

Dictionnaire des astronomes français (1850-1950)

Philippe Véron Observatoire de Haute Provence

APERÇU HISTORIQUE

La révolution de février 1848 entraîna l'abdication de Louis-Philippe et la proclamation de la II^e République. Les insurrections de mai et surtout de juin 1848 furent violemment réprimées. Le conflit qui opposa ensuite le prince président Louis Napoléon Bonaparte et l'Assemblée législative qui mena une politique de réaction, aboutit finalement au coup d'État du 2 décembre 1851. En 1852, le prince président se faisait décerner le titre d'empereur par un *sénatus-consulte* (c'est-à-dire un acte voté par le Sénat et ayant la valeur d'une loi). Le Second Empire (1852-1870) fut d'abord pour la France une période de prodigieux essor économique. Cette phase d'expansion du capitalisme libéral eut pour contrepartie la formation d'un prolétariat de plus en plus important et défavorisé.

Le monde scientifique français, sous le Second Empire, fut soumis à un régime fortement centralisé et autoritaire. Le grand maître de l'Université de 1852 à 1856, Fortoul, introduisit des réformes qui avaient pour but de tenir en main une institution livrée à de dangereux libres penseurs : il supprima l'agrégation de philosophie et institua dans les lycées la « bifurcation », c'est-à-dire le choix entre une filière scientifique et une filière classique. Mais son œuvre eut des retombées positives pour l'essor des sciences exactes : la bifurcation permettait aux élèves de se spécialiser plus tôt dans cette direction (et sa suppression par Duruy fut néfaste). De plus, il introduisit au sein du corps universitaire un état d'esprit favorable à des spécialités telles que l'histoire naturelle, l'astronomie, la chimie et la physique expérimentale. Quelques savants furent honorés par le régime et s'y rallièrent sans hésitation ; ce fut le cas de Le Verrier.

Le Second Empire s'effondra après de cuisants échecs militaires, en particulier la capitulation de Sedan le 2 septembre 1870 qui fut suivie de la journée insurrectionnelle du 4 septembre et de la proclamation de la III^e République qui fut marquée à ses débuts par la guerre franco-allemande (1870-1871) et la Commune de Paris. La défaite de 1870 fut subie comme une humiliation ; elle exigeait que chacun se ressaisisse. Elle fut désir de revanche, mais aussi source de réflexion et volonté de résurrection : le projet de l'école laïque est d'abord un projet patriotique, au même titre que le projet de restauration scientifique.

Malgré les secousses provoquées par le boulangisme (1885-1889), le scandale de Panama (1888-1893) et l'affaire Dreyfus (1894-1899), la République se maintint ; ses chefs firent aboutir un programme de réformes démocratiques : liberté de presse et de réunion, instruction laïque et obligatoire, séparation de l'Église et de l'État. Sous la pression du socialisme, ils dotèrent la France d'une législation ouvrière. À l'extérieur, la politique est caractérisée par la conclusion d'une alliance avec la Russie (1894), d'une entente cordiale avec l'Angleterre (1904) et par le développement de l'expansion coloniale. La France participe au formidable essor de l'économie industrielle et des techniques, mais elle souffre des faiblesses de sa démographie. En 1914, elle est engagée dans une guerre provoquée par l'Allemagne ; elle en sort victorieuse, mais épuisée. Tandis que la politique extérieure française, sous l'influence de Briand, est caractérisée par son attachement à la Société des Nations et par son désir de réconciliation avec l'Allemagne, la politique intérieure est marquée par les luttes de partis et l'instabilité ministérielle. En 1925, une crise de confiance déclenche une grave crise monétaire ; en avril, la livre sterling bondit à 100 francs. Le 21 juillet 1926, le cabinet qu'Édouard Herriot vient de former sur les instances pressantes du président de la République est renversé dès sa présentation : la livre est à 244 francs ; la panique gagne les épargnants, l'agitation gronde dans la rue. Gaston Doumergue fait appel pour dénouer la crise, redresser la monnaie, ramener le calme à Raymond Poincaré. Le retour de Poincaré ramène immédiatement le calme ; la fièvre tombe comme par miracle ; la livre redescend le lendemain de la présentation du gouvernement, le 23 juillet, à 208 francs ; elle repasse au-dessous de 200 francs le 26 et à 196 le 27. La confiance revient et la remontée du franc se poursuit : à la fin de l'année, la livre est redescendue autour de 125 francs (Rémond, 1988). La

situation financière, stabilisée en 1928, devient angoissante en 1931 quand la France, à son tour, est touchée par la crise économique mondiale. Les premières atteintes de la dépression se traduisent par un ralentissement de l'activité productive ; la crise présente les symptômes d'une maladie de langueur. La croissance s'arrête pour sept ou huit ans. Le Front populaire, qui triomphe en 1936, fait faire un progrès considérable à la législation sociale par les accords Matignon (18 juin 1936). En 1938, la France et ses anciens alliés laissent l'Allemagne annexer l'Autriche puis, en 1939, le pays des Sudètes et la Tchécoslovaquie ; elle réagit, en accord avec l'Angleterre, lorsque les armées allemandes pénètrent en Pologne ; elle déclare la guerre au Reich (3 septembre 1939), mais est à son tour envahie en mai 1940 ; la campagne de France se solde par une défaite rapide. Le maréchal Pétain forme un nouveau gouvernement le 17 juin et demande l'Armistice tandis que, le 18, le général de Gaulle invite de Londres les Français à la résistance. Le 6 juin 1944, les alliés débarquent en Normandie et foncent sur Paris qui est libéré le 25 août. Le gouvernement provisoire, présidé par le général de Gaulle, s'y installe aussitôt... Mais, en désaccord avec la majorité de la première Assemblée constituante, le général de Gaulle démissionne en janvier 1946. La Constitution de 1946, adoptée par référendum, entre en vigueur en janvier 1947 avec le président Auriol.

DEUXIÈME RÉPUBLIQUE

Ministres de l'instruction publique et des cultes

Carnot, Hippolyte (1801-1888)	24.02.1848-05.07.1848
Vaulabelle, Achille de (1799-1879)	05.07.1848-13.10.1848
Freslon, Pierre (1808-1867)	13.10.1848-20.12.1848
Falloux, Frédéric de (1811-1886)	20.12.1848-30.10.1849
Pariou, Louis de (1815-1893)	31.10.1849-24.01.1851
Giraud, Charles (1802-1881)	24.01.1851-10.04.1851
Dombidau de Crouseilles, Frédéric (1792-1861)	10.04.1851-26.10.1851
Giraud, Charles (1802-1881)	26.10.1851-03.12.1851

SECOND EMPIRE

Ministres de l'instruction publique et des cultes

Fortoul, Hippolyte (1811-1856)	03.12.1851-07.07.1856
Vaillant, Jean-Baptiste (1790-1872)	07.07.1856-13.08.1856
Rouland, Gustave (1806-1878)	13.08.1856-24.06.1863

Ministres de l'instruction publique

Duruy, Victor (1811-1894)	24.06.1863-17.07.1869
Bourbeau, Louis-Olivier (1811-1877)	17.07.1869-02.01.1870
Segris, Émile (1811-1880)	02.01.1870-14.04.1870
Richard, Maurice (1832-1888)	14.04.1870-15.05.1870
Mege, Jacques (1817-1878)	15.05.1870-10.08.1870
Brame, Jules (1808-1878)	10.08.1870-04.09.1870

TROISIÈME RÉPUBLIQUE

Ministres de l'instruction publique, des cultes et des beaux-arts

Simon, Jules (1814-1896)	05.09.1870-18.05.1873
--------------------------	-----------------------

Ministres de l'instruction publique

Waddington, William (1826-1894)	18.05.1873-25.05.1873
---------------------------------	-----------------------

Ministres de l'instruction publique, des cultes et des beaux-arts

Batbie, Anselme (1828-1887)	25.05.1873-25.11.1873
Fourtou, François (1836-1897)	26.11.1873-21.05.1874
Cumont, Arthur de (1818-1902)	22.05.1874-09.03.1875
Wallon, Henri (1812-1904)	10.03.1875-09.03.1876
Waddington, William (1826-1894)	09.03.1876-16.05.1877
Brunet, Joseph (1829-1891)	17.05.1877-22.11.1877
Faye, Hervé (1814-1902)	23.11.1877-14.12.1877
Bardoux, Agénor (1829-1897)	14.12.1877-30.01.1879
Ferry, Jules (1832-1893)	04.02.1879-18.09.1880
Ferry, Jules (1832-1893)	23.09.1880-13.11.1881
Bert, Paul (1833-1886)	14.11.1881-29.01.1882
Ferry, Jules (1832-1893)	30.01.1882-06.08.1882
Duvaux, Jules (1827-1902)	10.08.1882-20.02.1883

Ferry, Jules (1832-1893)	21.02.1883-20.11.1883
Fallières, Armand (1841-1931)	20.11.1883-05.04.1885
Goblet, René (1828-1905)	06.04.1885-10.12.1886
Berthelot, Marcelin (1827-1907)	11.12.1886-29.05.1887
Spuller, Eugène (1835-1896)	30.05.1887-11.12.1887
Faye, Étienne (1828-1900)	12.12.1887-02.04.1888
Lockroy, Édouard (1838-1913)	03.04.1888-21.02.1889
Fallières, Armand (1841-1931)	22.02.1889-16.03.1890
Bourgeois, Léon (1851-1925)	17.03.1890-06.12.1892
Dupuy, Charles (1851-1923)	06.12.1892-04.04.1893
Poincaré, Raymond (1860-1934)	04.04.1893-02.12.1893
Spuller, Eugène (1835-1896)	03.12.1893-29.05.1894
Leygues, Georges (1857-1933)	30.05.1894-26.01.1895
Poincaré, Raymond (1860-1934)	26.01.1895-31.10.1895
Combes, Émile (1835-1921)	01.11.1895-28.04.1896
Rimbaud, Alfred (1842-1905)	29.04.1896-28.06.1898
Bourgeois, Léon (1851-1925)	28.06.1898-31.10.1898
Leygues, Georges (1857-1933)	01.11.1898-06.06.1902
Chaumie, Joseph (1849-1919)	07.06.1902-24.01.1905

Ministres de l'instruction publique, des beaux-arts et des cultes

Bienvenu-Martin, Jean-Baptiste (1847-1943)	24.01.1905-13.03.1906
Briand, Aristide (1862-1932)	14.03.1906-04.01.1908

Ministres de l'instruction publique et des beaux-arts

Doumergue, Gaston (1863-1937)	04.01.1908-02.11.1910
Faure, Maurice (1850-1919)	03.11.1910-01.03.1911
Steeg, Théodore (1868-1950)	02.03.1911-14.01.1912
Guist'hau, Gabriel (1863-1931)	14.01.1912-21.01.1913
Steeg, Théodore (1868-1950)	21.01.1913-22.03.1913
Barthou, Jean (1862-1934)	22.03.1913-08.12.1913
Viviani, René (1862-1925)	09.12.1913-08.06.1914
Dessoye, Sébastien (1854-1927)	09.06.1914-13.06.1914
Augagneur, Victor (1855-1931)	13.06.1914-03.08.1914
Sarraut, Albert (1872-1962)	03.08.1914-28.10.1915
Painlevé, Paul (1863-1933)	29.10.1915-12.12.1916
Viviani, René (1862-1925)	12.12.1916-19.03.1917
Steeg, Théodore (1868-1950)	20.03.1917-12.09.1917
Daniel-Vincent, Charles (1874-1960)	12.09.1917-15.11.1917
Lafferre, Louis (1861-1929)	16.11.1917-27.11.1919
Bérard, Léon (1876-1960)	27.11.1919-18.01.1920
Honorat, André (1868-1950)	20.01.1920-15.01.1921
Bérard, Léon (1876-1960)	16.01.1921-29.03.1924
Jouvenel des Ursins, Robert (1876-1935)	29.03.1924-08.06.1924
François-Albert (1877-1973)	14.06.1924-16.04.1925
Monzie, Anatole de (1876-1947)	17.04.1925-11.10.1925
Delbos, Yvon (1885-1956)	11.10.1925-27.11.1925
Daladier, Édouard (1884-1970)	28.11.1925-08.03.1926
Lamoureux, Lucien (1888-1970)	09.03.1926-22.06.1926
Daladier, Edouard (1884-1970)	19.07.1926-22.07.1926

Herriot, Édouard (1872-1957)	23.07.1926-06.11.1928
Marraud, Pierre (1861-1958)	11.11.1928-20.02.1930
Durand, Jean (1865-1936)	21.02.1930-01.03.1930
Marraud, Pierre (1861-1958)	02.03.1930-12.12.1930
Chautemps, Camille (1885-1963)	13.12.1930-26.01.1931
Roustan, Marie (1870-1942)	27.01.1931-02.06.1932

Ministres de l'éducation nationale

Monzie, Anatole de (1876-1947)	03.06.1932-30.01.1934
Berthod, Adrien (1877-1944)	30.01.1934-08.11.1934
Mallarmé, Victor (1877-1956)	08.11.1934-31.05.1935
Roustan, Marie (1870-1942)	01.06.1935-06.06.1935
Marcombes, Philippe (1877-1935)	07.06.1935-13.06.1935
Roustan, Marie (1870-1942)	17.06.1935-23.01.1936
Guernut, Henri (1876-1943)	24.01.1936-04.06.1936
Zay, Jean (1904-1944)	04.06.1936-10.09.1939
Delbos, Yvon (1885-1956)	13.09.1939-20.03.1940
Sarraut, Albert (1872-1962)	21.03.1940-05.06.1940
Delbos, Yvon (1885-1956)	05.06.1940-16.06.1940
Rivaud, Albert (1876-1956)	16.06.1940-12.07.1940
Mireaux, Émile (1885-1969)	12.07.1940-06.09.1940

ÉTAT FRANÇAIS

Secrétaires d'État à l'éducation nationale et à la jeunesse

Ripert, Georges (1880-1958)	06.09.1940-13.12.1940
Chevalier, Jacques (1882-1962)	13.12.1940-23.02.1941
Carcopino, Jérôme (1881-1970)	24.02.1941-18.04.1942
Bonnard, Abel (1883-1968)	18.04.1942-20.08.1944

QUATRIÈME RÉPUBLIQUE

Ministres de l'instruction publique

Capitant, René (1901-1970)	04.09.1944-09.09.1944
----------------------------	-----------------------

Ministres de l'éducation nationale

Capitant, René (1901-1970)	09.09.1944-21.11.1945
Giacobbi, Paul (1896-1951)	21.11.1945-26.01.1946
Naegelen, Marcel (1892-1978)	26.01.1946-26.07.1948
Delbos, Yvon (1885-1956)	26.07.1948-05.09.1948
Tony-Révillon, Michel (1891-1957)	05.09.1948-11.09.1948
Delbos, Yvon (1885-1956)	11.09.1948-02.07.1950
Morice, André (1900-1990)	02.07.1950-12.07.1950
Lapie, Pierre-Olivier (1901-1994)	12.07.1950-11.08.1951

ABRÉGÉ DE L'HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE

Jusqu'au XVIII^e siècle, l'astronomie s'est bornée à l'étude du système planétaire. Des étoiles, nos ancêtres n'ont rien su sinon qu'elles étaient fixes.

La conviction scientifique que le Soleil est une étoile est moderne: elle exigeait qu'on eût la preuve de l'extrême éloignement des étoiles. Cette preuve est contenue dans le système de Copernic, où l'immense orbite de la Terre autour du Soleil ne modifie ni l'éclat des étoiles, ni la taille, ni la forme des constellations. Au XVIII^e siècle, la perfection des instruments méridiens engage les astronomes à rechercher des parallaxes, c'est-à-dire les minuscules déplacements perspectifs que pourrait provoquer chez certaines étoiles, plus proches que les autres, la translation annuelle de la Terre : c'est en recherchant des parallaxes que Bradley découvre l'aberration (1727) et la nutation (1748). L'échec de ces recherches montrait que la lumière de toute étoile met plus d'une année à nous parvenir, tandis qu'elle vient du Soleil en huit minutes. Si le Soleil était aussi éloigné, sa luminosité ne deviendrait-elle pas aussi faible que celle d'une étoile ? On attribue parfois à Halley le mérite d'avoir souligné ce fait essentiel.

La première évaluation raisonnable de la distance de la Terre au Soleil date de 1672. Pointant simultanément la planète Mars en opposition, Picard à Paris et Richer à Cayenne déduisent de leurs mesures que la distance Terre Soleil vaut 140 millions de kilomètres (la valeur correcte est de 150 millions). Auparavant, on croyait cette distance vingt fois plus courte.

En 1610, quand Galilée tourne vers le ciel sa première lunette, la révélation est prodigieuse: des myriades d'étoiles que l'œil nu n'avait jamais soupçonnées peuplent le champ de l'appareil.

En 1718, Halley découvre les premiers mouvements propres stellaires. En comparant les positions anciennes de plusieurs étoiles brillantes aux positions qu'il observe, il décèle dans quelques cas des écarts supérieurs à ceux qu'on peut attribuer aux erreurs d'observation. Il annonce en particulier que Sirius, Arcturus et Aldebaran ont bougé au cours des siècles ; les deux premiers mouvements ont été confirmés. Ainsi prend fin le dogme de la *fixité* des étoiles : les étoiles sillonnent l'espace et, malgré l'éloignement, leurs trajets finissent, avec les siècles, par devenir sensibles à notre perception.

Pour les Anciens, les *fixes* étaient aussi des corps *purs*, leur matière sans défaut et invariable. Les Chinois semblent avoir reconnu à l'œil nu les taches du Soleil. La lunette ne laissa aucun doute sur leur existence, ni sur la rapidité de leurs transformations. L'apparition et l'extinction d'étoiles nouvelles, dont font mention les plus vieilles chroniques, trahissent des modifications violentes et soudaines chez certains astres. D'autres étoiles présentent des variations d'éclats périodiques, plus significatifs encore. Dès 1596, Fabricius signale les changements rythmés d'une étoile de la Baleine, **Mira Ceti**. Ainsi ont disparu l'un après l'autre les parfaits attributs dont l'imagination avait paré les corps célestes : les étoiles entrent dans la physique.

William Herschel peut être considéré comme le fondateur de l'astronomie stellaire. À la base de ses succès sont les excellents télescopes qu'il sut construire. Ses recherches les plus remarquables concernent la Voie lactée ; elle se présente comme un anneau d'étoiles mais, dès 1753, Wright soupçonne que l'apparence est trompeuse : il s'agit d'un disque immense peuplé d'étoiles, la **Galaxie**, où le Soleil et toutes les étoiles visibles sont plongés. Herschel entreprit, avec succès, de vérifier cette conception. Il est l'auteur du premier catalogue de nébuleuses (qui en contient deux mille cinq cents). La plupart sont des amas d'étoiles : Herschel eut l'intuition que certaines d'entre elles pouvaient être extérieures et de taille comparable à la Galaxie (Wright, Kant et Swedenborg avaient déjà eu cette idée). Après avoir cru que toute nébuleuse était un amas d'étoiles, Herschel vint à concevoir que celles qui présentent une forme irrégulière sont des nuages de gaz.

Herschel découvre aussi le mouvement propre qui porte le Soleil et tout le Système planétaire avec lui, à raison de vingt kilomètres par seconde, vers la constellation d'Hercule.

Enfin, il fonde l'astronomie des étoiles doubles. Jusqu'à cette époque, on supposait que

seuls les hasards de la perspective associaient en couples les étoiles très voisines. Herschel eut l'idée, en 1780, de profiter de ces couples pour découvrir des mouvements propres ou même des parallaxes ; si l'une des étoiles est très lointaine et fixe, un déplacement relatif de la compagne sera plus facile à déceler qu'un déplacement absolu : il recense des couples. Vingt ans après, en 1800, révisant ses couples, il découvre avec surprise que souvent les deux composantes ont bougé. Il les suit et, en 1820, il a reconnu des arcs elliptiques ; ces astres étaient physiquement liés.

En 1838, fut déterminée, par Bessel, la première distance stellaire : celle de l'étoile 61 du Cygne: sa lumière met onze ans à nous parvenir. La méthode, dite des *parallaxes trigonométriques*, consiste à essayer de surprendre un léger décalage dans la position de l'étoile, à six mois d'intervalle, en raison du déplacement orbital de la Terre. Presqu'en même temps, Struve donnait une autre distance, celle de Véga.

Parmi les techniques qui ont transformé en peu d'années le visage traditionnel de l'astronomie, il faut citer en première place l'analyse spectrale.

L'emploi de la photographie en astronomie, inauguré par les frères Henry, vers 1880, fut un facteur décisif de l'essor de cette science.

Le troisième facteur prépondérant fut l'entrée en service des grands télescopes américains, dont le diamètre a atteint 1,50 m, puis 2,54 m (Mont Wilson).

(Couderc, 1945)

a) La spectroscopie astronomique

La spectroscopie astronomique a pris naissance en 1802 quand Wollaston remarqua que le spectre solaire est sillonné de raies noires, et surtout en 1811 lorsque Fraunhofer, à Munich, avec un bon spectrographe, dessina ces raies et désigna les principales d'entre elles par des lettres de l'alphabet, encore employées de nos jours. Mais l'analyse spectrale a été fondée par Kirchhoff en 1859. Avec l'aide du chimiste Bunsen, d'une part il étudia les spectres de métaux portés à l'incandescence, composés de raies brillantes et isolées, d'autre part il montra, par l'expérience classique du renversement des raies, qu'une source lumineuse, émettant un spectre continu, mais dont les radiations traversent une vapeur de sodium, par exemple, donnera un spectre qui présentera une raie noire à l'emplacement exact de la raie jaune caractéristique du spectre de la vapeur de sodium. Kirchhoff en conclut que le Soleil se compose d'un noyau incandescent qui produit le spectre continu, et d'une atmosphère absorbante contenant, à l'état gazeux, les corps qui donnent naissance aux raies noires. Par comparaison avec des spectres de laboratoire, on pourra donc identifier les raies de Fraunhofer et, par conséquent, connaître la composition chimique de l'atmosphère solaire.

Le spectre solaire a été photographié en 1897 par Rowland, utilisant un réseau concave dont le pouvoir séparateur est très supérieur à celui du prisme ; les planches montrent un nombre de raies supérieur à 20 000. On a, de bonne heure, identifié un grand nombre de raies de Fraunhofer : raie D, attribuable au sodium, raies H et K au calcium, raie C à l'hydrogène,... On sait qu'une raie, qui ne se retrouvait dans aucun spectre terrestre connu, a été attribuée en 1869 à un élément hypothétique, qu'on a appelé hélium. Or Ramsay a découvert ultérieurement, en 1895, l'hélium dans notre atmosphère. Plus de six mille des raies de Rowland sont dites « telluriques », dues à l'absorption par l'atmosphère terrestre ; elles s'atténuent lorsqu'on observe à une grande altitude : Janssen a fait sur ce point, en 1887, d'importants travaux au sommet du massif du Mont-Blanc.

La spectroscopie apporte aussi des révélations très importantes sur la constitution des étoiles. Dès 1817, avec le spectroscopie qui lui avait permis de voir les raies du spectre solaire, Fraunhofer observa quelques spectres d'étoiles et constata qu'ils n'étaient pas tous semblables. Mais c'est au Père Secchi, directeur de l'observatoire du Collège Romain, que revient le mérite d'avoir vraiment fondé la spectroscopie stellaire. De 1863 à 1868, il étudia les spectres de près de quatre cents étoiles, et remarqua qu'on pouvait, en gros, les ranger en quatre types distincts, en rapport étroit avec la coloration de l'étoile. Les quatre classes de Secchi ont été quelque temps le fondement de toutes les classifications d'étoiles par familles spectrales. Les observations spectroscopiques, se multipliant, ont rendu vite caduque la classification de Secchi. En 1875, Huggins parvenait à photographier des spectres stellaires. Dès 1863, il avait pu montrer que les étoiles sont constituées des mêmes éléments que ceux que l'on trouve sur la terre. Il fut le premier, en 1868, à mesurer la vitesse radiale d'une étoile. Mais les travaux les plus étendus sont ceux de l'observatoire de Harvard aux États-Unis, commencés en 1885 par Edward Pickering. Les libéralités d'un mécène, Henry Draper, permirent à cet observatoire de publier, de 1918 à 1928, le Henry Draper Catalogue, contenant la classification spectrale de près de 25 000 étoiles, dont toutes les étoiles du ciel jusqu'à la huitième grandeur. Étudiant cette immense masse de données, les astronomes de Harvard sont arrivés à une classification qui, mise au point par Annie Cannon, est aujourd'hui universellement adoptée : presque toutes les étoiles sont réparties dans sept classes désignées par des lettres majuscules : O, B, A, F, G, K, M. Travaillant sur le Henry Draper Catalogue, Antonia Maury nota que les raies des étoiles d'un même type spectral n'ont pas toutes la même largeur. En 1905, Ejnar Hertzsprung trouva que la largeur des raies spectrales était corrélée avec la magnitude absolue : les étoiles à raies étroites sont plus brillantes que les étoiles à raies larges. Comme les étoiles de même type spectral ont approximativement la même température, les étoiles plus brillantes doivent être plus grandes, ce sont les étoiles géantes ; les autres sont appelées étoiles naines. Hertzsprung publia ce résultat dans un journal obscur ; Russell arriva indépendamment aux mêmes conclusions. En résultat des découvertes de Hertzsprung et

Russell, on pouvait désormais déterminer la distance d'une étoile dès que l'on en avait obtenu un spectre.

(Humbert, 1957 ; Berendzen et al., 1976)

b) La photographie astronomique

Dès l'apparition de la photographie, les astronomes, pressentant tout l'intérêt qu'allait présenter pour eux la nouvelle technique, se sont penchés sur elle. Avant même de rendre public son procédé, et à la demande des membres de l'Académie auxquels il s'était confié, Arago, Biot et Humboldt, Daguerre avait projeté l'image de la Lune, formé au foyer d'une médiocre lentille, sur une plaque sensible, et elle y avait laissé une empreinte blanche. Ce résultat assez médiocre avait suffi à démontrer la possibilité d'obtenir des images photographiques de la Lune et à susciter l'enthousiasme d'Arago qui soulignait en 1839, dans un rapport à la Chambre des députés, toute l'importance de ce résultat : « *Il est permis d'espérer qu'on pourra faire des cartes photographiques de notre satellite. C'est-à-dire qu'en quelques minutes, on exécutera un des travaux les plus longs, les plus minutieux, les plus délicats de l'Astronomie.* », mais il ne limitait pas là ses espoirs ; confiant dans les progrès futurs de la photographie, il envisageait déjà son application à la photométrie astronomique, alors bien peu avancée, et indiquait très clairement les principes fondamentaux de la future photométrie photographique. Ce qui est plus remarquable, il recommandait déjà aussi son application à la spectroscopie, encore au stade embryonnaire à cette époque, car il signalait « *...une application dont le Daguerrotypage sera susceptible et qui me semble très digne d'intérêt : l'observation a montré que le spectre solaire n'est pas continu, qu'il y existe des solutions de continuité des raies entièrement noires.* »

En mars 1840, le physicien américain J. W. Draper, de New York, père de l'astronome Henry Draper, obtint des images de la Lune qui montraient assez bien les grands accidents de la surface ; mais la durée des poses nécessaires étaient de 20 minutes.

Le premier daguerrotypage du Soleil paraît avoir été obtenu par Lerebours en 1842, mais il était sans doute surexposé. À la demande d'Arago, Fizeau et Foucault obtinrent le 2 avril 1845 un daguerrotypage montrant l'assombrissement des bords du Soleil et quelques taches. Faye, assisté de Porro, réussit à Paris, pendant l'éclipse partielle de Soleil du 15 mars 1858 des images qui montraient les facules. Le 18 juillet 1851, l'astronome allemand Busch, directeur de l'observatoire de Königsberg, obtint une image remarquablement réussie des principales protubérances et de la couronne intérieure.

En 1850, William Bond, premier directeur de l'observatoire de Harvard College, obtint, grâce à la sensibilité accrue des surfaces sensibles, une série de daguerrotypes de Véga posés 40 secondes environ, quant aux étoiles faibles, il paraissait vain de chercher à les enregistrer sur la plaque daguerrienne.

Un nouveau procédé photographique dit au collodion humide, proposé par G. Le Gray en 1850 et mis au point par Archer en 1851, s'imposa dès son apparition par sa rapidité bien supérieure.

L'enregistrement systématique quotidien du Soleil par la photographie, en vue de déterminer les positions et l'étendue des taches solaires, suggéré en 1854 par John Herschel, fut entrepris dès 1858 à l'observatoire de Kew en Angleterre, où un photohéliographe avait été construit et monté sous la direction de l'astronome amateur anglais de la Rue. Près de 3 000 photographies montrant distinctement taches et facules furent obtenues avec cet appareil de 1858 à 1872. Des résultats spectaculaires furent obtenus par Janssen, à l'observatoire de Meudon ; de nombreuses photographies montraient la granulation photographique.

En mars 1857, George Bond, qui avait succédé à son père à la direction de l'observatoire de Harvard, et les photographes Whipple et Black reprirent leurs essais de photographie stellaire et obtinrent des résultats remarquables qui permirent à Bond de prévoir les usages astrométriques de la photographie et de souligner la possibilité d'effectuer des mesures très précises d'étoiles doubles. Dès 1861, de la Rue, après quelques essais favorables, envisageait la construction d'une

carte des étoiles. En 1864, Rutherford put atteindre les étoiles de 9^e grandeur. À partir de 1875, l'astronome américain Gould, directeur de l'observatoire de Cordoba en Argentine, réunit 1 350 photographies des amas d'étoiles du ciel austral ainsi que de nombreuses étoiles doubles, montrant les étoiles jusqu'à la 10^e et même la 11^e grandeur, après que les premières plaques sèches au gelatino-bromure d'argent eurent fait leur apparition sur le marché.

(de Vaucouleurs, 1958)

c) Les grands télescopes américains

Dès le début du siècle, Hale souhaita construire un grand télescope permettant d'obtenir des spectres à haute dispersion des étoiles brillantes. Un télescope de 1,50 m fut mis en service en décembre 1908. Hooker, un homme d'affaires de Los Angeles, offrit de payer le miroir principal d'un télescope de 2,50 m ; le disque fut commandé à Saint-Gobain. Le télescope fut mis en service en 1918.

(King, 1955)

INTRODUCTION

« Sur les cent trente observatoires existant dans le monde entier à la fin du 18^{ème} siècle, la France en possédait à elle seule une trentaine environ, à peu près le quart, qui comptaient parmi les plus féconds et dont les travaux étaient cités avec respect par les astronomes de toutes les nations voisines.

Les guerres continuelles qui ont ensanglanté les dernières années du 18^{ème} siècle et les premières années du 19^{ème} réduisirent à l'inactivité la plupart de ces établissements et, lorsque la paix se trouva enfin rétablie, les plus importants seuls restaient debout. A l'étranger, la renaissance fut en général rapide. En France, l'état social se trouvait complètement changé ; les corporations religieuses avaient presque toutes été dispersées, les Universités de province étaient supprimées. L'État, resté seul pour créer et entretenir les Observatoires, consacra toutes ses ressources à un seul, l'Observatoire de Paris ; aussi, les observatoires de province disparurent-ils presque tous successivement, de sorte que, vers 1850, sur deux cents observatoires disséminés en Europe, en Amérique et dans les colonies européennes, la France n'en possédait plus que deux où l'on observât encore ; celui de Paris et celui de Marseille, maintenu en activité par les efforts prodigieux de Valz.

Depuis cette époque, en 1874, à Marseille, l'ancien observatoire a été remplacé par un nouveau, grâce à l'énergie de Le Verrier ; à Toulouse, l'observatoire a reçu de la municipalité et de l'État les fonds nécessaires à la construction de grands instruments ; à Alger, le gouvernement colonial a fondé en 1854 un observatoire qu'un décret a rattaché en 1874 aux autres établissements astronomiques français. Enfin, il est question de rétablir les Observatoires de Lyon et de Bordeaux, d'en fonder un à Besançon » (André et Rayet, 1874).

Mais ce renouveau fut de courte durée. Danjon écrivait en 1965 : *Lorsque la guerre de 1914-1918 fut terminée, l'astronomie fut plongée dans un véritable marasme.* Les causes de ce déclin sont multiples ; on peut citer, parmi d'autres, la décision prise en 1887 de s'engager dans l'immense entreprise que fut la **Carte du Ciel** et qui stérilisa l'astronomie française pendant de nombreuses années, ou la faiblesse des crédits disponibles qui ne permit pas de renouveler l'instrumentation. Ces raisons sont celles qu'invoque Jules Baillaud dans un rapport publié en 1936 : « *Les observatoires de province ont été créés ou transformés entre 1873 et 1880 ; ils ont été alors très bien outillés ; mais si l'on met à part l'installation de physique solaire de Meudon, le télescope de 0,80 m de Forcalquier que l'Observatoire de Paris doit à la générosité de Madame Dina, et le nouvel instrument photographique à grand champ de l'Observatoire de Nice, tous les autres instruments sont antérieurs à 1890. Les astronomes français ont donné toutes leurs forces à l'accomplissement du programme de la **Carte du Ciel** ; comme cela arrive trop souvent à ceux qui ouvrent la voie, tandis qu'ils étaient attachés à ce programme de longue haleine, ils ont été devancés dans les découvertes par des observatoires plus libres et plus riches qui ont profité de la méthode photographique créée par la **Carte du Ciel**, mais qui ont pu utiliser un matériel plus nouveau et plus puissant [...]. Quant à l'importance propre de la **Carte du Ciel**, ce n'est que dans les siècles futurs qu'on pourra en juger [...]* ». La dissolution en 1970 de la Commission de la **Carte du Ciel** de l'Union astronomique internationale fut un constat de l'échec de l'entreprise. « *Lorsqu'on veut porter un jugement sur l'œuvre des astronomes de ma génération, en toute justice, on ne doit pas perdre de vue qu'aucun instrument nous permettant d'apporter notre contribution aux recherches d'astronomie moderne n'a été mis à notre disposition. Nulle part chez nous de lunette photographique à grand champ et de grande ouverture qui puisse être appliquée à l'étude de la Voie Lactée ; nulle part d'instrument permettant de photographier, avec des temps de pose raisonnables, des astres plus faibles que la 15^e grandeur et d'atteindre les régions extragalactiques ; aucun équatorial à long foyer en service, approprié aux études de parallaxes stellaires sur lesquelles repose la mesure de*

l'Univers ; aucun réflecteur ou réfracteur puissant dont la monture soit assez robuste pour supporter un spectroscope et pour donner aux astronomes français le moyen de participer aux découvertes que la spectroscopie permet en astronomie ».

