Institut d'Astrophysique) forment un ensemble si cohérent, grâce à l'action de coordination de M. R.N. THOMAS, que nous pensons utile d'en donner la liste ci-après, liste conforme à l'affiche détaillée qui couvrait les différents sujets et aux affiches relatives aux cours de MM. WILSON et SPIEGEL. Précisons que MM. CANNON, CRAM, WILSON sont

professeurs à l'Université de Sydney, Département de Mathématiques appliquées, et que M. E. A. SPIEGEL est professeur à l'Université de Columbia, N. Y., U.S.A.

I. *Les zones de transition et les stockages thermiques et non-thermiques*

19 novembre : R.N. THOMAS (cours) : Problème de la zone de transition entre une concentration QE et un environnement NE : aspects de la transition et leurs déploiements ; zone de transition à un stade de la hiérarchie des condensations, lesquelles deviennent environnement pour le stade suivant ; l'atmosphère stellaire comme prototype de zone de transition.

19 novembre : A. OMONT (séminaire) : Physique atomique de la redistribution dans le système de référence lié à l'atome : atome seul et « many-body » effets.

26 novembre : R.N. THOMAS (cours) : Problème de la description du changement d'état : l'équation de Boltzmann ; double séquence des termes ajoutés pour généraliser la solution, termes de stockage non-thermique et termes de transition.

27 novembre : J. OXENIUS (séminaire) : Effets thermiques sur la redistribution : diverses distributions de vitesses possibles $F(V_i)$ pour divers niveaux d'énergie.

3 décembre : R.N. THOMAS (cours) : Modes de stockage thermique : amplitudes de la représentation linéaire des modes de stockage indépendants des flux ; amplitudes des modes non linéaires de stockage dépendant des flux : photosphères stellaires ; « net-radiative-bracket » (NRB) comme schéma de représentation d'une transition.

3 décembre : C. MAGNAN (séminaire) : (i) Effet des vitesses macroscopiques aléatoires sur les populations ; (ii) Effet de l'échelle de longueur sur laquelle la vitesse macroscopique moyenne est nulle.

10 décembre : R.N. THOMAS (cours) : Modes de stockage de l'énergie cinétique non-thermique (NTKEN) : amplitudes des modes linéaires dépendant des flux (quasi-adiabatiques) ; amplitudes des modes non-linéaires dépendant du couplage avec les modes non-linéaires thermiques. Distinction entre systèmes périodiques et systèmes convectifs ; entre systèmes convectifs laminaires et turbulents ; entre systèmes adiabatifs-périodiques et radiatifs-périodiques.

10 décembre : C.J. CANNON (cours) : Effets des inhomogénéités dans une atmosphère et de la dépendance angulaire de la fonction-source.

II. *Revue des modes de stockage de l'énergie cinétique non-thermique (non nécessairement astrophysiques)*

7 janvier : D. GOUGH (séminaire IAP) : Modes convectifs.

14 janvier : D. GOUGH (séminaire IAP) : Modes oscillatoires et acoustiques.

21 janvier : R.N. THOMAS (cours) : Formalisme du transfert radiatif en présence d'un champ de vitesse.

21 janvier : C.J. CANNON (cours) : Considération des différents paramètres et processus entrant dans l'équation de transfert radiatif : champ de vitesse, redistribution, inhomogénéités.

III. *Application de l'étude des modes de stockage d'énergie non-thermique à la théorie du diagnostic et de la structure d'une atmosphère stellaire*

28 janvier, 4, 11 et 18 février : P. SOUFFRIN (séminaires IAP) : Problèmes de l'aérodynamique dans les atmosphères stellaires.

4 février : R.N. THOMAS (cours) : Effets du stockage de l'énergie NTKEn sur la structure atmosphérique : flux convectif à une dimension ; chromosphère et couronnes : flux de matière.

4 février : E. SIMONNEAU (séminaire) : Formalisme du problème de transfert radiatif dans les atmosphères stellaires ayant des mouvements différentiels (partie I).

11 février : R.N. THOMAS (cours) : Stockage de l'énergie NTKEn : flux périodique à une dimension.

11 février : E. SIMONNEAU (séminaire) : Formalisme du transfert radiatif dans une atmosphère en mouvement (partie II) ; exemples : vitesse V linéaire en fonction de la profondeur optique τ ; V périodique.

18 février : R.N. THOMAS (cours) : Modes de stockage magnétique.

18 février : E.J. CANNON (cours) : Remarques sur le couplage entre les équations de transfert aérodynamique et radiatif.

4 mars : R.N. THOMAS (cours) : Structure de la photosphère en l'absence de champs de vitesse non-thermiques : « sous-régions » d'opacités et « net-radiative-bracket » (NRB) ; « line-blanketing », « population-cooling » et « impurity-cooling » ; effets de la pression de radiation ; flux de masse.

4 mars : C.J. CANNON (cours) : Solution de l'équation de transfert radiatif à une dimension avec champ de vitesse : discussion des effets dus au type de la redistribution.

11 mars : R.N. THOMAS (cours) : Effet d'un champ de vitesse à une dimension sur la structure atmosphérique : « net-radiative-bracket » (NRB) avec dissipation d'énergie mécanique ; effet sur le diagnostic photosphérique ; effet sur le diagnostic et la structure chromosphériques.

11 mars : C.J. CANNON (cours) : Equation du transfert radiatif à deux dimensions : inhomogénéités statiques et champ de vitesse à deux dimensions.

18 mars : R.N. THOMAS (cours) : Approche empirique dans l'étude des mouvements atmosphériques à deux dimensions : revue de quelques phénomènes solaires.

18 mars : L. CRAM (conférence) : Solutions du système d'équations de transfert aérodynamique et radiatif dans le cas d'oscillations continues.

9 avril : R.N. THOMAS (cours) : Sommaire des approches courantes aux chromosphères stellaires.

9 avril : L. CRAM (conférence) : Solutions du système d'équations de transfert aérodynamique et radiatif pour les ondes de choc.

IV. *Problèmes de physique solaire*

22 avril : P.R. WILSON (conférence) : Alfvén wave propagation.

29 avril : P. R. WILSON (conférence) : Sunspot structure.

V. *Couplage dynamique des fluides ; transfert du rayonnement*

6 mai : E.A. SPIEGEL :

— Introduction à la théorie du transfert.

— L'équation de transfert pour un milieu en mouvement.

13 mai : E.A. SPIEGEL :

— La viscosité radiative.

— Formation des raies. I. Problème de Milne à haute vitesse.

20 mai : E.A. SPIEGEL :

— Formation des raies. II. Effet d'expansion différentielle.

— Formation des raies. III. Vitesses différentielle et relativiste.

27 mai : E.A. SPIEGEL :

— Equation des dynamiques des fluides sous l'influence d'un champ radiatif.

— Les « bulles » de photons.

B. Dans un domaine entièrement différent, M. G. DE VAUCOULEURS (professeur à l'Université d'Austin, Texas, U.S.A.) a prononcé deux conférences sur les sujets suivants :

27 mai : Le superamas local de galaxies : association physique ou groupement accidentel ?

29 mai : Nouveaux débats sur l'expansion de l'Univers.

