

NOTICE

*sur les*

TITRES ET TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

*Philippe DELACHE*

*avril 1975*



Cote: W 242  
(usuel - exclu du prêt)

NOTICE

*sur les*

TITRES ET TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

Philippe DELACHE

*avril 1975*



CURRICULUM VITAE et CARRIERE

Philippe DELACHE

né le 8 octobre 1937 à Semur en Auxois (Côte d'Or)

marié

3 enfants

Etudes secondaires au Collège de Chatillon sur Seine et  
au Lycée Carnot de Dijon.

Baccalauréat	1ère partie, série C	1953 (AB)
	2ème partie, série Math. Elem.	1954 (AB)
	série Philosophie	1954

Classes de Mathématiques Supérieures et de  
Mathématiques Spéciales au Lycée Carnot  
à Dijon.

		1955
		1956

Admis à l'Ecole Normale Supérieure de la rue  
d'Ulm en

		1956
--	--	------

Licence es Sciences Physiques :

. Calcul Différentiel et Intégral	1957 (B)
. Physique Générale	1957 (AB)
. Chimie Générale	1958

Diplôme d'Etudes Supérieures

Jury : A. Kastler, J. Brossel, J.E. Blamont.	1959
---	------

Agrégation de Sciences Physiques

	1960
--	------

Docteur es Sciences de l'Université de Paris

Mention Très Honorable, Félicitations du Jury. Jury : E. Schatzman, J.-C. Pecker, Y. Yvon.	1967
---	------



### Fonctions.

Elève de l'Ecole Normale Supérieure  
du 1.10.1956 au 30.9.1960.

Attaché de Recherche au C.N.R.S.  
du 1.10.1960 au 30.9.1965.

Maître Assistant au Collège de France  
du 1.10.1965 au 30.9.1967.

Astronome Adjoint à l'Observatoire de Nice  
depuis le 1.10.1967,

détaché dans les fonctions de Maître de Conférences,  
puis de Professeur sans chaire à la Faculté des Sciences  
de Nice du 1.10.1968 au 15.4.1970.

Directeur de l'Observatoire de Nice  
du 20.4.1970 au 17.4.1972  
puis à partir du 1.8.1974 pour un an.

Directeur du Laboratoire Associé n° 128  
1971, 1972.

Vice-Président du Comité National Français d'Astronomie  
1970-1973.

Membre du Conseil de l'Observatoire de Paris  
1971-1973.

Membre du Comité de Lecture des Annales d'Astrophysique  
puis de la revue "Astronomy and Astrophysics"  
1969-1972

Membre de l'Union Astronomique Internationale.

Membre de l' "American Astronomical Society".

Membre du Groupe de Travail "Solar Corona" du programme  
américain "Skylab/ATM".

Membre du Comité d'Organisation de la Commission 12  
(Radiation et Structure de l'Atmosphère Solaire).

Membre du Groupe "Physique Solaire" du Comité des Programmes  
du Centre National d'Etudes Spatiales.

Président de l'Association pour le Développement International  
de l'Observatoire de Nice.



TRAVAUX  
SCIENTIFIQUES



Les études que j'ai poursuivies jusqu'à mon entrée à l'École Normale Supérieure et mes goûts m'ont toujours entraîné vers les disciplines théoriques. Ma première année d'École Normale était même plutôt orientée du côté des Mathématiques, bien qu'à cette époque le choix entre Mathématiques et Physique se faisait en seconde année. C'est à ce moment que, grâce aux enseignements de nos maîtres, A. KASTLER et Y. ROCCARD, j'ai pris de plus en plus d'intérêt aux Sciences Physiques. Cette orientation est devenue définitive lorsque j'ai choisi de faire un Diplôme d'Études Supérieures /1/ avec J.E. BLAMONT, dont le Service d'Aéronomie naissant était encore abrité au sein du Laboratoire du Professeur KASTLER.

Ce travail était essentiellement expérimental : *mise en évidence de l'excitation par résonance optique des atomes d'hydrogène et d'oxygène.*

L'oxygène possède une transition de résonance très voisine de la raie Ly  $\beta$  (1025 Å) de l'hydrogène atomique. Excité par cette radiation, le niveau en question de l'atome d'oxygène peut se désexciter par une cascade de transitions, en émettant, entre autre, une raie située dans le proche infrarouge. Ce processus physique avait été invoqué pour expliquer une anomalie dans l'intensité de cette raie, observée dans certaines nébuleuses planétaires. Le dispositif que j'ai réalisé consistait en une source excitatrice très intense (décharge dans l'hydrogène sous faible pression) éclairant directement (aucun matériau n'étant transparent à la longueur d'onde de la raie Ly  $\beta$ ) une atmosphère d'oxygène atomique formé par décomposition de l'oxygène moléculaire par un champ de haute fréquence. L'observation de la raie de fluorescence infrarouge par un spectrographe à prisme classique ne présentait pas de difficultés. Le dispositif expérimental était très complexe, mais l'expérience a effectivement confirmé la réalité de ce processus. Une deuxième partie de ce travail, en réalité plus facile, a été beaucoup plus riche d'avenir : le remplacement de l'oxygène par l'hydrogène était aisé; d'autre part nous possédions un détecteur sensible au rayonnement Ly  $\alpha$  : la première mise en évidence expérimentale de la résonance optique de l'hydrogène atomique dans la raie Ly  $\alpha$  a suivi immédiatement.

Après l'agrégation, J.E. BLAMONT m'a proposé d'entrer dans son Laboratoire comme Attaché de Recherche pour continuer dans la voie ainsi ouverte. L'idée directrice est simple : si l'on est capable de détecter la résonance optique d'une vapeur d'hydrogène atomique, on a réalisé par là même un spectrographe extrêmement sélectif, utilisable pour l'observation détaillée du spectre de la raie Lyman  $\alpha$  émise naturellement dans de nombreuses conditions géophysiques et astrophysiques.



La réalisation en est beaucoup moins simple, et les problèmes technologiques posés par la fabrication d'une enceinte étanche, remplie d'hydrogène atomique, fermée par des fenêtres transparentes au rayonnement Lyman  $\alpha$ , et suffisamment solide pour être embarquée en fusée ou en satellite, ont été très longs à résoudre. Le pas décisif a été franchi lors d'un séjour au "Goddard Space Flight Center", centre de recherche de la N.A.S.A. situé près de Washington. C'est là que j'ai pu mettre au point une cellule de géométrie simple, et de performances satisfaisantes. Dans le même temps, j'ai pu également montrer que le cristal de Fluorure de Lithium clivé pouvait être utilisé sous incidence brewsterienne comme polariseur dans le domaine des longueurs d'onde voisine de Ly  $\alpha$ .

