

L'astronomie physique à l'observatoire de Paris (1870-1914)

Le Gars Stéphane, Centre François Viète, Nantes

Dans le n° 132, Stéphane Le Gars nous décrivait l'histoire de la spectroscopie depuis Newton jusqu'à Bunsen et Kirchhoff dans les années 1860. Voici la suite de cet article avec les débuts de l'astrophysique à l'observatoire de Paris.

Les premières tentatives d'astronomie physique à l'Observatoire de Paris (1874-1888)

Loin d'avoir ignoré les nouveaux développements de l'astronomie, l'Observatoire de Paris s'est vu le lieu, durant la deuxième moitié du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle, de tentatives d'introduction de techniques qui ont fondé ce que l'on appelle aujourd'hui l'astrophysique¹¹. Le physicien Alfred Cornu apparaît comme l'un des premiers savants à avoir investi l'Observatoire pour y réaliser des observations spectroscopiques, à la suite de sa mesure de la vitesse de la lumière en 1874.

Pour des études de photographie astronomique, il utilise l'équatorial de la Tour de l'Est et sa lunette de 8,85 m de focale ; "Lorsque ces expériences furent terminées, le Conseil de l'Observatoire, sur la proposition de son président, M. Le Verrier, décida l'organisation d'un service de Photographie astronomique et voulut bien adopter mon projet d'utilisation du grand équatorial démonté [...]"¹². Mais Cornu, physicien issu de l'École Polytechnique, n'est pas sans inquiétudes vis à vis de l'utilisation scientifique de la photographie : "Les images ainsi amplifiées gagnent peut-être un certain effet artistique, mais elles perdent le caractère le plus précieux des images directes, celui d'être absolument affranchies de toute aberration [...]"¹³. Pourtant, il réalise des photographies d'Uranus, du Soleil, de la Lune, et envisage des applications à la photographie de Vénus et de Jupiter.

Mais son travail à l'Observatoire rencontre un obstacle majeur, l'équatorial de la Tour de l'Est lui-même, quasi inutilisable en raison de la lunette elle-même (pour des problèmes de verre) et de la coupole¹⁴. Après son repolissage par Secrétan, Cornu peut malgré tout l'utiliser dès 1874. Il y effectuera pendant quatre ans des recherches photographiques et spectroscopiques. Le directeur de l'Observatoire, Ernest Mouchez, notera en 1882 qu'hormis le problème lié à l'objectif, le mécanisme était également insuffisant à un point tel qu'il fallait une demi-heure pour faire tourner la coupole. Malgré cela, Cornu arrive à effectuer des études de photographie planétaire, et envisage de poursuivre par la réalisation de photographies stellaires. Il va également utiliser l'équatorial de la Tour de l'Est pour des études spectroscopiques, notamment sur le spectre de l'étoile nouvelle apparue dans la constellation du Cygne en 1876 (on nomme maintenant ces astres des novae). Après avoir montré l'allure du spectre – à savoir des raies brillantes se détachant sur un fond lumineux, interrompu entre le vert et l'indigo – Cornu donne le résultat des mesures obtenues à l'aide d'un spectroscopie à vision directe de Duboscq, tout d'abord à l'aide des divisions de l'échelle arbitraire obtenue puis dans l'échelle des longueurs d'onde, en utilisant les raies C et F de l'hydrogène et D du sodium pour la correspondance (figure 1).

Cornu note l'analogie de composition entre le spectre de cette étoile et celle de la chromosphère du Soleil, mais montre aussitôt les difficultés posées par l'analyse des spectres en astronomie : "je m'abs-tiendrai de tout commentaire et de toute hypothèse à ce sujet ; je crois que nous manquons de données nécessaires pour arriver à une conclusion utile, ou tout

¹¹ Voir par exemple : Legars Stéphane, Maison Laetitia, "Janssen, Rayet, Cornu : trois parcours exemplaires dans la construction de l'astronomie physique en France (1860-1890)", *Revue d'Histoire des Sciences*, t.59-1, janvier-juin 2006, p.51-81.