COMPOSITION DU LABORATOIRE D'ASTROPHYSIQUE THÉORIQUE

(98 bis, boulevard Arago, 75014 Paris)

M. E. BENDER (vacataire, Collège de France, à temps partiel) ; M^{me} BRUNEL (aide-comptable, Collège de France) ; M^{me} E. DÉCHARD (aide de laboratoire, Collège de France) ; M. S. DEPAQUIT (ingénieur I A, C.N.R.S.) ; M^{lle} G. DROUIN (documentaliste 3 A, C.N.R.S.) ; M^{lle} S. DUMONT (astronome-adjoint, Observatoire de Paris) ; M. R. FREIRE (boursier, Uruguay) ; M^{me} M. GROS (assistant, Observatoire de Paris) ; M^{me} N. HEIDMANN (astronome-adjoint, Observatoire de Paris) ; M. R. KRİKORIAN (maître-assistant, Collège de France) ; M. C. MAGNAN (sous-directeur du laboratoire, Collège de France) ; M. J.-L. NIÉTO (assistant, Ecole Centrale) ; M. J.-C. PECKER (professeur, Collège de France) ; M^{me} PETIT-ALEXANDRE (aide-physicien, Collège de France) ; M^{lle} S. PERRET (secrétaire, Collège de France) ; M^{me} F. PRADERIE (astronome-adjoint, Observatoire de Paris) ; M. E. SIMONNEAU (attaché de recherche, C.N.R.S.) ; M. R.N. THOMAS (professeur associé, Collège de France).

De plus, des visiteurs étrangers ont effectué au Laboratoire d'Astrophysique théorique des séjours prolongés ou répétés : M^{mes} et MM. F. BEEKMANS (Belgique), A. BOESGAARD (U.S.A.), A. CANNON (Australie), C.J. CANNON (Australie), L. CRAM (Australie), JAMAR (Belgique), P. LOPERT (Australie), D. MALAISE (Belgique), I. VARDAVAS (Australie), G. DE VAUCOULEURS (U.S.A.), sans mentionner de nombreuses visites plus courtes.

Des chercheurs parisiens sont associés régulièrement au L.A.T. où ils disposent d'un bureau : MM. A. OMONT (Paris VII), R. BONNET (L.P.S.P., Verrières), J. OXENIUS (Euratom, C.E.A.), H. REEVES (C.E.A.).

Une coopération étroite s'est établie avec le groupe de M. J.-P. VIGIER (maître de recherche, Institut Henri Poincaré), notamment avec MM. J.-P. VIGIER, P. MERAT, R. LE DENMAT, H. KAROJI, T. JAAKKOLA, M. MOLES.

Enfin il faut rappeler que le L.A.T. est installé dans les locaux de l'Institut d'Astrophysique du C.N.R.S. et que, dans ce cadre, des coopérations nombreuses entre le L.A.T. et les autres équipes de chercheurs et de techniciens de l'I.A.P. sont étroites et se développent bien.

SÉMINAIRES EXTÉRIEURS AU COLLÈGE DE FRANCE, CONFÉRENCES

— C. MAGNAN : Observatoire de Nice, 16 octobre (Exposé sur les résultats de certains travaux et discussions scientifiques).

— J.-C. PECKER :

(a) *Conférences*

Ecole Centrale (Châtenay-Malabry), 26 février : *Expansion de l'Univers (Déplacement des raies vers le rouge)*.

Nice (Observatoire), 6 mars : *Résultats récents sur la détermination des abondances hors de l'E.T.L.*

Besançon (Faculté des Sciences et des Techniques) (Société Française de Physique, Section Bourgogne - Franche-Comté), 19 avril : *Les « redshifts » anormaux.*

Paris (Palais de la Découverte), 27 avril : *La Comète Kohoutek.*

Lausanne (Ecole Polytechnique et Université de Lausanne), 29 avril : *Déplacements anormaux vers le rouge des raies spectrales d'objets célestes.*

Saclay (C.E.N.), 6 juin : *Les molécules dans l'espace interstellaire.*

Paris (Société Astronomique de France), 19 juin : *Progrès récents de l'astronomie.*

Paris (Académie des Sciences), 4 novembre : *L'Univers est-il en expansion ?*

(b) *Emissions de radio ou de télévision*

Inter-Variétés, Emission Inter-Sciences : *Phénomènes célestes* (3 janvier).

France-Culture, Emission sur *Le Collège de France* (17 janvier).

Télévision, Emission de R. Clarke : *Avenir du Futur* (24 janvier).

Télévision, Les grandes énigmes, émission de R. Clarke et N. Skrovsky : *Une histoire de 10 milliards d'années* (19 février, 1^{re} chaîne).

B.B.C., Interview pour l'émission DISCOVERY de la B.B.C. (3-4 avril).

Radio, Emission scolaire (dans le cadre du C.N.A.M. et de la Commission Lagarrigue) : *Initiation à l'astronomie* (1^{er} mai).

France-Culture : *Sur la méthode scientifique* (entretien J.-C. Pecker et E. Schatzman, 24 novembre).

— F. PRADERIE :

Observatoire de Genève, mai 1974 (séminaire).

Université de Montréal, 4 août-5 septembre (séjour d'études avec le professeur G. MICHAUD, et séminaire).

Universités de Cracovie et Torun (Pologne), 5-16 octobre (série de conférences).

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE DU LABORATOIRE D'ASTROPHYSIQUE THÉORIQUE

A. SOLEIL ET SYSTÈME SOLAIRE

(a) *Photosphère solaire calme*

Les recherches du Laboratoire d'Astrophysique théorique du Collège de France (désigné ci-après par le sigle L.A.T.) ont concerné dans ce domaine deux questions liées toutes deux à la photosphère supérieure. L'étude critique des déterminations par des méthodes E.T.L. des *abondances solaires* a été poursuivie. On a révisé et complété — pour considérer un atome plus réaliste — le travail fait sur ce sujet en 1973, qui a été refondu. Un article est soumis à *Astron. Astrophys* : « The abundance determination in a stellar atmosphere. I. L.T.E. experimentation using an artificial non-L.T.E. spectrum ». (S. Dumont, N. Heidmann, J.-C. Pecker, J. T. Jefferies) (article accepté).

Les recherches menées sur la *polarisation* se sont développées par des calculs au centre des raies. On a étudié sur le disque le noyau Doppler de la raie 4 227 de résonance du calcium neutre. Un article étudiant l'effet de la redistribution partielle en fréquence est en cours de rédaction (S. Dumont, A. Omont, D. Rees). Nous envisageons de terminer cette série de travaux en donnant aux observateurs une sorte de guide pour le calcul de la polarisation dans un grand nombre de cas, ayant le sentiment que nous

avons poussé, aussi loin qu'il est devenu possible, l'attaque conceptuelle du problème, compte tenu de l'incertitude sur la géométrie fine des champs magnétiques.