Dufay en 1957 (Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1958) précisait les conséquences désastreuses qu'eut l'absence d'instrumentation : *« Mis à part l'Observatoire de Meudon, voué dès l'origine aux recherches de physique solaire, les observatoires français sont demeurés longtemps orientés, d'une manière presque exclusive, vers l'astronomie de position. Dans ce domaine, comme en mécanique céleste, l'école française, appuyée sur une solide tradition, n'a pas cessé de produire des travaux de premier ordre. Mais elle n'a pu apporter qu'une contribution minimale au développement rapide de l'astronomie et de la physique stellaire pendant les trente premières années du XX^e siècle. Nos observatoires ne possédaient pas en effet les télescopes de grand diamètre indispensables à ces recherches. Ils avaient été pourvus, à la fin du siècle précédent, en vue des mesures de position, d'instruments méridiens et de lunettes équatoriales visuelles ou photographiques et leur équipement de base n'avait pas été renouvelé ».*

Dufay prépara des *Notes relatives à la réorganisation des observatoires* datées du 26 février 1947 et qui ne furent sans doute pas publiées. On y lit ce qui suit : *Tout le monde sait qu'après avoir apporté pendant longtemps une contribution brillante aux progrès de l'Astronomie, la France n'a plus joué qu'un rôle très effacé dans les grandes découvertes du XX^e siècle.*

Dans une brochure publiée en 1957 et consacrée à l'Institut d'Astrophysique de Paris, on trouve une analyse de la situation de l'astronomie en France au cours de la première moitié du siècle et qui est probablement due à Danjon, alors directeur de l'IAP : *« L'astronomie au début de ce siècle avait vu se développer avec vigueur l'une de ses branches, l'astrophysique. La France avait participé d'une manière brillante à l'élaboration de l'astrophysique solaire et avait apporté une contribution très appréciable dans d'autres domaines (comètes, planètes) mais elle était restée complètement absente du mouvement prodigieux que connaissait l'astrophysique stellaire moderne. C'est en effet sans la moindre participation française qu'on mesurait la distance des étoiles et leur vitesse radiale, sans aucune participation française non plus qu'on découvrait l'absorption de la lumière dans l'espace interstellaire et la rotation galactique. Les recherches théoriques qui conduisaient à la théorie de l'intérieur des étoiles et des atmosphères stellaires étaient, elles aussi, complètement négligées en France. L'une des causes de cette situation était bien connue : les difficultés économiques, suites de la première guerre mondiale, n'avaient pas permis aux observatoires d'acquérir l'équipement moderne nécessaire pour les observations de l'astrophysique stellaire. Il avait été tout juste possible de préserver la marche des services essentiels, ceux qui se consacraient à l'astronomie de position ou à la physique solaire. Cette carence instrumentale, pour grave qu'elle fût, n'était d'ailleurs pas essentielle comme le montrait l'exemple des Pays-Bas, de la Suède ou de la Grande-Bretagne, pays qui avaient joué un rôle essentiel dans le développement de l'astrophysique stellaire sans disposer d'instruments importants. Le vice grave de l'astronomie française était que les observatoires, qui avaient vu réduire le nombre de leurs astronomes pour des raisons budgétaires, n'encourageaient pas leur personnel à entreprendre des recherches d'une nature nouvelle menaçant de disperser leurs faibles ressources, en crédits et en personnel, de manière à compromettre l'exécution des travaux traditionnels.*

Les remèdes étaient évidents, l'astronomie française devait être dotée d'un observatoire moderne et d'un institut nouveau qui n'ayant pas la charge d'exécuter ce qu'on appelle des travaux de service consacrerait toute son activité à la recherche dans les voies nouvelles de l'astrophysique ».

Posant sa candidature à la succession de Le Verrier à la direction de l'Observatoire de Paris, Mouchez écrivait le 10 mai 1878 : *« [...] Depuis une trentaine d'années les immenses travaux de mécanique céleste de Le Verrier ont suffi pour maintenir l'astronomie française au premier rang.*

Il s'agit maintenant de ramener la régularité et l'assiduité dans les observations journalières, de terminer et surtout d'employer les puissants instruments commencés à si grands frais, de susciter, d'encourager par tous les moyens possibles les recherches et les études personnelles, d'augmenter le nombre des astronomes si fâcheusement restreint en France, de prendre en un mot toutes les mesures nécessaires pour faire renaître dans l'étude de l'astronomie cette ardente activité de travail et de découvertes qu'on remarque actuellement dans toutes les autres branches de la science ».

Dès 1880, il avait ressenti la nécessité pour l'Observatoire de Paris, de ne pas consacrer exclusivement son activité à l'astronomie de position ; mais il avouait en même temps l'impossibilité où il était d'élargir l'activité de l'observatoire faute de personnel. Il écrivait en effet dans son rapport annuel pour 1880 : *« C'est toujours à la révision du catalogue de Lalande que sont consacrés presque exclusivement tous nos efforts... Tant que cette grande et laborieuse tâche ne sera pas accomplie, l'Observatoire de Paris ne pourra guère entreprendre d'autre travail de quelque importance, et il serait vivement à désirer qu'elle fût, sinon achevée, au moins très avancée quand seront réalisés nos projets d'agrandissement et l'installation des instruments nouveaux ; alors seulement, il sera possible d'entreprendre avec fruit d'autres recherches dans les diverses branches de l'astronomie dont le domaine a été si notablement augmenté depuis vingt à trente ans par les nouvelles découvertes, et les astronomes pourront alors varier un peu leurs occupations, en faisant certains travaux personnels pour lesquels ils se sentent des aptitudes spéciales, ce qui serait très désirable sous tous les rapports, mais peu réalisable dans l'état actuel de l'observatoire ».*

Dans son rapport annuel pour 1889, il reprenait : *La nécessité où nous nous sommes trouvés, depuis une douzaine d'années, de consacrer presque exclusivement toutes les forces de l'observatoire au Service méridien pour achever la réobservation du Catalogue de Lalande, commencé vingt ou vingt-cinq ans auparavant par Le Verrier, avait nécessairement fait négliger, faute d'un personnel assez nombreux, l'étude des autres branches de l'Astronomie. Ce grand travail étant aujourd'hui à peu près terminé, nous avons profité du départ d'un de nos astronomes, M. Obrecht, nommé directeur de l'Observatoire de Santiago du Chili, pour le remplacer provisoirement par un physicien déjà connu par ses travaux de spectroscopie, M. Deslandres.*

Danjon écrivait encore en 1963 : *Il y a cinquante ans, le matériel de nos observatoires était complètement désuet, sauf celui d'une spécialité à la vérité très importante : la physique solaire. Les crédits obtenus par Le Verrier, puis par Mouchez avaient permis de doter l'Observatoire de Paris et ses succursales de province, devenues plus tard les observatoires des universités, de moyens de travail répondant bien aux besoins de l'astronomie des années 80 ou 90. Des savants, comme F. Tisserand, avaient entretenu le goût de la recherche et suscité des vocations. Mais à l'exception de Léon Foucault (1819-1868), promoteur des télescopes à miroir de verre argenté, on avait manqué d'intuition : les grands instruments français du dernier quart du XIX^e siècle étaient des réfracteurs visuels ou photographiques, droits ou coudés, qu'une aberration chromatique notable et des flexions inadmissibles rendaient impropres à la spectroscopie et plus généralement à toutes les observations physiques. Or, avec l'installation, en 1909 et en 1917, des deux grands réflecteurs photographiques du Mont Wilson, la physique stellaire allait prendre le pas sur toutes les autres branches de l'astronomie et les mettre pour longtemps en léthargie. Faute de moyens appropriés, ce domaine presque vierge resterait interdit aux astronomes français.*

Cette situation décourageante appelait de grands remèdes. Mais la guerre de 1914-1918, avec les pertes en hommes et en ressources de toutes sortes qu'elle entraîna, fixa sur d'autres problèmes l'attention des pouvoirs publics. Cependant, des esprits clairvoyants jugeaient nécessaire et urgente une réforme complète de nos observatoires. Dès 1920, le Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences pour la Division des sciences mathématiques, Émile Picard, s'efforça d'en faire dresser le programme, mais sans succès. Quelques années plus tard, dans une

lettre au général Ferrié qui, à son tour, avait conçu un plan de rénovation, Émile Picard écrivait ce qui suit : "Tout ce que contient votre lettre a été dit et redit en 1920 dans la grande Commission de l'Académie. J'ai écrit à ce sujet une lettre au Ministre et lui ai communiqué un rapport que j'ai fait avec les procès-verbaux des 15 séances de la Commission. Deux ou trois points ont passé dans un décret récent, je crois. Mais, malgré mes sollicitations, le directeur de l'Enseignement supérieur n'a pas voulu examiner la question au fond [...]. Il serait essentiel que l'on veuille bien se rappeler que l'Académie (ou plutôt sa Commission) a durement travaillé en 1920. J'ai présidé ses 15 séances, et ce n'était pas une petite affaire, au milieu des animosités de certains astronomes, que vous connaissez, les uns pour les autres. Il y eut même des séances pénibles. Je finit par me désintéresser de tout cela, convaincu qu'il n'y a rien à faire et que l'astronomie française est pour longtemps abattue : ni hommes, ni matériel.

Ce pessimisme n'entama pas l'optimisme du général Ferrié, dont le plan, conçu en 1923, devait marquer le départ d'une véritable renaissance. Il se proposait de doter la France d'un grand observatoire du type "Mont Wilson", où les astronomes pourraient séjourner temporairement, pour y obtenir les documents photographiques qu'ils iraient étudier et exploiter dans leurs établissements respectifs.

J'ai essayé il y a une quinzaine d'années d'établir par des chiffres un bilan de la situation en dénombrant simplement les notes et les mémoires publiés par les astronomes de tous les pays en 1932 (Rapport Grignard sur l'état de la Science française). Dans l'ensemble, la production française représentait un peu moins de 10 pour 100 de la production mondiale. Elle équivalait à peu près à la moitié de celle de l'Empire britannique, qui suivait de près l'Allemagne et, de beaucoup plus loin, les États-Unis.

La France occupait encore un rang très honorable en astronomie théorique et dans les travaux relatifs aux instruments et à la technique des observations. Elle venait, dans cette branche, immédiatement après l'Allemagne et l'Empire britannique, bien avant les États-Unis. Déjà plus médiocre dans les travaux relatifs au système solaire, la production française était franchement déficitaire en astronomie stellaire et en astrophysique, où la prépondérance américaine était manifeste, tout à fait négligeable en astrophysique théorique.

Si donc la France occupait encore une certaine place dans la production mondiale, elle le devait surtout au maintien de son activité dans les branches les plus anciennes de l'astronomie. Tandis qu'à l'étranger, celles-ci passaient souvent au second plan, l'astronomie française paraissait se cristalliser à la fin du XIX^e siècle...

Telle était la situation il y a une quinzaine d'années. Si l'on pouvait recommencer aujourd'hui une semblable statistique, on trouverait certainement une amélioration très notable de la production française, surtout en astronomie stellaire et en astrophysique. On le doit en partie aux efforts individuels de chercheurs exceptionnels (Lyot), en partie à l'appui donné à l'astronomie par le Centre National de la Recherche Scientifique (création de l'Institut d'Astrophysique et de l'Observatoire de Haute Provence).

Parmi les causes de la désaffection pour l'astronomie, si manifeste au cours de la première moitié du 20^e siècle, figure certainement aussi en bonne part l'essor de la physique qui a drainé les meilleurs : Pierre Weiss (1865-1940), Aimé Cotton (1869-1951), Jean Perrin (1870-1942), Charles Maurain (1871-1967), Paul Langevin (1872-1946), Eugène Bloch (1878-1944), Léon Brillouin (1889-1969), Louis de Broglie (1892-1987), Irène Joliot-Curie (1897-1956), Pierre Augier (1899-1993), Frédéric Joliot (1900-1958), Louis Leprince-Ringuet (1901-2000), Francis Perrin (1901-1992), Alfred Kastler (1902-1984), Yves Rocard (1903-1992), Louis Néel (1904-2000), etc. On notera que six des personnes citées ont reçu le prix Nobel de physique ou de chimie (Perrin en 1926, de Broglie en 1929, Irène et Frédéric Joliot en 1935, Kastler en 1966 et Néel en 1970).

Recrutement

Une autre cause, importante, du déclin de l'astronomie française semble avoir été la

mauvaise qualité du recrutement, elle-même due d'une part à la faiblesse des salaires, d'autre part à une absence de formation spécifique au métier d'astronome. Pendant plus d'un demi-siècle, en effet, les plaintes relatives au recrutement sont très nombreuses.

Mouchez écrivait en 1875 : *Il y a un fait qui frappe surtout les étrangers : c'est la diminution sensible des études astronomiques en France, et la rareté des astronomes et des observatoires qui se sont au contraire multipliés en si grand nombre dans les autres nations. A part un très petit nombre de personnalités éminentes qui font d'ailleurs le plus grand honneur à la science française, il ne s'est pas formé de nouveaux astronomes depuis une vingtaine d'années dans ce pays où ils étaient, au siècle dernier, plus nombreux que dans toute autre nation.* (Réf.)

Puis, en 1880 (Rapport annuel sur l'état de l'Observatoire de Paris pour l'année 1879, p. 17): *Un arrêté ministériel a organisé les études d'un certain nombre d'élèves astronomes destinés à entrer dans les observatoires de l'État comme aides astronomes après deux ans d'étude à l'Observatoire de Paris. Il était devenu indispensable de pourvoir au recrutement régulier du personnel astronomique, en relevant le niveau des connaissances exigées et en choisissant les candidats les plus instruits et les mieux préparés... Il serait vivement à désirer, maintenant que le personnel astronomique va s'augmenter par suite de la création de nouveaux observatoires en province, qu'on établisse un règlement pour la nomination et l'avancement des fonctionnaires, qu'il y ait uniformité dans les titres et les appointements et surtout qu'on ne les recrute, autant que possible, que parmi les élèves ayant fait leurs deux ans d'études spéciales, au lieu de les prendre tout à fait au hasard parmi des candidats qui possèdent souvent à peine le diplôme de bachelier et dont toute l'éducation reste à faire dans des conditions défavorables. Il serait également bien à désirer que dans l'avenir les professeurs d'astronomie des facultés, qui ne sont le plus souvent que des professeurs de mathématiques appliquées à l'astronomie, soient choisis de préférence parmi les candidats qui auraient passé par cette École et qui posséderaient d'ailleurs les diplômes universitaires réglementaires.* Le décret du 31 octobre 1879 précisait que les élèves astronomes devaient être choisis parmi les élèves sortant de l'École normale supérieure ou de l'École polytechnique, ou encore parmi les licenciés ès sciences mathématiques. Les élèves astronomes devaient recevoir un traitement de 1 800 francs et être logés à l'observatoire. Mais, en 1887, Mouchez regrettait la fermeture de l'école d'astronomie : *Par suite des nécessités budgétaires, on a supprimé les fonds nécessaires au fonctionnement de l'École d'Astronomie ; l'École sera fermée le 1^{er} octobre 1887. Cette décision est d'autant plus fâcheuse que nos nouveaux observatoires de province, qui seront bientôt complètement pourvus de leur matériel scientifique, manqueront en grande partie du personnel instruit et exercé nécessaire pour l'utiliser ; il eut été indispensable de faire encore une ou deux promotions pour créer ce personnel.*

Mouchez écrivait à Struve le 4 septembre 1886 : *... malheureusement, le ministère, par économie, supprime mon école d'astronomie qui n'a pu faire que les promotions de 4 élèves chacune en 5 ans, et encore sur ces 8 astronomes formés, 2 sont morts et un autre nous a quittés pour faire de la politique.* Il était sans doute trompé par sa mémoire, puisque, comme nous venons de le voir, il y eut 3 promotions de 4 ou 5 élèves chacune. Un seul de ces élèves mourut : Silvestre Bigourdan en 1882. Ernst démissionna dès 1885 ; peut-être est-ce lui qui fit de la politique !

La première promotion d'élèves astronomes de l'Observatoire de Paris sortit de l'école le 1^{er} novembre 1881 avec le grade d'aide-astronome ; les nouveaux aides étaient Pierre Puiseux (ENS), Obrecht (X), Rey (X) et Esmiol (licencié ès sciences). Il fut alors décidé que la durée des cours serait de trois ans au lieu de deux. La deuxième promotion, entrée le 1^{er} novembre 1881, comprenait cinq élèves titulaires : Silvestre Bigourdan (X), Boquet (licencié ès sciences), Brück (X), Ernst (X) et Flamme (licencié ès sciences) ; il y avait de plus trois élèves libres. En 1884, les élèves sortants furent nommés aide astronomes : Boquet à Paris, Brück à Besançon, Ernst à

Nice et Flamme à Bordeaux ; S. Bigourdan était mort en 1882. La troisième promotion entrée en 1884 se composait de Louis Fabry (X), Oltramare, Lebeuf, Jabely et Hamy, les quatre derniers licenciés ès sciences. Fabry et Jabely furent nommés à Nice, Oltramare et Hamy à Paris, Lebeuf à Besançon. Il y eut donc trois promotions ayant formé au total 13 élèves (en excluant S. Bigourdan mort en cours d'études).

Bigourdan, en 1929 (Annuaire du Bureau des longitudes pour 1930), souligne l'intérêt que cette école a revêtu pour améliorer la qualité du recrutement et déplore qu'elle n'ait pu être maintenue plus longtemps : *L'amiral Mouchez dit, dans divers rapports au ministre, combien il fut frappé de la pénurie de personnel ; il obtint un petit crédit, avec l'organisation d'une "Ecole d'Astronomie" par l'arrêté ministériel du 31 Octobre 1879.*

Cette école a rendu de véritables services : pour s'en assurer, il suffit de voir quels élèves en sortirent et quelle carrière ils ont faite, du moins ceux qui furent définitivement attachés à l'Observatoire de Paris. Ceux qu'on envoya dans les observatoires des départements y portèrent généralement un esprit frondeur qui ne saurait se concilier avec cette sorte de vie commune imposée par un isolement plus ou moins grand. [Il serait intéressant d'approfondir cette dernière remarque et de découvrir à quels incidents Bigourdan fait ici allusion ; ne s'agirait-il pas de la révolte de jeunes brillants se voyant soudain ensevelis sous la poussière des observatoires de province ? Il pourrait s'agir en particulier de Jules Rey, Flamme, Brück, Lebeuf et peut-être Ernst.]

Mais l'École disparut faute de crédits : si elle eut été maintenue, avec deux ou trois élèves en titre par an, il est probable que la pénurie dont nous souffrons actuellement ne se serait pas produite.

Le 16 avril 1883, Wolf fut élu membre de l'Académie des sciences. À cette occasion, Mouchez, directeur de l'Observatoire de Paris, avait écrit la veille à un correspondant anonyme qui pourrait être Tisserand une lettre fort intéressante qui nous montre non seulement le peu d'estime

que Mouchez avait pour ses collègues, mais aussi le souci qu'il avait de la qualité du recrutement. Nous reproduisons ici intégralement cette lettre inédite qui appartient à la collection de R. Salvaudon :

Mon cher et très honoré confrère,

On me dit que vous êtes encore indécis pour votre vote de demain. S'il en est ainsi, je viens vous prier de voter en faveur de Wolf, non pas tant pour sa supériorité sur son concurrent, car ni l'un ni l'autre n'a des titres réellement sérieux, mais parce que dans la pénurie extrême où nous sommes d'astronomes en France et avec les efforts que je fais depuis 5 ans pour en recruter et améliorer ce personnel, ce serait le décourager grandement que de ne pas prendre son doyen. Il n'y a dans notre section qu'un seul astronome professionnel [Tisserand] ; Janssen est un amateur, moi je suis marin, Faye est un très spirituel romancier qui a peu figuré dans le personnel des observatoires, fort instruit d'ailleurs, mais peu pratiquement ; Læwy est allemand et ne sort pas de notre personnel astronomique Si on prend encore Bouquet de la Grye, c'est dire à ce personnel astronomique qu'il n'est bon à rien ; cela fera un effet déplorable en France et à l'étranger parmi les astronomes. C'est ce motif qui m'a décidé et qui j'espère vous décidera aussi.

Votre bien affectionné

E. Mouchez

À la même occasion, Louis Bréguet écrivait à un ami le 25 mars 1883 qu'il louait Dieu d'être souffrant car il va falloir voter *pour un fainéant au lieu de voter pour un vrai et honorable travailleur ; l'un [Wolf] est un écureuil dans sa cage et l'autre [Bouquet de la Grye] un hydrographe* (Catalogue Alain Nicolas, les neuf muses, 41 rue des Grands Augustins, Paris (6^e), automne 1986).

Une lettre de Rayet, directeur de l'observatoire de Bordeaux, au directeur de l'enseignement supérieur, datée du 28 mai 1883, explique pourquoi il était difficile de faire venir en province les élèves de l'école d'astronomie :

Comment voulez-vous qu'un bon licencié, intelligent, assuré d'avoir 2400 frs et des leçons, dans un collège, presque certain de parvenir rapidement dans un lycée (...), accepte d'entrer dans un observatoire pour y obtenir les 1800 frs d'un élève astronome et être maintenu à ce traitement pendant trois ans.

Les élèves de l'École de M^r l'Amiral Mouchez ont, jusqu'ici, accepté ces conditions pour rester à Paris, où les ressources accessoires sont nombreuses, et où il faut rester pour parvenir à la Sorbonne ; en province, les avantages en perspective sont moindres et le recrutement des licenciés plus difficile.

Rayet revient sur ce problème dans une lettre à Mouchez en date du 18 février 1884 : *J'ai, à deux reprises au moins, essayé d'entraîner à Bordeaux un aide ou des élèves de l'Observatoire de Paris. Mes tentatives ont toujours échoué. J'ai trouvé ces messieurs désireux d'habiter le centre d'une ville (à Bordeaux, l'observatoire est en rase campagne), désireux de ne pas observer un trop grand nombre d'étoiles et décidés à consacrer leur temps à des recherches de mathématiques transcendantes.*

Moi, je pense que dans un observatoire on doit d'abord observer et nettoyer ses instruments et que les hautes spéculations ne doivent venir qu'après.

Nous n'avons donc pas pu nous entendre...

Je préfère beaucoup n'avoir pas d'aide que d'avoir un aide de mauvaise humeur, ne travaillant pas et contre lequel les plaintes devraient commencer dès le lendemain de son arrivée.

Mouchez écrivait dans un rapport présenté au conseil de l'observatoire lors de sa réunion du 16 janvier 1885 : *Tant que la situation matérielle ne sera pas changée et sensiblement améliorée, il sera bien difficile de recruter convenablement votre personnel astronomique et de former de véritables astronomes* (OP archives).

Le ministre de l'Instruction publique et des beaux-arts écrivait le 14 août 1883 au directeur de l'observatoire de Lyon : *Le comité consultatif des observatoires de province a appelé mon attention sur les inconvénients que présente la nomination dans les Établissements astronomiques de personnes n'ayant aucun grade universitaire et ne pouvant par suite, si elles ne remplissent pas convenablement leurs fonctions, être replacées en dehors des Établissements. Je crois en effet qu'il est nécessaire de n'admettre dans les observatoires que des personnes ayant des grades universitaires. Je vous invite en conséquence à n'engager personne à un titre quelconque dans l'Établissement que vous dirigez sans mon autorisation formelle. L'admission sans grades ne pourra avoir lieu qu'exceptionnellement et sur l'avis du comité consultatif.*

La crise de recrutement est illustrée par cette phrase issue de la notice nécrologique de Fatou écrite par Léon Bloch : *En ce temps [aux environs de l'an 1900], l'Observatoire de Paris n'était plus l'observatoire d'Arago et de Le Verrier. Le recrutement des vocations y était difficile, celui des talents y était presque entièrement inconnu. De ponctuels et calmes fonctionnaires y faisaient correctement leur métier.*

Le décret du 15 février 1907 (J.O. du 21 février) instituait un conseil des observatoires astronomiques relevant du ministère de l'Instruction publique (Paris, Meudon, Alger, Marseille, Besançon, Bordeaux, Lyon, Toulouse et Nice). Ce conseil avait pour mission : de présenter au ministre de l'instruction publique, en cas de vacance d'un emploi de directeur dans les observatoires des départements, ou d'une place d'astronome titulaire dans les observatoires de Paris et des départements, une liste de deux candidats ; d'arrêter, chaque année, la liste des candidats jugés aptes à remplir les fonctions d'astronome adjoint, d'aide astronome ou d'assistant.

Ce même décret classait le personnel des observatoires en trois catégories : le personnel scientifique constitué des directeurs, directeurs adjoints, astronomes titulaires, astronomes adjoints et aides astronomes ; le personnel auxiliaire : assistants, stagiaires, employés et mécaniciens ; enfin le personnel des agents : garçons, gardiens et jardiniers.

On notera l'inexistence du personnel administratif ; cependant il est précisé que les secrétaires peuvent être choisis soit parmi le personnel scientifique, soit parmi le personnel auxiliaire. Les stagiaires n'étaient pas rémunérés ; la durée du stage était de deux ans.

Les astronomes adjoints, les aides astronomes et les assistants sont choisis parmi les stagiaires portés sur les listes d'aptitude correspondantes. Les maîtres de conférences des facultés des sciences et les professeurs agrégés de l'enseignement secondaire peuvent être nommés directement astronomes adjoints ou aides astronomes, sans avoir à effectuer un stage.

Le directeur de chaque observatoire est tenu d'adresser chaque année au ministre, avant le 31 janvier, un rapport d'activité.

Le décret du 28 juin 1910 autorisait le directeur à verser aux stagiaires une indemnité dont le montant annuel ne pouvait excéder 1 800 francs.

Le conseil des observatoires imposa aux candidats astronomes un minimum de titres universitaires : sauf dérogations approuvées par le conseil, nul ne pourrait prétendre au grade d'astronome adjoint s'il n'était docteur ès sciences ; pour être nommé aide astronome, l'agrégation suffisait et, pour ceux qui n'étaient ni docteurs, ni agrégés, la licence assortie d'un stage de quatre ans dans un observatoire ; ce stage n'était pas rémunéré (Bigourdan, 1929).

À en croire Bourget (1918) (Rapport sur les observatoires astronomiques de province. Année 1917), ces nouvelles règles ne résolvaient pas tous les problèmes, bien au contraire : *Les cadres étroits du décret du 15 février 1907 qui règle l'organisation des observatoires, rendent de plus en plus difficile le recrutement du personnel. Le mal le plus grand est l'impossibilité de faire entrer dans l'astronomie des jeunes gens qui pourraient en avoir le goût... Il me semble tout à fait nécessaire que l'on prenne des mesures pour permettre l'entrée dans les observatoires de jeunes gens montrant des dispositions pour les observations... Pour ne citer qu'un exemple se rapportant à Marseille, des observateurs comme l'étaient M. Borrelly ou M. Coggia se présenteraient, que je ne pourrais les prendre, n'ayant à leur offrir qu'une situation de stagiaire pendant deux ans sans traitement. Cette situation a une répercussion sur les cours d'astronomie des Facultés qui ont de moins en moins d'auditeurs, l'entrée dans l'astronomie étant, en fait, presque fermée.*

Borrelly avait été embauché à l'observatoire de Marseille à l'âge de 22 ans, Coggia à 17 ans ; ils n'avaient fait aucune étude ; tous deux consacrèrent leur vie à la recherche et à la mesure des positions des comètes et des astéroïdes. Bourget, directeur de l'observatoire de Marseille, ressentait le besoin de recruter des astronomes de cette sorte capables d'effectuer les observations de routine mais non d'un travail plus créatif.

Il y a contradiction entre les positions de Bourget et celles de Mouchez qui souhaitait que les jeunes astronomes aient une formation universitaire ; le conseil des observatoires créé par le décret de 1907 allait dans le sens de Mouchez. Mais de tels candidats étaient rebutés par le travail de routine qu'on leur proposait : mesures de position, établissement de la **Carte du Ciel**, recherche de comètes ou de petites planètes ; ainsi J. Baillaud écrivait en 1957 : *A cette époque [vers 1890], un jeune astronome, quelque fut sa valeur, devait tout d'abord faire son apprentissage d'observateur, passer les nuits l'œil à l'oculaire et se plier aux longs calculs routiniers que de telles observations demandaient.* Plusieurs jeunes astronomes s'orientèrent vers l'enseignement dès qu'ils eurent obtenu leur thèse, abandonnant définitivement l'astronomie : Flamme en 1887, Féraud en 1905, Gallissot en 1929.

Dans un document non publié, rédigé vers 1890, et dont le brouillon est conservé dans les archives de l'Observatoire de Paris, Mouchez écrivait : *le service méridien ! C'est en réalité un service de niveau inférieur assommant et sans utilité. On peut le faire faire à de jeunes astronomes qui commencent, mais on ne peut pas y accepter des hommes de science de quelque valeur pendant 20 ou 30 ans... Quand ce n'est pas un travail personnel spécial, c'est une absurde*

corvée qu'ils font comme une corvée, c'est-à-dire les plus mal possible.

Dans ses mémoires publiés en 1976, R. Baillaud confirmait que c'est délibérément que l'on recrutait à cette époque des astronomes n'ayant pas fait d'étude, étant donné le caractère routinier des observations à effectuer.

Au début de ce siècle, les travaux de la plupart des astronomes du monde relevaient de l'astronomie de position. Ils se livraient à des mesures sur les images des étoiles qu'ils observaient. Ils cherchaient à en améliorer la précision. Les observations exigeaient surtout une bonne vue et du soin... Les directeurs des observatoires avaient recruté leur personnel en conséquence. Un ou deux astronomes très instruits par observatoire en sus du directeur suffisaient pour diriger les principaux services, pour discuter les résultats des mesures. A ceux-là incombait la tâche de se consacrer aussi à des problèmes plus ardues. Sur cinq astronomes que comptait [en 1906] l'Observatoire de Toulouse, deux étaient docteurs [Bourget et Saint-Blancat] et un licencié [Montangerand], les deux autres n'étaient peut-être pas bacheliers [Rossard et Besson]. Tous étaient d'excellents observateurs. La situation était à peu près la même dans tous les observatoires, même, toutes proportions gardées, à l'Observatoire de Paris. Seuls les astronomes docteurs pouvaient prétendre à une direction en province ou à un poste d'astronome titulaire à Paris.

En 1920, l'Académie des sciences forma dans son sein une commission chargée d'examiner les mesures à prendre pour assurer le relèvement des études astronomiques en France. Cette commission, composée des sections d'astronomie, de géographie et de navigation, de physique générale et du secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques, présenta un vœu qui fut adopté à l'unanimité par l'Académie entière en comité secret et transmis le 19 avril 1920 au ministre de l'Instruction publique.

Vœu adopté par l'Académie le 19 avril 1920.

L'Académie des Sciences estime que les observatoires français ont un rendement trop faible du personnel et du matériel. Elle constate avec regret que les jeunes savants ne se portent pas assez vers la branche nouvelle de l'astronomie physique à tous égards si féconde et, d'une manière générale, se détournent de plus en plus de la carrière astronomique. Il lui semble donc nécessaire que, à côté des œuvres collectives, dont la nécessité est d'ailleurs incontestable, une part de l'effort de chacun soit donnée aux recherches personnelles dans le domaine si varié, aussi bien théorie et observation, qu'offre l'astronomie. Elle pense qu'on peut obtenir d'importants résultats en assurant au personnel supérieur des observatoires les mêmes garanties et les mêmes avantages, à égalité de grade, qu'au personnel enseignant des Universités.

L'Académie considère que la répartition du personnel n'est pas actuellement la meilleure possible. Le personnel, en excès dans certains établissements, devrait être partagé graduellement entre les autres observatoires, et il est à désirer que chaque astronome ait, autant que possible, un instrument à sa disposition.

Il est également indispensable que la répartition du matériel soit révisée, que les principaux instruments soient mis en état de mieux servir, et que les observatoires soient pourvus des instruments accessoires nécessaires.

Il faut en outre doter l'astronomie française d'un très grand instrument comparable aux grands réflecteurs de Mont Wilson (Californie) et de Victoria (Canada). Il importe de déterminer pour cet appareil l'emplacement le plus favorable, à une altitude suffisante, en France ou en Algérie. Cet instrument y serait mis à la disposition de l'ensemble des observatoires français.

Les Observatoires de Paris et de Meudon, qui ne relèvent pas de l'Université de Paris, devraient avoir la personnalité civile, la composition de leurs Conseils pourrait être révisée dans le sens de l'introduction dans ces conseils d'astronomes titulaires de ces établissements.

Dans une lettre au ministre de l'Instruction publique en date du 27 octobre 1920, Émile Picard, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, donne lui aussi son avis sur les causes du

déclin de l'astronomie en France ; les deux causes qu'il retient sont d'une part la mauvaise qualité du recrutement, d'autre part la part trop grande faite aux grands programmes internationaux : la **Carte du Ciel** et le service de l'heure :

... Nous croyons que le personnel scientifique des observatoires doit principalement se recruter dans les milieux universitaires et de nos grandes écoles qui fournissent les jeunes maîtres de notre enseignement supérieur. Il s'en faut qu'il en ait été ainsi antérieurement, et c'est là sans doute une des causes qui ont amené le faible rendement scientifique signalé de tant de côtés.

Il n'est pas possible de diminuer actuellement le nombre des astronomes de l'Observatoire de Paris, en raison des engagements pris par cet établissement dans des entreprises internationales telles que la carte du ciel et le service de l'heure. On a parfois émis le regret que ces œuvres collectives ne nuisent à des recherches d'un caractère plus personnel, et on a cité certains observatoires étrangers qui n'ont pas voulu se plier à la discipline qu'exige un plan commun. Quoiqu'il en soit, la France doit faire honneur à sa signature.

En 1922, Esclançon donna son point de vue sur ce problème (Rapport sur les observatoires astronomiques de province. Année 1921) : *On fait depuis de longues années de vains efforts pour réorganiser l'astronomie en France ; on tourne, semble-t-il, dans un cercle vicieux. On discute longuement sur les attributions ou sur la création de conseils, sur les difficultés de recrutement des astronomes, sur l'organisation intérieure des observatoires, etc..., questions non pas vaines, mais de second plan. Qu'on dote les observatoires d'instruments modernes et puissants et de ressources suffisantes ; qu'on donne aux astronomes une situation en rapport avec les titres et les mérites qu'on entend leur demander ; en un mot, qu'on consente aux sacrifices matériels nécessaires, toutes ces difficultés disparaîtront, en même temps que renâtra d'elle-même, et comme par enchantement, la fécondité des études astronomiques.*

En 1936, Jean Cavalier, directeur de l'enseignement supérieur, dota enfin l'astronomie française de ses statuts et permit par-là la fin d'un angoissant problème de recrutement. Le décret du 31 juillet 1936 (J.O. du 5 août 1936) traitait du statut des observatoires astronomiques. Ce nouveau texte apportait aux dispositions du décret du 15 février 1907 des modifications profondes et étendues.

Pour les astronomes adjoints et les aides astronomes des conditions de recrutement rigoureuses sont prévues. La possession du doctorat ès sciences ou de l'agrégation ès sciences est exigée pour l'inscription sur la liste d'aptitude aux fonctions d'astronome adjoint ; celle de la licence ès sciences pour l'inscription sur la liste d'aptitude aux fonctions d'aide astronome.