¹² Cornu Alfred, "Études de photographie astronomique", CRAS, 1876, t.83, p.44

¹³ *Ibid.*, p.45.

¹⁴ Veron Philippe, "L'Équatorial de la Tour de l'Est de l'Observatoire de Paris", <http://www.obs-hp.fr/www/preprints/pp158/pp158.pdf>

au moins susceptible de contrôle. Quelques attrayantes que soient ces hypothèses, il ne faut pas oublier qu'elles sont en dehors de la Science, et que, loin de la servir, elles risquent fort de l'entraver."¹⁵



L'ordre $\alpha\beta\gamma$ est celui de leur intensité, en tenant compte de la visibilité de la couleur. Les chiffres suivants sont les divisions de l'échelle qui définissent leur position :

	α	δ	γ	β	ζ	η	θ	ϵ
	30	44	60	66	73	81	100	113
Observ	661	558	531	517	500	483	451	435
Hydrogène	656(C)	"	"	"	"	486(F)	"	434
Sodium	"	589(D)	"	"	"	"	"	"
Magnésium	"	"	"	589(b moy)	"	"	"	"
Raie de la couronne sol.	"	"	532	"	"	"	"	"
Raies de la chromosph.	"	587	"	"	"	"	"	447

Fig.1. Spectre de l'étoile nouvelle de la constellation du Cygne obtenu par Cornu en 1876. (Cornu Alfred, "Sur le spectre de l'étoile nouvelle de la constellation du Cygne", *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 83, 1876, p.1172-1174).

Ainsi, la tentative d'insertion de l'astronomie physique au sein de l'Observatoire de Paris se solde par un échec, à cause d'un matériel attribué par défaut (dans tous les sens du terme) à la nouvelle science astronomique. En dépit d'une volonté de façade, l'institution phare de la Mécanique Céleste ne donne pas de moyens exclusifs et spécialisés à l'astronomie physique. Mais Cornu va cependant contribuer par d'autres travaux au développement de la discipline en France, lui imprimant une spécificité que l'on retrouvera chez ses élèves : limite ultraviolette du spectre solaire, utilisation de l'effet Doppler-Fizeau pour l'identification des raies telluriques du spectre solaire, étude du renversement des raies du spectre d'un élément chimique en vue de l'identification de séries de raies de l'hydrogène et de la découverte d'une fonction hydrogénique, étude notamment reliée à une réflexion sur l'hypothèse cosmogonique de Laplace. Cornu commence alors à devenir un personnage important de l'astronomie française : alors qu'il est professeur de physique à l'École Polytechnique depuis 1867, il devient membre du Conseil de l'Observatoire de Paris le 23 février 1875 (il en est son secrétaire) et membre de l'Institut le 3 juin 1878. Cette même année, il obtient le prix Lacaze et la médaille Rumford, et est fait Chevalier la Légion d'Honneur. Le 6 mars 1886, il devient membre du Bureau des Longitudes, et apparaît également parmi les membres du Conseil de l'Observatoire de Meudon et du Conseil de l'Observatoire de Nice. Il sera élu membre honoraire de nombreuses sociétés savantes, comme la Société des Spectroscopistes Italiens, la Société Royale de Londres, la Société Royale Astronomique de Londres. Il sera également président

¹⁵ Cornu Alfred, "Sur le spectre de l'étoile nouvelle de la constellation du Cygne", *CRAS*, 83, 1876, p.1174.

de la Société Française de Physique et de la Société Astronomique de France (juste après Jules Janssen, de 1897 à 1899), et membre du comité éditorial de l'*Astrophysical Journal* lors de sa fondation par George Ellery Hale en 1895.

La création d'un Service d'Astronomie Physique à l'Observatoire de Paris (1889-1914)

Élève de Cornu à l'École Polytechnique, le physicien Henri Deslandres (1853-1948) est nommé astronome adjoint à l'Observatoire de Paris le 13 août 1889, en tant que responsable d'un service de spectroscopie. Il est chargé de l'étude régulière des spectres stellaires par Mouchez, spectres devant permettre "la mesure des longueurs d'onde, [...] la recherche de la composition chimique et des mouvements propres"¹⁶. Après avoir soutenu sous la direction de Cornu une thèse de spectroscopie en 1888¹⁷, Deslandres applique la spectroscopie à l'étude des astres, alors que l'observatoire d'astronomie physique de Paris, sis à Meudon, dirigé par Janssen depuis 1875, est pourtant le lieu officiel de cette discipline.