De ces résultats /2/ ont découlé aussitôt les propositions d'expériences suivantes :

*- Mesure de la répartition de l'hydrogène atomique dans la haute atmosphère.*

La raie Ly  $\alpha$  très intense émise par le Soleil est absorbée en son centre par l'hydrogène tellurique; la mesure de l'intensité résiduelle, grâce à une cellule à résonance optique, fournit une indication sur l'épaisseur optique comprise entre le détecteur et le Soleil. La variation de cette grandeur avec l'altitude du dispositif, placé à bord d'une fusée, conduit à la répartition de l'hydrogène atomique en fonction de l'altitude. J'ai commencé la réalisation de cette expérience en 1964, et elle a aboutit en 1969 grâce à J. QUESSETTE, chercheur C.N.R.S. dont j'ai parrainé les travaux.

*- Mesure de la forme de la raie Ly  $\alpha$  émise par la chromosphère solaire.*

Deux cellules à résonance sont placées à bord d'un satellite; le mouvement du satellite est suffisant pour donner par effet Doppler une exploration de la raie; une des cellules contient du deutérium en place d'hydrogène; le déplacement isotopique fournit une exploration en longueur d'onde supplémentaire. C'est la proposition que J.E. BLAMONT et moi-même avions faite, et qui a été retenue par la N.A.S.A. à bord d'un satellite de la série OSO. Les résultats de ces mesures ont fourni la matière de la thèse de J. VIDAL-MADJAR, au Service d'Aéronomie; j'ai d'ailleurs accepté de faire partie du Jury de cette thèse, car mon intérêt pour la recherche spatiale est demeuré très vif.



- Mesure de l'intensité, de la forme de la raie, et de l'état de polarisation du rayonnement Ly  $\alpha$  émis par la géocouronne.

Cette expérience a été embarquée à bord du satellite français D2A et fonctionne partiellement. Les résultats sont en cours d'analyse au L.P.S.P. Le satellite D2A-polaire emportait une expérience très semblable, et complémentaire. Malheureusement l'échec du lanceur a mis un point final à cette recherche.

Une version simplifiée de cette expérience avait également été présentée à la N.A.S.A. qui l'a acceptée à bord d'un satellite de la série OGO. Elle a procuré à J.L. BERTAUX des résultats difficiles à interpréter concernant la géocouronne, et une très belle mise en évidence de l'hydrogène interstellaire.

Pendant cette période, j'ai beaucoup appris au contact de J.E. BLAMONT : d'abord et surtout comment il est profitable sur le plan expérimental, voire même technologique, de ne pas se méfier de son imagination, à condition de la savoir maîtriser, comment une expérience doit être avant tout justifiée et motivée par des nécessités physiques impérieuses. J'ai également vu comment J.E. BLAMONT a réussi en quelques années à faire surgir un laboratoire important et scientifiquement très efficace. Sa personnalité très dynamique est une de celles qui ont laissé chez moi une marque profonde.

La longue durée des entreprises dans le domaine spatial, et surtout l'éloignement où je me trouvais des aspects théoriques de l'Astrophysique m'ont amené, au cours de l'été 1965, à travailler avec J.-C. PECKER. Mon intérêt à partir de ce moment a été double :

D'une part les problèmes liés au transfert du rayonnement et plus particulièrement ceux qui touchent le plus directement aux observations solaires. C'est à cette époque que R.M. BONNET obtenait ses premières mesures de l'assombrissement centre-bord du Soleil dans l'ultraviolet. C'est en réfléchissant à la façon de sauvegarder l'information contenue dans les observations lors de l'opération connue sous le nom d' "inversion de la relation centre-bord" que j'ai été amené à proposer une méthode pratique d'approximations successives /3/. Cette méthode est relativement simple à mettre en oeuvre, et je suis heureux de constater que son usage semble se répandre (par exemple, P. LENA, 1970, Astronomy and Astrophysics, 4, 202). Elle a été récemment généralisée par un groupe de chercheurs parmi lesquels on trouve un de mes collègues de l'Observatoire de Nice: U. FRISCH.



D'autre part, à la même époque, je me suis intéressé à l'étude de la thermodynamique des processus irréversibles, dans le but d'approfondir le phénomène du transfert radiatif, à l'instigation de J.-C. PECKER. Ce projet était sans doute un peu ambitieux, mais nous verrons que la graine a germé, et qu'elle constitue aujourd'hui une part importante de mon activité scientifique.

Il m'a alors paru qu'il existait une situation astrophysique susceptible d'être fortement affectée par des processus irréversibles: la base de la couronne solaire, où la température passe en quelques milliers de kilomètres de 10 000 °K à 2 000 000 °K. Dans un tel gradient de température, et en présence d'un champ de gravitation, était-il possible que se produisent des effets de diffusion inattendus ? Une fois la question posée, il n'était pas trop difficile d'y répondre, du moins qualitativement. Le coefficient de diffusion thermique d'un atome très ionisé, présent à l'état de traces dans un plasma, est très élevé, et proportionnel au carré de la charge de l'ion. Ce résultat n'est pas simple à prouver et assez difficile à justifier, même qualitativement. Le champ électrique créé par la diffusion ambipolaire des électrons et des protons y joue un rôle fondamental (CHAPMAN). Les ions positifs ont tendance à gagner les régions chaudes. Au contraire, en l'absence de gradient de température, la force de gravité entraîne les ions très ionisés, et donc massifs, de la couronne solaire vers les régions chromosphériques.

A cette époque, S.R. POTTASCH venait de déterminer les abondances coronales des éléments lourds, et trouvait en particulier pour le fer des quantités très supérieures (vingt fois par exemple) aux abondances photosphériques.

J'ai d'abord montré qualitativement /4/ que de telles différences pouvaient être expliquées par les mécanismes de transport.