Stroobant et al. publièrent en 1907 un annuaire des observatoires astronomiques et des astronomes dans le monde entier ; une seconde édition a vu le jour en 1931. Ces ouvrages nous permettent d'étudier l'évolution du personnel astronomique français entre ces deux dates. Les tables 1 et 2 donnent pour chacun des observatoires français la liste nominative des directeurs, astronomes titulaires (à l'Observatoire de Paris seulement), astronomes adjoints et aides-astronomes.

En 1907, il y avait 54 astronomes dans les neuf observatoires nationaux, dont 25 dans les observatoires de Paris et Meudon ; 24 d'entre eux ont obtenu un doctorat d'État. En 1931, alors même que l'observatoire de Strasbourg était redevenu français en 1919, il y avait 53 astronomes en France, dont 21 à Paris-Meudon ; cependant 31 d'entre eux ont obtenu un doctorat. Il y eut donc, au cours de cette période, stagnation du nombre des astronomes, mais augmentation de leur qualité puisque la proportion de docteurs ou futurs docteurs est passée de 44 à 58 %. L'âge médian était égal à 48 et 50 ans en 1907 et 1931 respectivement.

Cependant, l'évolution a été différente d'un observatoire à l'autre. L'observatoire de Besançon est stable dans la médiocrité ; en 1907 le personnel se réduisait, outre le directeur, à deux aides astronomes ; en 1931, il y avait trois aides astronomes ; aucun d'eux ne soutint jamais de thèse d'État. L'observatoire de Marseille se distingue, lui, par un déclin marqué : en 1907, il

comptait quatre astronomes adjoints et deux aides astronomes ; en 1931, il ne restait que deux aides astronomes.

Le décret du 1^{er} octobre 1926 (J.O. du 2 octobre) réunissait en un établissement unique les observatoires de Paris et de Meudon. À cette occasion étaient supprimés, outre un poste de directeur, un poste d'astronome adjoint et un poste d'aide astronome.

L'intérêt pour l'astronomie des anciens élèves des grandes écoles a fortement décru en 24 ans puisque, en 1907, il y avait parmi les astronomes 12 anciens élèves de l'École normale supérieure et 4 anciens élèves de l'École polytechnique alors qu'en 1931, il n'y avait plus que 8 anciens élèves de l'ENS et aucun polytechnicien. Peut-être cela était-il dû à la dégradation du pouvoir d'achat des salaires des astronomes après la Grande Guerre, les anciens élèves des grandes écoles pouvant sans difficulté trouver des situations plus lucratives. Mais ils étaient plus motivés en 1931 qu'en 1907, puisqu'en 1907, sur 16 anciens élèves de l'ENS ou de l'X, 11 seulement devinrent docteurs, alors qu'en 1931, il y en eut 7 sur 8 ; encore faut-il préciser que celui qui ne soutint jamais de thèse figurait déjà dans la liste du personnel en 1907.

Table 1
 Personnel des observatoires français en 1907
 Directeurs, astronomes titulaires, astronomes adjoints et aides astronomes

Observatoire					Thèse
Diplôme					
Alger	Trépied, Charles	(1845-1907)	directeur	-	Bac.
	Renaux, Joseph	(1865-)	astronome adjoint	-	ENS
	Rambaud, Charlemagne	(1857-1955)	aide astronome	-	-
	Sy, Frédéric	(1861-)	aide astronome	-	Lic.
Besançon	Lebeuf, Auguste	(1859-1929)	directeur	1897	
	Lic.,EA				
	Brück, Paul	(1856-1922)	aide-astronome	-	X,EA
	Hérique, Auguste	(1865-1924)	aide-astronome	-	EHB
Bordeaux	Picart, Luc	(1867-1956)	directeur	1892	ENS
	Esclangon, Ernest	(1876-1954)	astronome adjoint	1904	ENS
	Doublet, Édouard	(1855-)	aide-astronome	-	Lic.
	Courty, Fernand	(1862-1921)	aide-astronome	-	-
	Kromm, Fritz	(1866-)	aide-astronome	-	Bac
Lyon	André, Charles	(1842-1912)	directeur	1876	ENS
	Luizet, Michel	(1866-1918)	astronome adjoint	1912	Lic.
	Guillaume, Joseph-Noël	(1863-1930)	aide-astronome	-	-
	Merlin, Jean	(1876-1914)	aide-astronome	-	ENS
Marseille	Stephan, Édouard	(1837-1923)	directeur	1865	ENS
	Borrelly, Alphonse	(1842-1926)	astronome adjoint	-	-
	Coggia, Jérôme	(1849-1919)	astronome adjoint	-	-
	Esmiol, Emmanuel	(1853-)	astronome adjoint	-	
	Lic.,EA				
	Fabry, Louis	(1862-1939)	astronome adjoint	1893	X,EA
	Lubrano, Joseph	(1860-)	aide-astronome	-	-
Maître, Paul	(1861-)	aide-astronome	-	Bac.	
Meudon	Janssen, Jules	(1824-1907)	directeur	1860	Lic.
	Deslandres, Henri	(1853-1948)	directeur adjoint	1888	X
Nice	Bassot, Léon	(1841-1917)	directeur	-	X
	Simonin, Martial	(1863-)	sous-directeur	1897	ENS
Paris	Lœwy, Maurice	(1833-1907)	directeur		-
	Leveau, Gustave	(1841-1911)	astronome titulaire		-
	Bigourdan, Guillaume	(1851-1932)	"	1886	Lic.
	Puiseux, Pierre	(1855-1928)	"	1879	ENS,
	EA	Hamy, Maurice	(1861-1936)	"	1887

	Lic.,EA				
	Boquet, Félix	(1852-1929)	"	1885	
	Lic.,EA				
	Renan, Henri	(1845-1925)	"	-	ENS
	Gonnessiat, François	(1856-1934)	astronome adjoint	1892	Lic.
	Viennet, Éloi	(1857-1932)	"	-	-
	Lancelin, François	(1863-1930)	"	-	Lic.
	Mascart, Jean	(1872-1935)	"	1897	ENS
	Fayet, Gaston	(1874-1967)	"	1906	Lic.
	Baillaud, Jules	(1876-1960)	"	1914	Lic.
	Lagarde, Irénée	(1867-1960)	"	-	-
	Fatou, Pierre	(1878-1929)	"	1906	ENS
	Nordmann, Charles	(1881-1940)	"	1903	Lic.
	Boinot, Alphonse	(1860-1927)	"	-	-
	Chatelu, Jules	(1870-)	aide-astronome	-	Bac.
	Le Morvan, Charles	(1865-1933)	"	-	-
	Salet, Pierre	(1875-1936)	"	1910	?
	Maubant, Ernest	(1868-)	"	-	-
	Schaumasse, Alexandre	(1882-1958)	"	-	-
	Millochau, Gaston	(1866-)	"	-	Bac.
Toulouse	Baillaud, Benjamin	(1848-1934)	directeur	1876	ENS
	Saint-Blancat, Dominique	(1857-1925)	astronome adjoint	1906	?
	Bourget, Henri	(1864-1921)	astronome adjoint	1897	
	Agrég.				
	Montangerand, Louis	(1866-)	astronome adjoint	-	Lic.

EA : ancien élève de l'école d'astronomie de l'Observatoire de Paris

EHB : École d'horlogerie de Besançon

ENS : ancien élève de l'École normale supérieure

X : ancien élève de l'École polytechnique

Table 2
 Personnel des observatoires français en 1931
 Directeurs, astronomes titulaires, astronomes adjoints et aides astronomes

Observatoire				Thèse	Diplôme
Alger	Gonnessiat, François	(1856-1934)	directeur	1892	Lic.
	Lagrula, Johnny	(1870-1942)	sous-directeur	1901	Lic.
	Renaux, Joseph	(1865-)	astronome adjoint	-	ENS
	Boyer, Louis	(1901-)	aide-astronome	-	?
Besançon	Baillaud, René	(1885-1977)	directeur	1923	Lic.
	Chofardet, Paul	(1871-1958)	aide-astronome	-	EHB ⁺
	Goudey, Raoul	(1885-1975)	aide-astronome	-	Lic.
	Varchon, Léon Agrég.	(1887-1972)	aide-astronome	-	
Bordeaux	Picart, Luc	(1867-1956)	directeur	1892	ENS
	Kromm, Frédéric	(1866-)	astronome adjoint	-	Bac.
	Godard, Henri	(1884-)	aide-astronome	-	-
	Meyer, Georges Agrég.	(1894-)	aide-astronome	1933	
	Jekhowsky, Benjamin de	(1881-)	aide-astronome	1927	?
Lyon	Mascart, Jean	(1872-1935)	directeur	1897	ENS
	Grouiller, Henri	(1889-1943)	astronome adjoint	1939	Lic.
	Flajolet, Philippe	(1885-)	aide-astronome	-	?
	Dufay, Jean	(1896-1967)	aide-astronome	1928	Lic.
Marseille	Bosler, Jean	(1878-1973)	directeur	1912	X
	Jasse, Odette	(1899-1949)	aide-astronome	-	Lic.
	Belorizky, David	(1901-1982)	aide-astronome	1933	Lic.
Meudon	Dunoyer, Louis	(1880-1963)	physicien	1909	ENS
	Azambuja, Lucien d'	(1884-1970)	astronome adjoint	1930	Lic.
	Baldet, Fernand	(1885-1964)	astronome adjoint	1926	Lic.
	Burson, Vital	(1881-1932)	aide-astronome	-	-
	Lyot, Bernard	(1897-1952)	aide astronome	1929	ESE*
Nice	Fayet, Gaston	(1874-1967)	directeur	1906	Lic.
	Schaumasse, Alexandre	(1882-1958)	astronome adjoint	-	?
Paris	Esclangon, Ernest	(1876-1954)	directeur	1904	ENS
	Lagarde, Irénée	(1867-1960)	astronome titulaire	-	Bac.
	Nordmann, Charles	(1881-1940)	"	1903	Lic.
	Baillaud, Jules	(1876-1960)	"	1914	Lic.
	Salet, Pierre	(1875-1936)	"	1910	?
	Lambert, Armand Agrég.	(1880-1944)	"	1907	
	Giacobini, Michel	(1873-1938)	astronome adjoint	-	-
	Le Morvan, Charles	(1865-1933)	"	-	?
	Maubant, Ernest	(1868-)	"	-	?

	Chandon, Edmée Agrég.	(1885-1945)	"	1930	
	Mineur, Henri	(1899-1954)	"	1924	ENS
	Chatelu, Jules	(1870-)	"	-	Bac.
	Maneng, Louis	(1874-)	aide-astronome	-	Lic.
	Brisse, René	(1894-1965)	"	-	Lic.
	Bonnet, Rose	(1894-1973)	"	1945	Lic.
	Clavier, Jeanne	(1889-1940)	"	-	Lic.
Strasbourg	Danjon, André	(1890-1967)	directeur	1928	ENS
	Véronnet, Alexandre	(1876-1951)	astronome adjoint	1912	?
	Rougier, Gilbert	(1887-1947)	aide-astronome	1933	Lic.
	Lallemand, André Agrég.	(1904-1978)	aide-astronome	1934	
Toulouse	Cosserat, Eugène	(1886-1931)	directeur	1889	ENS
	Caubet, Paul	(1871-)	astronome adjoint	1910	Lic.
	Montangerand, Louis	(1866-)	astronome adjoint	-	Lic.
	Paloque, Émile	(1891-1982)	astronome adjoint	1925	Lic.
	Besson, Émile	(1868-1948)	aide-astronome	-	-
	Rossard, Frédéric	(1871-1958)	aide-astronome	-	-

* École supérieure d'électricité

+ École d'horlogerie de Besançon

Insuffisance des salaires

Le Verrier écrivait au ministre le 24 décembre 1856 : *Mal payé, misérablement logés, nos fonctionnaires abandonnent l'observatoire* (AN : F¹⁷.3730).

Un quart de siècle plus tard, Rayet écrivait au recteur le 25 décembre 1882 : *Les traitements minimes que l'administration supérieure nous permet de donner à nos aides (ils n'ont pas, comme à Paris, la ressource de passer leur journée à donner des leçons particulières) nous obligent à faire entrer à l'observatoire des jeunes gens qui n'ont pas de titres universitaires et qui n'ont pas satisfait à la loi militaire... En présence de l'avancement rapide qu'obtiennent dans l'enseignement secondaire nos médiocres licenciés de Bordeaux, pas un d'eux ne veut entrer à l'observatoire. C'est donc parmi les bons élèves des Écoles primaires, ayant 17 ou 18 ans, que nous sommes obligés de prendre nos aides.*

La modicité des salaires des astronomes est soulignée par Mouchez dans son rapport annuel pour 1884 : *Les astronomes logés hors de l'observatoire auront toujours une fâcheuse tendance à rechercher en ville des occupations lucratives pour augmenter leurs modestes appointements, au grand préjudice de leur service et de leur instruction théorique.* Il écrivait encore dans un rapport adressé au conseil de l'Observatoire à l'occasion de la séance du 16 janvier 1885 : *Cette dépense (pour construire des maisons d'habitation dans l'enceinte de l'Observatoire) serait totalement perdue pour la science, car elle n'empêcherait certainement pas beaucoup d'astronomes de continuer à chercher comme avant des occupations lucratives en ville pour augmenter leurs ressources personnelles et ce n'est qu'en établissant l'observatoire à la campagne qu'on pourra obtenir leur concours absolu et sans partage, leur entier dévouement au service de la Science et de l'État.* Et le 5 février 1890 à Otto Struve, directeur de l'observatoire de Pulkovo : *Les astronomes ne veulent pas quitter Paris où ils gagnent de l'argent à toute espèce de métier en dehors de celui d'astronome sans que je puisse m'y opposer.*

Cette insuffisance des traitements est aussi mentionnée dans deux lettres écrites au ministre par Rayet à propos de Courty, ancien élève de l'École primaire supérieure, embauché à l'observatoire de Bordeaux en 1880 à l'âge de 17 ans. La première est datée du 28 novembre 1885 : *Je désirerais, Monsieur le ministre, que le traitement de M^r. Courty, délégué dans la fonction d'élève astronome depuis le 1^{er} Janvier 1880, fut porté de 1800 à 2200 frs. M^r. Courty sera dans moins de quinze jours père de famille et les ressources qu'il peut demander à sa famille ou à celle de sa femme sont absolument nulles. Si vous n'accordez pas l'augmentation que je sollicite pour lui, il en sera réduit à faire vivre trois personnes avec une allocation de 150 frs par mois (environ 3 000 francs en 1995). Je puis, Monsieur le Ministre, vous affirmer, d'après mon expérience personnelle, qu'à Floirac, au contact de Bordeaux, c'est un problème à peu près insoluble.* Dans la seconde, datée du 11 décembre 1888, Rayet insistait : *M^r. Courty, marié depuis plusieurs années, a aujourd'hui deux enfants et il me paraît bien démontré qu'avec son traitement actuel de 2200 frs, il ne peut subvenir à l'entretien de sa famille qu'avec une extrême difficulté et par de véritables prodiges d'économie.* Il écrivait encore au ministre le 13 décembre 1891 : *J'ai l'honneur de vous demander de vouloir bien porter de 1500 frs à 1800 frs le traitement de M^r. Justin Duranteau... Son âge lui fait désirer un mariage qu'il ne peut contracter avec ses ressources actuelles, absolument insuffisantes pour l'entretien d'un ménage.*

Dans le même temps, les directeurs d'observatoires de province cumulaient un traitement à la faculté et un traitement à l'observatoire, la somme des deux étant comprise entre 11 000 et 12 000 francs par an (environ 17 000 francs par mois en 1995). Il semblait évident qu'un professeur qui remplit deux fonctions ne pouvait être privé du bénéfice de la double rémunération acquise du fait même de cette double tâche.

À Besançon, quelques années plus tard, cette insuffisance des salaires provoquait des démissions. Gruey, directeur de l'observatoire, écrivait au ministre le 22 mars 1898 : *J'ai le regret de vous adresser la démission de M. Petit qui quitte l'observatoire pour une position plus avantageuse dans l'industrie. Je n'ai jamais eu qu'à me louer du service et de l'intelligence active*

de M. Petit... Il est fâcheux que les traitements de début ne permettent pas de conserver les aides qui ont le plus d'aptitude (AN : F¹⁷.23466^B). Il écrivait encore le 27 novembre 1898 : J'ai l'honneur de vous adresser une lettre de M. Chaillet m'annonçant son départ. Comme M. Petit, il quitte l'observatoire uniquement à cause de l'insuffisance de son traitement. Avec 1200 frs, il ne peut subvenir aux besoins de sa femme et de ses deux enfants. Il avait de sérieuses qualités pour le travail de bureau et il entre dans le P.L.M. comme dessinateur à 1800 frs. (AN : F¹⁷.23248)

J. G.[uillaume?] écrivait en 1914 dans le Bulletin de l'association amicale du personnel scientifique des observatoires français (n° 10) : *On s'inquiète, avec juste raison, de l'abaissement de la natalité en France ; on constate que les mariages tendent à diminuer, ils sont plus tardifs qu'autrefois, et aussi moins prolifiques. -Eh! bien, vraiment, peut-on faire un grief de ne pas se marier au jeune homme sortant du régiment, que sa vocation pousse vers les études astronomiques ou météorologiques, et qui entre dans un observatoire comme stagiaire ? A ce titre, il pourra toucher (peut-être !) une indemnité de 1800 frs.*

Un ouvrier, lui, au moins, pour qui l'on tend activement à assurer ce minimum de 1800 frs, a l'avantage sur le fonctionnaire de pouvoir épouser une femme à qui il n'est pas défendu, par les convenances, de travailler dans l'industrie ou le commerce : d'où un apport supplémentaire, dans son mariage, de 1000 ou 1200 frs. Ses besoins étant beaucoup moindres, il pourra élever des enfants moins difficilement que le fonctionnaire à qui l'état impose un "habit noir" qui ne réussit pas toujours à cacher la "misère"...

Voyez-vous l'astronome dont la femme serait blanchisseuse, employée, ou caissière dans une épicerie ou dans une boucherie ?

En 1914, la hausse du coût de la vie est relativement faible ; elle ne commence réellement qu'en 1915 (18 % par rapport à 1914) ; en 1916, elle s'accroît. Par rapport à 1913 le coût de la vie en 1918 a plus que doublé (2,4 fois). Les prix commencent à baisser à la fin de 1918, le mouvement se poursuit jusqu'en mai 1919. L'inflation d'après-guerre se déclenche au début de l'été ; elle se prolonge en 1920 et l'indice des prix atteint un maximum tel que, par rapport à 1913, sa valeur a presque quadruplé (3,7) (Singer-Kérel, 1961). Sur la base 100 à la veille de la guerre, l'indice des prix était, en octobre 1919, à 412 (Rémond, 1988). La crise économique, qui éclata au printemps 1920, entraîna un effondrement des prix (indice 600 en avril 1920 et 358 pour la moyenne de l'année 1921) facilitant provisoirement la vie des fonctionnaires (Caron, 1981).

En 1920, les prix avaient donc triplé ou quadruplé par rapport à 1913, mais les traitements des fonctionnaires étaient restés inchangés. Des situations très acceptables avant la guerre étaient devenues misérables (Esclangon, 1926). Il fallut attendre 1927 pour que les pouvoirs d'achat retrouvent ou dépassent leur valeur de 1913 (Pestre, 1984).

Les salaires des astronomes de l'Observatoire de Paris, fixés par un décret du 6 juillet 1912, n'ont été réévalués qu'après la guerre. Le décret du 31 mars 1919 ne faisait subir à ces salaires qu'une augmentation symbolique voisine de 10 %. Le décret du 30 décembre 1919 doublait le salaire des astronomes, portant leur pouvoir d'achat aux deux tiers de sa valeur initiale. Il n'y eut pas de nouvelle augmentation avant le 21 février 1926 ; le franc avait alors à nouveau perdu la moitié de sa valeur et le pouvoir d'achat était donc retombé au tiers de sa valeur de 1913 ; il remonta aux deux tiers de cette valeur. Le décret du 4 octobre 1927 ramenait enfin les salaires à leur niveau de 1913. La vie fut donc certainement très dure pendant la période de 1915 à 1927 ; on peut se demander comment il était possible de survivre avec des revenus qui subissaient des diminutions aussi importantes.

R. Baillaud (1980) écrivait, parlant de cette époque : *Les traitements des fonctionnaires n'avaient pas encore été réajustés ; beaucoup d'enseignants découragés démissionnaient et cherchaient ailleurs une situation meilleure... Les astronomes parisiens pratiquaient le cumul sur une très grande échelle ; à cette époque Lambert faisait des cours à Paris à l'École Alsacienne, mon frère était rédacteur de la Revue scientifique et répétiteur à l'École Polytechnique ; trois astronomes titulaires (Bigourdan, Puiseux, Hamy) et mon père lui-même cumulaient les*

traitements afférents à leurs fonctions à l'observatoire et au Bureau des Longitudes et ils touchaient, avec une indemnité mensuelle, des jetons de présence à l'Académie des Sciences.

Dans une *Note sur l'amélioration des études astronomiques en France et des recherches scientifiques en général*, présentée en juin 1920 à la commission de l'enseignement de la Chambre des députés, Deslandres écrivait : *les astronomes sont astreints au service de nuit qui est pénible ; ils avaient avant la guerre un traitement un peu supérieur à celui des Facultés. La loi de 1919 a renversé les rapports et a augmenté les astronomes beaucoup moins que les fonctionnaires des Facultés ; le premier résultat de cette mesure a été d'arrêter leur recrutement.*

Il revenait en 1921 (Rapport sur l'observatoire d'astronomie physique de Meudon. Année 1920) sur ce problème lancinant : *L'échelle des traitements appliquée aux observatoires en 1919 et 1920 a soulevé des réclamations générales dans les milieux astronomiques. Le traitement des astronomes était, avant la guerre, un peu supérieur à celui des professeurs, maîtres de conférences, chefs de travaux et préparateurs des Facultés ; il est maintenant inférieur, la différence allant jusqu'à 3000 et 5000 francs, et le premier effet de la mesure a été d'arrêter le recrutement des astronomes, déjà fort difficile à cause du travail de nuit qui leur est imposé.*

Il écrivait encore en 1927 (Rapport sur l'observatoire d'astronomie physique de Meudon. Année 1926) : *Les traitements du personnel scientifique, actuellement identiques à Paris et à Meudon, ont été certes augmentés depuis la guerre, mais beaucoup moins que les traitements correspondants des Facultés ; et, depuis 1919, les astronomes réclament avec force contre cet abaissement relatif qui a eu pour conséquence immédiate d'arrêter leur recrutement... les bons élèves des Universités et des Grandes Écoles se détournent de plus en plus de la carrière astronomique.*

Le problème des rémunérations est encore abordé en 1929 par Deslandres dans le rapport annuel de l'Observatoire de Paris : *Le décret du 5 octobre 1926 avait maintenu les traitements des astronomes à deux échelons au-dessous des traitements des fonctionnaires correspondants des facultés. Nous devons poursuivre nos revendications qui sont légitimes depuis que les titres exigés des astronomes des divers grades sont devenus identiques à ceux exigés dans les facultés.*

Dans une lettre à Ferrié du 22 décembre 1926, Danjon écrivait: *La commission de réajustement des traitements vient de commettre à notre égard un véritable déni de justice... C'est la consécration du déclassement dont nous nous plaignons depuis 7 ans et que les lamentables attaques de M. Deslandres contre la majeure partie de notre personnel ont stupidement provoqué. Assimiler les adjoints des départements -qui doivent être docteurs- aux professeurs de lycée, est en contradiction formelle avec le vœu de l'Académie et avec l'état de choses antérieur à 1914. Les adjoints marchaient alors avec les maîtres de conférence.*

Or on débute professeur de lycée à 22 ou 23 ans si l'on est agrégé. Sauf le cas scandaleux de Mineur, je ne connais pas de cas où un astronome ait débuté adjoint. En province, actuellement, je ne connais aucun adjoint de moins de 40 ans.

De même, les aides (dont je suis) étaient naguère identiques aux chefs de travaux. Les voilà préparateurs. N'oublions pas qu'un savant comme M. Esclangon est resté aide pendant une douzaine d'années. Voilà le plus clair résultat de la discorde qui divise nos grands chefs, beaucoup plus préoccupés de leurs petites affaires que du sort de leur personnel, ou du recrutement de l'astronomie.

Le 27 décembre, il revenait sur ce problème : *Si l'échelle de traitement est définitivement admise, c'est la fin, sans plus, de l'astronomie française, par manque de recrutement. Qui, parmi les jeunes, serait assez stupide pour solliciter un emploi alors que les titres exigés assureraient au titulaire, dans l'enseignement, une situation de début équivalente à la situation d'un astronome en fin de carrière ? Il est clair que la commission a travaillé à l'aveuglette, sans se douter le moins du monde de la lenteur et du manque de régularité de notre avancement. Elle nous offre, en fin de carrière, une situation de professeur de lycée, alors qu'un normalien de 22 ou 23 ans entre d'emblée dans cette catégorie. Elle oublie aussi qu'un adjoint doit être docteur.*

Or, un agrégé de lycée a une indemnité supplémentaire quand il est docteur. Il n'est pas question de cet avantage là pour nous.

Si j'avais fait de l'enseignement, je serais depuis 2 ans dans un lycée de Paris au lieu de passer des nuits sous le ciel de Strasbourg. Quelle duperie !

Puis le 6 janvier 1927 : On vous dira... qu'il serait injuste de payer certain astronome-adjoint qui est tout au plus bachelier, comme un maître de conférences, qui est souvent agrégé et toujours docteur, ou en passe de le devenir. Ces arguments sont puissants sur l'esprit des parlementaires... En réalité, ils ne tiennent pas si l'on envisage l'intérêt supérieur de l'astronomie qui exige l'infusion d'un sang nouveau, c'est-à-dire d'un recrutement de la même valeur que celui de l'enseignement supérieur... On vous dira alors : les astronomes de réelle valeur sont mathématiquement certains d'arriver aux plus hautes situations que puisse rêver l'université. On vous fera miroiter les traitements de directeurs qui sont en effet, par suite du cumul avec leur chaire, des plus avantageux. Mais là encore, il y a la question d'âge qui intervient. Un maître de conférences peut devenir professeur titulaire quand il a trente ans d'âge et deux ans de grade... On ne devient pas directeur d'observatoire, depuis bien des années, avant 45 ans.

En résumé, nous demandons deux choses qui doivent nécessairement s'accompagner. Une assimilation conforme au tableau dressé par l'Académie en 1920. Un statut... précisant les grades exigés pour la nomination dans les différentes catégories de personnel, ôtant aux directeurs de chaque établissement le pouvoir absolu qu'ils détiennent actuellement en fait, sinon en droit, pour le choix du personnel et pour l'avancement ; ils sont en réalité rois absolus, et leur bon plaisir peut introduire dans les cadres n'importe qui, et laisser leur personnel sans avancement pendant dix ans, le ministre n'y peut à peu près rien... Les astronomes sans titre sont à peine une demi-douzaine. Qu'on les paye cher, et qu'on les mette à la retraite dès que leur tour viendra. L'état n'y perdra pas grand chose. Ils sont âgés... On ne doit pas condamner un corps de fonctionnaires à mourir de faim pour quelques malheureux qu'on y a nommés régulièrement sans leur demander des parchemins...

Les jeunes gens sont détournés de l'astronomie par la situation ridicule qui nous est faite. Chaque année, je reçois à l'époque des vacances des lettres de jeunes bacheliers qui me demandent quelles études doit faire un futur astronome. Je ne les décourage pas, mais je leur expose la situation matérielle. Aussi, je n'en entends plus parler. Vous rappellerais-je le cas de Dufay qui voulait se faire astronome il y a deux ans et qui a dû y renoncer, malgré le nombre de places vacantes ? Son professeur, Cabannes, de Montpellier, neveu de M. Fabry, ferait un astronome remarquable. Mais il est professeur d'université et bien mieux payé. Deux ou trois de mes camarades de promotion avaient du goût pour l'astrophysique, mais ils ont reculé devant la carrière qu'on leur offrait. L'attrait d'une brillante situation... à 50 ans, ne les a pas tentés.

Et le 2 janvier 1927 : Le projet de statut réclamé par les astronomes est exactement celui que l'Académie avait formellement recommandé au ministre en 1920. On avait alors admis qu'il convenait d'élever les traitements, en prenant toutefois des garanties quant au recrutement et à l'avancement. On conférait ainsi des avantages immédiats à des gens qui ne les méritent guère, mais on sauvait l'astronomie en assurant le rajeunissement des cadres. Je frémis, devant le tableau actuel du personnel, en songeant à ce que sera l'astronomie française dans 20 ans et même dans 10. Il n'y aura pas un nom connu hors des frontières.

Le projet précis sur lequel on était d'accord est celui-ci : assimilation du personnel scientifique au personnel des Universités du même ressort académique (d'où un avantage pour Paris qui, avant la guerre, avait le traitement des universités de province).

Équivalence des grades :

Adjoints : maîtres de conférences

Aides : chefs de travaux

Assistants : cadre à part, avec, en fin de carrière, un traitement supérieur à celui des aides débutants.

Titulaires à Paris, Directeurs à Paris et en Province, équivalents à Professeurs titulaires, avec une indemnité spéciale pour les directeurs.

Conditions de nomination :

pour aide : licence

pour adjoint : agrégation ou doctorat

Obligation de débiter en province

Obligation d'un stage minimum de 2 ans dans le grade d'aide avant de passer adjoint.

Institution (enfin !) d'un avancement à l'ancienneté, superposé à l'avancement au choix qui existe seul actuellement.

Déclaration obligatoire de vacances (n'a lieu actuellement que pour les postes de directeurs, titulaires et (peut-être ?) pour les adjoints à Paris.

Je me permets d'ajouter qu'une personnalité indépendante, mais fort au courant de la situation, comme vous l'êtes, mon Général, pourrait agir plus fortement sur l'esprit de M^r Cavalier qu'un Directeur ou un représentant de notre amicale. Votre témoignage ne serait pas suspect "a priori"

Le 17 juillet 1927, Dufay écrivait à Danjon : *J'aurais été très heureux de devenir prochainement astronome de métier [...]. C'est donc avec quelque mélancolie que je dois vous avertir que je ne crois pas possible de poser ma candidature au poste d'aide-astronome qui sera bientôt vacant à Strasbourg [...]. Cette décision est surtout motivée, bien entendu, par d'absurdes raisons financières. En supposant qu'on m'ait accordé l'indemnité compensatrice, mettant mon traitement au niveau de celui d'un professeur de lycée de province, j'aurais pu toucher dans les 28 000, soit seulement quelques milliers de francs de moins que ce que j'aurai à Paris l'année prochaine. Perte peu importante si elle avait été de peu de durée ; mais ce traitement est tellement supérieur à celui de la moyenne des aide astronomes que j'aurais dû attendre longtemps avant de voir ma situation s'améliorer, le temps de devenir astronome-adjoint et encore pas de dernière classe.*

Enfin, en 1927, Bosler écrivait un rapport sur la situation de l'astronomie française, rapport qui, semble-t-il, ne fut pas publié avant 1986 (Journal des astronomes français n° 27) : *Jusqu'il y a 30 ans, l'astronomie française n'était inférieure à aucune autre. Dans la mécanique céleste : Le Verrier, Tisserand, Callandreau, Poincaré ; dans l'astronomie de position et l'astrophysique : Fizeau, Læwy, les frères Henry, Cornu, Janssen suffisaient à l'illustrer. Depuis 30 ans, elle a décliné progressivement... Quelles causes incriminer ?... Trop peu d'astronomes comprennent l'anglais et l'allemand et presque tout ce qui a de la valeur se publie en anglais ou (moins souvent) en allemand... Mal payé, défavorisé par rapport à toutes les carrières analogues, [le personnel est] souvent obligé, pour vivre, de faire autre chose [...]. La science française n'est pas appréciée par l'opinion générale comme elle le devrait : un sous-chef de bureau est en moyenne décoré 20 ans avant les astronomes qui ne le sont jamais, comme tels, avant 65 ou 70 ans [!!]. Les hommes de valeur s'éloignent de plus en plus d'une carrière qui ne leur procure aucun avantage, même purement scientifique, comme on va le voir. A part quelques très rares appareils spéciaux, il n'y a pas en France un seul instrument vraiment moderne de moins de 30 ans... Les crédits de roulement annuels des observatoires sont insuffisants [...]. L'astronomie moderne n'est enseignée nulle part dans un établissement officiel [...].*

Certains pensaient, on le voit, que l'insuffisance des salaires pouvait être compensée par l'attribution de la Légion d'honneur ou l'élection à l'Académie des sciences.

Conditions de travail des observateurs

Un ordre de service de Le Verrier daté du 29 octobre 1857 précisait : *Les astronomes adjoints et assistants continueront d'être présents de 9^h à 1^h et de 1^h30 à 4^h30 (AN : F¹⁷.3719).*

Dans ses mémoires publiés en 1911, Flammarion qui était entré en 1858, à l'âge de seize ans, au bureau des calculs de l'Observatoire de Paris, écrivait : *Nous étions six à travailler au*

bureau des calculs. J'étais le plus jeune ; les autres avaient de 18 à 22 ans. Le chef de bureau était Serret [...]. Le travail que l'on [avait] à fixer [était] assez simple [...]. J'étais libre à partir de quatre heures, après sept heures de travail réglementaire. En novembre 1857, les six calculateurs étaient Boblin, Delépine, Descroix, Leveau, Monin et Vinches (AN : F¹⁷.3719).

Des Instructions pour le service de l'Observatoire Impérial, probablement rédigées vers 1858, spécifient : *Le service de nuit commence à 6 heures du soir pendant les mois de septembre [à avril] et se prolonge au moins jusqu'à minuit. Il commence à 7^h du soir en mai et août et finit à 1^h du matin ; il commence à 8^h du soir en juin et juillet et finit à 2^h du matin. Lorsqu'un phénomène spécial doit être observé après minuit, l'astronome peut retarder d'autant le commencement du service. Les soirs où le ciel est couvert sont consacrés à la réduction, au calcul, à l'impression des observations.* Un arrêté ministériel du 26 octobre 1857 précisait : *Les fonctionnaires de l'observatoire doivent six séances par semaine pour les observations et les autres travaux* (AN : F¹⁷.3718).

Le Verrier écrivait au ministre le 24 janvier 1861 : « *Les instruments méridiens exigent un service de jour et de nuit ; les équatoriaux un service de nuit seulement. Le mieux serait assurément de poursuivre le service pendant toute la nuit. Nous ne le proposerons pas, dans la crainte que la dépense qui en résulterait ne parut trop élevée. Nous admettons qu'en général le service ne soit continué que jusqu'à 2 heures du matin ; dans quelques circonstances exceptionnelles seulement, il sera prolongé au-delà de cette limite [...]. Nous n'estimons pas qu'on puisse exiger des assistants plus de cinq jours de service par semaine* ». Et encore le 14 août 1863 : « *[...] j'établis clairement qu'il me faut un personnel plus nombreux, même pour ne conduire les observations que jusqu'à 2 heures du matin* » et le 18 août : « *Peut-être votre Excellence trouvera-t-elle même que certaines parties sont trop restreintes : par exemple lorsque je ne prolonge pas les observations au-delà de 2 heures du matin. Je le prie de vouloir bien remarquer que je serais loin de refuser de continuer le service plus avant dans la nuit ; mais que cela serait impossible avec le personnel auquel je m'arrête par des motifs de service [...] des séances de huit heures sont au-dessus de ce qu'on peut attendre communément des forces humaines. J'ai même raisonné en supposant que les fonctionnaires ne seraient jamais malades et n'auraient jamais de congé* » (AN : F¹⁷.3730 ; OP : MS3567, 3).