Mouchez met à la disposition de Deslandres le télescope de 1,20 m de l'Observatoire de Paris, télescope d'une ouverture très grande pour l'époque¹⁸. Malheureusement ce télescope, imaginé par Léon Foucault qui mourut avant qu'il soit terminé, fut achevé par Adolphe Martin qui réalisa un très mauvais polissage du miroir : Deslandres arrive donc à la tête d'un service pionnier et unique en France, et récupère un appareil quasiment inutilisé, parce que possédant de piètres performances optiques.

Quoi qu'il en soit, Deslandres va alors procéder à un certain nombre de modifications du télescope pour le rendre plus maniable et plus adapté à la photographie, ce qui lui prendra pratiquement deux ans, tout en essayant d'adapter également le sidérostas de Foucault à la mesure des vitesses radiales des étoiles¹⁹ (figure 2). Les problèmes sont en effet multiples : il faut

¹⁶ Deslandres Henri, "Organisation des recherches spectroscopiques avec le grand télescope de l'Observatoire de Paris", *CRAS*, t.111, 1890, p.562.

¹⁷ "Spectres des bandes ultraviolets des métalloïdes avec une faible dispersion", *thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris*, Gauthier-Villars et Fils, 1888 ; reproduite dans *Annales de Chimie et de Physique*, 1888, t.15, p.5-86

¹⁸ On peut citer cite comme réflecteurs les plus imposants à cette époque : le télescope de 1,20 m de l'observatoire de Melbourne (distance focale : 9,60 m), le télescope de Lord Rosse en Irlande (1,85 m de diamètre et 17 m de distance focale) et le télescope de Foucault de 0,80 m de diamètre et 4,80 m de distance focale installé à Marseille.

¹⁹ Deslandres Henri, "Organisation des recherches spectroscopiques avec le grand télescope de l'Observatoire de Paris.", *CRAS*, t.111, 1890, p.562-564.

pouvoir suivre l'étoile pendant les longues poses photographiques, pouvoir manœuvrer l'appareil pendant le suivi, profiter d'une dispersion suffisante du spectroscope. Ceci limitera l'étude aux étoiles suffisamment brillantes, étant donné la mauvaise qualité de l'optique du télescope.

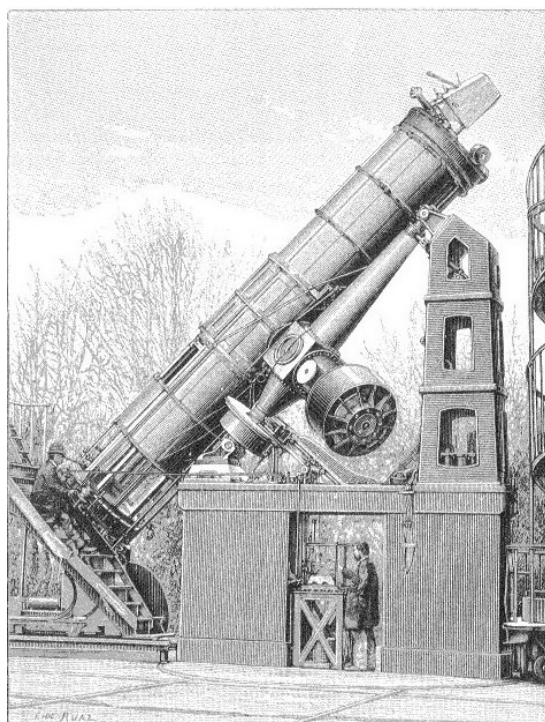


Fig.2. Le grand télescope de l'observatoire de Paris, transformé pour l'étude de la vitesse de rapprochement et d'éloignement des astres par rapport à la Terre.