(b) *Facules solaires*

Le programme d'études des *facules* solaires au moyen du Satellite OSO - I a continué à être mis au point avec Z. MOURADIAN, M. HERSE, S. DUMONT, J.-C. PECKER, en collaboration avec G. ARTZNER du L.P.S.P., et H. JONES (Sac' Peak), G. CHAPMAN (Aéospace). Le satellite sera lancé en 1975 (entre mai et octobre selon toute vraisemblance). Il sera rapporté plus en détail sur ce programme dans le rapport 1975.

B. ÉTOILES. PHÉNOMÈNES DE TRANSPORT D'ÉNERGIE ET DE MASSE. ENVELOPPES : CHROMOSPHERES, COUCHES, etc.

Ce domaine continue à être essentiel dans les activités de l'I.A.P., d'où la place centrale qu'il occupe en fait dans ce rapport, en tant que point de contact entre les différentes activités de l'Institut d'Astrophysique.

Du point de vue expérimental, une des façons d'atteindre les régions extérieures des étoiles, leur chromosphère, c'est d'étudier leur ultraviolet. D'où la poursuite des études observationnelles dans l'UV spatial ; c'est aussi la forte dispersion permettant l'application des méthodes solaires au diagnostic des raies spectrales stellaires. Du point de vue théorique c'est la recherche des meilleures (toujours discutables d'ailleurs !) méthodes de diagnostic des champs de vitesse, de l'étude de leur influence en tout cas, et de l'étude des phénomènes de transport. Des cas particuliers de perte de masse, doubles serrées, étoiles éruptives (novae et supernovae), sont des domaines intéressants d'application, cependant que l'étude des atmosphères poussiéreuses permet d'ajouter un paramètre, l'âge, aux méthodes de construction des modèles d'atmosphère : mais il faut être prudent ; les atmosphères « jeunes » pouvant présenter des phénomènes très particuliers — qu'il s'agisse des étoiles 0 ou des étoiles froides pré-série principale...

Le classement ci-après est peut-être un peu arbitraire ; du moins suit-il, en gros, le fil logique que nous venons de tracer.

(a) *Etude de l'ultraviolet des étoiles A (méthodes spatiales)*

En 1974, l'équipe était composée au laboratoire d'Astrophysique théorique de F. Praderie, M. Gros, R. Freire, J. Borsenberger, au Laboratoire de

Physique planétaire et stellaire (L.P.S.P.) de R. Bonnet et de P. Gouttebroze. E. Simonneau a participé de façon importante au travail accompli sur la raie Ly α dans Vega.

La recherche menée par cette équipe bénéficie, par ailleurs, d'une collaboration étroite avec l'équipe Malaise-Jamar de l'Institut d'Astrophysique de Liège.

La problématique de cette recherche a été exposée dans le rapport d'activité 1973, et elle n'a pas été infléchiée en 1974.

1. Observations disponibles

Durant l'année 1974, nous avons eu accès à des données de très grande qualité :

(1) TD-1 expérience S2/59 : Bonnet et Gouttebroze ont étudié les spectres à 1.8 Å de résolution d'un échantillon d'étoiles A et F dans trois domaines spectraux UV ($\lambda > 2\,000$ Å).

(2) TD-1 expérience S2/68 : Nous avons pu étudier les spectres d'étoiles tardives brillantes (de type A0 à G2), à 35 Å de résolution, avec une photométrie absolue, couvrant un intervalle de plus de 100 en intensité de rayonnement (Jamar, Praderie).

(3) Copernicus. Nous avons d'une part étudié 2 spectres de Ly α dans Vega (A0 V) à 0.2 Å de résolution (Praderie, Simonneau, Snow) ; d'autre part nous avons analysé la raie de résonance de B II dans Vega (Praderie, Boesgaard) ; enfin nous avons reçu des spectres, à 0.05 Å de résolution, de raies de résonance (C II, Si II, S II) dans Vega, C II seulement dans Deneb (A2 Ia).

(4) Au sol, un programme complémentaire d'étude à hautes résolutions et dispersion (0.14 Å/mm) des raies H et K a été entrepris à la tour solaire de Meudon. Étoiles observées, Vega (A0 V), Sirius (A1 V), γ Gem (A0 IV) (voir ci-après (b)).

2. Travaux effectués en 1974

(a) Étude du spectre continu des étoiles A et plus tardives

Bonnet et Gouttebroze ont étudié la discontinuité due à la photoionisation de A1 I vers 2 080 Å dans Procyon (F5 IV, V) ; la position de cette discontinuité semble très sensible à la température de l'étoile. Pour Procyon et les autres étoiles de cette partie du programme (α Cep, α PsA, β Pup,

α Cen A, β Ari, α Car) des spectres très synthétiques ont été calculés ; ceci conduit à un positionnement du continu probable, spécialement pour les étoiles les plus froides.

Jamar et Praderie ont d'une part mesuré des températures de brillance à plusieurs longueurs d'onde dans le spectre d'une dizaine d'étoiles A observées par TD-1 S2/68, et d'autre part comparé systématiquement le spectre émergent pour un groupe de 10 étoiles A, F et G tardives aux prédictions de modèles classiques. Ce travail est encore en cours. Dès à présent il apparaît que le spectre UV observé est très déprimé par rapport au spectre calculé à $\lambda > 1\ 800$ Å, résultat qui prolonge vers les étoiles tardives celui obtenu précédemment à partir d'un indice à 2 100 Å (Gros, Malaise, Maucou, 1974).

Le calcul des écarts à l'E.T.L. dans les continus principaux intervenant dans l'UV entre 1 350 et 2 500 Å est en cours. Ceci nous conduira vraisemblablement, en 1975, à tenter de fabriquer un modèle semi-empirique des étoiles pour lesquelles on a pu mesurer des températures de brillance.

Le problème théorique du blanketing n'a pas été abordé du tout, il nous paraît ne pas être prioritaire tant qu'on n'a pas réussi à estimer quelle est l'erreur faite en calculant toutes les raies en E.T.L.

(β) *Mise en évidence d'une remontée de température dans Vega*

F. Praderie, E. Simonneau, T. Snow ont montré que l'existence d'une aile violette à la raie Ly α dans l'étoile Vega ne peut être interprétée avec un modèle d'atmosphère E.T.L. classique, quelle que soit la fonction-source, ni avec un modèle en équilibre radiatif hors E.T.L. ; il faut donc ou que la remontée de température nécessaire intervienne plus profondément que ce dernier type de modèle ne la prédit, ou que l'opacité continue due au carbone soit très différente de ce que nous avons supposé et presque nulle, pour que le profil observé soit expliqué (cf. références). Les aspects théoriques de la redistribution dans les ailes de Ly α ont été discutés avec A. Omont et J. Oxenius.

(γ) *Abondance de bore dans Vega*

Nous avons pu pour la première fois déterminer l'abondance du bore dans une étoile « normale », à partir de la raie de résonance de B II à 1 362 Å. La valeur trouvée, qui est pratiquement indépendante d'un écart à l'E.T.L., et la redétermination de l'abondance du beryllium que nous avons faite également, conduisent à un rapport B/Be en accord avec les prédictions de Reeves et Audouze sur la production des éléments légers par spallation sous l'effet des cosmiques galactiques. Le bore en particulier est beaucoup

moins abondant que dans les météorites, ce qui laisse l'abondance de bore des météorites inexpliquée (cf. réf.).