L'étude quantitative complète a fait l'objet de l'article principal de ma thèse de doctorat /5/. En effet, les choses sont loin d'être aussi simples : il ne s'agit pas d'un état d'équilibre, mais d'un état stationnaire d'expansion de l'atmosphère solaire. Pour illustrer la complexité du problème en résumant cependant, suivons par la pensée un atome, de Fer par exemple; il est entraîné par le mouvement d'expansion de l'atmosphère, de plus en plus rapidement d'ailleurs car la densité moyenne diminue; à ce mouvement se superpose le mouvement dû aux forces de diffusion : accélérateur d'abord (gradient de température), ralentisseur ensuite ("trilage" gravitationnel). Cependant son état d'ionisation change et ce changement est régi par des réactions d'ionisation et de recombinaison qui ne sont pas instantanées; il s'avère que les constantes de temps en jeu ne sont pas négligeables; on voit qu'il est nécessaire de résoudre simultanément les équations couplées de la diffusion et des réactions d'ionisation pour tous les degrés d'ionisation de notre atome de Fer. Ces problèmes ont été résolus,



et les résultats confirment ce que l'on en pouvait attendre : l'abondance des éléments lourds varie dans la zone de transition chromosphère-couronne; l'interprétation des observations doit être modifiée; on sous-estime en général l'épaisseur de la zone de transition si on ne tient pas compte de cette variation.

Une formulation semi-empirique moins précise, mais plus simple à mettre en oeuvre a été établie /6/; je l'ai exposée lors du "Symposium on Interdisciplinary Aspects of Radiative Transfer" en 1967 à Philadelphie, dans une communication invitée. C'est dans cette même communication que j'ai présenté les quelques idées de base que je devais développer ensuite, relatives à l'étude dynamique de la zone de transition chromosphère-couronne.

Je note au passage qu'à la suite de ce travail, l'idée que les phénomènes diffusifs pouvaient être importants pour expliquer des anomalies de composition chimique a fait son chemin : tout d'abord avec F. PRADERIE qui terminait son travail de thèse en mentionnant cette possibilité, puis avec E. SCHATZMAN qui a tout de suite compris que dans des zones plus denses, il fallait traiter simultanément l'effet de la turbulence.

Il convient cependant de noter que le travail fondamental sur la diffusion des éléments dans l'intérieur des étoiles a été fait peu après, mais indépendamment par un jeune chercheur canadien, G. MICHAUD.

Ce travail a été fait à l'Observatoire de Meudon, au sein du Service d'Astrophysique Générale dirigé par J.-C. PECKER. Les quelques années que j'y ai passées ont été en quelque sorte complémentaires de celles que j'avais vécues au Service d'Aéronomie : au contact de J.-C. PECKER, j'ai appris que l'imagination pouvait être plus intuitive, mais qu'elle devenait alors très difficile à contrôler; une longue pratique, mais aussi bien souvent des efforts et des calculs laborieux sont indispensables pour acquérir cette maîtrise. J'ai également trouvé dans l'équipe qui existait à ce moment autour de J.-C. PECKER l'exemple de collaboration qui peut s'instaurer entre des individus qui, bien que travaillant sur des sujets différents, sont entraînés par une même personnalité. J.-C. PECKER restera pour moi l'exemple du guide instructif, sûr, volontaire quand il le faut, mais en même temps attentif à chacun, prêt à toutes les discussions, d'une honnêteté scientifique exigeante.

C'est en réfléchissant à l'établissement des équations qui régissent l'hydrodynamique et la thermodynamique du milieu coronal que je me suis aperçu de l'importance dans l'équation du mouvement du terme de pression de radiation. Non pas de la radiation électromagnétique, mais des ondes qui sont responsables du chauffage de la couronne : le second principe de la thermodynamique impose que l'énergie responsable de l'élévation de la température dans la couronne ne soit pas d'origine thermique. Il est hautement vraisemblable qu'il s'agit d'énergie mécanique véhiculée par des



ondes; ondes de choc, ou ondes de plasma, par exemple du type magnéto-sonore. Un calcul simple montre que ce terme est de l'ordre de grandeur de la pression gazeuse. Cette éventualité, que j'avais mentionnée en 1967 dans ma communication au symposium de Philadelphie a été par la suite confirmée /7/ : le calcul, effectué dans des hypothèses assez générales, montre qu'il est vraisemblable que dans la zone de transition la pression gazeuse s'élève d'abord lorsqu'on s'éloigne du Soleil, passe par un maximum, et rejoint la décroissance de l'équilibre hydrostatique plus loin. Des observations récentes de la densité électronique confirment cette prédiction assez surprenante de prime abord. Ces résultats ont été présentés pour la première fois lors d'une conférence sur la zone de transition chromosphère-couronne qui s'est tenue en 1969 à Boulder, Colorado. J'étais d'ailleurs invité à cette conférence pour y présider la journée consacrée aux abondances coronales et j'y ai présenté une synthèse de nos connaissances dans ce domaine. Comme on le sait depuis, les nouvelles déterminations expérimentales des forces d'oscillateur ont entraîné des changements de point de vue. La réalité des effets de variation d'abondance que j'avais prédits dans ma thèse a pu un instant être mise en doute. Je pense aujourd'hui qu'ils existent néanmoins, en particulier dans la partie supérieure de la zone de transition comme je l'ai montré récemment /13/. De plus, les variations de la composition du vent solaire au cours du temps montrent bien qu'un triage se produit dans la couronne; j'avais indiqué dans cette même thèse, et avant que ces variations soient observées, la possibilité d'instabilités et de relaxations de l'atmosphère dues aux différences locales de composition chimique.

Depuis mon arrivée à Nice, en 1967, mon activité scientifique s'est développée dans plusieurs domaines : les atmosphères stellaires, la basse couronne solaire, et de façon un peu indirecte, la matière interstellaire.

C'est par là que je commencerai : à l'occasion de mon enseignement dans le troisième cycle d'Astrophysique de la Faculté des Sciences de Nice, j'ai été amené à approfondir mes connaissances en physique des plasmas. C'est à ce moment que j'ai proposé qu'une instabilité de plasma soit le mécanisme de production de l'émission maser OH galactique. Le principe de fonctionnement serait le suivant : une instabilité du type instabilité de faisceau se développe dans le plasma. Par suite d'effets non linéaires, l'onde s'accroche sur la fréquence d'une des transitions de la molécule OH /8/. G. REINISCH, chercheur de troisième cycle, a étudié cette idée au cours d'un stage qu'il a fait avec moi. Les responsabilités administratives que j'ai prises à cette époque m'ont empêché de garder avec moi ce garçon très brillant; cependant l'idée initiale a fait son chemin, et G. REINISCH a travaillé avec l'équipe de Mécanique Statistique de J. COSTE, à l'Observatoire de Nice, puis à la Faculté des Sciences. Il a pu montrer que si le processus que j'avais proposé a peu de chances de correspondre à la réalité, en revanche



l'idée initiale de couplage non linéaire entre une onde cohérente et un plasma pouvait permettre de rendre compte de l'existence des pics secondaires observés par les radioastronomes. Il y a sans doute là une nouvelle méthode de mesure de la densité électronique, à travers la détermination de la fréquence de plasma.