En l'espace de deux ans, Deslandres va aboutir cependant à un certain nombre de résultats. Tout d'abord, il va résoudre le problème du suivi en utilisant les rayons rouges renvoyés par le spectroscope (Deslandres ne photographiant que la partie violette, actinique, du spectre), ces rayons étant déviés par un prisme à réflexion totale vers une lunette à réticule. Dès 1890, et à l'aide de cette modification complétée par l'ajout d'un miroir à 45° fixé à la fente pour faciliter encore le pointé de l'étoile, Deslandres peut photographier, à l'aide d'un spectroscope ancien normalement prévu pour l'observation oculaire, un certain nombre de spectres stellaires tel que celui de l'étoile Capella (figure 3).

Je ne détaillerai pas plus les travaux de spectroscopie, notamment en ce qui concerne la mise au point de son spectrohélographe, et renvoie pour cela aux articles d'Audoin Dollfus dans la revue *L'Astronomie*²⁰ ; je vais plutôt aborder la vie de ce Service d'Astronomie Physique après le départ de Deslandres pour

l'observatoire de Meudon en janvier 1898. Maurice Loewy, alors directeur de l'Observatoire de Paris, décide en effet de maintenir la présence de la nouvelle astronomie au sein de son établissement voué à la mécanique céleste. Il en confie la direction à Maurice Hamy, autour de qui, entre 1898 et 1914 (mais également après la première guerre mondiale), va travailler un groupe restreint mais actif et original. composé de Maurice Hamy, de Pierre Salet, de Charles Nordmann, et, dans une moindre mesure, de Gaston Millochou, ce groupe développera en effet des recherches souvent pionnières sur les étoiles, où l'instrumentation jouera un grand rôle dans des techniques variées : spectroscopie, interférométrie, polarimétrie entre autres. Je détaillerai uniquement certains travaux de ce groupe, qui concernent particulièrement la spectroscopie ou la photométrie.

Ces astronomes ont souvent réalisé un travail en équipe, notamment en ce qui concerne la spectroscopie stellaire, domaine encore peu développé en France à cette époque. En 1921, Hamy publie un mémoire sur le travail réalisé depuis au moins 1911, où il fait le constat de la volonté exprimée par Loewy de poursuivre après le départ de Deslandres, en 1898, la spectroscopie stellaire à l'OP. Mais ce n'est que peu avant la mort de Loewy en 1907 que le spectrographe mis au point par Hamy fut construit par Gautier. De plus, Hamy rencontre le problème d'un matériel non consacré uniquement à ce projet car "Loewy, voulant se réserver la faculté d'affecter, à tout instant, l'équatorial coudé à la photographie du ciel, décida malheureusement de laisser en place toutes les pièces en service, dans le travail concernant la photographie de la Lune, même les plus encombrantes"²¹. Après 1907, Hamy peut donc réaliser un travail de spectroscopie stellaire conséquent, dépendant au préalable de l'adaptation de l'équatorial coudé à cet objectif, celui-ci fournissant des images focales "laissant fréquemment à désirer."²², en raison de sa grande sensibilité aux changements de température. C'est sur ce point que Hamy travaille notamment : le spectrographe est enfoncé successivement dans des caisses en fonte, en laiton, et en cuivre. De plus, la température est maintenue constante à l'aide d'un régulateur commandé par une résistance électrique. Finalement, entre 1911 et 1914, un grand nombre de mesures de vitesses radiales seront réalisées sur Arcturus, β Andromède, γ Andromède, α Bélier, α Persée, α Taureau, β et α Orion, etc.

²⁰ Dollfus Audoin "Henri Deslandres et le spectrohélographe, l'épopée d'une recherche", *L'Astronomie*, février et mars-avril 2003, p.68-74 et p.148-153, mars-avril 2005, p.150-159.

²¹ Hamy Maurice, "Le spectrographe stellaire", *Annales de l'Observatoire de Paris*, vol.32, 1925, p.B2.