Programme de travail pour 1975

Il s'agit de mener à terme les travaux déjà bien engagés qui apparaissent au § 2, α et β ci-dessus et dans les études théoriques du § e, 4 ci-après. Ceci implique :

(1) le calcul de spectres synthétiques à l'aide des meilleurs modèles d'atmosphères dont nous disposerons sous peu, et la recherche des sources d'opacité qui manquent dans les calculs, afin d'interpréter l'écart entre les observations et prédictions dans le domaine UV $\lambda > 1\ 800 \text{ \AA}$;

(2) la poursuite du calcul du spectre émergent de Vega dans la région 1 100 - 1 400 \AA , en prenant en compte de façon très précise les continus qui se forment aux mêmes longueurs d'onde que la raie de Ly α ; puis la recherche d'un modèle semi-empirique qui permette de rendre compte des observations.

Quant aux autres points :

(3) le problème du bore est étudié avec A. Boesgaard (Université d'Hawaii) dans Sirius et Vega comparativement (travail en cours) ;

(4) la thèse de 3^e cycle de R. Freire est en cours ;

(5) la construction de modèle se poursuit, avant la comparaison du spectre calculé avec les observations TD-1 (thèse de M. Gros).

(b) Etudes à haute résolution des raies H et K et analyse des profils

On a vu que l'étude des facules solaires (OSO-I) allait permettre l'exploitation de la raie K du Ca II. Pour des étoiles brillantes, on a entrepris un programme analogue d'observation, décrit comme suit par R. Freire :

« Mise en marche d'un programme d'observations à la Tour solaire de Meudon, en l'utilisant comme télescope stellaire avec spectrographe de haute résolution (0.14 $\text{\AA}/\text{mm}$) pour observer les raies K et H du Ca (3 968,5 et 3 933,6 \AA), possibles indicateurs de chromosphères des étoiles du type A (α Lyr, α CMa, γ Gem, α Aql) avec la caméra électronique.

Ce programme comporte :

(a) D'une part les manipulations nécessaires pour obtenir un pointage correct des étoiles. Par une méthode de proche en proche, on est arrivé à pointer différentes étoiles par une méthode théorico-observationnelle que l'on espère améliorer. Ces observations se font avec la collaboration de l'équipe de la Tour solaire et aussi celle très efficace de M. J. Czarny (indispensable du point de vue technique et pour la pratique des solutions apportées).

On a utilisé des abaques construites par M. Miguel, en nous appuyant sur les observations du Soleil et de la Lune, pour avoir un pointage grossier. Ensuite on utilise un petit télescope qui vise tout le champ de l'instrument et on peut faire de petites corrections pour mettre l'étoile désirée près de la fente du spectrographe.

A présent on a pu viser jusqu'à la magnitude 2 (γ Gem). Cependant on a vu sur la fente des étoiles du champ plus faibles, donc on pense qu'avec une amélioration technique, on pourrait travailler avec des étoiles de magnitude supérieure. Au début, les spectres ont été pris sur plaques photo. Maintenant on se sert de plaques électroniques prises par une caméra électronique expérimentale (Groupe Caméra de M. Felenbok). On a plusieurs spectres photo et électroniques.

(b) Un système d'équations du mouvement des miroirs de la Tour solaire a été établi et on a mesuré par différentes méthodes des paramètres nécessaires. On espère calculer les coordonnées nécessaires au pointage d'un objet. Avec les abaques on est limité à « la position au centre » du 1^{er} miroir. Avec le calcul théorique proposé, on pourrait viser avec le 1^{er} miroir en dehors de cette position privilégiée, ce qui est nécessaire quand le 2^e miroir occulte le champ.

(c) Calcul théorique des profils observés. On utilise la méthode de Feautrier pour calculer des profils théoriques des raies observés en se basant sur un modèle d'atmosphère d'étoile A type Frandsen amélioré (absorbant H⁻, remontée chromosphérique de température). »

(c) *Observations d'étoiles G, K, M, pour étudier l'effet Wilson-Bappu, les chromosphères et les phénomènes de « jeunesse »*

1. R. Krikorian a poursuivi les recherches suivantes :

« *Etoiles de types avancés G, K, M.* Le thème principal est centré sur l'étude des chromosphères des étoiles naines, géantes, supergéantes à partir des pics d'émission et dans les raies H et K du Ca II.

Observations : une série d'observations effectuées à l'Observatoire de Mauna Kea constitue la base de ce travail. Les étoiles observées ont été sélectionnées suivant 2 critères :

(1) couvrir un intervalle de types spectraux et de classes de luminosité assez grands ;

(2) observer des couples d'étoiles de même type et de même classe, mais

ayant des émissions chromosphériques différentes. Nous dépouillons actuellement ces observations.

Problèmes théoriques : Les chromosphères des étoiles naines et géantes ont-elles la même origine physique ?

D'autre part pour les étoiles naines l'activité chromosphérique est corrélée avec l'âge. En suivant l'évolution dans le temps, des T Tauri aux étoiles naines à émission, quels sont les critères de jeunesse qui se conservent ; et quelle est leur influence sur la physique de la chromosphère. Le problème est d'introduire cette notion de jeunesse et la construction des modèles chromosphériques. Certaines corrélations observées peuvent nous apporter la réponse à cette question. »

2. Dans le domaine des étoiles T Tauri, S. Dumont et N. Heidmann ont poursuivi leurs recherches en prédisant l'apparence d'une émission dans la raie $H\alpha$ et dans les raies H et K à l'aide d'une chromosphère non étendue (excès de photons dans le continu de Balmer). Ces travaux, rapportés en 1973, ont donné lieu à un voyage de N. Heidmann et S. Dumont en Californie pour l'observation, avec L. Kuhi, d'étoiles T Tauri. Ces chercheuses rapportent, sur cette mission d'observation et de discussion, comme suit : « Lors de notre séjour à l'Université de Berkeley (Californie), nous avons pu réaliser les objectifs que nous avons fixés avec le Professeur L. Kuhi, qui nous recevait.

Nous avons discuté du travail sur les étoiles T Tauri, réalisé à l'Institut d'Astrophysique pendant l'année 1973-1974, en prolongement d'une étude faite avec L. Kuhi lors de son séjour d'un an à l'Institut d'Astrophysique, en 1972-1973, qui avait donné lieu à une publication (S. Dumont *et al.*, 1973). L'intérêt scientifique de ce travail est d'étudier le mécanisme de formation des raies spectrales, afin d'en déduire la structure atmosphérique des étoiles T Tauri et de vérifier notre hypothèse de l'existence d'une chromosphère dans ces étoiles. L'article paru portait sur la raie $H\alpha$ de l'hydrogène. L'article que nous avons en préparation porte sur les raies du calcium ionisé et doit permettre de confirmer les propriétés d'une chromosphère que nous avons construite à partir des données de la raie $H\alpha$.