Plus récemment, j'ai accepté de diriger le travail de N. BERRUYER sur l'équilibre des enveloppes circumstellaires qui se détachent des étoiles nouvellement formées, travail qui avait été initié par J.-C. PECKER. J'ai proposé à N. BERRUYER une étude systématique des effets de couplage entre la pression de radiation et l'expansion hydrodynamique dans ces enveloppes. Le Conseil des Observatoires a bien voulu lui donner en 1973 un poste d'assistant qui lui assure la stabilité nécessaire à la poursuite de ses travaux. La période pendant laquelle j'ai pu juger de son travail n'est pas très longue, mais elle est suffisante pour que je puisse dire aujourd'hui qu'elle possède les qualités pour le mener à bien rapidement.

J'en viens aux atmosphères stellaires, et plus particulièrement au transfert radiatif. Je crois pouvoir dire que le petit groupe que j'anime à l'Observatoire de Nice a obtenu des résultats nouveaux et très intéressants dans la résolution de problèmes dépendant du temps. Voici ces résultats, exposés sous forme intuitive, qui sont confirmés et précisés par une théorie analytique exacte, mais pas simple :

Le terme  $\frac{1}{c} \frac{\partial I}{\partial t}$  de l'équation de transfert dépendant du temps rend compte en fait du temps de vol  $t_v$  d'un photon; si le coefficient d'absorption est  $\kappa$ , on voit qu'en moyenne,  $t_v = (\kappa c)^{-1}$ . Suivons par la pensée le chemin d'un photon qui cherche à sortir d'une structure d'épaisseur caractéristique  $\tau$ , en supposant  $\tau \gg 1$ . Sa marche au hasard va le conduire à faire en moyenne  $\tau^2$  pas avant de sortir. Un pas élémentaire prendra le temps  $t_v$ , augmenté d'un temps de régénération moyen  $t_R$ . En effet, les équations d'équilibre statistique dépendant du temps font apparaître physiquement les constantes de temps liés aux échanges d'énergie entre la matière et le rayonnement; ceux-ci ne sont pas instantanés, bien sûr. Cette résolution qualitative des équations couplées du transfert et de l'équilibre statistique nous conduit donc à prédire un temps caractéristique  $t$  d'amortissement de notre structure :

$$t \sim \tau^2 (t_v + t_R)$$

Seul le calcul exact peut justifier le résultat intuitif : temps d'un pas =  $t_v + t_R$ . De plus, l'expression correcte pour  $t_R$  n'est pas facile à obtenir par des arguments simples.

Mais la puissance de ces raisonnements de nature probabiliste ne s'arrête pas là : jusqu'ici nous avons implicitement considéré que le rayonnement était monochromatique, ou gris. Dans le cas d'une raie ayant un profil étendu, il nous faut modifier notre



point de vue : soit  $\tau_0$  l'épaisseur optique de notre structure au centre de la raie. Lors de ses diffusions successives notre photon pourra à l'occasion, si l'on fait l'hypothèse courante de redistribution en fréquence, se retrouver dans les ailes de la raie à une fréquence telle que l'épaisseur optique de la structure lui paraîtra inférieure à l'unité; il aura alors toutes chances de s'échapper. En bref, ce n'est plus la marche au hasard dans l'espace qui va déterminer le nombre de pas nécessaires à sa fuite, mais la probabilité d'être diffusé dans les ailes de la raie. On peut calculer très simplement cette probabilité; on trouve par exemple dans le cas d'un profil gaussien que le photon effectue environ  $\tau_0(\log \tau_0)^{1/2}$  pas avant de s'échapper. Notre temps d'amortissement devient donc:

$$t \sim \tau_0 (\log \tau_0)^{1/2} (t_v + t_R).$$

Ce travail a été publié depuis les bases analytiques générales jusqu'aux détails du cas gris, du cas monochromatique et du cas d'un profil d'absorption quelconque. L'étude du couplage avec un continuum atomique est terminée.

Les premières publications de la série d'articles /9/ ont été faites en commun avec Ch. FROESCHLE et F. LE GUET. La suite est propre à Ch. FROESCHLE et constitue l'essentiel de son travail de thèse.

De ce travail se dégagent donc deux concepts nouveaux : le temps de régénération  $t_R$ , et le nombre de pas moyen  $N$  qu'un photon doit faire pour sortir de l'atmosphère. Il reste à Ch. FROESCHLE à généraliser ces concepts en s'affranchissant de certaines hypothèses restrictives que nous avons dû faire au début pour rendre le problème mathématiquement bien défini.

Mais déjà les applications astrophysiques de ces idées sont nombreuses; j'en citerai trois :

- 1- Le refroidissement radiatif de nuages de matière inter-stellaire dense (phases préstellaires) doit absolument être considéré dans le cadre de cette théorie. C'est ce qu'a fait F. LE GUET qui étudie actuellement de façon plus générale l'équilibre énergétique de la matière interstellaire après un séjour de deux ans au Brésil avec le Dr J.A. PACHECO. F. LE GUET doit soutenir sa thèse l'année prochaine, mais il faut dire que son séjour au Brésil a fait dévier son sujet vers l'étude de la diffusion des rayons cosmiques. Il est donc clair que je n'ai joué qu'un rôle d'initiateur dans son travail actuel.
- 2- Les problèmes d'évolution des structures, par exemple chromosphériques, dans lesquelles l'hypothèse quasi-statique n'est pas tenable, peuvent enfin être abordés. C'est ce que j'ai montré récemment /10/, dans une conférence d'introduction sur la compréhension théorique des inhomogénéités chromosphériques lors du colloque n°19 de l'U.A.I. "Stellar Chromospheres", qui s'est tenu à Washington en 1972.

L'idée de base est de se désintéresser dans un premier temps des détails d'un modèle géométrique (on rencontrera plus loin



une philosophie analogue dans mon étude de la zone de transition chromosphère couronne). On peut alors déterminer quel est le processus physique dominant dans l'évolution par la comparaison de temps caractéristiques :  $\mathcal{N}t_R$  pour l'amortissement radiatif, et les temps "hydrodynamiques" tels qu'ils ont été calculés par exemple par R. DEFOUW. Ma contribution a été de montrer que ces dernières constantes de temps peuvent être obtenues par des raisonnements macroscopiques beaucoup plus simples que l'arsenal analytique précédemment utilisé. La nature physique apparaît alors clairement (et constitue en fait une généralisation du concept d'instabilité de Parker-Field).