²² *Ibid.*

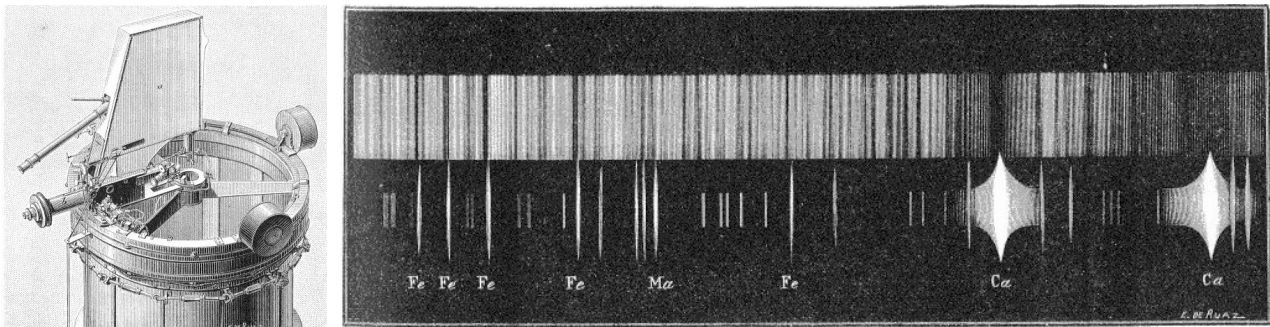


Fig.3. Le spectroscopie monté sur le télescope de 1,20 m de l'Observatoire de Paris, et spectre de Capella. (Espitalier, G., "La vitesse des étoiles et les études spectrales de M. Deslandres", *La Nature*, 1893, 21^e année, 1^{er} semestre, p.275-278.

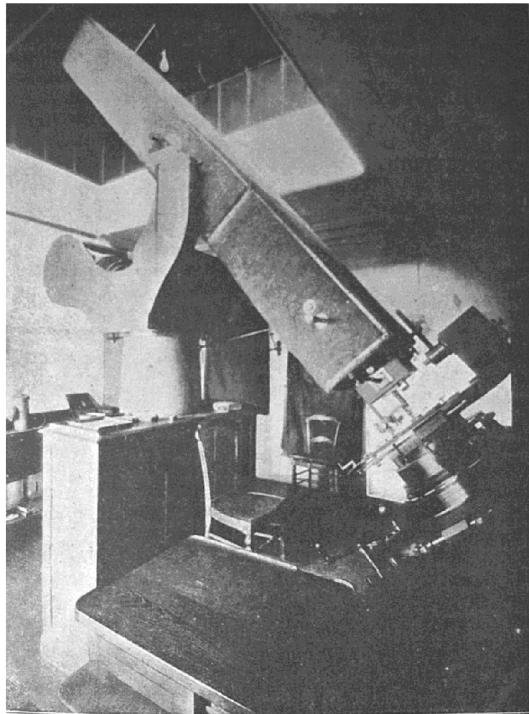


Fig.4. Chambre d'observation du grand équatorial coudé de l'Observatoire de Paris et spectrographe stellaire de M. Hamy (Milochau G., *De la Terre aux astres*, Paris, Librairie Delagrave, 1910, p.45).

Charles Nordmann, pour sa part, va entre autres développer la photométrie stellaire. Il fait en 1909 un état de cette technique encore peu utilisée en écrivant que "la mesure exacte des rayonnements est, au même titre que celle de leurs positions, la base indispensable à notre connaissance de l'Univers stellaire. Et cependant, si l'on met à part le Soleil dont la lumière gigantesque a permis de lui appliquer les procédés les plus délicats d'analyse et de mesure, il faut convenir que l'Astrophotométrie est encore à l'heure actuelle une science à peine ébauchée."²³ C'est en 1906 que Nordmann met au point son photomètre stellaire hétérochrome. Cet appareil

fournit l'image de l'étoile étudiée en même temps que l'image d'un astre artificiel produite par une lampe électrique alimentée par des accumulateurs et réglée au moyen d'un rhéostat et d'un voltmètre. L'égalité des deux lumières est obtenue à l'aide de deux nicols, puis est interposée sur le trajet des deux faisceaux lumineux une série d'écrans colorés (trois différents, obtenus grâce aux résultats acquis à la même époque en chimie sur l'aniline, selon Nordmann) permettant de ne laisser passer qu'une région bien définie du spectre. Ainsi, les teintes des deux sources lumineuses à comparer (l'étoile réelle et l'étoile artificielle) sont identiques, ce qui permet d'obtenir les rapports d'intensité des étoiles en fonction de la longueur d'onde.