Nous avons 4 nuits d'observations spectrales à l'Observatoire de Lick, dont 2 au télescope de 3 mètres. Nous avons commencé, en collaboration avec L. Kuhi, une étude semblable à l'étude précédente, mais sur les étoiles Céphéides classiques. Les étoiles T Tauri sont des étoiles très jeunes n'ayant pas encore atteint la Séquence Principale, et ayant encore probablement une importante couche convective de type solaire. Nous nous intéressons aux étoiles Céphéides du point de vue fondamental de l'évolution stellaire. Ces

étoiles pulsantes, beaucoup plus avancées dans la séquence évolutive, nous permettent d'étudier l'évolution des structures atmosphériques stellaires, en particulier de la chromosphère.

Nous avons également pu discuter avec les autres professeurs et chercheurs de l'Université de Berkeley, particulièrement accueillante, et de l'Observatoire de Lick, dans notre domaine stellaire et dans les domaines galactiques et cosmologiques, notamment avec les professeurs Phillips (actuel directeur du département d'Astronomie), Weaver, Osterbrock (directeur de l'Observatoire de Lick), King, Caudebec, Dieter, etc. »

(d) Observations des enveloppes circumstellaires d'étoiles 0 jeunes

R. Krikorian a poursuivi les études suivantes :

« Le travail sur les étoiles 0 a pour origine le désaccord entre la théorie et les observations mis en évidence en prenant comme critères de comparaison 2 grandeurs qui caractérisent la distribution d'énergie dans l'intervalle 4 600 - 3 150 Å, ces deux grandeurs étant $\Delta\varphi_0 = \Delta_{0,uv} - \varphi_{ob}$ et la discontinuité de Balmer D.

Pour une valeur de D fixée, dans le domaine de valeurs caractérisant les étoiles 0 naines, nous obtenons une différence $\Delta\varphi_{o,th} - \Delta\varphi_{ob}$ variant de 0.14 à 0.10 lorsqu'on passe du type 05 au type 09.

En bref le $\Delta\varphi_0$ observé est plus rouge que le $\Delta\varphi_{o,th}$ correspondant. Le « rougissement » serait significatif et pourrait être attribué à une enveloppe de poussières circumstellaires s'il est supérieur aux erreurs de mesure absolue. La comparaison des diverses déterminations de la distribution d'énergie absolue de l'étoile α Lyr nous montre que cette influence est de l'ordre de l'imprécision des mesures absolues. L'existence d'enveloppes de poussières circumstellaires étant un fait établi le problème est donc de savoir si une telle enveloppe peut être décelée par un effet éventuel sur le paramètre $\Delta\varphi_0$ et d'en évaluer l'ordre de grandeur. C'est ce que Krikorian se propose de faire en considérant des modèles très simplifiés d'enveloppes. »

Le travail de R. Krikorian est concentré sur les problèmes posés par les poussières circumstellaires. Mais par ailleurs les régions H II sont fort mal connues à bien des égards. Le décompte des photons UV n'est pas correct, l'ionisation de l'hélium est mal traitée, la structure de la zone de transition peu étudiée... Nous envisageons (N. Heidmann, S. Dumont, J.-C. Pecker, A. Guillerez) d'attaquer ce problème (celui des étoiles 0 entourées de la région H II) comme un seul problème, global, qui devrait nous tenir occupés pour plusieurs années en raison de sa grande importance du point de vue de l'évolution des galaxies.

(e) *Techniques de diagnostic ; transfert dans un milieu où existent des champs de vitesse et des écarts à l'E.T.L.*

Ces travaux sont indispensables à la compréhension des observations et posent une classe de problèmes très détaillés. Un groupe de chercheurs s'y consacrent au L.A.T. (principalement C. Magnan, E. Simonneau, R. Krikorian), mais aussi par certains aspects, F. Praderie, R. Freire, M. Gros, S. Dumont, N. Heidmann, ou encore R.N. Thomas, et les chercheurs de Sydney en séjour pour un an à Paris (C. et A. Cannon, L. Cram, P. Lopert et I. Vardavas).

1. Sans entrer dans trop de détails techniques, nous reproduirons d'abord ci-après le rapport de C. Magnan (réservant pour le rapport 1975 l'activité des chercheurs australiens en visite) :

« (a) En collaboration avec A. Boesgaard (Hawaïi), un travail sur l'enveloppe extérieure de l'étoile α Orionis a permis de proposer un modèle qui rend compte des profils des raies d'émission de Fe II. La région où se forment ces raies semble être une couche située à plusieurs rayons stellaires, et ayant une vitesse dirigée vers l'étoile (couche en contraction). De plus les largeurs des raies impliquant l'existence de larges mouvements de matières avec des vitesses de l'ordre de plusieurs dizaines de km/s. Ce travail s'est traduit par une publication à l'*Astrophysical Journal* (A. Boesgaard, C. Magnan, 1975).

(b) C. Magnan a repris et développé une théorie de Schatzman qui tient compte du couplage entre la vitesse et la température d'éléments turbulents dans une atmosphère. Dans un article qui paraît important pour expliquer les décalages et les asymétries des raies, Schatzman et Magnan (1975) étudient en détail les conséquences de cet effet sur les raies solaires, sur le redshift résiduel au bord solaire et sur la formation des raies chromosphériques.

(c) En collaboration avec C.J. Cannon et P.B. Lopert, C. Magnan (1975) a mis au point une méthode de calcul du transfert du rayonnement dans une raie spectrale lorsqu'on tient compte d'une corrélation entre les fréquences et les directions des photons absorbés puis réémis lors d'une diffusion. Cette méthode extrêmement simple et rapide doit permettre d'étudier beaucoup plus à fond les effets des mécanismes de redistribution en fréquence.

(d) Etudiant le transfert non E.T.L. dans un milieu à champ de vitesses stochastiques, C. Magnan (1975) a donné pour la première fois la forme exacte de la solution pour le cas limite dit « microturbulent ». Cette forme diffère de celle qui était couramment admise jusqu'alors. Cet article devrait donner lieu à de nouveaux développements dans la théorie du couplage entre champ de rayonnement et champ de vitesses.

(e) C. Magnan met actuellement au point une méthode qui permet de traiter le problème de transfert non E.T.L., dans un milieu à champ de vitesses stochastiques, pour tous les cas compris entre les limites « micro » et « macro » turbulentes. La résolution de ce problème, posé depuis longtemps, devrait permettre d'élucider pour une grande part les mécanismes d'élargissement et de formation des raies et de proposer de nouvelles voies pour aborder le problème du diagnostic des champs de vitesse dans les atmosphères. L'étude de ces phénomènes est d'une importance capitale pour la compréhension de la physique fortement hors équilibre qui régit des couches extérieures des étoiles. »

2. « R.N. Thomas'work is centered on three aspects of a continuing investigation of transition-zones between quasi-equilibrium concentrations of matter and energy and their non-equilibrium environment : two aspects treat the stellar atmosphere as an example of such Transition-Zone ; one aspect deals with the general problem. A first aspect focused on developing the analytical structure, from the Boltzmann equations for particles and photons, in such a way as to clearly show what storage mode, and what approximation to degree of equilibrium in describing the microscopic distribution characterizing that storage mode, defines each region of the atmosphere. A second aspect focused on applying this structure to treat 1-dimensional flow from a given sub-atmospheric value of the mass-flux from non-thermal kinetic energy storage, to obtain a chromosphere-corona. The immediate application of this 1-dimensional flow is a simplified T Tauri star ; but problems of radiation pressure for hotter stars have also been clarified. The third aspect consisted of trying to clarify certain questions of irreversibility and evolution of such concentrations of matter and energy, via these non-equilibrium considerations. »