En 1867, Le Verrier écrivait : « *On sait que la prétention des astronomes serait de ne jamais venir quand il fait mauvais temps. Le directeur assure qu'alors on ne fera plus rien parce que, les jours de beau temps, on se trouvera engagé ailleurs* » (AN : F¹⁷.3274) et, dans un rapport adressé au ministre en août 1867 : « *Lorsqu'on est libre de venir ou non, comme les jours de temps couvert prédominent, on prend l'habitude de compter sur eux, de contracter des engagements et de ne voir l'observatoire qu'en ligne secondaire et éventuelle. Le beau temps vient vous surprendre désagréablement à la campagne ou ailleurs et, si l'on ne se décide pas à manquer complètement son service, on n'y vient que tardivement. Si le temps vient à se découvrir vers les onze heures, jamais on ne vient* » (OP : 3764, 4).

Dans un discours prononcé au Sénat le 8 février 1870, Le Verrier demanda : « *[...] Comment voulez-vous que cet établissement marche quand on laisse aux astronomes le soin de venir à l'observatoire lorsque cela leur plaît : cela leur plaît rarement* » (OP : 3567, 3).

Un arrêté ministériel du 10 août 1874 précisait : « *Les fonctionnaires de l'Observatoire (de Paris) doivent, par semaine, cinq séances du soir ou six séances de jour pour les observations et autres travaux* » (OP : MS1060, carton Ia).

Dans ses mémoires, Flammarion souligne l'inefficacité du travail accompli à l'observatoire. « *Lalande, écrit-il, a observé en son petit observatoire de l'École Militaire, pendant la Révolution à l'aide d'un instrument de la plus haute précision, 47390 étoiles. L'Observatoire de Paris a mis plus de cent ans à réobserver ces étoiles. Le catalogue définitif vient d'être terminé, et je ne suis pas bien sûr qu'il renferme toutes les étoiles de Lalande. Cette différence est à peu près la même que celle que l'on peut remarquer entre l'activité des associés d'une maison de commerce et celle des ouvriers d'un arsenal de la Marine de l'État. Certes, je suis loin de dire que l'on ne travaille*

pas à l'Observatoire de Paris, mais c'est un fait général que les travaux particuliers, effectués avec amour, sont exécutés avec plus de soin et vont beaucoup plus vite que ceux d'une administration. Le Verrier le savait, d'ailleurs. N'avait-il pas imaginé, pour accélérer le travail, de payer trois sous par étoile observée à la lunette méridienne ! Mais alors, on allait parfois trop vite, et les observations manquaient de la perfection nécessaire ». Le **Figaro** écrivait le 13 novembre 1867, sous la signature d'Alexandre Duvernois : « La conséquence de ce travail aux pièces est facile à deviner ; les astronomes à façon tenaient plus à la quantité qu'à la qualité de leurs produits, de sorte que toutes les observations opérées au moyen de l'équatorial, depuis 1854 jusqu'en 1860, plongèrent dans une profonde stupeur les observatoires étrangers » (AN : F¹⁷.3719).

Le Verrier lut un rapport (AN : F¹⁷.3721) devant le conseil de l'Observatoire lors de sa séance du 3 juillet 1874 : « Voici le résultat de notre inspection, étendue à 149 jours ouvrables depuis le 27 novembre 1873 jusqu'au 30 juin 1874 :

M. A. a été absent 66 soirées sur 149 et sa présence moyenne ressort à 2h1/4 par jour.

M. B. a été absent 27 soirées sur 89 et sa présence moyenne ressort également à 2h1/4 par jour.

M. C. a été absent 64 jours sur 149 et sa présence ne ressort guère qu'à 2 h par jour.

M. D. a été absent 31 soirées sur 77 et sa présence ressort à un peu moins de 2 h par jour.

M. E. a été absent 68 jours sur 113 et sa présence ne dépasse pas 1 h par jour.

M. F. a été absent 106 jours sur 141 et sa présence moyenne ressort à 36 minutes par jour.

De pareils résultats, provenant d'une liberté absolue, se passent de commentaires [...]. Il est extrêmement rare qu'à minuit tout le monde ne soit pas parti. Même au moment des plus longs jours, bien qu'on ne commence le service qu'à 9h^{1/2} ou 10h, à minuit, il n'y a plus personne »

Le Verrier signa plusieurs ordres concernant le service des astronomes et les circonstances dans lesquelles il devait être accompli. Le 10 octobre 1875 : « Les inexactitudes du service de plusieurs astronomes ont attiré l'attention du ministre ». Le 11 octobre : « Le service commence et finit aux heures stipulées. En cas de mauvais temps, les observateurs s'occupent de la mise en ordre des cahiers d'observation, de la réduction des observations, .. » Le 15 septembre 1876 : « Le directeur donne l'ordre à tous les fonctionnaires du service des observations d'être présents à 6h du soir comme le porte le règlement et pendant le temps voulu ». (OP : Archives)

Stephan, directeur de l'observatoire de Marseille, écrivait dans son rapport annuel pour l'an 1873 : La règle générale adoptée est que tous les fonctionnaires sont de service, chaque soir, quand le temps est beau, à partir de la fin du jour jusqu'à minuit au minimum.

Un ordre de service de Mouchez du 28 août 1878 rappelait : « La durée minimum du service méridien est fixée à 5 h et le nombre d'étoiles observées, quand le temps est favorable, devra être de 50 » (OP : MS1067,1).

Mouchez écrivait dans le Rapport annuel de l'Observatoire de Paris pour l'an 1878 : « L'usage établi depuis longtemps à l'Observatoire de Paris est de ne demander aux astronomes que cinq séances par semaine d'observation de quatre à cinq heures chacune (de 8h à minuit en général) ; la Lune seulement est observée jusqu'à 2h ou 3h du matin. C'est évidemment là une organisation du travail un peu faible qui serait tout à fait insuffisante pour l'observation des étoiles fondamentale [...]. Nos astronomes, n'étant pas logés à l'observatoire, montrent[...] peu de disposition pour observer pendant la deuxième partie de la nuit, même quand on leur propose de leur donner des chambres près de leurs instruments, ce qui leur éviterait de venir au milieu de la nuit à l'observatoire. Cela ne semble jamais s'être fait, au moins comme service régulier. Nous sommes tellement habitués, dans la marine, à travailler, veiller, observer à toute heure de nuit comme de jour que j'ai été fort surpris d'une semblable lacune dans des travaux aussi intéressants et importants que ceux qu'on peut faire ici. Il est vrai qu'il est de tradition à l'Observatoire de Paris que les observations des étoiles après minuit n'ont pas la même précision que celles avant minuit mais je ne crois pas que cette assertion ait le moindre fondement ».

Venant d'être nommé à la direction de l'Observatoire de Paris, Mouchez écrivait le 31 juillet 1878 à Airy, directeur de l'observatoire de Greenwich, pour lui demander conseil quant au

programme scientifique à adopter, lui demandait son avis sur ce point : « [...] *Je voudrais aussi faire observer depuis minuit jusqu'au lever du Soleil ; mais les astronomes de notre observatoire prétendent que les observations après minuit ne sont plus bonnes. J'ai observé toute ma vie des culminations lunaires pour les longitudes et je ne me suis jamais aperçu que les observations après minuit étaient moins bonnes qu'avant minuit. Je crois tout simplement que les astronomes sont fatigués ; mais il serait facile de les remplacer, comme des marins qui font à bord des navires la garde nuit et jour ; ayez la bonté de me donner votre avis sur cette question* ». Airy répondit dès le 5 août : « *In regard to the hours of observations, we divide the days at 15h Solar time (3h AM), and we pay no respect to midnight: when late observations are required, the evening-observer must observe to 15h, and when early observations are required, the day observer must rise at 15h [...]. But this is done only for Moon and large planets. When there are not pressing, observations are closed at 11h* ». Ce texte n'est pas très clair ; faut-il comprendre qu'il y a un observateur de service de 15^h à 3^h du matin, relayé par un autre pour les 12 heures qui suivent ?

Mouchez éprouvait les mêmes difficultés que Le Verrier à obtenir des astronomes un minimum de travail si l'on en juge par ses notes de service répétées. Le 28 mai 1884 : « *Le Directeur de l'observatoire rappelle à MM. les astronomes du service méridien que la durée du service du soir est actuellement de 8^h1/2 du soir à 1^h1/2 du matin. Hier soir, à minuit, le service avait cessé dans toutes les salles. Le nombre d'observations est d'ailleurs devenu tout à fait insuffisant. Il n'a été observé hier soir que 15 étoiles aux instruments de Gambey alors que le temps fut très beau* ». Le 8 décembre 1884 : « *Hier soir 17 décembre, le ciel s'est découvert à 10^h1/2 et il est resté ensuite très beau pendant une grande partie de la nuit. MM. les observateurs du service méridien qui devaient rester à l'observatoire jusqu'à minuit, n'ont pas fait une seule observation. Je regrette d'être obligé de signaler encore ce manque d'assiduité et la diminution continuelle du nombre d'observations de chaque soirée* ». Le 21 février 1885 : « *Plusieurs astronomes du service méridien ont pris l'habitude de ne plus venir à l'observatoire ou de le quitter avant l'heure réglementaire quand le ciel est couvert. Il en résulte qu'ils ne sont pas présents à leur service quand le ciel se découvre pendant la soirée et qu'ils se croient souvent obligés de prétexter une migraine ou un mal de gorge pour expliquer leur départ. Personne ne pouvant admettre ces indispositions subites qui arrivent chaque fois que le ciel se découvre, je crois devoir prévenir MM. les observateurs du service méridien qu'à l'avenir je signalerai régulièrement ces faits au conseil de l'observatoire et au ministre qui auront à aviser* ». Le 17 décembre 1885 : « *Le nombre des observations faites au service méridien diminue continuellement et devient absolument insuffisant. Hier soir, 16 décembre, le temps était favorable dans la première partie de la nuit et on n'a observé que 4 à 5 étoiles ; sur le rapport de Montsouris, j'ai trouvé 34 étoiles observées et 2 polaires* ». Le 26 octobre 1886 : « *Hier soir, lundi 25 Octobre, le ciel ne s'étant découvert qu'à 10 heures, il n'y a eu aucune observation de faite comme il arrive trop souvent quand le temps n'est pas favorable au commencement de la soirée. Je prie de nouveau MM. les observateurs du service méridien [...] de se rappeler que quelque soit l'état du temps, ils doivent être présents à l'observatoire quand ils sont de service* ».

Dans une note de service datée du 9 février 1904, Lœwy rappelait : *Équatorial photographique. Le service régulier a lieu tous les jours de la semaine de 7^h du soir à 1^h du matin pendant l'hiver et à partir de 8^h du soir à 2^h du matin pendant l'été* (OP : MS1067, 4).

Rien n'avait changé un quart de siècle plus tard. Dans ses souvenirs, Camichel (1996) écrit : *On finissait [vers 1930] les observations juste à temps pour prendre le dernier métro. J'ai été surpris d'apprendre à cette occasion que les astronomes du service méridien n'observaient pas après minuit.*

Une note anonyme, datant probablement de 1918, compare le régime intérieur des observatoires de province (Alger, Bordeaux, Lyon et Nice) et permet de se faire une idée des contraintes imposées aux astronomes. Le régime varie d'un observatoire à l'autre, mais en moyenne, les astronomes devaient faire 4 à 6 heures de bureau chaque jour (6 jours par semaine ?) et 3 à 4 heures d'observation chaque nuit où le ciel était clair (7 nuits par semaine ?). Les

heures de nuit étaient en général déduites des heures de jour du lendemain.

Les conditions de travail des astronomes à l'observatoire de Bordeaux sont décrites par Rayet et Picart dans leur correspondance. En août 1884, Rayet signait une note de service rappelant que *les aides et aides astronomes doivent à l'observatoire sept heures de service par jour soit 42^h par semaine ; ces heures de service et de présence dans les cabinets de calcul ou d'observation sont réparties entre le jour et la nuit suivant la nécessité des observations et l'époque de l'année* (AN : F¹⁷.25778, Flamme). Le 2 novembre 1879, Rayet avait écrit à un candidat à un poste d'aide astronome : *Pouvez-vous, sans trop de fatigue, veillez jusqu'à 2^h du matin et parfois jusqu'au lever du jour*. Il écrivait à Wolf le 28 février 1884 : *Que Flamme ne s'effraye pas de l'observation de 50 étoiles entre -15° et -20° et d'une dizaine de fondamentales ; il faut pour cela 3^h1/2 environ car on arrive presque à 20 étoiles par heure*. Le 21 avril 1912, Picart écrivait à Boudat : *la présence continue à l'observatoire est exigée, sauf un jour par semaine au choix du directeur (je vous ai prévenu que ce ne serait le Dimanche que de façon exceptionnelle) et sauf un congé annuel de quinze jours*. Dans son rapport annuel pour l'an 1873, Stephan, directeur de l'observatoire de Marseille, écrivait : *Mes collaborateurs m'ont témoigné le désir de prendre chaque année, autant que le permettent les circonstances, quelques semaines de congé. Cette demande très légitime ne pourra être accueillie que le jour où le personnel aura été accru*. Les astronomes étaient en principe logés dans les observatoires (Brück écrivait au ministre le 18 novembre 1891 : *Le décret de l'année 1879 porte qu'un astronome non logé à l'observatoire ne peut pas être astreint à un service de nuit*). Ces logements cependant, extrêmement exigus, s'ils pouvaient convenir à un célibataire, étaient tout à fait insuffisants après leur mariage. *Doublet et Courty déjeunent et dînent ensemble dans une auberge du village voisin tenue par une ancienne cuisinière d'une bonne maison du voisinage. Je puis offrir à Flamme une chambre avec un cabinet de toilette, au rez-de-chaussée de ma propre maison, mais avec une entrée spéciale. C'est un logement analogue à celui de Doublet et de Courty* (Rayet à Wolf le 28 février 1884). *Le logement de M. Courty est absolument insuffisant pour un ménage et on ne saurait, d'autre part, songer un seul instant à placer une jeune femme dans le voisinage immédiat de deux (et même de trois) célibataires. Il pourrait y avoir dans ce voisinage des causes de querelles, de conflits, de discussions qu'il importe impérieusement d'éviter* (Rayet au recteur le 3 mai 1884). *Vous connaissez le logement qui vous sera attribué : une chambre et une cuisine. Je vous ait fait prévoir qu'il ne saurait être question de l'agrandir avant une dizaine d'années* (Picart à Boudat le 21 avril 1912). Lorsqu'en janvier 1893 Brück posa sa candidature à un poste vacant d'aide astronome à l'observatoire de Bordeaux, Rayet le découragea en lui disant que son salaire ne pourrait excéder 3 500 francs, qu'avec sept enfants, il ne pouvait être logé à l'observatoire où les logements disponibles n'étaient constitués que d'une chambre et d'un cabinet de toilette et qu'il devrait compter dans le village voisin sur un loyer de l'ordre de 1 000 francs. Rayet écrivait au recteur le 19 janvier 1905 : *Pour satisfaire aux exigences de son service de nuit, M^r Féraud, en février 1893, dut venir habiter avec sa jeune femme un chalet situé dans la plaine basse, humide et marécageuse, qui forme la palud de Floirac. En hiver, l'eau est dans cette région à fleur de sol... Dans cette maison, M^r Féraud a pris pendant l'hiver 1903-1904 le germe de la grippe infectieuse qui est la raison incontestable de sa mort subite*.

À l'occasion de sa candidature à la direction de l'Observatoire de Paris en 1907, Bigourdan écrivait : *Il serait désirable que les observateurs fussent logés à l'observatoire. Comme cela est impossible, le moins que l'on puisse offrir à chacun d'eux, c'est un cabinet où il soit possible de travailler tranquillement, la nuit comme le jour... Ce minimum est loin d'être accordé à tous les observateurs de Paris, particulièrement à cause du service méridien. Aussi paraît-il indispensable, et d'ailleurs peu difficile, de mettre à la disposition de tous les observateurs de nuit quelques petits cabinets chauffés et éclairés... Cela fait, les astronomes seront moins portés de rester chez eux quand le ciel est incertain... pour les grands instruments, à Paris comme ailleurs, on met ensemble deux personnes, ordinairement un observateur et un aide, parce que l'expérience a montré que le travail utile est ainsi plus que doublé... Ajoutons d'ailleurs que ce*

nombre doit encore être augmenté quand on veut que l'instrument soit en service tous les jours.

Dans un rapport discuté par le conseil de l'Observatoire de Paris lors de la séance du 16 janvier 1885, Mouchez écrivait à propos de l'influence du logement des astronomes sur les travaux effectués : *En 22 ans, de 1858 à 1879, le relevé des observations faites à l'Équatorial de la tour Ouest par des astronomes non logés à l'observatoire donne 887 observations, soit en moyenne 40 par an. En 5 ans, de 1879 à 1884, un astronome logé dans une pièce à côté de cet équatorial a fait 2298 observations, soit 460 par an. Au service méridien, les astronomes non logés ont fait en moyenne de 1500 à 2000 observations en 1884, soit en moyenne 5 par jour, c'est-à-dire un travail qui de beau temps peut être effectué en 1/4 d'heure. Tel est l'unique produit de chaque astronome. Au service méridien, des astronomes logés en feraient certainement 6 à 8 fois plus.*

Dans le brouillon d'une lettre de démission écrit en 1888 et jamais envoyé, brouillon conservé dans les archives de l'Observatoire de Paris, Mouchez revenait sur ce problème : *Les astronomes doivent être logés près de leurs instruments de manière à pouvoir s'y transporter chaque fois que se produit une éclaircie favorable du ciel ; sous un climat aussi variable que celui de Paris, cette condition est d'une très grande importance. Mais l'Observatoire de Paris, si mal conçu malgré sa masse imposante, ne permet pas plus d'y trouver un seul logement qu'une seule place convenable pour des instruments. Les astronomes sont obligés de se loger en ville et à leurs frais. Ce fait seul suffit pour changer complètement la situation du personnel vis-à-vis de l'établissement auquel il est attaché et de l'accomplissement de ses devoirs professionnels, ne venant à l'observatoire que bien strictement pour son service, c'est-à-dire de 8 à minuit 2 jours sur 3 selon les règles depuis longtemps établies et en rapport avec la nature des travaux, il est facile de comprendre sans insister tous les abus, toutes les négligences qui en résultent, car il est difficile de traiter des hommes de science comme des écoliers. Les deux graves inconvénients de cette situation sont premièrement de diminuer considérablement le travail effectué et secondement d'empêcher qu'il ne se forme de notables astronomes en France car ces fonctionnaires, passant en réalité les 9/10^{ème} de leur vie en dehors de l'observatoire, s'en désintéressent complètement et ne peuvent prendre aucun intérêt aux autres travaux qui s'y effectuent. Ils emploient la plus grande partie de toutes leurs journées entièrement libre à des occupations lucratives en ville pour augmenter leurs ressources matérielles et payer leur loyer au lieu de les employer aux études théoriques et pratiquer des diverses branches de l'astronomie qui ne devient plus qu'une occupation accessoire dans leur existence...*

Quant à l'insuffisance de la production de l'Observatoire de Paris, relativement à ses moyens d'action, elle provient principalement du logement des astronomes en ville et des mauvaises habitudes qui en résultent ; il suffit de citer les chiffres pour le constater ; chaque année, on peut voir par le tableau des observations méridiennes publiées dans le rapport annuel que le nombre des étoiles observées au service méridien comprenant à lui seul, à trois ou quatre astronomes près, la totalité du personnel d'observation, est de 1800 à 2000 environ pour chacun d'eux, c'est-à-dire de cinq étoiles en moyenne par soirée, travail qui peut facilement s'effectuer en 1/4 d'heure ou 20 minutes. Or, d'après un relevé très exact du temps pendant lequel on peut observer dans le ciel de Paris, relevé qui a été fait jour par jour pour les dix dernières années à l'Observatoire de Montsouris où les officiers de marine observent pendant toute la durée de la nuit chaque fois que le temps le permet, on a trouvé que cette durée moyenne du temps favorable est, à très peu près, de 4 heures, c'est-à-dire de 2^h pour chaque moitié de la nuit ; comme, à l'Observatoire de Paris, le travail produit par chaque astronome n'exige guère que 20 minutes au plus, on voit qu'en réalité, d'après ces chiffres certains, le personnel ne produit même pas le quart du travail qu'il pourrait effectuer si, logé à l'observatoire, il pouvait accomplir son service avec plus de facilité, d'intérêt et de zèle, et il fournit en réalité à l'observatoire moins d'une demi heure de travail utile par jour. Aussi Le Verrier avait-il parfaitement compris la situation quand, pour obtenir un plus grand nombre d'observations, il avait alloué une gratification de 0^f15^c par étoile observée ; ce procédé qui s'est malheureusement trouvé efficace n'a cependant pu être maintenu.

Mouchez écrivait à Struve le 28 mai 1890 : *les astronomes [sont] logés en ville ; il en résulte toute espèce de distractions et de métiers pour eux en dehors de leur service officiel qu'ils ne considèrent que comme un accessoire de leur vie et de leur gain. Il est fort difficile d'en obtenir un service sérieux. Aussi depuis sa fondation l'Observatoire de Paris a fort peu produit.*

Les congés

Le Verrier écrivait au ministre le 31 juillet 1873: *Le directeur a fait connaître que le droit à un congé annuel indépendamment de toute considération de la valeur du travail du fonctionnaire est inadmissible* et encore le 23 septembre 1874 : *[Les observateurs] ont eux-mêmes considéré que le règlement nouveau, en leur donnant un jour de congé par semaine, indépendamment du Dimanche, ce qui fait un total de 52 jours par an, leur imposait l'obligation d'être plus réservés au sujet des demandes exceptionnelles* (AN : F¹⁷.3724)

B. Baillaud, directeur de l'observatoire de Toulouse, écrivait le 3 mars 1902 au recteur : *Aucune décision administrative n'a fixé la durée des congés que peuvent obtenir annuellement les fonctionnaires de l'observatoire... je propose quarante-cinq jours pour les astronomes adjoints ; trente jours pour les assistants, le calculateur et le mécanicien... les interruptions inévitables de service, de quelques jours vers le premier Janvier et à Pâques, ne seraient pas comprises dans les durées ci-dessus* (AN : F¹⁷.13587). Les astronomes avaient alors droit à un mois ou un mois et demi de congé payé par an selon les observatoires. Nous avons vu plus haut qu'en 1884, à l'observatoire de Bordeaux, les congés annuels étaient limités à 15 jours.

Saint-Blancat, Montangerand et Blondel, tous trois à l'observatoire de Toulouse, écrivait au ministre de l'Instruction publique, le 24 janvier 1910 : *Sous la direction de M. Baillaud, les astronomes adjoints et aides astronomes de notre établissement ont toujours eu un mois et demi de vacances, outre les petits congés donnés au moment des fêtes légales. Cet usage, presque trentenaire, faisait à nos yeux figure de règlement officiel. Sous l'administration de notre nouveau directeur, M. Cosserat, les choses ont complètement changé. En 1908, les vacances ont été maintenues à leur état antérieur, mais en 1909, elles ont été réduites à un mois et les congés de l'année supprimés... Il ne nous paraît pas juste qu'au point de vue des repos, nous soyons moins bien traités que nos collègues des divers ordres d'enseignement... Nous pouvons nous réclamer du haut exemple de l'Observatoire de Paris où les vacances sont de deux mois pour les astronomes titulaires et de six semaines pour tout le reste du personnel, sans compter les petits congés de l'année.*

Montangerand écrivait en 1911 dans le Bulletin de l'association amicale du personnel scientifique des observatoires français (n° 3) : *Les vacances sont laissées à la disposition des directeurs... Il n'est pas inutile d'insister sur les inconvénients qui peuvent résulter de cette prérogative pour le repos légitime des fonctionnaires et par-là même pour la bonne marche véritable des services... On pourrait imaginer un directeur exceptionnel qui, s'en tenant à la lettre même de ses attributions, refuserait tout congé à son personnel ; il n'y aurait là rien d'illégal... Ce dernier cas s'est présenté, paraît-il.*

A l'Observatoire de Paris, les vacances sont, pour toutes les catégories du personnel, d'un mois et demi par an, à la saison d'été, avec des petits congés au Jour de l'An et à Pâques. Or, il y a assimilation complète de service et d'obligations professionnelles entre Paris et la province. Il en résulte que la province doit légitimement être mise au niveau de Paris pour la durée des repos annuels.

À ce propos, Bayet, directeur de l'enseignement supérieur, écrivait à Esclançon le 28 mars 1912 : *En ce qui concerne la réglementation des congés annuels, dans la discussion qui s'est engagée à ce sujet, il a été rappelé qu'au moment de l'élaboration du décret de 1907, il avait été entendu que cette question serait laissée, pour chaque établissement, à l'appréciation des Directeurs qui seuls sont capables d'apprécier les nécessités du service. Il est évident qu'on ne peut établir une règle uniforme alors que l'importance, la nature des travaux et les ressources en*

personnel varient avec chaque observatoire. Pour certains, l'adoption des propositions que vous m'avez transmises équivaldrait à l'interruption totale du service pendant une partie de l'année.

Les pensions de retraite

La loi du 9 juin 1853 avait réparti les fonctionnaires en deux catégories distinctes : ceux qui, en raison de leurs attributions réputées particulièrement pénibles, avaient été rangés dans les services actifs ; les autres dans les services sédentaires. Aux fonctionnaires du service actif, elle accordait un double avantage : le droit à la pension de retraite était ouvert à partir de 55 ans d'âge et après 25 ans de service ; chaque année de service était rémunérée à raison de 1/50 du traitement moyen des six dernières années. Pour les fonctionnaires du service sédentaire, le droit à la pension de retraite n'était ouvert qu'à partir de 60 ans d'âge et après 30 ans de service ; les années de service n'étaient rémunérées qu'à raison de 1/60 du traitement moyen. Les astronomes étaient classés dans les services sédentaires et à ce titre, le maximum de leur pension ne pouvait excéder 50 % du traitement moyen des six dernières années alors que, dans le service actif, le maximum atteignait les deux tiers de ce traitement. Dès la création, en 1910, de l'association amicale du personnel scientifique des observatoires français, les astronomes réclamèrent d'être classés dans le service actif étant *assujettis à une besogne très pénible, en hiver particulièrement, puisqu'ils travaillent de nuit, en quelque sorte en plein air et par les froids les plus rigoureux* (Montangerand, 1910, Bulletin de l'association amicale n° 1, p. 19). La loi du 30 décembre 1913 leur donna partiellement satisfaction, la retraite maximum à l'âge de 60 ans et après 40 ans de service atteignant les deux tiers du traitement moyen, sans pouvoir cependant dépasser 4 000 francs. Le décret du 30 novembre 1928 fixa la limite d'âge pour les départs à la retraite : 70 ans pour les directeurs et astronomes titulaires, 65 ans pour les astronomes adjoints, aides astronomes et assistants.

Mais, en dehors du personnel scientifique proprement dit, nommé par décret ministériel, les observatoires faisaient appel aux services d'un personnel auxiliaire, employés affectés à des travaux scientifiques divers, exécutés habituellement de jour, et qui ne cotisaient pas pour la retraite. Le décret du 15 février 1907 portant organisation des observatoires astronomiques précisait que le personnel des observatoires comprenait : 1) un personnel scientifique, 2) un personnel auxiliaire, 3) un personnel d'agents. Faisaient partie du personnel auxiliaire les assistants, les stagiaires, les employés et les mécaniciens. Alors que les assistants, les employés et les mécaniciens étaient nommés par le ministre sur proposition du directeur, chaque directeur d'observatoire nommait, après en avoir référé au ministre, aux emplois d'auxiliaires temporaires. Ces employés, presque tous affectés aux travaux de la carte photographique du ciel, n'avaient aucune garantie d'emploi, la **Carte du Ciel** devant un jour être achevée. En 1911, le personnel auxiliaire se composait de cinq employés à l'Observatoire de Paris, six à l'observatoire de Bordeaux, huit à l'observatoire de Toulouse. À l'exception d'un employé à l'Observatoire de Paris (Mantel), il s'agissait exclusivement de personnel féminin travaillant aux bureaux des mesures. Il n'y avait pas de personnel auxiliaire à Besançon, Lyon, Marseille et Nice. Le personnel auxiliaire de la **Carte du Ciel** était rétribué à l'heure sur le chapitre « Publication de la Carte » voté pour 25 ans et dont l'échéance en 1932 était proche. Les auxiliaires ne cotisaient pas pour la retraite. L'association amicale du personnel scientifique des observatoires français ayant en 1911 émis le vœu que le personnel auxiliaire bénéficie d'une nomination ministérielle qui leur ouvrait le droit à la retraite, le directeur de l'enseignement supérieur, Bayet, écrivait au secrétaire de l'association le 28 mars 1912 : [Au sujet du vœu relatif à la situation du personnel auxiliaire], *le Conseil des observatoires..., dans sa séance du 21 Mars dernier ... n'a pu qu'émettre un avis défavorable. Ce personnel étant en effet rétribué sur des fonds destinés à l'établissement de la Carte du Ciel, il va de soi qu'on ne peut songer à créer sur un crédit temporaire autre chose que des situations temporaires* (Bulletin de l'association amicale n° 6, décembre 1912, p. 13). Lors de la séance de l'association du 12 avril, on fit remarquer que tous les auxiliaires n'étaient pas payés sur le budget de la **Carte du Ciel**. L'association émit les vœux que l'on accorde aux auxiliaires des garanties contre leur renvoi du jour au lendemain dont ils étaient parfois menacés et qu'il y ait pour tous des

garanties de situation en cas de maladie : solde entière pendant un mois et demi, puis demi-solde pendant un autre mois ; si la maladie provenait du service, solde et demi-solde pendant un laps de temps plus long. Le décret du 31 juillet 1936 supprimait la catégorie : personnel auxiliaire ; les assistants qui en faisaient partie formèrent une catégorie distincte sous le titre : personnel scientifique complémentaire.

Les stagiaires étaient supprimés ; en effet le stage institué par le décret du 15 février 1907 ne ressemblait que de nom au stage par lequel les fonctionnaires accèdent d'ordinaire aux cadres des services publics. Il ne consistait pas dans une nomination à un emploi vacant, pour une période pendant laquelle une rémunération est touchée, et au terme de laquelle il y a titularisation ou cessation de stage. C'était uniquement l'admission dans un observatoire, sans engagement ferme de la part de l'Administration pour le cas où le stagiaire donnerait satisfaction, et avec une simple possibilité de nomination ultérieure si un emploi était devenu vacant. La rémunération était facultative. Le décret du 28 juin 1910 précisait en effet que pendant la durée du stage imposé par le décret du 15 février 1907, il pourrait être accordé aux assistants stagiaires une indemnité annuelle ne pouvant dépasser 1 800 francs. Le décret du 15 février 1907 établissait que la durée du stage était de deux ans ; il ne semble pas que cette disposition ait été respectée.

La Grande Guerre

Les pertes humaines, pendant la guerre de 1914, furent considérables : près de 1 400 000 hommes tués au combat, morts de leurs blessures ou de maladies contractées aux armées, décédés en captivité ou disparus. Ce nombre représente 17,6 % du total des 8,5 millions de mobilisés. Un sur six n'est pas revenu : 10,5 % de la population active. Mais si, en moyenne, un mobilisé sur six n'est pas revenu, la proportion des morts s'élève à un sur trois pour ceux qui avaient entre vingt et vingt-sept ans.

L'astronomie française fut relativement épargnée puisque quatre jeunes astronomes seulement furent tués ; cela est peut-être dû en partie à ce que l'âge moyen des astronomes était relativement élevé. Les quatre tués furent :

- Lucien Blondel, né en 1884, ancien élève de l'ENS, docteur ès sciences, aide-astronome à l'observatoire de Toulouse ;

- Jean Merlin, né en 1876, ancien élève de l'ENS, aide-astronome à l'observatoire de Lyon ;

- Octave Palix, né en 1893, stagiaire à l'observatoire de Lyon à partir de 1912 ;

- Émile Rabiouille, né en 1887, aide-astronome à l'observatoire d'Alger.

En outre, plusieurs astronomes furent grièvement blessés :

- Alexandre Barbaud, né en 1877, assistant à l'observatoire d'Alger, fut grièvement blessé à la main gauche dans la Somme, le 12 septembre 1916. Il conserva une assez grande incapacité fonctionnelle de la main qui l'incita, après sa démobilisation en février 1919, à quitter l'observatoire pour le Bureau central météorologique ;

- François Croze, né en 1884, stagiaire à l'Observatoire de Paris, perdit un œil à la suite d'un accident. Il renonça alors à poursuivre sa carrière d'astronome et entra en 1916 dans l'Enseignement supérieur ;

- André Danjon, né en 1890, mobilisé dans l'infanterie, perdit l'œil droit dès le début de la guerre

- Michel Giacobini, né en 1873, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris, fut intoxiqué par les gaz le 15 juin 1918

- François Lancelin, né en 1863, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris, se cassa la jambe le 9 février 1915 en circulant sur les voies dans la gare de Troie dont il était commissaire

- Gaston Millochou, né en 1866, aide astronome à l'Observatoire de Paris, dut prendre sa retraite en 1919 pour raison de santé à la suite d'une maladie contractée durant sa mobilisation

- Alexandre Schaumasse, né en 1882, aide astronome à l'observatoire de Nice, fut grièvement blessé au pied gauche pendant la bataille de la Marne le 9 septembre 1914.

Plusieurs astronomes perdirent un ou deux fils pendant la Grande Guerre :

- Brück, son plus jeune fils, Robert, devant Verdun, en février 1916 et l'aîné, Pierre, à l'armée d'Orient en octobre 1917 ;

- Luizet, son fils aîné, Louis, tué sur le front le 26 octobre 1916 à l'âge de 23 ans

- Sy, son fils aîné, maréchal des logis dans l'artillerie, en 1915, à l'âge de 26 ans.

Les capacités de quelques astronomes furent mises à profit pour inventer et mettre au point divers matériels : Esclangon mit au point une méthode de repérage par le son des batteries ennemies, méthode qui permit de repérer et détruire les Berthas, canons géants qui tiraient sur Paris à 120 kilomètres de distance ; Nordmann, dès 1914, à la demande du colonel Nivelles, commandant l'artillerie sur le front de l'Aisne, définit une méthode de repérage par le son et l'expérimenta (deux positions distantes de près de 4 kilomètres furent déterminées avec une précision de l'ordre de 20 mètres à 40 mètres) ; René Baillaud inventa et mit au point un appareil d'écoute d'avions ; Louis Dunoyer de Segonzac mit au point une méthode de visée pour le bombardement aérien.