Ce travail était un peu en avance, et c'est seulement maintenant qu'il va pouvoir se développer, avec d'une part les généralisations que donne Ch. FROESCHLE, d'autre part les données observationnelles d'OSO I, et les méthodes exposées au paragraphe ci-dessous.

3- J'en viens au chapitre essentiel de mon activité la plus récente : une approche nouvelle du problème du transfert radiatif.

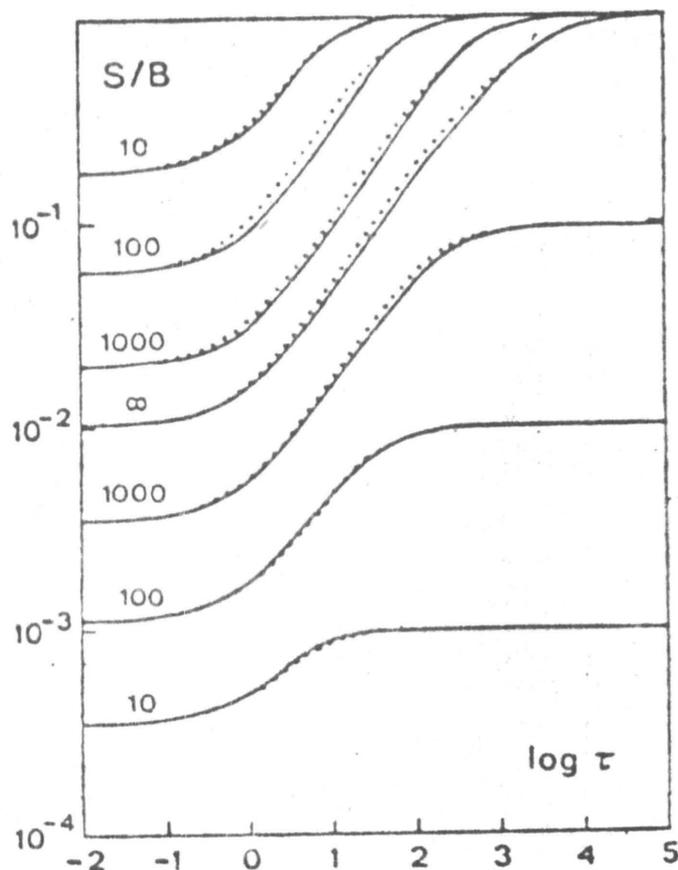
Ce travail trouve son origine dans une réflexion d'ensemble : comme je le disais dans la notice que j'avais rédigée en 1972, l'introduction de la variable intermédiaire  $\mathcal{N}$  permet non seulement de s'affranchir d'une géométrie stratifiée, mais elle renouvelle entièrement la façon de concevoir le problème du transfert en le débarassant autant que possible du poids de l'algèbre et de l'analyse numérique sous lesquels croulent les traités modernes. Je soulignais à l'époque le caractère pédagogique de ce concept. J'ai pu vérifier le bien fondé de ce qui n'était qu'une intuition et obtenir des résultats sur lesquels je vais m'étendre un peu.

Mais tout d'abord je dirai quelques mots de ma conception d'ensemble de la théorie des atmosphères stellaires. Propos ambitieux je le sais. Lorsqu'au printemps 1973 le Président de la Commission 36 de l'Union Astronomique Internationale m'a demandé de faire un rapport introductif pour une Discussion Commune à Sydney sur le sujet "La prochaine décennie dans la théorie des atmosphères stellaires", ma première réaction a été de refuser : mon expérience est purement solaire, et si j'ai toujours essayé d'aller chercher la réalité physique générale derrière tel ou tel problème particulier, je ne me sentais pas assez qualifié pour cette tâche. Je suis aujourd'hui heureux de l'avoir finalement acceptée, elle m'a beaucoup enrichi. Publié dans "Highlights of Astronomy" /11/ j'en joins un pré-tirage à cette notice, espérant qu'il éclairera le lecteur sur mes vues personnelles de l'avenir de cette spécialité.

On y verra exprime le vœu que le transfert radiatif trouve de nouveaux horizons hors des gros ordinateurs; c'est dans cette perspective que s'inscrit mon travail récent : j'ai montré qu'une formulation approchée initialement proposée par R.G. ATHAY pouvait être justifiée physiquement et améliorée



quant à la précision des résultats par l'introduction de la variable intermédiaire  $\mathcal{N}^0$ . L'exemple explicite que j'ai traité est celui du transfert hors de l'équilibre thermodynamique local (E.T.L.) dans une raie. J'obtiens /12/ les résultats illustrés par la figure ci-dessous qui montrent qu'il est possible de reproduire sans ordinateur les fonctions sources classiques (et même les solutions non stationnaires !) à une très bonne approximation.



Légende de la figure. -

Modèle à température constante. S : fonction source, B fonction de Planck,  $\tau$  profondeur optique au centre de la raie ayant un profil Doppler. Probabilité de destruction d'un photon absorbé par un atome :  $10^{-4}$ .

Les courbes en traits pleins sont exactes et obtenues avec un ordinateur. Les courbes en pointillés constituent mes résultats approchés analytiques. Les chiffres portés sur les courbes indiquent le temps écoulé dans le cas non stationnaire dans une unité sans dimension précisée dans l'article /12/. Deux cas sont présentés : à l'instant initial, S est égal à B, ou S est égal à zéro. On constate l'accord remarquable entre les deux types de courbes.

Les conséquences sont nombreuses : si l'on se contente d'une précision limitée, on pourra aborder les problèmes de modèles



d'atmosphère hors de l'E.T.L. sans "machinerie" compliquée. En particulier on pourra s'attacher à la discussion des phénomènes physiques qui gouvernent l'équilibre de l'ensemble de l'atmosphère. Par exemple on peut d'ores et déjà répondre à la question : la notion de courbe de croissance a-t-elle un sens hors de l'E.T.L. ? La réponse est oui, les paramètres que l'on en tire sont simplement plus généraux. Que cette réponse soit oui était, bien sûr, évident pour les observateurs qui constatent que ces courbes existent, sans qu'il soit besoin de savoir si l'atmosphère étudiée est ou non en E.T.L. Par ailleurs, J.-C. PECKER et ses collaborateurs ont récemment fabriqué des courbes de croissance artificielles à partir de modèles non E.T.L. L'interprétation de ces courbes en termes de propriétés physiques de l'atmosphère qui ne pouvait être qu'empirique dans leur étude peut maintenant rentrer dans le cadre d'une théorie physique comme dans le cas E.T.L. bien connu.