3. Par ailleurs, la construction de modèles non gris, hors E.T.L., de photosphères continue à poser des problèmes, physiquement moins excitants, mais dont la solution reste nécessaire. Ainsi l'étude de l'effet de différents absorbants (Si, Mg, C, Fe) sur la structure d'une atmosphère classique. L'introduction de ces absorbants dans une atmosphère ($5\ 000 < T_{\text{eff}} < 15\ 000$) de même composition chimique mais dans laquelle on ne considèrerait que l'absorption par H, H⁻ et He, change la distribution de température surtout en surface et ce changement est d'autant plus grand que la température effective est plus grande. Ces absorptions supplémentaires ont lieu dans l'intervalle de longueur d'onde 912 - 2 000 Å et à toutes les profondeurs dans l'atmosphère. L'augmentation de température obtenue s'explique par la diminution de la discontinuité de Lyman qui rapproche l'atmosphère du cas gris (N. Heidmann, S. Dumont).

Dans le même ordre d'idée, nous continuons à attacher un grand intérêt aux études sur l'effet de blanketing (N. Heidmann, S. Dumont) comme à ceux sur les atmosphères courbes (études théoriques de Simonneau) et de façon générale à la mécanisation des modèles usuels d'obtention de modèles : la venue à l'I.A.P. du terminal Denfert du Centre de Calcul de l'I.N.A.G. a permis dans ce domaine de s'attaquer à des travaux de longue haleine.

4. L'équipe de F. Praderie qui se concentre sur les études des étoiles A a rencontré, bien évidemment, ces mêmes problèmes : explications de spectres chromosphériques, construction de modèles. Elle rapporte comme suit :

« Recherche des chromosphères par l'étude des raies fortes dont les fonctions-sources sont dominées par les collisions.

— Les observations Copernicus sur cette partie du programme sont à notre disposition depuis septembre 1974. L'interprétation des profils, ainsi que ceux des raies H et K observées à Meudon, font l'objet de la thèse de 3^e cycle de R. Freire, à soutenir en 1975. Cette recherche utilise pour le moment des modèles d'atmosphères classiques pour Véga et Deneb ; plus tard elle s'enrichira des modèles que construisent M. Gros et J. Borsenberger (cf. infra) ; les programmes de formation des raies hors E.T.L. sont ceux de S. Dumont.

— Construction de modèles d'atmosphères en équilibre radiatif, hors E.T.L.

M. Gros et J. Borsenberger produisent des modèles à partir du programme Mihalas, pour des atmosphères de T_{eff} inférieures à 15 000°. Ils modifient ce même programme pour l'adapter aux sources d'opacité, en particulier UV, qui sont importantes dans le spectre des étoiles assez froides ($T_{\text{eff}} = 8\ 000 - 10\ 000^\circ$). Ils ont bénéficié des conseils de Mihalas lors d'un voyage à Boulder effectué en novembre 1974.

Ce travail, dont la lourdeur ne doit pas être sous-estimée, est indispensable pour fournir des modèles synthétiques de départ à partir desquels il soit possible de calculer le rayonnement sortant ; ce n'est qu'au prix de cet effort que l'on pourra tirer une conclusion ferme et générale sur l'existence ou non d'un excès général d'émission dans le spectre UV des étoiles A.

Les calculs ont été effectués jusqu'en septembre sur le CDC 6 600 du C.N.E.S. à Brétigny, et depuis septembre sur le CDC 6 600 de l'I.N. 2 P. 3. »

C. GALAXIES

(a) *Evolution des galaxies et cosmologie*

Ce groupe de travail a considérablement progressé cette année ; nos travaux ont été très cités, et très controversés. Les travaux, résumés ci-après, soumis pour avis (non encore pour publication) à des chercheurs étrangers, donnent une idée des problèmes abordés, et du lien entre les phénomènes purement circum-galactiques et les problèmes réellement cosmologiques.

Les recherches sur les déplacements vers le rouge, commencées depuis plusieurs années, en collaboration avec J.-P. Vigier, et différents chercheurs collaborant avec lui (S. Le Denmat, P. Mérat, K. Karoji, W. Tait, A. P. Roberts, P. de Saevsky, M. Moles) ainsi qu'avec M^{me} Collin-Souffrin (Daphe, Obs. de Meudon), H. Tovmassian (Bjurakhan), T. Jaakola (Helsinki), et S. Depaquit de l'I.H.P., se sont beaucoup développées, pendant qu'un programme expérimental d'étude des objets anormaux (galaxies et Q.S.S. associés, bras de matière) a démarré à l'O.H.P. (N. Heidmann, J.-L. Nieto, J.-C. Pecker).

On peut résumer comme suit l'essentiel des résultats obtenus en 1974 :

(a) Les déplacements vers le rouge de sources éclipsées par le Soleil, ou dans les binaires spectroscopiques, le décalage mutuel de l'une des composantes vers le rouge par rapport à l'autre, confirment une relation entre le décalage et la densité du bain de photons traversés par les photons observés.

(b) La supergalaxie est réelle ; les Q.S.S. du catalogue 3 C et du catalogue 4 C y sont associés, et sont donc, non pas « cosmologiques », mais « locaux », dans leur grande majorité en tout cas.

(c) Le phénomène d'anisotropie de H, détecté par Rubin, Ford, Rubin, est confirmé par l'utilisation d'autres échantillons ; il est trop fort pour être expliqué par un mouvement de notre Galaxie, ou de l'amas local ; ceci est exclus par le degré d'anisotropie de la température cosmologique T.

Ces constatations, de nature statistique, nous conduisent à formuler un jeu cohérent d'hypothèses de travail, appuyées sur l'ensemble de nos travaux, — hypothèses rassemblées dans un article très récemment soumis à *Astrofizica* : (a) les décalages anormaux sont réels, et ne sont pas dus à des coïncidences dues au hasard ; (b) la cause des décalages anormaux réels n'est pas « classique » ; (c) dans la plupart des cas, elle est due à un seul phénomène physique nouveau, le phénomène Φ ; (d) le phénomène Φ résulte d'une interaction des photons observés avec les particules diverses (bosons φ ?) situées sur le trajet de la lumière. Ces hypothèses conduisent à une

description de l'univers assez cohérente, dont l'ensemble constitue le modèle que nous proposons, — et qui n'est lui-même encore qu'une hypothèse de travail. Dans le cas des Q.S.S., il est montré que le décalage est anormal ; il est lié à la compacité ; la loi de Hubble serait alors due essentiellement au phénomène Φ ; donc la valeur de H résulte d'une intégration, le long de la ligne de visée, de propriétés liées à T_{rad} (local) ; comme T_{rad} (local) est associé à $T_{\text{matière}}$ (local), il s'ensuit un univers de type hiérarchisé, sans expansion, où la densité de matière et de rayonnement diminue à mesure que le volume utilisé pour les déterminer augmente. T_{rad} est une quantité locale, liée à une valeur de H locale. En gros, localement (autour de la Galaxie, ou au plus à l'échelle de l'amas local), on a $T_0 = 2.65$, $H_0 = ?$; à l'échelle supergalactique, on a $H_1 = 100$, $T_1 = ?$; à l'échelle métagalactique, on a $H_2 = 50$; $T_2 = ?$ (1.4 K ?).