L'histoire de l'astronomie française entre 1850 et 1950 n'a jamais été écrite. Cette période a été marquée comme nous venons de le voir par un immense déclin suivi d'un début de renouveau. Ce renouveau fut possible par la reconnaissance que la recherche scientifique commença à obtenir à partir de 1925.

Dès la fin du second Empire, en 1868, l'institution de l'École Pratique des Hautes Études avait constitué la première tentative nationale pour organiser, à côté des grands établissements scientifiques, un grand centre de recherches scientifiques. Au sein de cette école avait été créé un Conseil Supérieur, préfigurant en quelque sorte le Comité national de la Recherche Scientifique. Duruy, alors ministre de l'instruction publique, écrivait (en préambule du décret du 3 avril 1868 pour la réorganisation de l'Observatoire impérial) : « *Par la création de l'École des hautes études, et le chiffre considérable d'élèves qui se pressent aux deux sections de sciences physiques [...] les sciences physiques auront reçu du gouvernement toute l'assistance qu'il peut leur donner [...]. L'Observatoire va s'ouvrir libéralement à quelques uns des élèves de l'École des hautes études. Le règlement préparé pour eux promet de nous donner les savants qui nous manquent pour l'astronomie expérimentale et dont nous avons besoin pour que d'habiles et nombreux observateurs soient répartis sur beaucoup de points du territoire.* » Mais cette École pratique n'ayant eu ni la personnalité civile, ni des ressources certaines, ni un budget stable, tomba plus ou moins en demi-sommeil. Son Conseil National, rétabli un temps en 1894, disparut assez vite. C'est seulement en 1901 qu'une partie des fonctions envisagées pour lui furent attribuées à un nouvel organisme : la Caisse des Recherches scientifiques. Celle-ci, établissement public chargé de faciliter par des subventions les progrès de la science, devait, par des attributions de fonds, aider toutes les institutions scientifiques anciennes ou nouvelles ; elle était régie par un conseil d'administration comprenant des représentants de l'Académie des Sciences, assisté d'un comité technique ; elle vécut fort modestement jusqu'à la guerre de 1914-1918 (Piganiol & Villecourt, 1963).

En 1918, la recherche n'était qu'un à-côté toléré de l'enseignement supérieur ; il n'existait aucun crédit régulier de recherche avant l'apparition en 1925 dans le budget du ministère de l'Instruction publique de la **subvention Borel** qui figure sous le poste : *Subventions aux universités et aux établissements scientifiques pour le fonctionnement et le développement des laboratoires* ; son montant fut de 5 millions de francs en 1927 (environ 15 millions 1995), de 8 millions en 1930. En 1930, Tardieu, président du Conseil, lance un plan d'équipement et d'outillage national dont l'un des objectifs était la stimulation de la recherche et de l'enseignement technique. C'est à ce moment que Perrin convainquit Herriot de la nécessité de trouver des crédits pour constituer un corps de chercheurs à temps plein. Celui-ci réussit à faire voter à cet effet un prélèvement de 5 millions sur le budget de la Défense : la gestion de ce crédit fut confiée à la **Caisse nationale des sciences**, créée par une loi en septembre 1930 et qui s'occupait précédemment des savants âgés dans le besoin et qui désormais attribuait des bourses de recherche à temps plein ou à mi-temps. Les premières furent attribuées à des chercheurs sans

ressources, les secondes à des personnes disposant déjà d'un premier salaire (la pratique du cumul était alors très répandue). Puis, par un décret du 15 avril 1933, fut institué un Conseil supérieur de la recherche scientifique qui avait la responsabilité de tous les crédits de recherche existants. Pour renforcer son efficacité, on demanda alors la création d'une caisse commune qui vit le jour par un décret Laval du 30 octobre 1935 ; ses fonctions recouvraient celles de l'ancienne **Caisse des recherches scientifiques** (crédit de matériel), créée par décret du 14 juillet 1901, celles de la **subvention Borel** (crédits pour des personnels auxiliaires, aides aux laboratoires), celles enfin de la **Caisse nationale des sciences** (crédits pour des chercheurs) ; c'était la **Caisse nationale de la recherche scientifique**.

L'arrivée au pouvoir en 1936 du Front populaire et de Léon Blum permit de franchir une nouvelle étape. D'abord fut institué un sous-secrétariat d'État à la recherche confié d'abord à Irène Joliot-Curie puis à Jean Perrin. Perrin décida de seconder le Conseil supérieur qui se réunissait trop épisodiquement par un corps administratif permanent, le Service national de la recherche scientifique. Par ailleurs, un poste budgétaire particulier était créé au budget de la France, celui de la recherche scientifique. Enfin, on mit en projet la création de laboratoires propres dans les secteurs jugés décisifs pour la recherche française et parmi eux, le 31 octobre 1936, du service d'astrophysique constitué de l'Institut d'astrophysique de Paris et de l'Observatoire de Haute Provence. Puis, en octobre 1939, naquit le **Centre National de la Recherche Scientifique** (Pestre, 1984).

L'ambition de ce dictionnaire biographique des astronomes français actifs entre 1850 et 1950 est de servir de base à une étude historique qui fait tragiquement défaut.

Le mot astronome est ici pris dans un sens extrêmement large ; nous avons en effet inclus toutes les personnes qui eurent ou qui auraient pu avoir une influence sur le développement de l'astronomie en France :

- les astronomes professionnels français, bien sûr ;
- les étudiants ou astronomes étrangers qui sont venus passer quelques mois, voire quelques années, dans un observatoire français ;
- les astronomes amateurs qui ont eu un impact sur le développement de l'astronomie, tels Goldschmidt qui découvrit 14 petites planètes de 1852 à 1861, le sélénographe Gaudibert, Jarry-Desloges, Gentili di Giuseppe, Baize qui mesura des étoiles doubles pendant de nombreuses années, Charles Boyer qui montra en 1961 que la haute atmosphère de Vénus a un mouvement de rotation rétrograde de quatre jours de période ;
- les ingénieurs hydrographes qui ont eu une activité astronomique : Caspari, Cot, Driencourt, Fichot, ...
- les vulgarisateurs : François Arago (1786-1853), Jacques Babinet (1794-1872), François Moigno (1804-1884), Amédée Guillemin (1826-1893), Jean-Pierre Rambosson (1827-1886), Camille Flammarion (1842-1925), Théophile Moreux (1857-1954), Louis Houllé (1863-1944), Lucien Rudaux (1874-1947), Paul Couderc (1899-1981), Pierre Rousseau (1905-1983). (Humbert écrivait en 1948 dans son *Histoire des découvertes astronomiques : Il existe une foule d'ouvrages de vulgarisation (Flammarion, Moreux, Dallet, Guillemin, etc.) qui ont en général tous de graves inconvénients : ils partent de l'hypothèse que leurs lecteurs sont des imbéciles.*) ;
- les bienfaiteurs de l'astronomie : Roland Bonaparte, Bischoffsheim et les époux Dina ;
- les professeurs d'université qui ont enseigné l'astronomie sans avoir jamais eu de formation ou d'activités astronomiques et parmi lesquels on peut citer Aoust à Marseille, Combescure à Montpellier, Legrand à Toulouse, Lespiault à Bordeaux, Garlin-Soulandre à Clermont-Ferrand, ...
- les pères Jésuites qui ont créé ou dirigé les observatoires de Zo-Sé en Chine, de Tananarive à Madagascar et de Ksara au Liban ;
- les physiciens qui, bien que l'essentiel de leurs activités ait été consacré à de tout autres sujets, ont apporté à l'astronomie une contribution importante, tel Pouillet qui mesura la constante

solaire en 1837 ou Buisson qui, en collaboration avec Charles Fabry, mit en évidence vers 1910 le changement de longueur d'onde des raies d'absorption du spectre solaire, changement dû à l'**effet Einstein** ;

- les constructeurs d'instruments.

L'astrométrie

On appelle astrométrie cette discipline de l'astronomie qui consiste à mesurer les positions, les mouvements et les dimensions des astres. Jusque vers le milieu du XIX^e siècle, avant que l'astronomie physique ne fasse son apparition, toutes les observations astronomiques consistaient seulement à déterminer la position des astres. Depuis, l'astrophysique a pris une importance de plus en plus considérable. Or, jusque vers 1970, l'astrométrie n'a guère participé à ce développement général de l'astronomie.

Læwy écrivait (J.O. du 21 octobre 1881) : « *Les observations méridiennes peuvent être rangées parmi ces études pour ainsi dire ingrates. Pendant la durée toujours très longue de ces travaux pénibles, et même à l'époque de la publication des résultats sous la forme de catalogue, le mérite de l'astronome est bien loin d'être apprécié à sa juste valeur ; son œuvre ne lui attire pas la faveur, l'attention, qu'on accorde souvent à des recherches d'une bien moindre importance* ».

Il y a 100 ou 50 ans, certains astronomes avaient coutume de dire qu'une observation, quelle qu'elle soit, est un capital qu'il ne faut pas laisser perdre. Quand on observe quelque chose, il faut savoir pourquoi on l'observe et à quoi cette observation peut servir ; à quel problème d'astronomie apportera-t-elle un élément utile.

C'est pour avoir refusé de se poser systématiquement ces questions que l'astrométrie s'est trouvée en partie rejetée du progrès de l'astronomie et qu'elle avait acquis la réputation d'une activité ésotérique, un peu passéiste, un peu poussiéreuse (Kovalevsky, 1990)

La lunette méridienne fut inventée par Røemer. Malheureusement, il ne lui fut pas possible d'en établir une à l'Observatoire de Paris. La première lunette méridienne en date est celle qu'il installa en 1690, non à l'observatoire de Copenhague (le bâtiment ne s'y prêtant pas plus qu'à l'Observatoire de Paris), mais à sa maison de campagne voisine de la ville, après qu'il eût quitté la France pour retourner dans son pays en 1681 (Doublet, 1922).

Gérigny, en 1885, décrivait ce qu'était l'astronomie méridienne : « *Les observations méridiennes sont actuellement le seul moyen que possède l'Astronomie pour déterminer avec précision la position des étoiles fixes. Les astronomes attachés aux grands observatoires occupent la plus grande partie de leurs soirées à des mesures de cette nature et, de temps en temps, on publie le catalogue des étoiles observées, résultat du travail assidu de plusieurs années. Il importe de se rendre compte de l'utilité de semblables travaux qui absorbent pendant si longtemps les forces et l'intelligence d'un nombreux personnel aussi instruit que dévoué. Une personne étrangère à l'Astronomie qui parcourrait un des volumineux catalogues serait bien tentée de se demander si de pareilles accumulations de documents contribuent réellement au progrès de la Science, et si tout l'argent, tout le temps, toute la peine ainsi dépensés n'ont pas été consommés en pure perte. En réalité, les catalogues d'étoiles sont actuellement la base de toute l'Astronomie et le point de départ de toutes les recherches qui concernent les mouvements des astres. Ce sont eux qui permettent de découvrir les mouvements propres des étoiles par la comparaison des observations effectuées à de longs intervalles. Si Bessel n'avait pas eu entre les mains les catalogues de ses devanciers, il n'aurait pu reconnaître, dans la 61^e Cygne, l'une des étoiles du ciel dont le mouvement propre est le plus rapide ; l'idée ne lui serait pas venue qu'elle devait être, en conséquence, l'une des plus rapprochées du Soleil, et ses recherches sur la parallaxe annuelle des étoiles seraient certainement restées infructueuses, comme l'avaient été autrefois celles de Bradley. Il a fallu qu'Herschel compulsât de bien nombreuses observations anciennes, consignées dans les catalogues de son temps, pour reconnaître, dans le mouvement propre de toutes les étoiles, une composante commune qui lui révélât le déplacement de système solaire vers la constellation d'Hercule. Les variations d'éclat des étoiles, l'apparition des étoiles nouvelles et la disparition d'astres anciens ne peuvent être signalées avec certitude que si l'on possède d'excellents catalogues. On sait que c'est à la suite de l'apparition d'une étoile temporaire, et pour faciliter à la postérité l'étude de semblables phénomènes, qu'un siècle avant*

Jésus-Christ, l'astronome grec Hipparque résolut de consacrer le reste de sa vie à des observations astronomiques et à la confection d'un catalogue d'étoiles. C'est ce catalogue qui, corrigé et complété plus tard par Ptolémée, nous a été transmis dans l'Almageste et constitue encore de nos jours un document précieux. Outre ces avantages généraux, et dont il est facile de se rendre compte, les catalogues d'étoiles en présentent un nouveau dont la portée philosophique est peut-être encore plus haute. Depuis la découverte de Newton, l'un des plus grands problèmes de l'astronomie, sinon le plus important de tous, c'est de savoir si la loi de la gravitation universelle suffit à expliquer les mouvements des planètes et des satellites, ou si les corps célestes se trouvent soumis à quelque autre influence... Pour arriver à la solution de cette question, il faut, d'une part, multiplier les observations de position de planètes et augmenter la précision des mesures, et, d'autre part, déterminer avec soin, d'après les principes de la Mécanique, les lieux que doivent occuper à chaque instant les planètes supposées soumises à la seule action de l'attraction newtonienne, afin de comparer les résultats du calcul avec les observations effectuées. Tant que les différences seront au-dessous des erreurs inévitables de mesures, la théorie actuelle devra être conservée, mais si l'on vient à rencontrer un désaccord plus considérable, il faudra nécessairement en rechercher la cause, et l'on pourra se trouver ainsi sur la voie d'une grande découverte. Jusqu'à présent, la gravitation suffit à tout expliquer, si ce n'est pourtant l'accélération du mouvement de certaines comètes, en particulier celui de la comète d'Encke ; mais la méthode qui vient d'être esquissée a déjà conduit Le Verrier à la découverte de Neptune, et elle nous donne actuellement l'assurance qu'il existe entre Mercure et le Soleil un amas assez important de corpuscules invisibles. Quoiqu'il en soit, deux séries de travaux sont nécessaires au développement des recherches astronomiques relatives au grand problème dont nous parlons. L'une, toute de calcul et d'analyse mathématique, a pour objet la construction des tables de planètes ; nous n'en dirons rien si ce n'est qu'elle exige une somme énorme de fastidieux calculs numériques que les perfectionnements des procédés de mesure rendent constamment plus pénibles, car il faut nécessairement apporter dans les calculs une approximation au moins égale à celles des observations. L'autre, toute d'observations et de mesures, consiste à relever le plus souvent possible, par des procédés sans cesse perfectionnés, la position apparente des corps du système solaire. Or, de quelque manière qu'on fasse l'observation d'une planète, aussi bien avec l'instrument méridien qu'avec l'équatorial, on en détermine jamais que les différences entre les coordonnées de la planète et celles de quelques étoiles de comparaison qui servent de point de repère. Avec l'équatorial, il faut prendre une étoile de comparaison très voisine de l'astre que l'on veut observer, tandis qu'avec l'instrument méridien, la distance des points de repère est indifférente ; mais, dans les deux cas, il faut le remarquer, on n'observe que des différences. Dès lors chacun saisira l'importance capitale que l'on attache à la détermination précise et certaine de la position des étoiles qui doivent servir de comparaison. A ce point de vue, toutes les étoiles observées ont été choisies en deux groupes fort inégaux. Le plus nombreux, qui renferme la presque totalité des étoiles observées, fournit un nombre considérable de points de repère dont la position est consignée dans les divers catalogues actuellement existants. C'est là qu'on va choisir les petites étoiles de comparaison destinées aux observations équatoriales des comètes ou des petites planètes. Pourtant, quel que soit le soin apporté à la confection des catalogues, les positions qu'ils indiquent ne seront jamais considérées que comme approchées, et toutes les fois qu'une de ces étoiles aura servi de comparaison, on devra l'observer plus tard à l'instrument méridien, pendant deux ou trois nuits consécutives, pour bien s'assurer de son exacte position. L'existence des catalogues est cependant nécessaire, afin que l'astronome qui observe à l'équatorial puisse choisir, parmi tous les astres qu'il aperçoit dans le champ de la lunette, celui qu'il veut prendre comme point de repère ; il faut même que la position donnée par le catalogue soit assez précise pour que cette étoile puisse être distinguée de ses voisines lorsqu'on voudra plus tard l'observer à l'instrument méridien ; car le seul moyen de reconnaître les petites étoiles réside dans la connaissance préalable de leurs coordonnées. Le deuxième groupe ne comprend qu'un petit nombre d'étoiles choisies avec soin parmi les plus brillantes du ciel : ce sont celles qui ont été observées le plus souvent et dont les observations se sont montrées assez concordantes

pour que l'on puisse considérer leurs positions comme définitivement connues. Ce sont elles qui servent de points de repère dans les observations méridiennes des planètes et des autres étoiles. On les nomme pour cette raison étoiles fondamentales. L'Observatoire de Paris en a choisi 316, dont 16, très voisines du Pôle, servent à des usages spéciaux sur lesquels nous aurons à revenir. Les positions apparentes de ces étoiles rapportées à l'équateur et à l'équinoxe de chaque jour sont évidemment affectées de la précession et de la nutation qui font varier à chaque instant le plan de l'équateur terrestre. Aussi leurs coordonnées apparentes sont-elles calculées à l'avance et données dans la **Connaissance des Temps** pour chaque jour de l'année. Cette éphéméride, qui occupe 139 pages de ce recueil, est indispensable aux astronomes des observatoires ; c'est la base sur laquelle reposent tous les résultats de leurs travaux ». Gérigny poursuivait en expliquant ce que sont les instruments méridiens : « Les instruments méridiens se composent de deux parties essentiellement distinctes quoique pouvant être réunies sur un même appareil : la Lunette Méridienne, qui sert à la mesure des ascensions droites, et le Cercle Méridien, qui sert à déterminer les déclinaisons [...]. La mesure de l'ascension droite d'un astre se réduit à la détermination de l'heure exacte de son passage dans le plan méridien. Deux instruments seulement sont nécessaires pour cette mesure : 1/ une lunette méridienne munie d'un réticule à fils verticaux pour apprécier l'instant du passage de l'étoile dans le plan méridien, c'est-à-dire une lunette mobile autour d'un axe horizontal perpendiculaire au plan méridien ; celui-ci est marqué par le centre optique de l'objectif et le fil moyen du réticule, de manière que l'étoile se trouve dans le plan méridien quand son image observée dans le champ de la lunette passe derrière ce fil moyen. 2/ Une horloge réglée sur le temps sidéral, afin de déterminer l'heure exacte du passage observé ; c'est la pendule sidérale. On voit que la détermination des ascensions droites serait une chose fort simple si la lunette pouvait être parfaitement orientée dans le plan méridien, et si la pendule sidérale pouvait être rigoureusement réglée. Malheureusement, ce réglage absolu est une chose impossible ; il faut se borner à mesurer avec le plus de précision possible les petits écarts inévitables, afin d'en tenir compte dans la réduction des observations et c'est dans cette détermination que réside la partie la plus délicate des opérations. Les erreurs auxquelles on est exposé dans la mesure des ascensions droites sont donc de trois catégories : 1/ les erreurs inévitables de l'observation elle-même ; 2/ celles qui tiennent à la position plus ou moins défectueuse de la lunette ; 3/ celles qui tiennent à la marche imparfaite de l'horloge. Pour diminuer autant que possible les erreurs de l'observation elle-même, il est indispensable que l'observateur se soit exercé pendant longtemps avant d'entreprendre des mesures dignes de figurer dans les documents scientifiques. L'observation d'une étoile à la lunette méridienne consiste essentiellement à saisir l'instant précis où l'image de l'étoile disparaît derrière le fil vertical du réticule, et à noter sur un cahier, l'heure, la minute, la seconde et même la fraction de seconde qui caractérise cet instant. L'horloge est disposée de manière que la pendule exécute une oscillation par seconde, et chaque oscillation est marquée par un coup sec et bruyant. Après avoir placé sa lunette à la hauteur convenable pour que l'étoile pénètre dans le champ, l'observateur inscrira sur son cahier l'heure et la minute indiquées par l'horloge ; puis il regardera le numéro indiqué par l'aiguille des secondes, et, quittant l'horloge pour revenir à la lunette, il se mettra à compter mentalement les battements du pendule à partir de ce numéro. Quand l'étoile arrivera derrière le fil, il inscrira le dernier numéro qu'il vient de compter et y ajoutera la fraction de seconde écoulée depuis l'instant où il a entendu le dernier choc. Il peut paraître singulier qu'on puisse arriver ainsi à apprécier assez exactement des fractions de secondes. On y parvient pourtant, et plus facilement qu'on ne serait disposé à le croire. Disons d'abord qu'on se borne toujours à apprécier les dixièmes de seconde. Divers procédés ont été imaginés dans ce but par les astronomes ; l'un des plus connus et des plus employés a été indiqué par Bradley. Quand l'observateur voit l'étoile arriver près du fil, il s'efforce de bien noter la position qu'elle occupe à l'instant du dernier battement qui précède le passage. Au battement suivant, l'étoile occupe une certaine position de l'autre côté du fil. En comparant cette position avec la précédente que l'on a conservée en mémoire, on voit le fil passer entre les deux, et l'on apprécie le rapport des chemins décrits par l'étoile avant et après le passage [...]. On comprend

que ce genre d'observations soit difficile et exige une longue préparation. Si la lunette était parfaitement réglée, la ligne de visée serait exactement perpendiculaire à l'axe de rotation de l'instrument et celui-ci serait parfaitement horizontal et perpendiculaire au plan méridien. Comme ces conditions ne peuvent être réalisées rigoureusement, on voit que les erreurs dues à l'installation défectueuse de l'instrument sont de trois espèces : 1/ l'erreur d'inclinaison, due à ce que l'axe de rotation n'est pas parfaitement horizontal ce qui fait que la ligne de visée décrit un plan oblique au lieu du plan vertical méridien. 2/ l'erreur d'azimut, due à ce que l'axe de rotation n'est pas exactement dirigé de l'est à l'Ouest. Elle a pour effet de faire décrire à la ligne de visée un plan vertical différent quelque peu du plan méridien. 3/ l'erreur de collimation, tenant à ce que l'axe optique n'est pas rigoureusement perpendiculaire à l'axe de rotation, de sorte qu'il décrit dans l'espace un cône au lieu du plan méridien. Il est bien évident qu'on s'attache à réduire le plus possible ces trois causes d'erreurs ; mais il faut pouvoir mesurer les imperfections qui restent après le réglage, afin de corriger convenablement les observations. 1/ L'inclinaison de l'axe de rotation se détermine à l'aide d'un niveau à bulle [...] 2/ L'erreur d'azimut se détermine à l'aide d'observations délicates effectuées sur des étoiles voisines du pôle. 3/ L'erreur de collimation se détermine par une méthode due à l'abbé Picard qui est celle du retournement ; on peut retourner tout le système de la lunette et de son axe de rotation et replacer celui-ci dans ses coussinets en mettant à l'Ouest le tourillon qui était primitivement à l'Est et inversement [...]. On détermine la collimation en visant une mire placée à une assez grande distance, au Sud, le plus près possible du plan méridien, avec et sans retournement de la lunette. « Cette méthode nécessite une opération matérielle, le retournement, qui ne laisse pas d'être peu commode quand il s'agit de lunette de grandes dimensions. La difficulté deviendrait beaucoup plus considérable si la lunette était fixée à un grand cercle divisé qui devrait être retourné avec elle. Telle est la raison pour laquelle on a longtemps construit les lunettes méridiennes sans cercle divisé. Le cercle destiné à la mesure des déclinaisons portait alors une lunette spéciale, et comme ici le retournement n'était pas nécessaire, on pouvait fixer ce cercle le long d'un vaste pilier en maçonnerie, d'où le nom de cercle mural donné à cet appareil [...]. Frappé des inconvénients de ce dédoublement qui exige absolument la présence simultanée de deux observateurs pour l'observation des deux coordonnées d'une même étoile, Le Verrier a fait construire un grand instrument méridien plus puissant que ceux de Gambey, et formé d'une seule lunette fixée à un cercle divisé ; [...] cet instrument n'est pas retournable. On peut suppléer à ce défaut d'installation par des observations méthodiques d'étoiles voisines du pôle ; mais il est pourtant certaines déterminations qu'il ne peut donner avec exactitude. Fort heureusement, M. Eichens est parvenu, il y a une dizaine d'années, à construire des instruments méridiens munis de cercles divisés et pouvant subir le retournement. Le premier appareil construit sur ce modèle était destiné à l'Observatoire de Lima [...]. Depuis 1877, l'Observatoire de Paris possède un instrument méridien du même type, qu'il doit à la générosité de M. Bischoffsheim.

Il nous reste à expliquer comment on peut se mettre à l'abri des erreurs qui tiennent à la marche imparfaite de l'horloge sidérale [...]. Si on pouvait réaliser une horloge assez parfaite pour que les battements du pendule fussent rigoureusement synchrones pendant seulement un jour sidéral, les observations méridiennes seraient singulièrement simplifiées, et les indications du cadran suffiraient à la mesure des ascensions droites des astres, sans qu'il soit nécessaire de connaître au préalable les ascensions droites d'un certain nombre d'étoiles fondamentales [...]. Malheureusement, trop de causes influent sur la marche des meilleures pendules pour qu'il soit possible de compter sur la régularité absolue de leur mouvement, même pendant une courte période de 24 h. Il est bien évident qu'on s'attachera à atténuer autant que possible l'effet de ses causes d'erreurs, parmi lesquelles il faut citer en première ligne les variations de la température et de la pression atmosphérique [...]. Malgré toutes les précautions prises, le mouvement de l'horloge ne présente pas encore une régularité suffisante pour que l'on puisse compter sur ses seules indications pendant la période de 24 h qui serait nécessaire [...]. Il n'y a pas lieu de s'en étonner, dès que l'on songe que les observations doivent être faites avec une précision d'au moins un dixième de seconde. On est alors obligé de contrôler la marche de la pendule pendant la durée

même des observations, et c'est ici qu'intervient le rôle des étoiles fondamentales qui servent précisément à ce contrôle. On observe un certain nombre de ces étoiles en même temps que celles dont on veut déterminer la position, et c'est l'observation de ces étoiles fondamentales qui fait connaître la correction et la marche de l'horloge, de sorte qu'en définitive on ne peut déterminer autre chose que les différences entre les ascensions droites des étoiles inconnues et celles des étoiles fondamentales. On ne fait donc que des observations différentielles [...]. Voici le procédé généralement suivi : une série d'observations dure de trois à quatre heures, pendant lesquelles on peut compter sur la marche régulière de l'horloge. On observe au début et à la fin de la série quatre à cinq étoiles fondamentales [...]. La différence entre l'ascension droite d'une de ces étoiles et l'heure indiquée par l'horloge au moment de l'observation fait connaître la correction qu'il faut appliquer à ce moment aux indications de la pendule. On fera la moyenne de ces différences pour les quatre étoiles du début, et la moyenne pour les quatre étoiles de la fin. Le plus souvent, ces deux moyennes ne seront pas identiques et leur différence montrera si la pendule marche trop vite ou trop lentement. Il ne restera qu'à répartir cette différence proportionnellement au temps pour trouver la correction qu'il faut appliquer à chacune des observations de la série. Si la série d'observations se prolongeait plus longtemps, il faudrait la fractionner en plusieurs parties de trois à quatre heures comportant chacune des observations de quatre ou cinq étoiles fondamentales au début et à la fin, et que l'on réduirait ensuite séparément. Les calculs multiples que nécessite la réduction des observations [...] exigent un temps qui dépasse de beaucoup celui des observations [...]. Cependant les réductions des observations d'ascension droite sont rapides et commodes quand on les compare à celles des observations de déclinaison..

La détermination de la déclinaison d'une étoile se fait au moyen d'un cercle divisé, installé dans le plan méridien et fixé à une lunette dont le réticule porte un fil horizontal. Le tout forme un système mobile autour d'un axe horizontal perpendiculaire au plan du méridien. En face du cercle divisé se trouve un index immobile fixé au pilier de pierre qui supporte tout l'appareil. Une pince avec vis de pression permet de fixer le cercle dans une position invariable, et une vis de rappel peut lui imposer un mouvement très lent. Pour observer une étoile, on cale le cercle à l'aide de la pince dès que l'on voit l'étoile arriver dans le champ de la lunette, puis, en agissant sur la vis de rappel on amène l'étoile à être bissectée par le fil horizontal au moment où elle se trouve au milieu du champ. La lecture de la division du cercle qui se trouve en face de l'index fixe définit complètement la direction du rayon visuel de l'étoile [...]. La véritable difficulté du problème consiste à déterminer avec le plus de précision possible la division du cercle qui correspond au pôle. L'observation d'une étoile fondamentale en donnera immédiatement la solution... Pour augmenter la précision, on observera plusieurs étoiles fondamentales au lieu d'une seule, et l'on prendra la moyenne des résultats qu'elles fournissent isolément [...]. On voit clairement que, par ce procédé, on ne détermine en fait, que les différences entre les déclinaisons des étoiles observées et celles des étoiles fondamentales. Les erreurs auxquelles on est exposé dans ce genre d'observations sont de quatre espèces : 1/ celles qui tiennent à l'imperfection du pointé [...]. Deux observateurs différents n'effectuent pas le pointé de la même manière, de sorte qu'il est indispensable de ne jamais réunir en une seule série les observations de plusieurs observateurs. 2/ les erreurs tenant à ce que le pointé aurait été fait un peu avant ou après le passage de l'étoile au méridien ; on trouverait alors une distance polaire trop grande. L'observateur doit donc connaître quelle est la position du champ de la lunette qui correspond bien au plan du méridien : ce n'est pas toujours le milieu. Lorsque le cercle divisé est fixé à la lunette méridienne elle-même, c'est le même observateur qui fait les deux genres d'observations. Dans la lunette méridienne, toujours réglée avec soin, la position du méridien est facile à connaître. Lorsque les deux instruments sont séparés, il y a toujours un observateur à chacun d'eux, et la lunette du cercle mural est toujours beaucoup moins bien réglée que celle qui ne sert qu'aux observations de passage. Aussi l'observateur d'ascension droite indique à son aide le passage de l'étoile dans la région qui correspond au méridien, en comptant à ce moment la seconde à haute voix. Du reste, les observations faites en dehors du méridien ne sont pas

nécessairement perdues ; elles peuvent être utilisées moyennant correction, si l'on a noté l'instant du pointé, car on connaîtra d'après cette indication combien de secondes en avance ou en retard le pointé aura été fait ce qui permettra de calculer l'erreur commise. 3/ Les erreurs dues à la réfraction des rayons de lumière dans son passage à travers l'atmosphère. Cette question de la réfraction est d'une importance considérable. Au point de vue théorique, elle présente des difficultés insurmontables, car il faudrait connaître la loi suivant laquelle varie la densité de l'air avec l'altitude pour pouvoir calculer la déviation des rayons lumineux. Heureusement, toutes les lois que l'on peut raisonnablement imaginer conduisent à des conclusions à peu près identiques tant que les astres observés sont à plus de 20 à 25° de hauteur au-dessus de l'horizon. On a pu construire des tables qui font connaître la déviation des rayons de lumière quand on connaît la hauteur de l'étoile, ainsi que la température et la pression barométrique dans le voisinage du sol. Ces tables permettent de corriger les observations des effets de la réfraction, mais il faut noter la température et la hauteur du baromètre tous les quart d'heure environ pendant la durée des observations. Il importe aussi que la température de la salle d'observation soit la même qu'à l'extérieur, afin que les rayons ne subissent pas une réfraction particulière dans le tube même de la lunette. Il faudra donc ouvrir largement les trappes et les fenêtres quelque temps avant de commencer les observations. Enfin, il faudra s'abstenir d'observer des astres trop près de l'horizon [...]

4/ Les erreurs qui tiennent à l'installation même de l'instrument [...]. Nous avons raisonné dans ce qui précède comme si l'instrument était muni d'un simple index en face duquel viendraient successivement se placer, dans le mouvement de rotation de l'instrument, toutes les divisions du cercle. Il est bien évident qu'une pareille disposition serait tout à fait insuffisante. Le cercle en cuivre est divisé sur sa face plate de cinq minutes en cinq minutes. Un microscope fixé au pilier de marbre porte un fil horizontal dans son plan focal, et représente un premier index fixe ... Pour apprécier les minutes elles-mêmes et les secondes, on emploie un autre microscope d'un pouvoir grossissant plus considérable et dont le réticule est formé de deux fils horizontaux parallèles fixés à un cadre mobile à l'aide d'une vis micrométrique. Deux traits du cercle sont toujours visibles à la fois dans le champ du microscope, et l'on peut, en faisant tourner la vis, amener les deux fils parallèles dans une position telle que l'un de ces traits paraisse entre les deux fils à égale distance : c'est ce qu'on appelle faire le pointé d'un trait. Le pas de la vis est calculé de telle sorte qu'il faut lui faire faire cinq tours complets pour amener les fils d'un trait sur le suivant. Il s'ensuit que chaque tour de la vis correspond à une minute. Un tambour fixé à cette vis et divisé en 60 parties égales tourne devant un index fixe. Chaque division du tambour correspond donc à une seconde, et comme on peut en apprécier à l'œil les dixièmes d'une division, on voit que les observations peuvent se faire au dixième de seconde [...]. Au lieu d'un seul microscope, on en dispose six symétriquement tout autour du cercle divisé ; on augmente ainsi la précision des lectures et surtout on fait disparaître, ou tout au moins on atténue considérablement, les erreurs tenant à un défaut de centrage, à la flexion et aux déformations du cercle. Ces six microscopes doivent être lus à chaque observation, et c'est la moyenne de leurs indications qu'il faut ajouter au numéro de la division notée derrière l'index fixe [...]. Le tourillon de la lunette est percé pour recevoir la lumière d'un bec de gaz qui pénètre ainsi dans l'intérieur de la lunette, se réfléchit sur un appareil spécial placé dans le cube et vient éclairer les fils du réticule. Tout autour de ce tourillon, de petits prismes à réflexion totale renvoient la lumière du même bec de gaz sur les régions visées par les microscopes [...]. Grâce aux dispositions adoptées » lors de la construction de l'instrument donné à l'Observatoire de Paris par M. Bischoffsheim, « un seul observateur peut suffire à toutes les déterminations ; mais le plus souvent, pour la commodité et la rapidité des mesures, l'astronome qui observe les ascensions droites et effectue les pointés en déclinaison est aidé par un assistant qui lit les microscopes [...]. Pour en finir avec les déterminations des déclinaisons, disons que les tours de vis des microscopes ne valent pas exactement une minute [...]; leur valeur est même essentiellement variable, car les moindres influences modifient la distance du cercle aux microscopes et par suite la grandeur des images fournies par ceux-ci. Aussi doit-on déterminer la valeur de ces tours de vis au commencement et à la fin de chaque série d'observations, ce qui se fait en pointant deux

traits successifs [...]. Enfin la division du cercle n'est pas parfaite. L'étude de ce cercle a été faite [...] par des procédés [...] qui ont exigé plusieurs mois de travail. On a pu dresser de la sorte une table contenant la correction qu'il faut appliquer à l'observation d'après le trait qui a été lu sous l'index. On comprendra facilement combien sont longues les réductions d'observations de distance polaire, quand on se rappellera le nombre de moyennes et de corrections qu'il faut calculer pour éliminer l'influence de toutes les causes d'erreur que nous venons de passer en revue.