J'espère avoir fait partager au lecteur un peu de mon enthousiasme pour une voie que je crois riche de promesses. Une première ébauche de ce travail avait été faite durant l'été 1972 au cours d'un séjour au High Altitude Observatory à Boulder, Colorado.

Revenant un peu en arrière dans le temps, je parlerai pour terminer d'un travail que j'avais fait dans ce même observatoire l'année précédente; il s'agit d'un retour à l'interprétation des observations X et ultraviolettes de la basse couronne. Cette fois, c'est plus à l'aspect dynamique que thermodynamique que je me suis attaché, en essayant de prédire le comportement d'une quantité que j'ai appelée mesure d'émission thermique. Cette fonction, égale à  $n_e^2 \frac{dh}{dT}$  ( $n_e$  densité électronique,  $T$  température,  $h$  altitude) joue un rôle tout à fait comparable à celui de la fonction source dans l'étude des atmosphères : elle est assez simple à relier aux équations qui décrivent l'état stationnaire du milieu; simultanément, elle est très facile à extraire des observations, y compris des observations radioastronomiques. Il suffit de la traiter comme fonction du paramètre indépendant  $T$ , qui est ici l'analogue de la profondeur optique dans les problèmes de transfert, pour pouvoir comparer les observations aux prédictions d'une théorie très simple à mettre en forme /13/. J'ai montré qu'il n'était pas possible, même dans ces régions de la basse couronne, de négliger le mouvement d'expansion de l'atmosphère. Il ressort alors très clairement qu'il existe une transition aux alentours de 200 000 °K entre un régime d'expansion couvrant toute la surface du Soleil, aux plus hautes températures, et une expansion plus localisée, se réduisant au 50ème de cette surface, dans les régions moins chaudes, donc plus basses. La transition structurelle entre la chromosphère et le milieu coronal est donc mise en évidence dans des observations qui n'ont aucune résolution spatiale. Inutile de préciser que les observations à haute résolution, non seulement confirment ces prédictions, mais permettront d'aller jusqu'à l'établissement d'un modèle complet, comportant éventuellement les variations de composition dont il a été question plus haut. Enfin il faut noter que cette nouvelle approche du problème des inhomogénéités des couches extérieures



n'est en rien limitée au Soleil, en effet, elle se contente d'observations intégrant tout le disque, pour prédire l'existence de ces structures.

Je n'ai pas rompu les liens qui m'attachaient à la recherche **spatiale**, et j'ai accepté, pour le compte du Comité des Programmes du Centre National d'Etudes Spatiales de faire un certain nombre de rapports. C'est ainsi que j'ai, par exemple, présidé le groupe de travail qui a déterminé le choix des expériences embarquées sur le satellite O2 B. Je suis membre du groupe "ad hoc" Physique Solaire du C.N.E.S.

J'ai également rédigé quelques articles dans des ouvrages ou revues de vulgarisation.



TACHES D'ENSEIGNEMENT  
ET ADMINISTRATIVES



Dès mon arrivée à Nice, et jusqu'à ce que je prenne la charge de la direction de l'Observatoire, j'ai assuré divers enseignements à la Faculté des Sciences.

- . En deuxième année du Premier Cycle, l'ensemble du programme de physique faisait l'objet de mon cours. Je considère que c'est là le premier contact réel des étudiants avec la Physique et ses principes essentiels; le programme comporte en effet les rudiments de la relativité, les équations de Maxwell, les bases de la mécanique quantique, ainsi que la thermodynamique, vue sous l'aspect microscopique : théorie cinétique et débuts de la mécanique statistique. C'est une lourde responsabilité d'avoir à éveiller l'intérêt de jeunes étudiants à une discipline dont ils n'ont entrevu jusqu'alors que des aspects très partiels. L'importance de ce cours est pour beaucoup tout à fait décisive. Je suis heureux d'avoir pu remplir cette tâche, en particulier en cette période difficile, où l'inquiétude des jeunes quant à leur avenir rend leurs choix encore plus délicats.

- . Dans le certificat de "Thermodynamique et propriétés de la matière", l'aspect pédagogique est moins important, mais l'intérêt proprement scientifique est plus grand. A cette occasion il est très facile, si l'on veut bien s'en donner un peu la peine, d'illustrer le cours en appliquant les principes et les méthodes à des exemples astrophysiques. Je suis heureux d'avoir pu éveiller ainsi des vocations d'astrophysiciens parmi mes meilleurs étudiants. (Par exemple A. POUQUET et M. AUVERGNE qui viennent d'entrer au C.N.R.S. et poursuivent leurs recherches à l'Observatoire de Nice).

- . En troisième cycle enfin (D.E.A. d'Astrophysique), j'ai enseigné les bases de la physique des plasmas, l'hydrodynamique, des compléments de physique statistique, le tout essentiellement appliqué à la physique solaire.

Responsable auprès du C.N.R.S. des travaux de Mesdames H. FRISCH et F. BELY, j'ai été membre des jurys de thèse de doctorat d'Etat de J. LEFEVRE et de D. PETRINI à Nice, de Madame Y. LEBLANC, de P. LANTOS et de A. VIDAL-MADJAR à Paris.

Je dirige les thèses de Ch. FROESCHLE et de N. BERRUYER. Je souhaite maintenant que mon équipe s'étoffe un peu; dans la période actuelle, hélas, l'intérêt et la nouveauté des sujets de recherche ne remplacent pas les situations que nous ne pouvons offrir à nos jeunes étudiants.

J'ai dirigé l'Observatoire de Nice pendant deux ans (1970-1972). Je manquais d'expérience, et ma tâche a été d'assurer la transition entre les anciennes structures et les nouvelles, ainsi que le passage d'un stade un peu familial à celui d'un établissement de moyenne importance. J'ai consacré à cela deux années qui auraient pu être sans doute plus fécondes du point de vue scientifique. S'il fallait résumer d'une phrase l'évolution de l'Observatoire de Nice pendant cette période on pourrait dire que les conditions de



travail se sont améliorées (constructions nouvelles, équipement, missions), l'effectif a notablement augmenté, posant quelques problèmes de croissance, aussi bien structurels que psychologiques qui sont maintenant résolus.