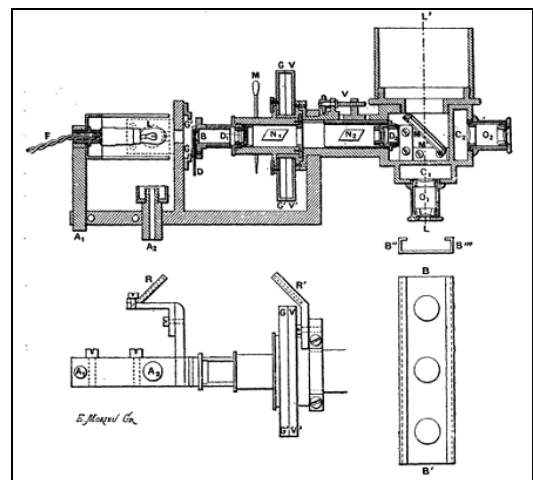


Fig.5. Le photomètre stellaire hétérochrome de Charles Nordmann (source : Nordmann Charles, "L'espace céleste est-il un milieu dispersif?", *Bulletin Astronomique*, t.26, 1909, p.11).

En adaptant son appareil au petit équatorial coudé de l'OP (de 270 mm de diamètre), Nordmann peut, dès 1909, donner les températures effectives d'un certain nombre d'étoiles. Il utilise pour cela la loi de Planck, qui donne l'intensité du rayonnement d'un corps noir en fonction de la longueur d'onde, pour différentes températures :

$$E(\lambda, T) = C \cdot \lambda^{-5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{c}{\lambda T}} - 1}$$

²³ Nordmann Charles, « Introduction à la photométrie hétérochrome des astres », *Bulletin Astronomique*, t.26, 1909, p.158.

Nordmann mesure en fait les intensités R et B des images obtenues pour deux radiations, bleue et rouge, puis représente graphiquement $\log \frac{R}{B}$ en fonction de $\frac{1}{T}$.

L'étalonnage de son appareil est réalisé au moyen de trois fours différents et du cratère positif de l'arc électrique (donc pour $1408 \text{ K} \leq T \leq 3616 \text{ K}$), puis extrapolé à l'aide de la formule de Planck. Il obtient ainsi une droite qui lui sert ensuite à obtenir la température de chaque étoile après mesure de R et B : dès 1909, Nordmann peut alors calculer les températures de quinze étoiles, qu'il corrige à la baisse deux mois plus tard. Pour le Soleil notamment, en octobre 1909 il a avancé 5990 K, puis 5320 K en décembre de la même année (figure 6).