Les étoiles fondamentales constituent les points de repère du ciel auxquels on rapporte en définitive toutes les observations des autres astres. On comprend alors l'importance qu'attachent les astronomes à la possession de catalogues qui leur fassent connaître, avec toute la précision dont la science moderne est susceptible, la position exacte de ces étoiles. La construction d'un pareil catalogue est à coup sûr l'opération la plus importante et en même temps la plus délicate de l'astronomie d'observation. De l'exactitude plus ou moins complète de ce catalogue dépendra la précision de toutes les autres mesures astronomiques [...]. C'est donc avec raison que ces étoiles ont reçu le nom de fondamentales [...]. Malgré toutes les précautions qui ont pu être prises... les positions d'une même étoile fondamentale admises par les différents observatoires présentent encore des différences qui s'élèvent quelquefois jusqu'à une demi-seconde d'arc et qui indiquent par cela même la limite de précision qu'il a été impossible de dépasser par les procédés actuels ».

(Gérigny, 1885a et b)

On nomme parfois cercle mural l'instrument réservé à la mesure des déclinaisons, réservant le nom de cercle méridien à celui qui réunit le cercle mural et la lunette méridienne. Le cercle méridien a l'avantage de permettre à un seul observateur de déterminer à la fois l'ascension droite et la déclinaison de chaque astre à son passage au méridien. Mais l'instrument est beaucoup plus compliqué, plus lourd, les flexions y sont plus fortes, la stabilité moindre. On l'emploie en général pour les observations qui n'ont pas besoin de la plus extrême précision et on réserve la lunette méridienne et le cercle mural pour la délicate détermination des étoiles fondamentales et des constantes de l'astronomie (Faye, 1881).

1. Le Catalogue de l'Observatoire de Paris

Lalande, préoccupé des mouvements dans le système solaire, avait estimé qu'il fallait connaître les positions de 48 000 étoiles, donc aller de façon quasiment exhaustive jusqu'à la neuvième grandeur, pour permettre le repérage précis des planètes. Les observations faites à partir de 1789 et jusqu'au 15 janvier 1901 à l'École militaire par Michel Le François de Lalande et Burckhardt, grâce à un quart de cercle de Bird, furent publiées en 1801 dans le premier volume de *l'Histoire céleste* ; mais ces observations étaient brutes, non réduites et donc guère utilisables. La réduction nécessite beaucoup de temps. À la mort de Lalande en 1807, tout ou presque reste à faire - la collectivité française se désintéresse de l'entreprise. Finalement, c'est l'astronome anglais Baily qui recommanda et en grande partie exécuta cette réduction. La publication du catalogue de positions stellaires date de 1847, peu d'années après la mort de Baily. Mais les observations furent poursuivies à l'École militaire jusqu'au 13 juin 1804. Cette série qui s'étend de 1801 à 1804 ne fut publiée qu'en 1895 dans le tome XXI des *Mémoires de l'Observatoire de Paris* par Bossert sous le titre : *Supplément à l'histoire céleste de Lalande. Catalogue de 3950 étoiles*. L'observatoire de l'École militaire avait été construit en 1788. Le François de Lalande y détermina d'abord de 1789 à 1791 les étoiles circumpolaires qui formaient le catalogue dit de Fédorenko (Bigourdan, 1920). (voir aussi : Bigourdan, BA 4, 497, 1887 ; BA 5, 1888)

Afin de mesurer les mouvements propres des étoiles du catalogue de Lalande, Le Verrier décida en 1854 la réobservation des étoiles de *l'Histoire céleste*. Ce travail auquel ont participé tous les astronomes qui se sont succédé à l'Observatoire de Paris, a été définitivement clos en 1899. Mais ces observations restaient à moitié réduites, ensevelies dans les *Annales*.

Un journaliste écrivait, le 27 février 1868, dans *Le courrier français* (AN : F¹⁷.3719) sous

le titre : *La décadence de l'Observatoire : La société astronomique d'Allemagne recueille des catalogues d'étoiles dressés dans tous les observatoires du globe : elle les compare entre eux pour juger de leur valeur et pour en tirer un catalogue irrécusable dans les conditions actuelles de la science. Parmi ces catalogues, deux émanent de l'Observatoire de Paris ; l'un, dû à l'administration d'Arago, est de M. Laugier ; l'autre, dû à l'administration de M. Le Verrier, est anonyme, suivant l'usage. Ce dernier catalogue est déclaré mauvais et mis au panier avec treize autres. Le premier, celui de M. Laugier, est accepté avec 14 autres.*

Dès son arrivée à la direction de l'Observatoire, Mouchez décida, en 1878, pour remédier à ce fâcheux état de choses, la construction d'un grand catalogue reposant sur l'ensemble des données recueillies de 1837 à 1881. Cette entreprise qui a sollicité durant une vingtaine d'années les efforts ininterrompus d'une partie du personnel du bureau des calculs fut menée à bien en 1902 par la publication de huit volumes portant le titre de *Catalogue de l'Observatoire de Paris*. Le catalogue fournit les résultats de 387 474 observations de 34 733 étoiles. La précision des positions est de l'ordre de 1".05. C'est Gaillot qui, dès 1882, fut responsable de cette réalisation, secondé par Bossert, chef du service des calculs.

Par comparaison avec les coordonnées publiées dans tous les catalogues existants, Bossert est parvenu à mettre en évidence les mouvements propres de 1 478 étoiles du *Catalogue de l'Observatoire de Paris*.

Il restait à former un catalogue supplémentaire basé sur toutes les observations recueillies de 1882 à 1899, date à laquelle la réobservation des étoiles de Lalande fut définitivement close. Le second et dernier volume du *Catalogue complémentaire* des étoiles de Lalande ne fut publié qu'en 1933. Sa publication avait été retardée par diverses causes, parmi lesquelles les travaux relatifs à la planète Éros, les difficultés de toute nature issues de la guerre, les lenteurs de l'imprimerie,... Le *Catalogue complémentaire* porte sur 26 275 étoiles, certaines d'entre elles figurant déjà dans la première série. Le premier volume avait été publié en 1928.

Le catalogue de l'Observatoire de Paris a été utilisé pour l'établissement du *General catalog of 33342 stars for the epoch 1950* (Boss, 1937) et des catalogues fondamentaux, en particulier le FK5 (Fricke et al. 1988) (Mouchez, 1887 ; Pecker, 1988 ; Rapport annuel sur l'État de l'Observatoire de Paris pour 1902 et 1933).

En raison de l'achèvement du catalogue de Lalande par le bureau des calculs, ce bureau fut chargé, à partir du mois de mai 1920, des mesures de positions et du calcul du catalogue photographique de la **Carte du Ciel**.

2. Les catalogues fondamentaux

Les innombrables observations méridiennes accumulées depuis près de deux siècles dans tous les observatoires ont permis d'établir un catalogue fondamental de positions d'étoiles. Le but principal d'un catalogue fondamental est de fournir des positions d'étoiles représentant le système de coordonnées céleste pour rendre possible la mesure de la position d'autres objets célestes.

Le premier catalogue fondamental contenant 900 étoiles fut construit à la fin du siècle dernier par l'astronome allemand Auwers. Les positions qu'il fournissait ont été depuis lors améliorées individuellement tandis que les erreurs systématiques dont le catalogue était affecté dans son ensemble étaient mises en évidence par de nouvelles observations. Cela donna naissance successivement à deux nouvelles formes de ce catalogue, le NFK (Neue Fundamental Katalog) et le FK3 (Dritter Fundamental Katalog) construit par Kopff en 1939 et qui contient cette fois 1 535 étoiles. Une révision du FK3 (FK3R), comportant une amélioration des positions individuelles des étoiles, fut publiée en 1938. Puis une correction du système a donné naissance au FK4 (1963). Enfin, en 1988, était publié le FK5 donnant des positions et des mouvements propres améliorés pour les 1 535 étoiles fondamentales classiques. Ce dernier catalogue utilise environ 300 catalogues de positions d'étoiles publiées par un grand nombre d'observatoires dont plusieurs observatoires français.

Boss a publié en 1937 un *General catalogue of 33342 stars for the epoch 1950* (GC). Ce catalogue a été utilisé pour le calcul des variations des latitudes. Dans la liste des catalogues utilisés, il s'en trouve plusieurs qui ont été établis dans des observatoires français :

- *Catalogue de l'Observatoire de Bordeaux. Réobservation des étoiles comprises dans les zones d'Argelander entre -15° et -20° de déclinaison* (Gautier-Villars, Paris, 1909). Ce catalogue donne la position de 6 999 étoiles, basées sur les observations faites au cercle méridien de l'observatoire de Bordeaux durant l'intervalle 1881-1895. La précision des positions est de l'ordre de 0",6 ;

- *Premier catalogue de Toulouse, d'après le nouveau catalogue d'étoiles fondamentales de Newcomb, contenant les observations faites depuis 1891 jusqu'en 1898 au cercle méridien de P. Gautier* (Annales de l'observatoire de Toulouse, Tome IV, 1901). Les observations contenues dans ce volume ont été faites en vue d'établir un catalogue d'étoiles de repère pour la zone céleste confiée au service photographique de l'observatoire, de 4° à 11° de déclinaison Nord. Les positions de 3 719 étoiles sont données avec une précision de l'ordre de 0",5 ;

- *Catalogue de l'Observatoire de Paris. Positions observées des étoiles. 1837-1881* (4 vols., Gautier-Villars, Paris, 1887, 1891, 1896, 1903). Les instruments méridiens dont on a fait usage pour l'établissement de ce catalogue sont :

- 1/ la lunette méridienne de Gambey, 1837-1881
- 2/ le cercle mural de Fortin, 1837-1860
- 3/ le grand cercle mural de Gambey, 1843-1881
- 4/ le grand cercle méridien de Secrétan-Eichens, 1863-1881
- 5/ le cercle méridien du jardin, 1878-1881.

Les astronomes qui, à un titre quelconque, ont pris part aux observations, sont :

Période I (1837-1853)

Bouvard, E.	Laugier	Plantamour
Butillon	Liouville, E.	Yvon-Villarceau
Faye	Mathieu	
Goujon	Mauvais	

Période II (1854-1867)

André	Germez	Lucas
Barbier	Goujon	Œltzen
Besse-Bergier	Gruey	Périgaud
Bulard	Ismaïl-Effendi	Puiseux, V.
Butillon	Lafon	Reboul
Chacornac	Liouville, E.	Stéphan
Dunkin	Lechartier	Thirion, E.
Faa de Bruno	Lépissier	Tisserand
Faye	Le Verrier	Yvon-Villarceau
Folain	Lœwy	Wolf

Période III (1868-1881)

Amaury	Fouché	Puiseux, P.
--------	--------	-------------

André		Gogou	Rayet
Baillaud	Gruey	Renan, H.	
Baille		Henry, Prosper	Rey
Barré		Leveau	Rozé
Bigourdan, S.	Lœwy	Scenens	
Callandreau	Ludinard	Souchon	
Capitaneanu	Monin	Térao	
Carvallo	Obrecht	Tisserand	
Chevallier	Pauliano	Thirion, F.	
Esmat		Périgaud	Wolf
Esmiol	Perrotin		
Folain		Poyot	

- *Catalogue de l'Observatoire de Paris - Seconde partie - Etoiles observées aux instruments méridiens de 1882 à 1899* (Privat, Toulouse, 1928 et 1933) ;

- *Catalogue d'étoiles fondamentales de l'Observatoire de Paris* (Lambert, Privat, Toulouse, 1924). Les 1 844 étoiles observées comprennent, à peu d'exception près, celles dont Backlund proposa l'observation en 1909. Il en avait choisi 1 339 de magnitudes comprises entre 5 et 7. Le nombre total des observations s'élève à 13 688 pour l'ascension droite et à 12 118 pour la distance polaire. Les observations ont été effectuées de novembre 1909 à avril 1914 au cercle méridien du jardin (cercle Bischoffsheim) ;

- *Errata au catalogue des étoiles fondamentales de l'Observatoire de Paris (1915,0)* (Lambert, 1929, Journal des Observateurs **12**, 13) ;

- *Catalogue de 10656 étoiles de repère de la carte du ciel (zone +16° à +24°) observées à l'Observatoire de Paris (équinoxe 1900,0)* (Tessier, Orléans, 1929). Les positions de ces étoiles sont basées sur les observations effectuées de 1899 à 1912 aux instruments de Gambey (lunette méridienne et cercle mural) et au grand instrument méridien. Le nombre total des observations utilisées s'élève à 38 072 pour l'ascension droite et à 37 895 pour la distance polaire. Un grand nombre d'observateurs ont participé aux observations : Baldet, Barré, Brandicourt, J. Chatelu, Croze, Demetrescu, Fatou, Forgeron, Holub, Lancelin, Lublinski, Maneng, Marchal, J. Mascart, Nordmann, Ultramare, Paloque, Rabioulle, Salet, Simon, Troussset, Tufino et Viennet ;

- *Catalogue fondamental basé sur les observations poursuivies à Alger de 1913 à 1921* (non encore publié en 1926 ?) ;

- *Catalogues fondamentaux : corrections obtenues à l'Observatoire d'Alger* (Gonnessiat, 1925, Journal des Observateurs **8**, 25). Il s'agit des résultats essentiels des déterminations fondamentales effectuées à Alger de 1913 à 1921, sous forme de corrections aux trois catalogues de Newcomb, Auwers et Boss. Les observations ont été faites au grand cercle méridien de Gautier ;

- *Observations de passages faites au cercle Gautier* (Annales de l'observatoire de Nice, t. VI, D, 1897). Ce travail, commencé le 3 décembre 1891, a été continué sans interruption jusqu'au 31 décembre 1893 ; il a porté sur 576 étoiles et contient environ 6 000 observations toutes effectuées par Simonin ;

- *Catalogue de l'Observatoire de Nice* (Annales de l'observatoire de Nice, t. XIV, 1911). Ce catalogue donne les positions, pour l'équinoxe moyen de 1900,0, des étoiles observées au cercle Brunner de l'observatoire de Nice du 31 mai 1887 au 29 septembre 1900. Il comprend 4 214 étoiles dont les positions résultent de 14 290 observations en ascension droite et de 13 619 en distance polaire. Ces étoiles avaient été, pour la plupart, observées jadis par Struve qui en a publié les positions pour 1830,0 dans son catalogue des *Positiones Mediae*. Les divers observateurs qui ont participé à ce travail sont Colomas, Louis Fabry, Giacobini, Jabely, Javelle, Prim et Simonin ;

- *Catalogue pour l'équinoxe 1925.0 de 1020 étoiles "intermédiaires" comprises entre -5° et +5° de déclinaison, déduit des positions observées par G. Fayet, à l'aide du cercle méridien Brünner, à l'Observatoire de Nice, de 1917 à 1920* (1929) ;

Le catalogue de Boss et le FK4 et donc les catalogues originaux qui y sont incorporés, ont été utilisés pour l'établissement du *Smithonian Astrophysical Observatory star catalogue. Positions and proper motions of 258 997 stars for the epoch and equinox of 1950.0*, catalogue publié en 1966.

Parmi les catalogues astrométriques les plus importants, Eichhorn (1974) cite également :

- *Catalogue de 10656 étoiles de repère de la carte du ciel (zone + 16° à +24°) observées à l'Observatoire de Paris* (Orléans, 1929). La précision des mesures est de l'ordre de 0",7 ;
- *Catalogue de 11755 étoiles de la zone + 17° à + 25° et de magnitude 9,5 à 10,5, destinées à servir de référence pour la détermination des mouvements propres des étoiles du Catalogue Photographique de Paris* (CNRS, Paris, 1950) ;
- *Catalogue renfermant une partie des travaux exécutés de 1898 à 1905 sous la direction de M. B. Baillaud* (Cossierat, 1912, Annales de l'observatoire de Toulouse, vol. 8). La précision est de l'ordre de 0",5 ;
- *Catalogue de la zone -0°,50' à +0°,50' d'après les photographies du tour de l'équateur* (Chevalier, 1928, Annales de l'observatoire de Zo-Sé, vol. 15). La position de 14 268 étoiles est donnée avec une précision de 0",45 ;
- *Catalogue de 2251 étoiles faibles réduites à 1930,0* (Annales de l'observatoire de Strasbourg, vol. 4, fascicule 1, 1950) ;
- *Second catalogue de l'Observatoire de Bordeaux publié sous la direction de L. Picard. Observations des étoiles de repère du catalogue photographique. Zone +10° à +18°* (Hendaye, 1924). La précision des mesures est de 0",7 ;
- *Catalogue méridien de 2024 étoiles repères de la zone +11° à +18° mesurées à l'Observatoire de Bordeaux* (CNRS, Paris, 1958) ;
- *Catalogue de 13532 étoiles comprises entre +5°15' et -3°15'* (observatoire d'Abbadia, Hendaye, 1914) ;
- *Catalogue de 14263 étoiles comprises entre +16° et +24°* (observatoire d'Abbadia, Hendaye, 1915) ;
- *Catalogue de 7443 étoiles comprises entre -2°45' et -9°15', appartenant à la zone photographique de San Fernando* (Verschaffel, observatoire d'Abbadia, Hendaye, 1917) ;
- *Quatrième catalogue comprenant 1272 étoiles dont 662 fondamentales de +45° à -26°* (Calot, Hendaye, 1934). Les précisions des mesures effectuées à l'observatoire d'Abbadia sont voisines de 0",6.

3 - La Carte du Ciel

Les photographies de la comète de 1882 obtenues par Gill, directeur de l'observatoire du Cap, avaient été pour lui une véritable révélation, non pas tant par la beauté des vues de la comète que par le grand nombre d'étoiles faibles qui s'étaient enregistrées en même temps qu'elle sur la plaque sensible ; il décida alors d'entreprendre par la photographie la Carte du Ciel austral.

Ce projet fut énergiquement entrepris et mené à bien sous la direction de R. Wood qui, en moins de six ans, de 1885 à 1891, photographia en double exemplaire le ciel austral du pôle sud au parallèle de déclinaison - 19°, avec un objectif de Dallmeyer de 15 cm d'ouverture couvrant nettement des plaques de 6° de côté, sur lesquelles les étoiles de 9^e et 10^e grandeur étaient enregistrées en une heure de pose.

Kapteyn, directeur de l'observatoire de Leyde, offrit de se charger de la mesure et de la réduction des clichés pris au Cap. Le résultat de cet énorme travail, achevé dès 1900, est le premier des grands catalogues modernes, le *Cape Photographic Durchmusterung*, donnant les positions et les magnitudes approchées de 454 875 étoiles.

Des travaux importants furent exécutés à l'Observatoire de Paris par les frères Henry, qui aboutirent à la plus grande entreprise internationale de photographie céleste. Ils avaient été chargés en 1873 de continuer la carte écliptique commencée par Chacornac et qui devait donner toutes les étoiles jusqu'à la 13^e ou 14^e grandeur tout le long du Zodiaque, afin de faciliter la recherche et la découverte des petites planètes. Le travail était déjà très avancé vers 1880 lorsque les frères Henry en arrivèrent aux cartes qui devaient représenter les régions où le Zodiaque traverse la Voie lactée ; il se trouvèrent alors devant une foule d'étoiles faibles si nombreuses et si serrées qu'il leur devint absolument impossible de s'y reconnaître et de les déterminer toutes par l'observation directe. Ils résolurent alors de recourir à la photographie. Ils construisirent dans ce but un premier objectif photographique de 16 cm d'ouverture et de 2,10 m de longueur focale avec lequel ils obtinrent *dès leurs premiers essais, en Juin 1884, un très remarquable cliché d'une région de la Voie lactée. Je fus si frappé*, raconte l'amiral Mouchez, alors directeur de l'Observatoire de Paris, *de la beauté exceptionnelle de ce début et de son extrême importance pour l'avenir de l'astronomie que, malgré quelques difficultés administratives, je n'hésitais pas à accepter leur proposition de faire construire immédiatement un grand appareil photographique spécial de 0,33 m d'ouverture* (Mouchez, CRAS 18 août 1884).

Le nouvel instrument fut promptement réalisé et installé en avril 1885 à l'Observatoire de Paris ; il comprend deux lunettes accouplées dans une même monture à berceau. La lunette photographique a 33 cm d'ouverture et 3,43 m de longueur focale, donnant pour les clichés de 16 x 16 cm (2° x 2°) une échelle de 1' d'arc au millimètre, et une lunette guide de 24 cm d'ouverture et 3,60 m de longueur focale.

Avec cet instrument, les frères Henry réussirent en 1885 et 1886 des photographies d'une grande finesse d'amas d'étoiles et de champs stellaires dans la Voie lactée. Sur leurs clichés, ils découvrirent le 16 novembre 1885 la première indication des nébulosités des Pléiades (Notons cependant que dès le 19 octobre 1859, Tempel, grâce à l'exceptionnelle acuité de sa vision, avait découvert la nébuleuse autour de Mérope, avec une lunette de 10 cm d'ouverture). C'était la première nébuleuse découverte par la photographie.

Ces photographies enthousiasmèrent Mouchez : *Les Pléiades*, écrivait-il, *ont été photographiées en quelques heures par MM. Henry. La carte en a été gravée.. et elle contient 1421 étoiles jusqu'à la 16^e grandeur, tandis que la même carte, levée par un de nos plus habiles astronomes de l'Observatoire de Paris, lui avait demandé plusieurs années d'un travail assidu et ne contient que 671 étoiles jusqu'à la 13^e grandeur dans les mêmes limites.*

Devant une telle réussite, Mouchez jugea que le moment était arrivé d'entreprendre la réalisation d'un projet caressé depuis 25 ans par les astronomes d'établir la carte photographique détaillée du ciel entier ; il exposait son projet en ces termes (Mouchez, 1886) : *Tous les astronomes semblent aujourd'hui d'accord pour reconnaître que, dès le jour où les progrès de la*

photographie leur ont donné la possibilité de construire la carte exacte et complète du ciel en peu d'années et à peu de frais relativement à l'importance capitale et à l'immensité de l'œuvre, ils ont contracté envers la Science de l'avenir le devoir de l'exécuter le plus tôt et le mieux possible, en y consacrant toutes leurs forces jusqu'à ce qu'elle soit terminée car, ajoutait-il, il y aurait surtout un intérêt supérieur pour l'honneur de la Science du XIX^e siècle à léguer à la postérité une œuvre aussi parfaite et complète que nous sommes capables de l'accomplir aujourd'hui. Il écrivait encore : Ce travail sera certainement, aux yeux des astronomes de l'avenir, le monument scientifique le plus considérable et le plus fécond en découvertes que les siècles passés leur auront légué.

Mais, pour une pareille entreprise, le concours d'observatoires répartis dans le monde entier était indispensable ; Mouchez fut assez heureux pour obtenir l'approbation de nombreux astronomes étrangers (ils étaient 36) qui, réunis en congrès international à Paris, en avril 1887, se mirent d'accord pour répartir entre 18 observatoires (table 1), tous munis d'instruments identiques, le travail d'établissement de la **Carte du Ciel** (les télescopes astrographiques utilisés par les observatoires britanniques : Oxford, Sydney, Melbourne, Greenwich, Perth et Le Cap, ainsi que celui de Tacubaya, furent construits par Howard Grubb à Dublin ; les instruments de Potsdam et Helsinki furent réalisés par Repsold ; les frères Henry fournirent les optiques de neuf instruments réalisés par Gautier). Ces instruments, des réfracteurs, devaient avoir une distance focale de 3,43 m correspondant à une échelle au foyer d'une minute d'arc par millimètre, avec un champ utilisable de 2° x 2°. Comme il aurait été matériellement impossible de mesurer les dizaines de millions d'étoiles photographiables, la **Carte du Ciel** proprement dite devait être complétée par un catalogue astrographique (ou catalogue photographique international) donnant les magnitudes et les positions des étoiles jusqu'à la 11^e grandeur seulement, ce qui devait d'ailleurs nécessiter la mesure de près de 3 millions d'étoiles. Les positions devaient être mesurées avec une précision de 0",5.

Le 28 avril 1887, Bigourdan écrivait à son beau-frère, Charles Mouchez : *On parle de fonder à la Réunion un observatoire pour collaborer 4 ou 5 ans à la Carte du Ciel et on m'offrirait d'aller l'occuper.*

On avait espéré au début pouvoir achever le travail en une quinzaine ou une vingtaine d'années, la prise des clichés elle-même (1 200 à 1400 pour chaque observatoire) ne devant pas prendre plus de 5 à 6 ans ; l'exemple de ce que surent réaliser presque seuls Gill et Kapteyn montre que c'était assurément possible. Malheureusement, les astronomes de bien des observatoires participants, puis leurs successeurs, n'avaient ni l'enthousiasme et l'ardeur d'un Gill ou d'un Kapteyn, ni l'activité des Henry.

- À l'Observatoire de Paris, l'exécution des clichés de la **Carte du Ciel** et du catalogue commença en septembre 1891. Les clichés de la **Carte du Ciel** qui devaient atteindre les étoiles jusqu'à la magnitude 14 comportaient trois poses de 30 minutes au sommet d'un triangle équilatéral de 0,3 mm de côté. Les clichés du catalogue qui devaient atteindre les étoiles de 11^e grandeur étaient constitués de deux poses pour différencier étoiles et défauts, l'une ayant une durée double de l'autre (6 et 3 minutes). Les centres des clichés de la carte étaient distants de deux degrés en déclinaison ; ceux du catalogue de un degré seulement. Un service de photographie astronomique avait été créé dès 1884. En 1898 (ou le 1^{er} avril 1909 ?), tous les clichés pour le catalogue avaient été pris, mais le dernier cliché de la carte ne fut obtenu qu'en 1924. Le nombre total de clichés de la carte s'élève à 1 260. La période écoulée depuis le début de l'entreprise plus de trente ans auparavant contient plus de 12 000 nuits ; la moyenne est donc d'un cliché toutes les 10 nuits ce qui semble peu, même si l'on tient compte des conditions météorologiques et de l'interruption des observations dues à la guerre de 1914-1918. Cependant, en un an seulement, en 1894, on avait obtenu 278 clichés du catalogue et 146 clichés de la carte. En février 1892 fut créé un bureau des mesures des clichés du catalogue, sous la direction de D. Klumpke, les crédits nécessaires à la création de ce bureau (cinq femmes : 1 chef et 4 auxiliaires). Les clichés étaient mesurés à l'aide d'un appareil imaginé par les frères Henry, construit par Gautier et installé le 16

mai 1892. En 1896, les mesures étaient effectuées par M^{mes} Schott, Marquette, Coniel, Dauphin et Lampdon, épouse Lemaire (Rebière, 1897) ; l'année suivante, par M^{mes} Marquette, Coniel, Lampdon et Bréard. Les mesures des coordonnées furent terminées en 1928, les mesures de grandeur en 1929. Le bureau des mesures était constitué de 1910 à 1914 de Louise Lemaire, M^{me} Bader, Madeleine Saint-Paul et Marie-Louise de Bauller. Le 1^{er} janvier 1920, le cadre des employées auxiliaires qui ne comprenait plus que M^{me} Bader, fut complété par la désignation d'Eugénie Delaveau, Nadine Bourgoïn et Suzanne Goursat. Nous donnons dans la table 3 la liste des employés auxiliaires du bureau des mesures de la **Carte du Ciel**.

Les clichés du catalogue de la zone de Paris atteignent la magnitude 12.5, ceux de la **Carte du Ciel** la magnitude 15. À partir du 1^{er} décembre 1929, les mesures du catalogue photographique étant arrivées à leur terme, le bureau des mesures a repris la place qu'il occupait antérieurement dans le service de la **Carte du Ciel**. Le personnel permanent du bureau des mesures se composait alors de M^{lle} Delaveau et de M^{me} Bourgoïn. En octobre 1922, le bureau des mesures fut chargé de la mesure des grandeurs qui, auparavant, relevait du service de la **Carte du Ciel** ; Blum et M^{lle} Kauffmann furent alors affectés au bureau des mesures.

Le Catalogue photographique du ciel - Coordonnées rectilignes fut publié en sept tomes, les quatre premiers par Gauthier-Villars, les trois derniers par Barneoud-Laval. Les volumes se succédèrent en 1902, 1907, 1911, 1915, 1925, 1929 et 1932. Ils donnent les coordonnées de 436 469 étoiles. On a également entrepris la transformation des coordonnées rectilignes en ascensions droites et déclinaisons pour toutes les étoiles plus brillantes que la 10^e grandeur pour les quatre zones de centre pair : 18°, 20°, 22° et 26°, soit environ 40 000 étoiles. Le manuscrit qui était prêt pour l'impression dès 1937 ne parut qu'en 1946.

- À l'Observatoire de Bordeaux, l'équatorial photographique fut installé en octobre 1889. C'est grâce au vote en 1887 d'une subvention spéciale de la ville que l'observatoire put prendre part à l'entreprise de la **Carte du Ciel**. Les photographies furent prises au début par Courty. Le bureau des mesures fut constitué d'institutrices pourvues du brevet supérieur : M^{mes} Ducos et Gélis, M^{lles} Chateney, Ducos, Monségur et Vedrenne. Les constantes des clichés furent calculées par Godard et Girard, sous la direction de F. Kromm. Les coordonnées rectilignes des étoiles de la zone de Bordeaux furent publiées en sept volumes échelonnés de 1905 à 1934.

En juillet 1900, on avait obtenu 402 clichés du catalogue (6 min, 3 min, 1,30 min) et 17 de la carte (3 x 30 min). Le 31 décembre 1908, on avait obtenu 958 clichés pour le catalogue et 127 clichés pour la carte. En 1894, 222 et 31 respectivement. Les coordonnées rectilignes des étoiles du catalogue photographique furent publiées de 1905 à 1934 en sept volumes, par Gauthier-Villars pour les six premiers et par Barnéoud pour le dernier.

- À l'Observatoire d'Alger, la série des clichés du catalogue photographique commencée en 1891 était achevée en 1898. Le 1^{er} juillet 1900, on avait obtenu 97 clichés de la carte. On utilisait les plaques **Lumière Marque Bleue**. Le 1^{er} mars 1895, le nombre des clichés du catalogue obtenu était de 906, celui des clichés de la carte de 164. En 1926, l'observatoire d'Alger avait terminé la publication du catalogue photographique de la zone qui lui revenait ; les clichés furent pris entre 1891 et 1903 par Deshayes, Evrard, Pluche, Rabourdin et Villatte, mesurés par Bertrand, Croisé, Evrard et Gautier et vérifiés par Gautier et Pluche. Les coordonnées rectilignes des étoiles du catalogue ont été publiées de 1903 à 1923 en sept volumes, par Gauthier-Villars pour les six premiers et par Barnéoud pour le dernier.

Pour diverses raisons (mauvaise conservation des clichés, montage défectueux de l'objectif, mauvais centrage des clichés), on entreprit de refaire à partir du 1^{er} novembre 1908 un certain nombre de clichés en utilisant cette fois les plaques **Σ Lumière**, ce qui permit de ramener les temps de pose à 4 et 2 minutes. Pour la carte, on utilisa jusqu'en 1904 les plaques **Lumière marque Bleue**, ensuite les plaques **Σ**, puis à partir du 1^{er} novembre 1908 les plaques **Lumière marque Violette**, réduisant les temps de pose de 30 à 20 minutes.

- À l'Observatoire de Toulouse, on avait obtenu, au début de 1909, 738 clichés du catalogue et 191 clichés de la carte le 31 décembre 1894, 150 clichés du catalogue et 188 de la carte. Les étoiles de repères de la zone photographique de Toulouse, comprise entre 4° et 12° de

déclinaison, ont été observées au cercle méridien de Gautier, depuis 1891 jusqu'à 1931. Les observations faites par Saint-Blancat de 1891 à 1905 ont donné lieu à un catalogue de 3 719 étoiles qui a paru en 1901 dans le tome IV des *Annales de l'Observatoire de Toulouse* et à un catalogue de 6 447 étoiles paru en 1912 dans le tome VIII. Les coordonnées rectilignes des étoiles du catalogue photographique du ciel furent publiées de 1916 à 1948 en six volumes chez Barnéoud.

La guerre de 1914-1918 et ses conséquences économiques entraînèrent des retards. B. Baillaud écrivait en 1925 : « *Vingt-cinq années avaient été jugées nécessaires en 1896 pour remplir [le] programme [...]. Actuellement, l'œuvre approche de sa fin ; et le retard sur les prévisions est amplement justifié par le travail supplémentaire entraîné par les observations, les mesures et les calculs imposés par la détermination de la parallaxe solaire au moment de l'opposition d'Éros en 1900, et surtout par le trouble apporté dans nos travaux par la guerre et les difficultés d'après-guerre* ». Lors de la création de l'Union astronomique internationale, la commission 23 **Carte du Ciel** fut instituée. Elle disparut en 1970 lorsque l'on estima que les buts fixés en 1887 par les fondateurs avaient été atteints. Dès 1958, on avait renoncé à publier les clichés qui ne l'étaient pas encore, soit environ la moitié. En 1964, on annonça l'achèvement du catalogue.

Le catalogue astrographique contient potentiellement les positions de près d'un million et demi d'étoiles avec une précision de 0",5 ou mieux. Il est cependant nécessaire pour atteindre une telle précision de redéterminer les constantes des plaques, le nombre d'étoiles de références disponibles à l'époque étant en général insuffisant pour que cette précision soit atteinte. Ce qui fait l'intérêt des positions des catalogues astrographiques est leur âge permettant, par comparaison avec des mesures plus récentes, de déterminer des mouvements propres précis.

Le catalogue d'étoiles PPM (Positions and Proper Motions) (Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1991, 1993) donne les positions et mouvements propres pour 181 731 étoiles au nord de $-2^{\circ},5$ et 197 179 étoiles au sud de $-2^{\circ},5$. Les erreurs pour l'hémisphère nord sont de 0",27 pour les positions à l'époque 1990 et 0",42 par siècle pour les mouvements propres. Les mouvements propres ont été calculés en utilisant le catalogue astrographique.

J. Baillaud (1936) écrivait : « ... *l'entreprise de la **Carte du Ciel** a occupé les observatoires français pendant 40 ans. La longue durée nécessaire pour réaliser cette œuvre a fait parfois redouter que le bénéfice que l'on doit en tirer ne compense pas les efforts qu'elle a demandés. En réalité, pour bien juger son importance actuelle, il faut se reporter à l'époque où elle a été conçue. L'astronomie stellaire n'était qu'ébauchée. Si les progrès qu'elle a fait depuis lors ont été si rapides, on peut dire sans exagération que c'est à l'entreprise de la **Carte du Ciel** qu'elle le doit. Toutes les méthodes nécessaires pour l'application de la photographie à l'astronomie, application qui seule a permis l'étude fructueuse du monde sidéral, en sont issues. Les astronomes français ont donné toutes leurs forces à l'accomplissement du programme de la **Carte du Ciel** ; comme cela arrive trop souvent à ceux qui ouvrent la voie, tandis qu'ils étaient attachés à ce programme de longue haleine, ils ont été devancés dans les découvertes par des observatoires plus libres et plus riches qui ont profité de la méthode photographique créée par la **Carte du Ciel** ... Quant à l'importance propre de la **Carte du Ciel**, ce n'est que dans les siècles futurs qu'on pourra en juger.* »

L'entreprise de la **Carte du Ciel** eut des effets néfastes pour le développement de l'astronomie dans les pays qui s'y engagèrent. Pour Gingerich (1982), les Américains, qui jamais ne se joignirent au projet, restèrent libres de se concentrer non seulement sur des formes d'instrumentations plus grandes et plus efficaces, mais aussi sur les problèmes plus excitants de l'astrophysique et de l'évolution stellaire. En Australie, selon White (1988), les recherches en astrophysique furent limitées par la pression du programme de la **Carte du Ciel**, quatre des observatoires d'État, à Sydney, Adelaïde, Melbourne et Perth, ayant décidé de consacrer toutes leurs forces à la réalisation de ce programme.