La part qui fût la mienne est difficile à apprécier, car j'ai bénéficié d'aides nombreuses, aussi bien au sein de l'établissement qu'à l'extérieur. J.-P. ZAHN a pris ma suite dans les deux années qui ont suivi. Il souhaite maintenant, tout comme moi, ne pas rester trop longtemps éloigné de la recherche et s'y consacrer à plein temps pendant une année entière. C'est pourquoi j'ai accepté, pour une nouvelle année, d'assurer son remplacement.

On aurait tort de voir dans cette rotation une instabilité de l'Etablissement : le Conseil de l'Observatoire de Nice qui ne manque ni d'esprit critique ni de dynamisme, (les membres du Conseil des Observatoires qui, en font ou en ont fait partie peuvent en témoigner!) a été unanime pour approuver ces choix. Je crois qu'il faut plutôt y voir un signe de vitalité scientifique de ses cadres qui n'acceptent pas une stérilisation prolongée, bien que partielle, de leurs activités de chercheurs.

Le grand dessein de J.-C. PECKER est à peu près atteint, la continuité de la vie scientifique est pour l'instant assurée, la question importante à long terme est, à Nice comme ailleurs, l'afflux de sang neuf par le recrutement de jeunes chercheurs. Mais ceci n'est plus aujourd'hui un problème lié seulement à la personnalité du Directeur !

Dans ces responsabilités administratives passées ou à venir, je ne fais que prendre en charge une partie de la tâche commune; il m'était difficile de ne pas en parler dans cette notice, mais l'essentiel pour moi reste mon travail d'astrophysicien.



PUBLICATIONS



- /1/ Excitation de la résonance optique de l'hydrogène et de l'oxygène.  
D.E.S. Paris, 1960.
- /2/ Description of an atomic hydrogen resonance cell.  
(Avec J.E. BLAMONT et A.K. STOBBER)  
N.A.S.A. Tech. Note n° 654, 1964.
- /3/ Une généralisation de l'approximation de Barbier-Eddington.  
Ann. d'Astr. 29, 109, 1966.
- /4/ Sur l'importance des effets de diffusion dans la couronne solaire.  
C. R. Acad. Sc. Paris 261, 642, 1965.
- /5/ Contribution à l'étude de la zone de transition chromosphère-couronne.  
Ann. d'Astro. 30, 827, 1967.
- /6/ Some Problems of Radiative Transfer in an Atmosphere Having a Stellar Wind.  
J. Quant. Spect. Radiat. Transfer. 8, 317, 1968.
- /7/ Energy Deposition and Momentum Transfer in the Transition Region.  
in "Chromosphere-Corona Transition Region"  
Boulder 1969, N.C.A.R. Publications.
- /8/ Une interprétation possible de l'émission OH galactique.  
Journal de Physique C3, 21, 1969.
- /9/ Time Dependent Radiative Transfer.  
(La série comporte jusqu'à présent trois articles. Je suis co-auteur du premier seulement).  
Astron. and Astrophys. 16, 348 et 356, 1972.  
Astron. and Astrophys. 26, 229, 1973.
- /10/ Theoretical Understanding of Chromospheric Structures.  
in "Stellar Chromospheres", I.A.U. Colloquium n° 19,  
A. Underhill et S. Jordan ed.  
N.A.S.A. Scientific and Technical Information Office, 1973.
- /11/ Next Decade in Stellar Atmospheres Theory.  
in "Highlights of Astronomy", p. 211  
editeur : Contopoulos; Reidel, Utrecht, 1974.
- /12/ A New Formulation of an Approximate Transfer Equation.  
**Astrophysical Journal** 192, 475, 1974.
- /13/ Non Static Structure of the Chromosphere-Corona Transition Region.  
in "Proceedings of the IAU Symposium n°56", p. 59,  
éditeur : R.G. Athay; Reidel, Utrecht, 1974.



/14/ Autres publications :

- . "Un chapitre important de la recherche spatiale en France : la physique solaire".  
Rapport de la France au COSPAR, 1968.
- . "Le milieu interplanétaire et le vent solaire".  
et "Météores et météorites".  
dans "La Nouvelle Astronomie" sous la direction de  
J.-C. PECKER, Hachette, 1971.
- . "La Terre dans l'Univers", chapitre introductif de la  
"Géophysique", Encyclopédie de la Pléiade, sous la  
direction de J. GOGUEL, 1970.











UNIVERSITÉ DE NICE

OBSERVATOIRE

LE MONT-GROS - 06300 NICE

TÉLÉPHONE : 89.04.20

TELEX : 46 004

NICE, LE 5 mai 1975

PhD/205/cc

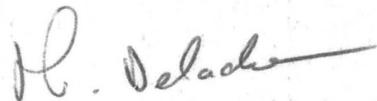
Monsieur Paul MULLER  
Astronome Titulaire  
C.E.R.G.A.  
8, avenue Emile Zola  
06130 GRASSE

Mon cher Collègue,

Je me présente à nouveau aux suffrages du Conseil des Observatoires pour un poste d'Astronome Titulaire. Au cours de l'année qui vient de s'écouler, mon activité a été de nature plus administrative que scientifique. C'est pourquoi il m'a paru suffisant d'ajouter quelques lignes à la notice que j'avais rédigée l'an passé, et que vous trouverez ci-joint.

Veuillez agréer, mon cher Collègue, l'expression de mes sentiments très dévoués.

*et les meilleurs*



Philippe DELACHE



Additif à la notice sur les Titres et Travaux  
de Philippe DELACHE

(1975)

---

Depuis juillet 1974, j'assume pour un an l'intérim de mon collègue Jean-Paul ZAHN qui a souhaité une parenthèse d'une année dans son mandat à la tête de l'Observatoire de Nice. Je crois être bien placé, par mon expérience propre, pour juger du bien fondé de son objectif : ne pas rester coupé de la recherche pendant un temps trop long ! Il était donc logique qu'ayant déjà acquis une certaine expérience, j'assume cet intérim.

Il touche à sa fin, et je dois dire que les structures nouvelles me paraissent aujourd'hui, à l'Observatoire de Nice, suffisamment rodées pour fonctionner avec un bon rendement, sans pertes de temps excessives, et avec un partage des responsabilités qui se clarifie. Il reste que la charge de la Direction est lourde ; la multiplicité des statuts des personnels et des circuits de gestion, la variété des sources de crédits et des chapitres de dépenses créent de nombreuses difficultés qui, si elles sont le plus souvent solubles, demandent qu'on y passe du temps. Il n'est pas raisonnable qu'un Observatoire comme celui de Nice, -et j'imagine que cela doit être extrapolable à d'autres établissements- ne possède pas un administrateur de haut niveau pour seconder le Directeur dans sa tâche. L'expérience que j'avais tentée, et Jean-Paul ZAHN après moi, d'associer un ou plusieurs collègues astronomes à la Direction est un palliatif qui finit par poser autant de problèmes qu'il en résout, sans que le dévouement de ces collègues soit en cause, bien sûr.