Il est actuellement difficile de savoir si la structure hiérarchisée se poursuit au delà de la supergalaxie ; si tel était le cas, le paradoxe d'Olbers est automatiquement résolu, et l'on montre que le rayon de l'Univers est au moins de $10^{32.5}$ cm, soit 100 millions de Mpc. Sa densité moyenne serait alors très faible — 10^{-38} ...

Ce modèle donne aux décalages des objets compacts la même cause physique qu'à celui des galaxies normales ; mais surtout, il ramène les Q.S.S. à des distances proches, et les associe, physiquement, aux galaxies non compactes. Notre système nous conduit donc à un lien évolutif entre les objets de différentes compacités. Une masse gazeuse se condense, vite ; un noyau instable se forme, riche source d'UV (N-galaxie) ; l'explosion (bipolaire) se produit (c'est le stade Q.S.S...), et l'éjection de masses gazeuses symétriques — radiosources diffuses mais intenses — a lieu ; des condensations s'y produisent et suivent une évolution analogue... Ainsi la suite des processus se déroule-t-elle, abandonnant à chaque étape des galaxies calmes, à évolution lente. La masse des résidus évolue, diminue, et à chaque niveau de compacité, on descend l'échelle des luminosités ; aussi bien pour le résidu « calme » que pour les phases compactes.

La durée de vie de cet univers localement fluctuant, et statistiquement stable, est évidemment dans cette hypothèse de travail, infinie —, ou, en tout cas, très grande — beaucoup plus grande que celle fixée par l'échelle de Hubble !

Ces recherches se poursuivent, notamment par l'étude de la distribution des objets de différentes natures, et par celle des processus de l'évolution galactique.

Cet ensemble de travaux implique une relation plus étroite avec le groupe de M. Vigier à l'I.H.P., d'une part ; et d'autre part, elle implique des cam-

pagnes d'observations : J.-L. Nieto et N. Heidmann ainsi que J.-C. Pecker envisagent d'étudier systématiquement à la caméra électronique les objets anormaux associés à des Q.S.S., noyaux de galaxies, ponts de matière, etc. Ce travail a débuté en 1975. Ils se consacreront aussi à l'étude théorique du l'Annuaire 1976.)

(b) *Etude des positions optiques de galaxies brillantes.* Dernier tiers des galaxies du Reference Catalogue of Bright Galaxies, de G. et A. de Vaucouleurs. Complétant ainsi les positions de 2 118 galaxies avec une précision de quelques secondes d'arc (N. Heidmann *et al.*, 1974).

PUBLICATIONS

(Les publications de 1975 seront mentionnées dans le rapport publié dans l'Annuaire 1976.)

A. BAGLIN, N. BERRUYER, P.-J. MOREL, J.-C. PECKER, *On the protostellar origin of the circumstellar envelopes* (*Astrophys. Lett.*, 1973, 15, p. 9).

A. M. BOESGAARD, C. MAGNAN, *The circumstellar shell of alpha Orionis from a study of the Fe II emission lines* (*Astrophys. J.*, 1974, sous presse).

A. M. BOESGAARD, F. PRADERIE, S. LECKRONE, R. FARRAGIANA, M. HACK, *Abundance of boron and beryllium in α Lyr* (*Astrophys. J. Lett.*, 1974, 194, L 143).

S. COLLIN-SOUFFRIN, J.-C. PECKER, H. M. TOVMASSIAN, *On the compactness and redshifts of companion galaxies members of groups of galaxies* (*Astr. Astrophys.*, 1974, 30, p. 351).

S. DEPAQUIT, J.-C. PECKER, J.-P. VIGIER, *The cosmological implications of anomalous redshifts* (1974, soumis pour publication).

S. DEPAQUIT, J.-P. VIGIER, J.-C. PECKER, *Comparaison de deux observations de déplacements anormaux vers le rouge observés au voisinage du disque solaire* (*C. R. Acad. Sci.*, Paris, 1974, 279, p. 559).

— *Idem* (1975, complément *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 280, p. 113).

R. FREIRE, F. PRADERIE, *Détermination d'abondances pour l'étude des atmosphères stellaires* (*Conférence du Centenaire de la Société Française de Physique et de la Royal Physical Society*, Jersey, avril 1974).

— *Comparison between L.T.E. and non-L.T.E. abundances deduced from the analysis of stellar atmospheres* (*Astr. Astrophys.*, 1974, 37, p. 117).

L. GALLOUËT, N. HEIDMANN, F. DAMPIERRE, *Optical positions of bright galaxies. III* (*Astr. Astrophys. Suppl.*, 1974, 19, p. 1).

T. JAAKKOLA, M. MOLES, J.-C. PECKER, J.-P. VIGIER, *Cosmological implications of anomalous redshifts (a possible working hypothesis)* (1974, soumis pour publication).

C. JAMAR, D. MACAU, F. PRADERIE, *Absolute ultraviolet spectrophotometry from TD-1 satellite* (*Astr. Astrophys.*, 1974, 33, p. 87).

R. KRİKORIAN, *Remarques sur les spectres continus théoriques d'étoiles O et B* (*C. R. Acad. Sci.*, Paris, 1974, 278, p. 131).

L. V. KUHI, J.-C. PECKER, J.-P. VIGIER, *Anomalous redshifts in binary stars* (*Astr. Astrophys.*, 1974, 32, p. 111).

C. MAGNAN, *Radiative transfer in a moving medium* (*J. quantit. Spectrosc. radiat. Transfer*, 1974, 14, p. 123).

— *Some consequences of a rapid Doppler with variation on the formation of stellar chromospheric lines* (*Astr. Astrophys.*, 1974, 33, p. 139).

— *The angle-averaged redistribution functions in non-coherent scattering* (*Astr. Astrophys.*, 1974, 35, p. 233).

C. MAGNAN, J.-C. PECKER, *Asymmetry in solar spectral lines* (*Highlights of Astronomy*, 1974, 3, p. 171).

D. MALAISE, M. GROS, D. MACAU, *Absolute ultraviolet spectrophotometry from the TD-1 satellite. III. The continuum of A-type stars between 1 350 and 2 500 Å* (*Astr. Astrophys.*, 1974, 33, p. 79).

P. MERAT, J.-C. PECKER, J.-P. VIGIER, *Possible interpretation of an anomalous redshift observed on the 2 292 MHz line emitted by Pioneer 6 in the close vicinity of the solar limb* (*Astr. Astrophys.*, 1974, 30, p. 167).

P. MERAT, J.-C. PECKER, J.-P. VIGIER, V. YOURGRAU, *Observed deflection of light by the Sun as a function of solar distance* (*Astr. Astrophys.*, 1974, 32, p. 471).