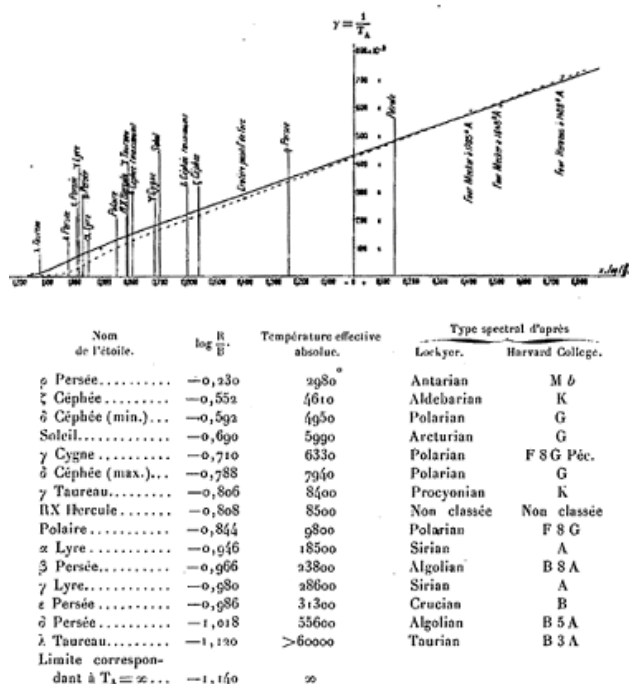


Fig.6. Le photomètre stellaire hétérochrome de Charles Nordmann (Source : Nordmann Charles, « Nouvelle approximation dans l'étude des températures effectives des étoiles », CRAS, t.149, 1909, p.1039 ; Nordmann, Charles, « Méthode permettant la mesure des températures effectives des étoiles. Premiers résultats », CRAS, t.149, 1909, p.560.).

Le travail photométrique de Nordmann concernant la température effective des étoiles constitue un programme conséquent et original qui lui permet d'organiser et de diriger à partir de 1920 un service d'astronomie hétérochrome à l'Observatoire de Paris, et qui suscite dès le début l'intérêt de certains astronomes. Ainsi, Bigourdan, soutenant Nordmann pour une entrée à l'Académie des Sciences, écrit en 1911 à d'Arsonval que "Par l'invention d'un photo-

mètre hétérochrome il a permis en effet, d'étudier 100 fois plus d'étoiles qu'on ne le pouvait jusqu'ici [...]"²⁴.

En conclusion, cet article montre que l'Observatoire de Paris a bien été le lieu de recherches d'astrophysique dès la fin du XIX^e siècle, et non le temple unique de la mécanique céleste et de l'astronomie de position.

Je n'ai pas détaillé davantage les travaux du Service d'Astronomie Physique dirigé par Hamy alors que des recherches polarimétriques et physiques ont également été menées.

L'oubli de ce Service aujourd'hui tient peut-être en la perception, à l'époque, des acteurs de cette recherche astronomique originale. Car, à côté de leurs travaux astrophysiques, Nordmann, Salet ou Millochau ont également écrit des ouvrages où astronomie et métaphysique se côtoyaient allègrement.

Pierre Salet, par exemple, publiera des ouvrages consacrés à des textes anciens de l'Inde brahmanique ou bouddhique, des études sur un astronome et poète persan du XI^e siècle, Omar Khayyam, ou sur des philosophes de l'ancienne Chine, mais également une anthologie de pensées des sages de tous les pays et de toutes les époques.

L'introduction de ce dernier livre est éloquent ; Salet indique les choix qui l'ont guidé dans sa rédaction, et probablement dans l'ensemble de son travail tant littéraire que scientifique : "L'amour de la vérité, dont les conséquences sont le goût de la libre recherche et le rejet de tout dogmatisme. L'amour du beau, qui fait naître l'enthousiasme artistique et le mépris de ce qui est bas et vulgaire. Enfin l'amour du bien, c'est-à-dire la recherche du progrès moral et le dédain des récompenses que pourraient nous valoir nos actions"²⁵. Et Nordmann, dans la même veine littéraire écrit pour sa part que "Les étoiles sont adorables parce qu'elles sont pareilles à ces chimères vers qui tend vainement l'inaccessible amour"²⁶, et termine le même ouvrage par un plaidoyer pour une science poétique : "Et rien n'est aussi amusant que les hypothèses invérifiables. Rien ne prête davantage à la rêverie, à l'élan vers l'infini, qui, à en croire Platon, est l'amour même. C'est pour cela que les hommes de science dignes de ce nom, sont des poètes. C'est pour cela que rien ne recèle plus de poésie que la Science"²⁷.

²⁴ « Lettre de Bigourdan à d'Arsonval le 14 mai 1911 Paris », Archives de l'Académie des Sciences, Dossier Nordmann.

²⁵ Salet, Pierre, *Le Livre de la Sagesse*, Payot, Paris, sans date.

²⁶ Nordmann, Charles, *Le Royaume des Cieux. Un peu du secret des étoiles*, Hachette, Paris, 1923, p.6.

²⁷ *Ibid.*, p.254-255.