(Mouchez, 1886 ; Eichhorn, 1974 ; Gingerich, 1982 ; Weimer, 1987 ; 1988 ; White, 1988 ;

Fauque, 1988 ; Maffeo, 1991).

Une étude récente (Geffert et al., 1996) a montré que les clichés de la **Carte du Ciel** permettent de faire de l'astrométrie avec une précision de 0,1 à 0,2 seconde d'arc. L'âge de ces clichés les rend utiles à la détermination de mouvements propres. L'Institut Sternberg de Moscou a entrepris un programme de détermination de mouvements propres avec une précision de 4 à 6 millièmes de seconde d'arc par an en utilisant pour première époque le catalogue astrographique (Kuimov, 1997 ; Kuimov et al. 1997). Ortiz-Gil et al. (1998) ont montré que l'on pouvait mesurer sur ces clichés des positions avec une précision de 0",15 et des magnitudes avec une précision de 0,09 mag.

Table 1

Liste initiale des 18 observatoires qui devaient prendre part à l'établissement de la **Carte du Ciel**

Greenwich	90°, 65°
Vatican	64°, 55°
Catania	54°, 47°
Helsingfors	46°, 40°
Potsdam	39°, 32°
Oxford	31°, 25°
Paris	24°, 18°
Bordeaux	17°, 11°
Toulouse	10°, 5°
Alger	4°, - 2°
San Fernando (Espagne)	- 3°, - 9°
Tacubaya (Mexique)	-10°, -16°
Santiago (Chili)	-17°, -23°
La Plata	-24°, -31°
Rio de Janeiro	-32°, -40°
Le Cap	-41°, -51°
Sydney	-52°, -64°
Melbourne	-65°, -90°

En 1900, l'observatoire de Perth, fondé en 1896, accepta la responsabilité de la zone -32°, -40° qui avait été affectée à l'observatoire de Rio de Janeiro. En 1909, l'observatoire de Hyderabad fut invité à prendre en charge la zone -17°, -23°, affectée à l'observatoire de Santiago qui s'avérait incapable de remplir ses engagements.

Après la deuxième conférence de la **Carte du Ciel** tenue à Paris en 1889, le père barnabite Francesco Denza (1834-1894), directeur de l'observatoire du Vatican depuis 1888, convainquit le pape Léon XIII de participer à l'entreprise. Un astrographe double fut commandé aux frères Henry pour l'optique et à Gautier pour la mécanique. On commanda également à Gautier un « macromicromètre ». Pour couvrir la zone de 55° à 64° qui lui était assignée, il fallait prendre 540 plaques pour la carte et 1 040 pour le catalogue. L'équatorial photographique fut installé en 1891 dans une coupole de 8 mètres construite par Gilon. Le père oratorien Giuseppe Lais (1845-1921), assistant de Denza depuis 1888, lui succéda en 1894. À sa mort, presque toutes les 1 040 plaques à prendre pour le catalogue l'avaient été par lui ainsi que 277 des 540 clichés de la carte ; les premiers clichés du catalogue avaient été pris en 1894, ceux de la carte en 1900. Pendant quatre ans, l'observatoire fut dirigé par Lais qui avait gardé le titre de directeur adjoint. En 1898, le père augustinien espagnol Angelo Rodriguez fut nommé directeur. Le père jésuite Johann Georg Hagen, un autrichien né le 6 mars 1847 à Bregenz, fut nommé directeur de l'observatoire par Pie X le 26 avril 1906. Il décida de terminer le catalogue astrographique ; aucune plaque n'avait encore été mesurée. La machine de Gautier s'avéra inadéquate, de sorte que Hagen commanda deux machines à mesurer à Repsold de Hambourg et s'acquît la collaboration de trois religieuses qui mesurèrent les clichés de 1910 à 1921. En 1928, les 10 volumes donnant les magnitudes et les coordonnées rectangulaires de 481 215 étoiles étaient publiées. L'astrographe fut transféré à Castel Gandolfo en 1941 et, lorsque la guerre prit fin, on entreprit de prendre les clichés manquant pour la carte. Ce travail fut terminé en 1953.

Table 2

Liste des observatoires qui prirent effectivement part à l'établissement de la **Carte du Ciel**

Greenwich	90°, 65°	1892-1905
Vatican	64°, 55°	1898-1922
Catania	54°, 47°	1898-1926
Helsingfors	46°, 40°	1892-1903
Potsdam	39°, 32°	1893-1900
Hyderabad	39°, 36°	1928-1936
Uccle	35°, 34°	1940-1950
Oxford	33°, 32°	1932-1936
Oxford	31°, 25°	1892-1904
Paris	24°, 18°	1891-1906
Bordeaux	17°, 11°	1893-1913
Toulouse	10°, 5°	1893-1935
Alger	4°, - 2°	1891-1903
San Fernando	- 3°, - 9°	1894-1903
Tacubaya	-10°, -16°	1900-1912
Hyderabad (Indes)	-17°, -23°	1914-1928
Cordoba	-24°, -31°	1909-1913
Perth	-32°, -37°	1910-1919
Perth-Edinburgh	-38°, -40°	1910-1919
Le Cap	-41°, -51°	1892-1910
Sydney	-52°, -64°	1891-1918
Melbourne	-65°, -90°	1891-

L'observatoire de Potsdam cessa de travailler à l'établissement du catalogue astrographique après la première guerre mondiale ; le travail inachevé fut affecté aux observatoires d'Hyderabad (zone 36°, 39°) et d'Oxford. Lorsque Turner, directeur de l'observatoire d'Oxford, mourut en 1930, le reste de la zone de Potsdam fut photographié à l'observatoire d'Uccle, les clichés étant mesurés et réduits à Paris. Les volumes contenant les résultats de la collaboration Uccle-Paris ne furent publiés qu'en 1962.

Table 3

Auxiliaires au Bureau des mesures de la **Carte du Ciel**
Observatoire de Paris (1892-1936)

Thomy (1892-1893)			
Duguen (1892-1893)	Schott-Bimm (1892-1896)	Marquette (1893-1898)	Coniel (1893-≥1897)
Dauphin (1893-1897)	Lemaire-Lampdon (1896-1915)	Masson (1898-1905)	Boistel (1902-1907?)
Bréard (1897-1901)	Bader (1905-1921)		
Visage (1901-1903)	Hervé (1921-1922)		
Bourrioux (1903-1907?)			
Saint-Paul (1908-1916)		de Bauller (1909-1915)	
Delaveau (1920-1937)	Bourgoin (1919-1927)	Gricouroff (1922-1929)	
Goursat-Clément (1919-1922)	Michaud (1929-1938)	Raux la Sauzée (1932-1933)	
Cornu (1931-1940)			
Balladur (1932-1937)	Dejean (1937-1939)		

En 1930, il n'y avait que 3 auxiliaires à la **Carte du Ciel** ; il y en eut 4 à partir de 1931 et 5 à partir de 1932. En octobre 1931, le bureau était constitué de M^{me} Bourgoin, M^{lle} Delaveau et M^{me} Michaud. Il s'accrut de M^{lle} Cornu le 20 octobre 1931 et de M^{lle} La Sauzée le 1^{er} janvier 1932.

À partir du 1^{er} janvier 1920, le cadre des employées auxiliaires chargées de la mesure des clichés de la **Carte du Ciel**, qui ne comprenait que M^{me} Bader, fut complété par la désignation de M^{lle} Delaveau, employée suppléante temporaire, M^{me} Bourgoin et M^{lle} Goursat, auxiliaires temporaires.

Le Bureau International de l'Heure

Le 13 mai 1908, à la suite d'expériences heureuses de transmission d'heures par TSF exécutées tant en France qu'à l'étranger, le Bureau des longitudes émettait le vœu qu'un service de signaux horaires fut installé le plus tôt possible à la tour Eiffel, à titre d'essai, dans le but de servir à la détermination des longitudes. L'organisation en fut confiée à Ferrié et à B. Baillaud, directeur de l'Observatoire de Paris. C'est au début de l'année 1910 qu'eut lieu avec un succès complet l'essai de la méthode nouvelle. À quelques jours de là, les installations au sous-sol de la tour Eiffel étaient inondées à la suite de la crue de la Seine. Après réparation des dégâts, on put enfin, le 23 mai 1910, inaugurer un envoi régulier de signaux horaires. À l'origine, les signaux étaient émis une fois par 24 heures, à minuit. Dans un document écrit vers la fin de 1911, Ferrié proposait la création d'un bureau de l'heure qui aurait pour office de fixer l'heure internationale. Retenant cette suggestion, le Bureau des longitudes proposa au gouvernement français de réunir en 1912 une conférence internationale en vue de réaliser l'unification pratique de l'heure et d'élaborer un projet d'organisation d'un service international de l'heure. La réunion eut lieu à Paris du 15 au 23 octobre 1912. L'année suivante, une deuxième conférence de caractère diplomatique se tint à Paris, groupant 32 États. Elle arrêta une convention internationale par la création d'une association internationale de l'heure qui avait pour organes un comité, un conseil permanent et le bureau international de l'heure. La guerre de 1914 surgit avant que les textes fussent ratifiés. Pendant toute la durée des hostilités, le bureau de l'heure fonctionna comme organisme indépendant, grâce au concours du personnel de l'Observatoire de Paris. Le 26 juillet 1919, au cours de la session du Conseil international de recherche tenue à Bruxelles, fut arrêté le règlement du BIH qui devint l'organe exécutif d'une nouvelle commission de la jeune Union astronomique internationale, la commission internationale de l'heure.

International par ses missions, le BIH était essentiellement français par son fonctionnement ; il n'a pu remplir son rôle que grâce à la générosité de l'Observatoire de Paris où il était installé. Ses premières années d'activité furent principalement consacrées à la technique de l'émission et de la réception des signaux horaires.

C'est Ferrié qui organisa les premières émissions de signaux horaires ; il ne cessa de s'intéresser aux problèmes de la mesure du temps. B. Baillaud fit fonctionner le BIH jusqu'en 1920. Bigourdan en fut le premier directeur officiel, de 1920 à 1929. À partir de cette date et jusqu'en 1965, le directeur de l'Observatoire de Paris fut, ex-officio, le directeur du BIH. Le premier chef de service fut Lambert, suivi de 1944 à 1964 de Stoyko auquel succéda Guinot.

Le 31 décembre 1987, le BIH a cessé d'exister. Ses activités furent transférées, pour la définition de la seconde et la détermination et la diffusion de l'heure au Bureau international des poids et mesures, pour la détermination de la rotation de la Terre et de la situation du pôle, à un nouveau service international de la rotation terrestre dont l'Observatoire de Paris assume la responsabilité.

(Lambert, 1939 ; *75 ans au service de l'heure universelle*, Observatoire de Paris, 1992)

La parallaxe solaire

La parallaxe du Soleil est l'angle sous lequel serait vue, à partir du centre du Soleil, la longueur du rayon terrestre. La première détermination raisonnablement précise de la parallaxe solaire fut effectuée en 1672 à partir d'observations de la planète Mars à Cayenne par Richer et à Paris par Dominique Cassini ; la valeur obtenue par Cassini était de $9",5$. En 1679, Halley suggéra l'utilisation des transits de Vénus sur le disque solaire ; les transits de 1761 et de 1769 furent observés extensivement par de nombreux observateurs répartis en différents points du globe terrestre ; les résultats furent décevants à cause de la difficulté de la détermination précise des instants d'entrée et de sortie de la planète sur le disque solaire. Laplace a admis dans sa *Mécanique céleste*, comme résultat déduit de ces passages, $8",81$; c'était le nombre obtenu par Pingré et qui fut pendant quelque temps adopté par tous les astronomes. Les transits de 1874 et de 1882 ne permirent pas non plus d'obtenir des résultats satisfaisants. En 1877, David Gill fit une expédition dans l'île de l'Ascension pour observer l'opposition de la planète Mars, il obtint $8",78 \pm 0",01$ pour la parallaxe solaire. En 1888 et 1889, il observa les petites planètes **(19) Victoria**, **(18) Iris** et **(29) Sappho** ; il obtint la valeur de $8",50$. En 1901, l'opposition de **(76) Éros**, découverte en 1898, largement observée, donna $8",804$. Une opposition plus favorable qui se produisit en 1931 permit à Harold Spencer Jones, à partir d'observations photographiques, d'obtenir pour la parallaxe solaire la valeur de $8",790 \pm 0",001$. Par une discussion exhaustive des perturbations d'Éros de 1898 à 1931, Eugène Rabe obtint une valeur très précise : $8",7984 \pm 0",0004$.

En examinant les éclipses des satellites de Jupiter, on trouve qu'il y a 16 minutes de différence entre les moments où elles sont observées lorsque Jupiter se trouve du même côté du Soleil que la Terre et lorsqu'il se trouve du côté opposé. La lumière met donc 16 minutes pour traverser le diamètre de l'orbite terrestre c'est-à-dire la moitié, ou huit minutes, pour venir du Soleil. Foucault ayant mesuré, en 1862, $c = 298\,000 \text{ kms}^{-1}$, on en conclut que la distance de la Terre au Soleil est d'environ 148 millions de kilomètres correspondant à une parallaxe solaire de $8",86$.

La mesure directe de la vitesse de la lumière par Cornu (1876), Michelson (1879) et Newcomb (1882), associée à la détermination de la constante d'aberration, permit d'estimer la valeur de la parallaxe solaire à $8",8$.

1. Les passages de Vénus sur le Soleil.

En 1691, Halley proposa d'observer les passages de Vénus sur le Soleil de divers points éloignés les uns des autres à la surface du globe terrestre pour déterminer avec précision la valeur de la parallaxe du Soleil ou, en d'autres termes, la distance moyenne de la Terre au Soleil ou unité astronomique. (La parallaxe solaire est définie comme l'angle sous lequel le rayon de la Terre est vu à la distance du Soleil). La première détermination relativement précise de la parallaxe solaire avait été faite en 1672 à partir d'observations de la planète Mars effectuées simultanément à Cayenne et à Paris. La valeur de $9",5$ avait été obtenue.

Les transits de Vénus se produisent par paires ; les deux transits d'une paire sont séparés de huit ans. Le temps qui s'écoule entre le deuxième transit d'une paire et le premier de la suivante est alternativement de 105,5 et de 121,5 ans. L'intersection des plans des orbites de Vénus et de la Terre intersecte l'orbite terrestre en des points qui sont occupés par la Terre les 6 juin et 7 décembre ; c'est à ces dates seulement que peuvent avoir lieu des passages de Vénus sur le Soleil.

En 1761 et 1769, de nombreuses expéditions furent organisées par l'Angleterre, la France, la Russie et la Suède ; l'ensemble des observations ont été discutées et publiées en 1835 par Encke qui obtint une parallaxe de $8",57 \pm 0",04$; l'incertitude sur cette valeur n'était pas aussi petite qu'on eut pu l'espérer, aussi les passages de décembre 1874 et 1882 étaient attendus avec impatience et de nouvelles expéditions furent organisées en grand nombre par plusieurs pays. Dès 1858, Le Verrier avait montré que le mouvement du Soleil dans le ciel pouvait être expliqué par la théorie de la gravité de Newton à condition d'admettre que la parallaxe du Soleil était de $8",95$,

valeur beaucoup plus grande que celle qu'avait obtenue Encke.

En France, le Bureau des longitudes envoya en 1874 six expéditions (Mouchez, 1875b ; Janssen, 1875) pour observer le passage du 8 décembre (Lauga, 2004).

	Île Saint-Paul
Mouchez , Cazin, Turquet de Beaugard (Mouchez, 1953)	Pékin
Fleuriais , Blarez, Lapied	Île Campbell (Nouvelle Zélande)
Bouquet de la Grye , Hatt, Courrejolles	Nagasaki
Janssen , Tisserand, Picard, Delacroix	Nouméa
André , Angot	Saigon
Héraud	

Les résultats d'André, combinés à ceux qui avaient été obtenus à l'île Saint-Paul, lui firent proposer pour la parallaxe solaire la valeur de $8",88$.

Les clichés rapportés des missions de Nagasaki, Pékin, Saint-Paul et Nouméa ont été mesurés par Angot, Baille, M.-E. Mercadier et C.-M. Gariel. Les résultats de ces mesures ont été publiés en 1882 dans la 3^e partie du tome III du *Recueil des mémoires, rapports et documents relatif à l'observation des passages de Vénus sur le Soleil* publié par Gauthier-Villars pour l'Académie des sciences. (Figuier, 1876a)

En 1887, Obrecht publia deux mémoires dans les *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* sur la parallaxe solaire pour laquelle il trouvait la valeur de $8",80 \pm 0",06$, à partir des observations du transit de Vénus de 1874 (CRAS **104**, 560 ; **105**, 1004).

Huit ans plus tard, à l'occasion du passage du 6 décembre 1882, le Bureau des longitudes organisait à nouveau plusieurs expéditions :

	Haïti (Pétionville)
d'Abbadie , Callandreau, Chapuis, de La Baume Pluvinel	Mexique (Puebla)
Bouquet de la Grye , Héraud, Arago	Martinique (Fort-de-France)
Tisserand , Bigourdan, P. Puiseux	Floride (Saint-Augustin)
Perrier , Bassot, Defforges, Tourenne	Santa-Cruz de Patagonie
Fleuriais , Le Pord, de Royer de Saint-Julien	Chili (San-Bernardo)
de Bernadières , Barnaud, Favereau	Chubut (Patagonie)
Hatt , Leygue, Mion	Rio-Negro (Carmen de Patagonie)
Perrotin , Tessier, de La Croix, Guénaire	Cap Horn
Courcelle-Seneuil , Payen, Lephay, Hyades, Le Cannelier	Bragado (Argentine)

Perrin, Ortiz, Echague

Lors du retour des missions, en 1883, l'Académie des sciences publia un fascicule contenant les observations des contacts obtenus dans les différentes stations sous le titre de *Rapports préliminaires*.

Bouquet de la Grye mena à bien et publia en 1905 la mesure des plaques photographiques du passage de Vénus de 1882. Il avait à cet effet créé à l'Institut un bureau des mesures constitué uniquement de femmes. Il obtint pour la parallaxe solaire $8",80 \pm 0",01$.

La mesure de la distance de Vénus par radar a permis de déterminer une valeur beaucoup plus précise de la parallaxe solaire : $8",79450 \pm 0",00008$, ce qui correspond pour l'unité astronomique à $149\,597\,700 \pm 1\,500$ Km (Nature **190**, 592, 1961).

(voir aussi: AN : F¹⁷.2928)

2. Éros

Le 13 août 1898, G. Witt découvrait photographiquement à l'observatoire Urania de Berlin un astéroïde qui se déplaçait sur le ciel avec une vitesse angulaire très grande, un demi degré par jour ; il fut, pour cette raison, observé avec assiduité et, très vite, Berberich de Berlin fut en mesure d'en publier les éléments : sa période de révolution vaut 643 jours et il s'approche du Soleil à 1,13 unité astronomique. Il reçut le nom de (433) **Éros**.

Éros devait s'approcher à 0,27 u.a. de la Terre à la fin de l'année 1900. Une conférence astrographique internationale se tint à Paris en juillet de cette année et un comité spécial fut créé pour préparer un plan pour observer systématiquement cet objet à cette occasion afin de déterminer avec une précision accrue la parallaxe solaire. En préparation des observations de l'astéroïde lui-même, il fallait déterminer la position précise d'un grand nombre d'étoiles le long de la trajectoire d'Éros. De nombreux observatoires prirent part à cette campagne dont, en France, les observatoires d'Alger, Bordeaux, Lyon, Nice, Paris et Toulouse. Les résultats furent analysés et publiés en 1910 par l'astronome anglais Hinks qui obtint $8",806 \pm 0",004$ pour la parallaxe solaire.

Une nouvelle approche favorable (0,17 u.a.) eut lieu en janvier 1931 ; une commission de l'UAI, présidée par Harold Spencer Jones, fit des plans pour organiser un programme international d'observation. En 1941, après une discussion extensive du matériel obtenu, Jones publia pour la parallaxe solaire la valeur de $8",790 \pm 0",001$. Il utilisa 2 847 clichés photographiques obtenus dans 24 observatoires dont ceux d'Alger et de Zi-Ka-Wei. La position des étoiles de références avait été mesurée dans 13 observatoires dont celui de Besançon.

Perrotin a publié (BA **20**, 161) : *Parallaxe solaire déduite des observations d'Éros faites à Nice*.

Les passages de Mercure sur le Soleil

La longitude du nœud ascendant de l'orbite de Mercure est de $46^{\circ}33'$ et le Soleil passe par cette longitude vers le 7 mai ; les passages de Mercure devant le Soleil se produisent donc dans la première moitié de mai (nœud ascendant) ou dans la première moitié de novembre (nœud descendant) ; ils se produisent irrégulièrement à des intervalles de 3 à 20 ans, en moyenne 14 fois par siècle. Il y en eut 11 entre 1850 et 1950 :

11.11.1861	14.11.1907
4.11.1868	7.11.1914
6. 5.1878	7. 5.1924
7. 11.1881	9.11.1927
9. 5.1891	11.11.1940
10.11.1894	

La discussion des passages de Mercure (*Annales de l'Observatoire de Paris*, Mémoire **5**, 1859) a conduit Le Verrier à la découverte de l'accélération séculaire du périhélie de cette planète.

Des observations des passages de Mercure ont été effectuées occasionnellement par des astronomes français de 1865 à 1914.

4.11.1868	Bouquet de la Grye à Paris (CRAS 67 , 1041)
6. 5.1878	André, Hatt et Angot se rendirent à Ogden (Utah). Une tempête de neige empêcha toute observation.
14.11.1907	Le phénomène fut observé par La Baume Pluvinel à Nice (CRAS 145 , 861, 1907), André à Lyon (CRAS 145 , 848, 1907), Moreux à Bourges (CRAS 145 , 858, 1907), Baillaud à Toulouse (CRAS 145 , 850, 1907), Bassot à Nice (CRAS 145 , 839, 1907), Bigourdan à Paris (CRAS 145 , 609, 1907) et Stephan à Marseille (CRAS 145 , 852, 1907).
7.11.1914	Chrétien (CRAS 159 , 712, 1914).

La vitesse de la lumière

En 1676, Røemer montra que la vitesse de la lumière est finie. On pensait à cette époque que les éclipses des satellites de Jupiter pouvaient servir d'horloge pour la détermination des longitudes. Ayant effectué des mesures des temps où se produisaient les éclipses de Io, Røemer s'aperçut que lorsque Jupiter est le plus éloigné de la Terre, les éclipses se produisent avec un retard estimé à 22 minutes par rapport aux prédictions basées sur les observations faites 6,5 mois plus tôt lorsque Jupiter était le plus proche de la Terre. Il en conclut que la lumière se déplaçait avec une vitesse finie, le retard observé représentant le temps nécessaire pour parcourir le diamètre de l'orbite terrestre (ce retard vaut en fait $16^m 36^s$). Dès août 1675, Cassini avait atteint la même conclusion ; il écrivait en effet : [...] *la lumière emploie quelque temps à venir du satellite jusqu'à nous* ; mais il abandonna aussitôt cette hypothèse et ne la publia pas. En 1817, Delambre publia une analyse de plus de mille éclipses des satellites de Jupiter observées entre 1662 et 1802 ; il obtint $8^m 13^s 2$ pour le temps que met la lumière pour parcourir la distance qui sépare le Soleil de la Terre.

En 1729, Bradley découvrit le phénomène de l'aberration de la lumière (ce phénomène résulte du mouvement annuel de la Terre combiné avec celui de la lumière); il détermina que la constante d'aberration était comprise entre $20''$ et $20'' 5$ (la valeur acceptée de nos jours est égale à $20'' 495$) ; il en déduisit que la vitesse de la lumière vaut environ 10 000 fois celle de la Terre et que la lumière met $8^m 13^s$ à nous parvenir du Soleil. En 1843, Struve publia une valeur précise de la constante de l'aberration ($20'' 445 \pm 0'' 011$), correspondant à $8^m 17^s 8 \pm 0^s 3$ pour le temps de parcours de la lumière du Soleil à la Terre.

Chacune de ces deux méthodes peut être utilisée pour déterminer la vitesse de la lumière une fois connue la distance de la Terre au Soleil ; aucune autre n'était connue avant 1849.

En 1849, Fizeau imagina une méthode de laboratoire pour mesurer la vitesse de la lumière, méthode dite de la roue dentée. Une roue dentée module un faisceau de lumière qui est réfléchi par un miroir situé à une distance aussi grande que possible ; pour certaines vitesses de rotation, le faisceau réfléchi est occulté par une dent ; pour d'autres, il ne l'est pas. Fizeau utilisa une roue de 720 dents, une vitesse de rotation atteignant 200 tours s^{-1} et une base de 8,6 km. La première éclipse se produisit lorsque la roue tournait à 12,6 tours s^{-1} , Fizeau obtint pour c la valeur de $315 300 \text{ km } s^{-1}$ (CRAS 29, 90, 1849).

Le Verrier découvrit que la distance de la Terre au Soleil était inférieure de 3 % à la valeur déterminée par Encke à partir des transits de Vénus de 1761 et 1769 et publiée en 1835 ; cette distance correspondait à une parallaxe de $8'' 57$. La parallaxe solaire est l'angle sous lequel est vu du Soleil le rayon de la Terre. Il s'en suivait que la vitesse de la lumière dans le vide était inférieure de 3 % à la meilleure estimation astronomique de l'époque qui était de $308 000 \text{ km } s^{-1}$. En 1862, à la demande de Le Verrier, Foucault effectua de nouvelles mesures en utilisant la méthode du miroir tournant.

Arago lui-même tenta de réaliser l'expérience dès 1843 avec l'aide de Louis Bréguet, mais les choses avancèrent lentement et la maladie qui devait emporter Arago mit fin aux essais.

En 1834, Wheatstone avait essayé de mesurer la vitesse de l'électricité à l'aide d'un appareil qui convertissait l'intervalle de temps entre deux étincelles en un déplacement angulaire par réflexion sur un miroir tournant à la vitesse de 800 tours par seconde. Un faisceau de lumière est réfléchi par un miroir tournant vers un miroir fixe lointain qui renvoie la lumière sur le miroir tournant, puis le faisceau est focalisé. Si le miroir est fixe, l'image finale se forme en un certain endroit du plan focal mais si le miroir tourne avec une vitesse angulaire suffisamment élevée pour s'être déplacée d'une façon significative durant le temps requis par la lumière pour effectuer l'aller-retour vers le miroir fixe, l'image finale est déplacée par rapport à l'image originale. Arago, qui se rendit en Angleterre en 1834, entendit sans doute parler de cette expérience et, en 1838, suggéra d'utiliser cette méthode pour déterminer la nature de la lumière (ondulatoire ou corpusculaire) en mesurant la différence de la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'eau. En

1843, Arago tenta l'expérience et demanda à Bréguet de réaliser l'instrument nécessaire ; cependant, les progrès furent lents et Arago perdit la vue avant d'avoir pu la réaliser. En 1849, Foucault avec l'aide de Froment d'une part, et Fizeau avec Bréguet d'autre part, reprirent l'expérience avec les encouragements d'Arago. Le 6 mai 1850, Foucault annonça que l'expérience était incompatible avec la nature corpusculaire de la lumière.

Foucault annonça à l'Académie des sciences (CRAS **55**, 501, 792, 1862) que la vitesse de la lumière était égale à $298\,000 \pm 500 \text{ km s}^{-1}$. Il avait utilisé une base qui n'était que de 20 mètres.

À partir de 1871, Cornu entreprit des mesures sur la vitesse de la lumière en vue de la détermination de la parallaxe du Soleil ; il en effectua une excellente détermination par la méthode de la roue dentée entre l'Observatoire de Paris et la tour de Montlhéry, sur une base de 23 km. Il obtint, en 1874, la valeur de $300\,400 \pm 300 \text{ km s}^{-1}$. La valeur actuellement admise est égale à $299\,793,1 \pm 0,25 \text{ km s}^{-1}$.

En 1898, Perrotin, assisté de Prim, et sous la direction scientifique de Cornu, entreprit d'effectuer la mesure sur une base de 250 km allant du Mont Monnier (2 818 m) dans les Alpes-Maritimes au mont Cinto (2 710 m) en Corse. Dans une première étape, on utilisa une base de 12 km constituée par le grand équatorial de l'observatoire de Nice et le village de La Garde ; le résultat des mesures fut publié par Perrotin en 1900 (CRAS **131**, 92). Dans une deuxième étape, on utilisa une base de 46 km définie par le grand équatorial et le mont Vinaigre dans l'Esterel ; ces mesures firent l'objet, en 1902, d'une communication à l'Académie des sciences (CRAS **135**, 116) concernant les observations de Perrotin seules, celles de Prim, en cours de réduction, devant faire l'objet d'une communication ultérieure. Perrotin proposait pour la vitesse de la lumière $c = 299\,880 \pm 50 \text{ km s}^{-1}$.

Le décès de Cornu en 1902, puis celui de Perrotin en 1904, portèrent un coup mortel à l'entreprise. Bassot, successeur de Perrotin à la direction de l'observatoire, fit reprendre la réduction de toutes les mesures, ce qui aboutit à la publication en 1908, dans le tome XI des Annales de l'observatoire de Nice, d'un mémoire signé Perrotin et Prim : *Détermination de la vitesse de la lumière*. La valeur adoptée était $c = 299\,901 \pm 84 \text{ km s}^{-1}$, en très bon accord avec la valeur admise de nos jours.

Notons cependant que, par la méthode du miroir tournant, Michelson avait obtenu, dès 1882, $c = 299\,853 \pm 60 \text{ km s}^{-1}$ et Newcomb, en 1885, $c = 299\,860 \pm 30 \text{ km s}^{-1}$; ces mesures ne semblent pas avoir été connues de Perrotin et Prim.

(Sanders, 1965 ; Tobin, 1993)

Vulcain

Le Verrier, à la suite d'une étude serrée du mouvement de Mercure, montra que son périhélie subit une avance de 35'' par siècle ; cette avance n'est pas prévue par la théorie de la gravitation de Newton. Le 12 septembre 1859, pour expliquer cette anomalie, il annonçait comme probable ou, du moins, comme vraisemblable, l'existence d'une ou plusieurs planètes intra mercurielles. Il faisait remarquer que ces astres devaient souvent passer sur le Soleil, comme Mercure et Vénus, mais à des intervalles beaucoup plus rapprochés, et qu'on pouvait alors les voir sur le disque dans de bons instruments ; il recommandait aux observateurs de porter leur attention sur ce point.

Aussitôt après la publication de ce travail, le 22 décembre 1859, un astronome amateur, Lescarbault, écrivit à Le Verrier que, le 25 mars précédent, observant le Soleil, il avait vu passer sur l'astre un objet noir, circulaire, qui avait traversé le disque en une heure 18 minutes environ. Discutant cette observation, au cours de la séance de l'Académie des sciences du 2 janvier 1860, Le Verrier (CRAS **49**, 379, 1860) conclut qu'elle pouvait se rapporter à un astre qui tournerait autour du Soleil en 19,7 jours, à une distance à peu près trois fois moindre que celle de Mercure. À cette planète hypothétique qui devenait réalité, on donna le nom de Vulcain.

En 1860, Liais contredit Le Verrier dans une note parue dans les *Astronomische Nachrichten*. Il avait observé la surface du Soleil au même instant que Lescarbault et n'avait rien vu.

En 1876, il y eut un grand émoi à l'occasion d'une tache bien ronde et bien noire, paraissant également douée de mouvement propre, vue par un observateur allemand, Weber, le 4 avril ; mais il se trouva que, justement ce jour-là, on avait observé assidûment le Soleil à Londres et à Madrid, cinq heures plus tôt, qu'on y avait parfaitement vu et photographié ladite tache qui n'était qu'une tache solaire.

Le Verrier réunit plus de cinquante observations dont il élimina le plus grand nombre parce que leur discussion montrait qu'elles avaient eu simplement pour objet, comme la précédente, des taches solaires ; il considéra dans tout l'ensemble, six observations comme bien établies faites en 1802, 1819, 1839, 1849, 1859 et 1852, et calcula d'après elles l'orbite de la planète intramercurielle. Celle qu'il préféra entre plusieurs possibles fait tourner la planète en 33 jours autour du Soleil, et elle est fortement inclinée pour expliquer la rareté des apparitions. Il annonça même que, selon toute probabilité, Vulcain passerait devant le disque solaire le 22 mars 1877 ; de nombreux astronomes observèrent le Soleil ce jour-là ; mais les résultats furent négatifs.

Lors de l'éclipse totale de Soleil du 29 juillet 1878, deux astronomes américains, Watson et Swift, annoncèrent de leur côté avoir vu deux planètes intra mercurielles tout contre le Soleil éclipsé, et à l'Observatoire de Paris on s'empessa, un peu étourdiment, de calculer une nouvelle orbite d'après cette observation, mais les deux points brillants pris pour deux planètes étaient tout simplement les deux étoiles θ et ζ du Cancer.

Il fallut attendre la théorie de la relativité d'Einstein en 1915 pour que l'énigme fût expliquée.

Éclipses totales du Soleil

On appelle **Saros** une période de 6 585 jours, c'est-à-dire de 18 ans et 11 jours, au bout de laquelle les éclipses se reproduisent dans le même ordre, aux mêmes lunaisons et avec des caractères fort peu modifiés. En moyenne, un **Saros** comprend 42 éclipses de Soleil, dont 28 sont susceptibles d'être annulaires ou totales. La richesse d'un Saros évolue lentement avec le temps. La Terre accomplit un nombre entier de tours plus environ un tiers de tour entre deux éclipses homologues de deux Saros consécutifs ; après trois Saros, soit un peu plus de 54 ans, les éclipses se reproduisent à peu près dans les mêmes lieux. En un lieu donné, on observe en moyenne une éclipse tous les 360 ans. La durée de la totalité d'une éclipse ne peut excéder 7^m40^s .