Activités Scientifiques, et Direction de Recherches.

Le temps que m'a laissé la Direction de l'Observatoire, je l'ai consacré à suivre les travaux de N. Berruyer et de Ch. Froeschlé. J'insisterai surtout sur la thèse de Madame Froeschlé qui sera soutenue avant l'été. Ce travail s'inscrit dans un ensemble plus vaste, qui réunit à la fois des collègues niçois (U. et H. Frisch, et moi-même) et des collègues de Boulder (Colorado), R.G. Athay, A. Skumanich par exemple. Cette thèse sera en réalité la première à être basée sur une idée lancée depuis longtemps par J.C. Pecker : Transfert radiatif non stationnaire. Je suis heureux d'avoir pu aider à l'aboutissement d'une de ces intuitions si propres à l'esprit de J.C. Pecker.

A la fin de ma notice de l'an passé j'avais développé avec quelques détails mon dernier travail (/12/) sur une théorie approchée du transfert radiatif hors ETL, en souhaitant alors faire partager un peu de mon enthousiasme au lecteur.



.../...

Il me semble aujourd'hui que mon intuition ne m'a pas trompé. En moins d'un an, cet article a été étudié, repris et complété par de nombreux collègues ; je citerai un article en préparation de R.G. Athay qui améliore les choses suivant une ligne qui lui est propre, et surtout deux articles de U. et H. Frisch qui ont réussi à formaliser au mieux l'idée physique de départ. Mon activité administrative m'a un peu éloigné de la gestation de ce travail, mais je n'en éprouve aucun regret, bien au contraire ; je suis heureux d'avoir intéressé un esprit aussi brillant que celui d'U. Frisch à mes intuitions et constate avec plaisir qu'elles étaient suffisamment bonnes pour qu'elles conduisent à une œuvre qui servira de référence à cette nouvelle approche des problèmes de transfert.

Si j'ai délibérément renoncé cette année à faire œuvre scientifique originale, j'ai été cependant amené à réfléchir à ce qu'aura été, jusqu'ici, mon apport personnel à la recherche astronomique, et je voudrais en quelques phrases vous dire les ombres et les lumières du tableau qui se dessine à mes yeux. L'occasion de cette réflexion est d'ailleurs née de ma participation au groupe sectoriel n° 3 créé par la D.G.R.S.T. pour la préparation du VIIème plan.

Les ombres d'abord : je ne suis pas l'homme d'un travail long, méthodique, développant à fond un thème unique ou un formalisme complexe. Je préfère de beaucoup essayer de mettre le doigt sur le phénomène physique qui peut expliquer telle ou telle observation incomprise, quitte à laisser à d'autres le soin d'approfondir ou d'étendre le champ d'application de mon idée. Quelques exemples concrets illustreront mon propos :

En 1964 (/2/) j'ai été le premier à démontrer expérimentalement la possibilité de construire des polariseurs pour le rayonnement  $Ly\alpha$  par réflexion brewsterienne.

Les divers satellites D2A, et d'autres expériences du Service d'Aéronomie ont emportés de tels polariseurs ; l'état de polarisation du rayonnement diffus de la géocouronne a été mesuré et constitue bien sûr un élément d'information important.

L'importance des phénomènes de diffusion /4, 5, 6/ a été d'abord reprise dans le cas de la couronne solaire, puis étendue aux couches photosphériques et subphotosphériques. Puis-je rappeler que le premier travail sur ce sujet est celui de F. Praderie qui avait été convaincue par mes arguments, et qui a, avant G. Michaud, montré que des anomalies d'abondances stellaires pouvaient s'expliquer par ces phénomènes. Je citerai, bien sûr, le travail important d'E. Schatzman sur la diffusion dans les étoiles qui a suivi ma thèse, et qui constitue un article de référence sur le sujet.

En 1966 /3/, j'avais proposé une méthode nouvelle d'inversion de la relation Centre-bord. La méthode a été reprise d'abord par un groupe d'acousticiens de Marseille, et plus récemment par D. Gauthier et I. Revah dans leur étude de sondage des atmosphères planétaires.

.../...



../..

En 1969, dans un bref article /7/ j'avais montré qu'il était normal de s'attendre à une remontée de la pression gazeuse dans les couches chromosphériques. Mes collègues qui suivent la littérature solaire savent bien que les observateurs confirment de plus en plus ce pronostic, 6 ans après.

Dans ma thèse, puis plus tard /13/, j'ai proposé que la prise en compte du mouvement d'ensemble de l'atmosphère solaire (continuité du flux du vent solaire) soit essentielle à la compréhension de la structure stationnaire de la zone de transition entre photosphère et couronne. On sait quelle importance cette idée a pris depuis, d'abord dans le cadre relativement restreint du travail de P. Lantos (couronne solaire) mais surtout dans la systématisation de l'idée de flux de masse (R.N. Thomas).

Dans mon exposé introductif à l'U.A.I. de Sydney (/II/) j'ai fait quelques suggestions prospectives ; parmi celles-ci figurait l'idée que l'analogie de l'oscillation de 300s de la granulation solaire pourrait bien exister et être observée dans d'autres étoiles. Moins d'un an après, cette idée était développée -indépendamment selon toute vraisemblance- par M. Schwarzschild.

Lorsque j'étais plus jeune, j'avais l'impression de laisser aussi échapper des thèmes originaux que je me reprochais de ne pas développer à fond. Cet instinct possessif m'a quitté aujourd'hui, et je constate que la variété des sujets abordés m'a permis de nouer des contacts avec des collègues, astronomes ou non, dans des domaines qui n'appartiennent pas à une seule spécialité.

Il serait prétentieux de parler d'une reconversion permanente, puisque les sujets que j'ai abordés tournent tout de même autour d'un thème unique : les atmosphères stellaires. Cependant je n'exclus pas la possibilité de modifier l'orientation de mes recherches ; en particulier j'aimerais petit à petit combler quelques vides : si j'ai mené des travaux expérimentaux de laboratoire pendant quelques années, je n'ai jamais eu l'occasion d'effectuer des observations du type classique, et j'ignore à peu près tout de l'astrophysique extragalactique, et de la cosmologie.