J.-C. PECKER, *Evolution galactique. II. Pourquoi la loi de rougissement dans notre Galaxie est-elle unique? Une hypothèse de travail* (*Astr. Astrophys.*, 1974, 35, 7).

— Articles divers de popularisation (1974) :

(a) Editoriaux dans l'*Astronomie* :

— *Pourquoi un éditorial?* (avec B. Morando) (janvier, p. 1),

— *Amas de galaxies en expansion* (février, p. 41),

- *Faut-il encore observer le Soleil ?* (mars, p. 81),
- *L'astronomie dans l'enseignement secondaire* (avril, p. 113),
- *MHD en astrophysique* (mai, p. 153),
- *Astrologie en 1974* (juillet-août, p. 241),
- *Météorologie et activité solaire* (septembre, p. 277),
- *Hypothèse de travail ou théorie ?* (octobre-novembre, p. 317),
- *Echanges d'astronomes* (décembre, p. 357).

(b) Articles dans l'*Astronomie* :

- *La méthode de Kepler est-elle une non-méthode ?* (suite et fin) (janvier, p. 2),
- *Astronomie infrarouge* (février, p. 57),
- *Retour sur Copernic, Kepler et Bessel et les parallaxes* (mars, p. 83),
- *A propos de l'éditorial « Faut-il encore observer le Soleil ? »* (septembre, p. 279).

(c) Divers :

- *La Comète Kohoutek* (conférence) (*Rev. Palais Découverte*, 2, n° 17, p. 15).
- *Kepler* (conférence) (Editions S.A.F., mars 1974).
- *Lettre sur l'astrologie* (*Leonardo*, printemps 1974).
- *L'Univers est-il en expansion ?* (conférence) (*Publ. Académie des Sciences*, 4 novembre 1974).
- Notes de lecture : *Points de vue sur la cosmologie, faits et modèles cosmologiques* (*Le Monde*, 10 avril 1974, p. 15).

F. PRADERIE, *La recherche astronomique en France : moyens humains* (*Technica*, février 1974).

F. PRADERIE, E. SIMONNEAU, J.-P. SNOW, *Evidence for a temperature rise in the outer layers of α Lyr from Copernicus observations of Ly α* (*Space Sci. Rev.*, sous presse).

— *Evidence for a chromosphere in Vega* (*Bull. Amer. astr. Soc.*, septembre 1974).

E. SCHATZMAN, C. MAGNAN, *Shifts and asymmetries of lines formed in a thermally driven turbulent medium* (*Astr. Astrophys.*, 1974, sous presse).

E. SIMONNEAU, *Sur une nouvelle méthode pour le traitement de la fréquence dans l'équation de transfert* (*C. R. Acad. Sci.*, Paris, 1974, sér. B, 279, p. 535).

R.-N. THOMAS, *Irreversibility, evolution and the process of local concentration. Foundations of physics* (1974, sous presse).

Publications dans des Colloques

Colloque sur *Les poussières en astrophysique*, Institut d'Astrophysique, février 1974 : J.-C. PECKER, *Physique des poussières*, p. 3 ; D.-C. SCHMALBERGER, *Poussières sousmicroniques in situ*, p. 49.

Colloque du G.S. Etoiles, La Colle-sur-Loup, avril 1974 : S. DUMONT, N. HEIDMANN, J. T. JEFFERIES, J.-C. PECKER, *Sur la détermination des abondances* ; R. FREIRE, F. PRADERIE, *Détermination d'abondances par l'étude des atmosphères stellaires*.

Colloque ESMOC I, Florence, février 1975 : L. CRAM, *The solar atmosphere (Invited review paper on Mass flow)* ; J.-C. PECKER, *Invited review paper : La recherche solaire ; perspectives européennes*.

CONGRÈS, COLLOQUES

Journées sur *Les poussières en astrophysique*, Institut d'Astrophysique, 27-28 février 1974 (M. PECKER, Exposé introductif sur *La physique des poussières*).

Franco-British Centenary Conference, Jersey, 5-9 avril 1974 (S. DUMONT, N. HEIDMANN, R. FREIRE, F. PRADERIE).

Colloque sur *Astronomy in the ultraviolet*, Royal Society, Londres, 9-10 avril 1974 (M. GROS).

Colloque du Groupe spécialisé *Etoiles*, La Colle-sur-Loup, 22-26 avril 1974 (S. DUMONT, R. FREIRE).

Colloque U.A.I. n° 19, *Problèmes en hydrodynamique stellaire*, Liège, 8-10 juillet 1974 (E. SIMONNEAU).

Assemblée générale de l'I.C.S.U. A.B., Berlin, 8-12 juillet 1974 (M. PECKER, représentant de l'U.A.I.).

Second European Regional Meeting in Astronomy, Trieste, 2-5 septembre 1974 (M. PECKER, membre du Comité scientifique d'Organisation et responsable de la délégation française, S. DUMONT, N. HEIDMANN, R. KRIBORIAN, E. SIMONNEAU).

4^e Conférence sur *Ultraviolet and X-ray spectroscopy of astrophysical laboratory plasma*, Harvard, 9-11 septembre 1974 (F. PRADERIE).

Première conférence E.S.M.O.C., Florence, 24-28 février 1975 (A. CANNON, C.J. CANNON, L. CRAM, S. DUMONT, N. HEIDMANN, P. LOPERT, J.-C. PECKER, R.N. THOMAS) (L. CRAM a présenté un rapport introductif ; R.N. THOMAS a présidé une séance et J.-C. PECKER a présenté un rapport introductif).

MISSIONS D'OBSERVATION, SÉJOURS A L'ÉTRANGER

S. DUMONT et N. HEIDMANN : Observatoire de Lick et Université de Berkeley, 3-22 juillet 1974 (pour y travailler avec le Professeur L. V. KUHI).

M. GROS et J. BORSENBARGER : JILA Boulder, Colorado (pour y travailler avec le D^r MIHALAS), 15-30 novembre 1974.

R. KRİKORIAN : Observatoire de Mauna Kea, Hawaïi, mai et juin 1974 (mission d'observation).

ACTIVITÉS DIVERSES ET COMMISSIONS

J.-C. PECKER et F. PRADERIE ont participé aux travaux du Comité Post-Apollo du C.N.E.S., présidé par J.-C. PECKER.

J.-C. PECKER a participé à Moscou (janvier 1974) et à Kiev (automne 1974) aux réunions en vue d'établir des accords bilatéraux France-U.R.S.S. dans le domaine des recherches spatiales.

F. PRADERIE a participé aux travaux du groupe sectoriel concernant l'astronomie, dans le cadre de la préparation du VII^e Plan.

J.-C. PECKER a continué, dans le cadre de la présidence de la Société Astronomique de France, à l'organisation d'activités diverses (cinquantenaire du décès de Camille Flammarion).

J.-C. PECKER, en tant que Président du Comité des Sciences exactes de la Commission française pour l'UNESCO, a participé à la Conférence générale de l'UNESCO (Paris, novembre 1974) et aux différentes réunions (Montpellier, Grenoble, Paris) d'organisation des Cours post-universitaires organisés par la Commission.