C'est en 1842 que l'on commença vraiment à porter un grand intérêt aux phénomènes physiques révélés par les éclipses grâce à Arago qui avait observé à Perpignan l'éclipse du 8 juillet 1842. Depuis cette époque, on envoie régulièrement des expéditions pour les observer. L'éclipse du 28 juillet 1851, en Europe septentrionale, donna lieu à la première photographie d'une éclipse, un daguerréotype, par l'astronome allemand Busch, directeur de l'observatoire de Königsberg. L'éclipse du 18 juillet 1860 fut décisive par ses résultats photographiques obtenus sur plaque au collodion humide. C'est en 1868 seulement que commença l'emploi de l'analyse spectrale dans l'étude des éclipses. Aux Indes, le 18 août 1868, Janssen, Rayet et Pogson découvrent que les protubérances ont un spectre de raies en émission. Une intense raie rouge fut attribuée par Janssen à l'hydrogène, c'est la raie H α à laquelle on doit la couleur de la chromosphère et des protubérances. Une raie jaune fut faussement attribuée au sodium. Lockyer reconnut, plus tard, qu'on ne pouvait l'attribuer ni au sodium ni à aucun élément connu. Il supposa qu'elle provenait d'un élément inconnu qu'il nomma hélium. Ce n'est qu'en 1895 que ce gaz fut extrait par Ramsay d'un minéral, la clivéite, et identifié comme élément terrestre. Le 7 août 1869 fut aperçue pour la première fois dans le spectre de la couronne une raie verte en émission qui fut elle aussi attribuée à un nouvel élément baptisé coronium.

En 1901, 1905 et 1908, on mit les éclipses totales de Soleil à profit pour rechercher l'hypothétique planète Vulcain en photographiant le ciel autour du Soleil. On ne découvrit rien.

Grâce aux éclipses, l'effet de courbure de l'espace-temps autour du Soleil, prévu par la relativité générale, a pu être décelé en 1919. Un rayon lumineux rasant le bord solaire est dévié de $1'',75$. Si, au cours d'une éclipse totale, on photographie le champ d'étoiles qui environne le Soleil éclipsé, ce champ est comme dilaté par la présence du Soleil, par rapport à un cliché pris quand le Soleil se trouve dans une région différente du zodiaque.(Couderc, 1961 ; Bigourdan, 1905)

Liste des éclipses totales et annulaires de Soleil, 1850-1950

* 8 août 1850	22 janvier 1898
* 28 juillet 1851	* 28 mai 1900
11 décembre 1852	* 18 mai 1901
30 novembre 1853	21 septembre 1903
19 novembre 1854	9 septembre 1904
5 avril 1856	* 30 août 1905
30 septembre 1856	* 14 janvier 1907
25 mars 1857	3 janvier 1908
15 mars 1858 (annulaire)	22 décembre 1908
* 7 septembre 1858	17 juin 1909
* 18 juillet 1860	9 mai 1910
31 décembre 1861	1 novembre 1910
6 mai 1864	* 28 avril 1911
25 avril 1865	* 17 avril 1912
6 mars 1867 (annulaire)	10 octobre 1912
* 29 août 1867	* 21 août 1914
* 18 août 1868	3 février 1916
7 août 1869	8 juin 1918
* 22 décembre 1870	29 mai 1919
* 11 décembre 1871	1 octobre 1921
30 novembre 1872	21 septembre 1922
16 avril 1874	10 septembre 1923
10 octobre 1874	24 janvier 1925
6 avril 1875	14 janvier 1926
26 mars 1876	29 juin 1927
17 septembre 1876	19 mai 1928
29 juillet 1878	* 9 mai 1929
11 janvier 1880	21 octobre 1930
* 17 mai 1882	* 31 août 1932
* 6 mai 1883	13 février 1934
8 septembre 1885	19 juin 1936
29 août 1886	8 juin 1937
* 18 août 1887	29 mai 1938
1 janvier 1889	12 octobre 1939
* 22 décembre 1889	1 octobre 1940
12 décembre 1890	21 septembre 1941
26 avril 1892	4 février 1943
* 16 avril 1893	25 janvier 1944
6 avril 1894	* 9 juillet 1945
29 septembre 1894	20 mai 1947
* 9 août 1896	1 novembre 1948

* Éclipses observées par des astronomes français.

- Éclipse du 8 août 1850

Abbadie se rendit à Jérusalem pour l'observer. Elle fut également observée à Honolulu par A. Kulezinski, ingénieur colonial.

- Éclipse du 28 juillet 1851

La durée de la totalité fut de 2^m 56^s. Elle a été observée à Danzig par Mauvais et Goujon et par Abbadie qui s'était rendu en Norvège.

- Éclipse du 7 septembre 1858

Liais observa cette éclipse à Paranagua au Brésil. Il appliqua pour la première fois la photographie à l'enregistrement du passage du Soleil au méridien.

- Éclipse du 18 juillet 1860

Elle a été observée par Le Verrier, Yvon-Villarceau, Foucault, Tissot, Wolf (?), Ismaïl et Chacornac à Moncayo en Espagne ainsi que par Abbadie qui s'était rendu en Castille et par Lespiault à Briviesca (CRAS, 6 août 1860). Bulard l'observa à Lambèse, aujourd'hui Tazoult, près de Batna, dans les Aurès (AN : F¹⁷.3726). Le 20 août 1860, un décret (Bulletin des lois n° 852 du 22 septembre 1860) attribuait un crédit exceptionnel de 20 000 francs pour financer l'expédition en Espagne organisée par l'Observatoire de Paris.

- Éclipse du 31 décembre 1861

La ligne de centralité passait par le Sahara et le Cap-Vert, traversait l'Atlantique et allait finir dans la mer des Antilles. Bulard avait entrepris un voyage à travers le Sahara, dans l'espoir de pouvoir passer jusqu'à Ghadamès ; mais il trouva un pays en fermentation et dût s'arrêter à Ouargla où l'éclipse n'était que partielle (Figuier, 1863).

- Éclipse annulaire du 6 mars 1867

Le Verrier se rendit à Marseille pour observer cette éclipse, alors que Wolf et Stephan allaient à Eboli près de Naples. Il fit beau temps à Marseille, mais il plut à Eboli (AN : F¹⁷.3726).

- Éclipse du 29 août 1867

D'Abbadie et Radau se rendirent en Algérie pour l'observer.

- Éclipse du 18 août 1868

Deux missions furent envoyées pour observer cette éclipse, à Guntur (Inde) et dans la presqu'île de Malacca (Siam) sous la direction respective de Janssen et de Stephan qui était accompagné de Rayet, Tisserand et Chabirand. Sollicité par Le Verrier pour participer à cette mission, Yvon Villarceau avait refusé par une lettre datée du 15 mars. Duruy, ministre de l'Instruction publique, écrivait à Le Verrier le 19 mars : *J'accepte l'expédition astronomique telle que vous la proposez. Appelez M. Stephan, mettez tout en train. Mais tâchons à force d'activité de réparer des retards bien fâcheux. La station choisie fait gagner du temps. Ne pouvez-vous trouver le moyen de joindre à l'observation purement astronomique, la spectroscopie et la photographie. A défaut d'astronomes de l'observatoire, n'en trouveriez-vous pas à l'École Polytechnique ou ailleurs. Je serais désolé que la France fit une expédition incomplète, par conséquent indigne d'elle ... Recevez l'assurance de mes sentiments les plus distingués. V. Duruy. Un bon avis - Dites moins de mal de moi, cela ne sert à rien.* Stéphane, sollicité par le Verrier, accepte dans un premier temps de diriger l'expédition mais, surpris par le décès de son beau-frère, souhaite renoncer à cette mission pour venir en aide à sa sœur qui se retrouve veuve avec quatre jeunes enfants. Le Verrier s'y oppose et juge la conduite de Stéphane inadmissible ; il annule sa promotion au grade d'astronome titulaire et menace de le renvoyer dans un lycée. L'affaire se calme et le 29 mai, Duruy charge officiellement de cette mission Stéphane qui réussit à convaincre de l'accompagner deux de ses amis : Rayet et Tisserand. Il fallut préparer dans l'urgence le grand télescope de Foucault de 0,40 m, un autre télescope de 0,20 m et une lunette de six pouces ainsi que trois spectroscopes et d'autres instruments. Rayet observa avec le télescope de 0,20 m neuf raies brillantes en émission.

À la suite de cette éclipse qui dura 6 minutes et 50 secondes, Janssen, qui avait observé le spectre à raies brillantes des protubérances, pensa que ces raies devaient être visibles en dehors

des éclipses : la lumière du ciel nous les masque, mais celle-ci est affaiblie dans le spectroscope et les raies des protubérances se détachent en effet très nettement. La même idée était venue en même temps et indépendamment à Lockyer. Les notes des deux astronomes, exposant leur découverte, furent lues le même jour à l'Académie des sciences de Paris. Janssen observa au cours de cette éclipse une faible raie jaune en émission et montra que sa longueur d'onde n'était pas celle de la raie D du sodium. Lockyer qui l'observa également conclut qu'elle ne pouvait provenir d'aucun élément terrestre connu. C'est ainsi que l'hélium fut découvert. Ce n'est qu'en 1895 que Ramsay obtint la preuve de l'existence terrestre de cet élément (Georgelin & Arzano, 1999).

- Éclipse du 22 décembre 1870

Janssen se rendit en Algérie pour l'observer.

- Éclipse du 11 décembre 1871

Janssen l'observa à Shoolor en Inde (Hindoustan). Il montra que le spectre de la couronne contient des raies brillantes de l'hydrogène ainsi qu'une raie verte qu'il crut être la raie 1474 de Kirchhoff à 5316 Å. La durée de la totalité fut de 4^m 22^s (Launay, 1997).

- Éclipse du 6 avril 1875

Elle fut observée par Janssen de la presqu'île de Malacca.

- Éclipse du 29 juillet 1878

Elle fut observée par Trouvelot, accompagné de son fils, qui s'était joint à l'expédition de Harkness à Creston (Wyoming). Le ciel fut splendide pendant l'éclipse. La durée de la totalité fut de 3^m 11^s (Trouvelot, l'Astronomie, 1,92, 1882).

- Éclipse du 17 mai 1882

Une raie verte brillante avait été observée par Young et Harkness pendant l'éclipse du 7 août 1869 dans le spectre de la couronne solaire. Elle semblait coïncider avec une raie en absorption du spectre solaire, la raie 1474 de Kirchhoff à 5316 Å, due au fer, sans que l'on ait pu établir cette coïncidence d'une manière certaine. Trépied, au cours de l'éclipse solaire du 17 mai 1882, qu'il observa à Sohâg (Haute-Égypte) avec Thollon et André Puiseux (CRAS, 19 juin 1882, p. 1630), crut pouvoir établir l'identité de ces deux raies. On a montré lors de l'éclipse du 21 janvier 1898 que la longueur d'onde de la raie coronale est en fait voisine de 5303 Å (5302,86 Å) et qu'elle ne correspondait à aucun corps connu. On l'attribua à un gaz hypothétique auquel on donna le nom de Coronium. Ce n'est qu'en 1941 que Edlen put montrer qu'il s'agit d'une raie interdite de l'ion Fe XIV (Z. für Astrophys. 20, 30, 1942) (Flammarion, l'Astronomie 1, 81, 1882). Lockyer et Tacchini observèrent eux aussi cette éclipse à Sohâg. La totalité ne dura que 72 secondes, mais le temps fut magnifique. Une comète fut observée pendant l'éclipse ; son noyau était situé à environ 35' du bord du Soleil.

- Éclipse du 6 mai 1883

Cette éclipse eut une très longue durée (5^m 25^s). Janssen, accompagné de Trouvelot, de Pasteur et d'un aide, se rendit dans l'île Caroline (Océanie). Il fit des observations spectroscopiques de la couronne. À cette mission s'étaient adjoints Tacchini, directeur de l'observatoire de Rome et Palisa de l'observatoire de Vienne (Janssen, CRAS 92 ; l'Astronomie 2, 397, 1883).

- Éclipse du 18 août 1887

La durée maximum de la totalité fut de 3^m 50^s. À cette occasion, La Baume Pluvinel entreprit sa première expédition personnelle pour observer en Russie une éclipse. Janssen envoya Stanoievitch, élève à l'observatoire de Meudon, observer l'éclipse à Petrovsk en Russie ; il obtint

un spectre de la couronne. La totalité dura 152 secondes (Janssen, CRAS **105**, 325, 365, 1887 ; Flammarion, l'Astronomie **6**, 241, 1887).

- Éclipse du 22 décembre 1889

La Baume Pluvinel l'observa des Iles du Salut (Guyane française) (Janssen, CRAS **109**, 928, 1889 ; La Baume Pluvinel, 1890). La durée de la totalité atteignit 4^m 18^s.

- Éclipse du 17 juin 1890

La Baume Pluvinel se rendit à La Canée (Crète) pour observer cette éclipse annulaire (La Baume Pluvinel, CRAS **111**, 220, 1890 ; Flammarion, l'Astronomie **9**, 241, 1890).

- Éclipse du 16 avril 1893

Deslandres, assisté de Millochau, Mittau, se rendit à Foundiougne, à 50 km de la côte, sur la rivière Saloum, au Sénégal. Malgré un temps peu favorable, il obtint vingt-deux photographies de la couronne au cours de cette mission. Il tenta de mesurer la vitesse de rotation de la couronne solaire (Deslandres, CRAS **116**, 1108, 1893 ; L'Illustration, 17 juin 1893 ; l'Astronomie **12**, 246, 1893 ; Annales du Bureau des longitudes **5**, C1, 1897 ; Coculescu, CRAS **116**, 1236, 1893). La mission Deslandres s'embarqua à Bordeaux sur le paquebot *La Plata* le 5 mars 1893 et arriva à Dakar le 12 mars. L'avis de guerre *Le Brandon* fut mis à la disposition de la mission et quitta Dakar le 18 pour arriver à Foundiougne le 19. Un vapeur fit escale à Foundiougne au milieu du mois de mai pour rembarquer Deslandres et ses collaborateurs qui arrivèrent à Paris dans les premiers jours de juin. Leur absence avait duré trois mois. À Deslandres s'était joint Coculescu, envoyé par le gouvernement roumain, qui avait un programme propre et des instruments personnels. Bigourdan, accompagné de Fayet, s'installa à Joal, village de 1 800 habitants, situé au bord de la mer, à 45 milles au sud de Dakar (Bigourdan, CRAS **116**, 1181, 1893 ; Annales du Bureau des longitudes **5**, B1, 1897). La Baume Pluvinel, n'ayant pu se déplacer, envoya Pasteur à Joal. Le temps fut beau pendant la durée de l'éclipse (La Baume Pluvinel, CRAS **117**, 24, 1893).

- Éclipse du 9 août 1896

Deslandres, assisté de Millochau et de Ferdinand et Joseph Mittau se rendit au Japon pour l'observer, le temps fut peu favorable (Deslandres, CRAS **123**, 978, 1896 ; Tisserand, CRAS **123**, 391, 1896).

Antoniadi et Dorothea Klumpke se joignirent à une expédition à laquelle prirent part plus de 160 personnes et qui se rendit à Vadsö en Laponie à bord du *Norse King*. Le ciel fut couvert (Antoniadi, BSAF **10**, 275, 1896).

- Éclipse du 22 janvier 1898

Aucune expédition française ne fut organisée pour observer cette éclipse visible des Indes (Barré, 1898).

- Éclipse du 28 mai 1900

Les universités de Montpellier et de Toulouse ayant accordé les fonds nécessaires à l'observation de l'éclipse, Lebeuf, accompagné de Bourget, Carrère et Meslin, se rendit à Elche, à 20 km d'Alicante (Espagne) (Lebeuf, CRAS **131**, 575, 1900) ; Flammarion, Moreux, Moye et La Baume Pluvinel se joignirent à eux (La Baume Pluvinel, CRAS **130**, 1259, 1523, 1900). La totalité dura 79 secondes. Deslandres, accompagné de Millochau, Charbonneaux (21 ans), Burson (18 ans), d'Azambuja (16 ans), Fallot, astronome volontaire et Aguilar, étudiant à la faculté des sciences de Madrid, observa à Argamasilla (Espagne) (Deslandres, BSAF **14**, 346, 1900 ; CRAS **141**, 409, 1905). Bigourdan, assisté de Heitz, s'installa à Hellin, Eysseric à Albacete et Salet à Las Minas (?). Cette mission avait été organisée par le Bureau des longitudes, avec le concours de l'Observatoire de Paris (Bigourdan, CRAS **131**, 246, 1900a ;b ; Salet, CRAS **131**, 249, 1900). Hamy, accompagné de Lagarde, organisa lui aussi une mission à Hellin (Hamy, CRAS **130**, 1516,

1900) alors que Stephan se rendait à Alger (Stephan, CRAS **130**, 1504, 1900 ; BA **17**, 369, 1900).

- Éclipse du 18 mai 1901

La Baume Pluvinel, accompagné de Senouque, se rendit dans l'île de Sumatra. Il eut du beau temps. La durée de la totalité fut de 6 minutes et 30 secondes (La Baume Pluvinel, l'Astronomie, **15**, 249, 1901). Le docteur Jean Binot, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, l'observa de l'île de La Réunion. Il eut un temps superbe (Janssen, CRAS **132**, 1201, 1901 ; **134**, 1096, 1902).

- Éclipse du 11 novembre 1901

Pasteur, Coroyer et Senouque participèrent à une expédition au Caire pour observer cette éclipse annulaire ; Janssen fut empêché par la maladie de participer à cette mission ; il en confia la direction à Pasteur. La Baume Pluvinel se joignit à eux (La Baume Pluvinel, CRAS **133**, 1180, 1901 ; BSAF **16**, 153, 1902) ; il photographia la spectre des rayons solaires rasant le bord de la Lune et ne constata pas la moindre absorption décelant une atmosphère (Janssen, CRAS **133**, 768, 1901 ; AN : F¹⁷.13580).

- Éclipse du 30 août 1905

Cette éclipse présentait un grand intérêt par la durée de sa totalité (3^m 45^s) et par sa proximité. Le Bureau des longitudes organisa donc, de concert avec tous les observatoires français, de nombreuses missions qui se sont échelonnées sur une longue ligne, depuis le nord-ouest de l'Espagne, jusqu'au sud-est de la Tunisie.

Bigourdan, assisté de Joseph Eysseric et de Heitz, s'installa à Sfax (Bigourdan, CRAS **141**, 541, 1905) ainsi que Moreux. Salet se rendit à Robertville (Algérie) (Salet, CRAS **141**, 528, 1905). Une mission constituée de Renaux, Maubert, Rambaud et Sy, sous la direction de Trépied, alla observer l'éclipse à Guelma (Algérie) où la durée de la totalité fut de 3^m 31^s (Trépied, CRAS **141**, 531, 1905). Stephan, accompagné de son fils Pierre et de Borrelly, choisit lui aussi Guelma (Stephan, CRAS **141**, 579, 1905) ainsi que Bourget, Montangerand et Jouane, originaire d'Algérie, préparateur à la faculté des sciences de Toulouse (Bourget et Montangerand, CRAS **141**, 614, 1905). Le temps fut excellent à Guelma. Andoyer s'installa à El-Arrouch, à 32 km de Philippeville et fut favorisé par un très beau temps (Andoyer, CRAS **141**, 519, 1905). Nordmann effectua à Philippeville des expériences relatives à l'ionisation de l'atmosphère (Nordmann, CRAS **141**, 945, 1905). André, accompagné de Guillaume, Le Cadet et Lagrula (?), s'installa à Roquetas, à 2 km de Tortosa ; le Soleil fut caché par les nuages pendant toute la totalité (André, CRAS **141**, 867, 1905 ; Le Cadet, CRAS **141**, 925, 1905 ; Merlin, CRAS **144**, 20, 1907). La mission de Burgos devait comprendre d'abord, outre Deslandres lui-même, Kannapell et d'Azambuja ; s'y sont ensuite adjoints : Charles Fabry, Jean Becquerel, assistant de physique au Muséum, Bernard, Blum, Fouché et Sansot, étudiant (Deslandres, CRAS **141**, 517, 1905 ; Fabry ; CRAS **141**, 870, 940, 1905) ; Rayet, assisté de Courty et Meslin, se rendit également à Burgos où le ciel fut presque couvert pendant l'éclipse (Rayet, CRAS **141**, 490, 1905 ; Meslin, CRAS **141**, 493, 1905). Pasteur, Millochou, Stefanik et Corroyer, aide-photographe, sous la direction de Janssen, âgé de 82 ans, s'installèrent à Alcocebre (Espagne) où la totalité dura 3^m 42^s. Le ciel était découvert (Janssen, CRAS **141**, 233, 568, 1905 ; Stefanik, CRAS **141**, 585, 1905 ; Millochou, CRAS **141**, 586, 815, 1905). À Alcocebre également s'était installée une mission russe à laquelle participait Hansky (Annales du Bureau des longitudes VIII, 1911). Flammarion et Quénisset se rendirent à Almazan, près de Soria. La Baume Pluvinel, accompagné de Baldet et Senouque, Simonin, accompagné de Colomas et Javelle et Moye (CRAS **141**, 458, 1905) et Péridier choisirent Alcalá de Chivert pour y observer l'éclipse pendant laquelle le Soleil fut visible à travers de légers nuages. Bischoffsheim accompagné d'Henri Perrotin, fils de l'ancien directeur de l'observatoire de Nice, et Huret, journaliste au Figaro, arriveront le 18 août pour assister à l'événement. Pierre Puiseux dirigea la mission de Cistierna (Espagne), mission composée de Lebeuf, Chofardet (Lebeuf et Chofardet, CRAS **145**, 410, 1907), Le Morvan et Victor Puiseux (?) ; se joignirent à

eux pendant la seconde quinzaine d'août : Prin, Hamy et son fils aîné, Benjamin et Jules Baillaud et Bouty. Les observations furent entravées par des nuages pendant la totalité. Berloty observa l'éclipse à Tortosa (?). Libert se rendit à Tripoli (Libye) (Libert, CRAS **141**, 513, 1905).

(Bigourdan, 1905 ; Janssen 1905 ; Davoust, 1995)

- Éclipse du 14 janvier 1907

Stefanik se rendit au Turkestan (à Ura-Tjube) pour l'observer (Janssen, CRAS **144**, 19, 1907 ; Stefanik, CRAS **144**, 19, 124, 1019, 1907). Il s'était joint à une expédition de l'observatoire de Poulkovo à laquelle participaient Belopolsky, Hansky et Witham. Mais il neigea pendant l'éclipse. Le Cadet effectua des observations à Phu-Lien (Indochine) (Le Cadet, CRAS **144**, 883, 1907).

- Éclipse du 28 avril 1911

Elle fut observée par Stefanik de l'île Vava'u (archipel Tonga). Il se trouvait alors depuis près d'un an à Tahiti. Le temps fut favorable (Stefanik, CRAS **154**, 565, 1912).

- Éclipse du 17 avril 1912

À cause d'incertitudes sur la valeur du diamètre lunaire, on ne put prédire si cette éclipse serait totale ou annulaire (Bigourdan, CRAS **154**, 845, 1912). Elle fut observée par de nombreux astronomes français. La ligne de centralité passait près de Paris. L'Observatoire de Paris organisa six stations au voisinage de la ligne de centralité. Salet se rendit à Ovar au Portugal. L'éclipse ne fut pas tout à fait totale, le diamètre apparent de la Lune étant très légèrement inférieur à celui du Soleil (Baillaud, CRAS **154**, 1032, 1912). Vlès l'observa à Cacabelos en Espagne (CRAS **154**, 1142 ; **155**, 545, 1912) (Bigourdan 1912).

- Éclipse du 10 octobre 1912

Stefanik l'observa au Brésil.

- Éclipse du 21 août 1914

L'observatoire de Meudon envoya à Strömsund (Suède) une mission constituée de Bosler et Block pour observer cette éclipse. Ils découvrirent une nouvelle raie coronale, rouge, d'intensité comparable à la raie verte ; sa longueur d'onde vaut 6374 Å ; elle fut, elle aussi, attribuée au coronium (Deslandres, CRAS **159**, 669, 1914 ; Bosler et Block, CRAS **159**, 766, 1914) jusqu'à ce que Edlen l'identifia à une raie interdite de l'ion Fe X. La Baume Pluvinel se rendit à Théodosie (Crimée) accompagné de Edmée Chandon (?) et de Senouque, Rougier et Chrétien (?) qui, mobilisés, le quittèrent précipitamment (La Baume Pluvinel, l'Astronomie **28**, 113, 1914).

- Éclipse du 9 mai 1929

Le Bureau des longitudes organisa une mission pour observer cette éclipse remarquable par la durée de sa totalité. Au point de durée maximum, la phase totale dura 5 minutes et 7 secondes. La mission, constituée de Bosler et Galissot de l'observatoire de Marseille, Danjon, Rougier et Lallemand de l'observatoire de Strasbourg et de Talon et Galle, capitaine de corvette, du Laboratoire national de radioélectricité, se rendit à Poulo Condor, en Indochine. La totalité dura 4 minutes et 40 secondes. Les observations furent gênées par les nuages (Bourgeois, CRAS **188**, 749, 1929 ; L'Astronomie **43**, 193, 1929 ; Danjon, Annales du Bureau des longitudes **11**, B1, 1938).

- Éclipse du 31 août 1932

À l'occasion de cette éclipse et du quatrième congrès de l'UAI qui se réunit à Cambridge (Massachusetts) du 2 au 9 septembre, une délégation importante d'astronomes français se rendit en Amérique du Nord. La Baume Pluvinel, assisté de Barbier, s'installa à Louiseville entre

Montréal et Québec, de même que J. Baillaud, Bosler, Chrétien, Dufay et Grouiller. Le ciel était parsemé de nuages, mais une trouée se produisit dans la direction du Soleil pendant la totalité qui dura 100 secondes (La Baume Pluvinel et Barbier, CRAS **196**, 1345, 1933). Un autre groupe, composé de d'Azambuja, Danjon, Esclançon, Fayet, Jouaust, Lambert, Perrier et Picart se rendit sur la ligne centrale à North-Conway (New-Hampshire). Un voile de nuages vint s'interposer devant le Soleil et en diminuer la visibilité pendant la totalité. Hellbronner observa à Mattochs (Maine) et Lagarde à Portsmouth (Esclançon, CRAS **195**, 565, 1932). Dufay et Grouiller montrèrent que le taux de lumière polarisée de la couronne varie peu avec la longueur d'onde montrant que celle-ci diffuse la lumière comme un gaz d'électrons libres (Dufay et Grouiller, CRAS **196**, ,1933).

- Éclipse du 19 juin 1936

Sur l'initiative du Bureau des longitudes, une mission fut envoyée à Kustanaj au Kazakhstan. Elle était dirigée par Dufay, accompagné de Barbier, Chalonge et Gauzit. Mais le ciel était couvert au moment de l'éclipse (L'Astronomie **51**, 286, 1937).

- Éclipse du 9 juillet 1945

Lyot, Chalonge, Barbier, Dauvillier, Leclerc et Renée Canavaggia se rendirent à Brattas, près de Skelleftea à 1 000 km au nord de Stockholm (Suède) pour observer cette éclipse (Chalonge, L'Astronomie **60**, 1, 1946 ; Dauvillier, CRAS **221**, 88, 1945).

Mesures de la constante solaire

La « constante solaire », ainsi nommée par Pouillet, est la quantité totale d'énergie en provenance du Soleil tombant par unité de temps sur une aire unité normale aux rayons solaires à la distance moyenne de la Terre au Soleil, hors de l'atmosphère. La valeur de cette constante est égale à $1,95 \text{ cal.cm}^{-2}\text{mm}^{-1}$ ($0,14 \text{ w cm}^{-2}$) dont la moitié est située dans le visible et l'essentiel du reste dans l'infrarouge.

Dès le début du siècle, Flaugergues s'efforça de déterminer cette constante, mais sa mesure n'a guère été effectuée avec quelque précision que depuis 1837 par John Herschel et Pouillet. John Herschel, pendant son séjour au Cap de Bonne Espérance de 1834 à 1838, avec l'actinomètre inventé par son père, et Pouillet à Paris, en 1838, avec les pyréliomètres qu'il avait construit, trouvèrent à peu près la même valeur. Selon Pouillet, la constante solaire vaut 1,7633 (CRAS 7, 24, 1838). L'appareil de Pouillet était formé d'une boîte d'argent cylindrique plate noircie sur une des bases, polie partout ailleurs. La boîte étant pleine d'eau, il suffisait d'exposer la face noircie normalement aux rayons solaires et de lire sur un thermomètre l'élévation de la température de l'eau en un temps fixé pour avoir la valeur de la constante solaire.

Toutes les mesures de la constante solaire reposent sur une extrapolation ; on détermine la quantité de chaleur reçue pour différentes hauteurs du Soleil au-dessus de l'horizon c'est-à-dire pour différentes masses d'air et on extrapole pour une masse d'air nulle. Les erreurs inhérentes à cette méthode sont d'autant plus faibles que les observations sont effectuées à des altitudes plus élevées.

Forbes, professeur de physique à l'université d'Edinburgh, trouva 2,85 en 1842 sur le Faulhorn dans les Alpes Bernoises. Violle, faisant des expériences à la base et au sommet du massif du Mont-Blanc en 1875, obtint 2,54, (Annales de chimie et de physique **10**, 321), alors que Crova, opérant à Montpellier en 1875 avec un pyréliomètre qu'il avait construit, trouvait 2,32 (Annales de chimie et de physique **11**,505). Langley, en 1881 organisa avec Keeler une expédition au Mont Whitney, à 4 418 mètres d'altitude ; ils obtinrent 3, valeur trop grande à cause d'une erreur dans la procédure de réduction. Guidé par les conseils de Crova, Hansky, en 1897, trouva 3,4 à l'observatoire du Mont-Blanc. Savelieff, en employant l'appareil et la méthode de Crova, obtint à Kiev en 1889, une valeur comprise entre 2,81 et 3,47 (CRAS **112**, 1200). Rizzo en 1898 et Scheiner en 1902 arrivèrent respectivement à 2,5 et 2,3. Les expériences de Millochau au Mont-Blanc lui ont donné des résultats du même ordre (Bulletin de la société de physique 1907, fasc. 1). Knut Angström arriva à 2,17 en 1908.

Ces mesures, on le voit, ont donné des résultats assez divergents, variant de 1,7 à 3,4. Des résultats beaucoup plus concordants ont été obtenus depuis qu'Abbott et Fowle ont établi les conditions correctes d'évaluation de la transparence atmosphérique. Abbott, à la suite de nombreuses mesures effectuées à Washington, au Mont Wilson et au Mont Whitney de 1902 à 1924 obtient une valeur moyenne de 1,94 avec une erreur ne dépassant sans doute pas 1 %.

Seule, la loi découverte par Stefan en 1879 permet de déterminer la température de radiation du Soleil à partir de la valeur de la constante solaire. Cette loi s'écrit : $u = \sigma T^4$ où u est l'énergie totale rayonnée pour toutes les longueurs d'onde et dans toutes les directions, par l'unité de surface du corps noir, T sa température absolue et σ une constante qui vaut $5,72 \cdot 10^{-5} \text{ ergs s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. En prenant la valeur de Langley pour la constante solaire, on obtint $T = 6500^\circ\text{K}$; en admettant 2,04, il vient $T = 5810^\circ\text{K}$.

(Guillemin, 1873 ; Bosler, 1910 ; Bruhat, 1931 ; Osterbrock, 1984)

Petites Planètes

Plusieurs astronomes français ont découvert des petites planètes :

Charlois	99	1887 - 1904	Schmt	3	1932-1952
Boyer	40	1930-1952	Courty	2	1894
Borelly	19	1866-1894	Schaumasse	2	1921-1928
Laugier	18	1932-1955	Sy	2	1916
Goldsmidt	14	1852-1861	Bancilhon	1	1934
Henry	14	1872-1882	Bigourdan	1	1894
Jekhowsky	12	1921-1927	Buchar	1	1925
Chacornac	7	1852-1860	Cottenot	1	1878
Perrotin	6	1874-1885	Lagrula	1	1914
Coggia	5	1868-1899	Laurent	1	1857
Reiss	5	1931-1935	Le Morvan	1	1913
Tempel	5	1861-1868	Schulhof	1	1875
Gonnessiat	3	1916-1920	Stephan	1	1866

Les plus remarquables d'entre eux sont l'astronome amateur Goldschmidt qui en 1864 en avait découvert 14 sur un total de 72 et Charlois qui, en 1904, en avait découvert 99 sur 553.

Plusieurs thèses ont été soutenues concernant les petites planètes :

- *Sur le calcul numérique des perturbations des petites planètes au moyen de quadratures.* Gruey (Paris, 1868) ;
- *Exposé de la méthode de Hansen pour le calcul des perturbations spéciales des petites planètes.* Périgaud (Paris, 1877) ;
- *Théorie de Vesta.* Perrotin (Paris, 1879) ;
- *Détermination des perturbations d'une petite planète par les méthodes de M. Gylden.* Application à **Héra**. Callandreau (Paris, 1880) ;
- *Contribution à l'étude des planètes télescopiques.* Mascart (Paris, 1897) ;
- *Sur l'orbite de (108) Hécube.* Simonin (Paris, 1897) ;
- *Sur le mouvement de (108) Hécube.* Popov (Paris, 1912) ;
- *Théorie analytique du mouvement des planètes troyennes.* Paloque (Paris, 1925) ;
- *Recherches sur le calcul des perturbations générales des petites planètes* (Roure, Paris, 1939).

Comètes

De 1860 à 1925, plusieurs astronomes consacèrent une large part de leur activité à la recherche des comètes : Tempel, Coggia et Borrelly à l'observatoire de Marseille, Schaumasse et Giacobini à Nice ; à eux cinq, ils en découvrirent 46 ; de plus, Javelle, Perrotin et Fayet retrouvèrent à Nice, respectivement 4, 3 et 2 comètes périodiques dont le retour avait été prédit, alors que Stephan en retrouvait 5 à Marseille.

Un certain nombre d'astronomes en découvraient, par ailleurs chacun une : Chacornac, Dien, Liais, Henry, Louis Fabry, Quénisset, Chofardet et Gonnessiat. De 1890 à 1919, sur un total de 143 comètes, 35, soit 24 % furent découvertes en France. Mais après 1925, la seule comète découverte en France le fut par un amateur, Rigollet.

De 1850 à 1950, cinq thèses furent consacrées à l'étude des comètes, par Benjamin Baillaud en 1876, Louis Fabry en 1893, Fayet en 1906, Jekhowsky en 1916 et Baldet en 1926.

Janssen fut l'un des premiers à obtenir la photographie d'une comète en 1881.

Les grands travaux géodésiques

Le corps des ingénieurs géographes s'attacha à partir de 1817 à dresser la carte de France au quatre-vingt millième, dite carte d'état-major. En révisant la méridienne de Paris, en vue de l'établissement de cette carte, on remarqua de légères erreurs dans la mesure de Delambre et Méchain. D'autre part, les géodésiens étrangers s'appuyaient sur les triangulations françaises, auxquelles ils s'étaient reliés, les Espagnols en 1868, les Anglais en 1862 par dessus le Pas-de-Calais. Une nouvelle et exacte mesure de cette méridienne devenait indispensable : ce fut, de 1870 à 1900, l'œuvre des officiers du service géographique de l'armée, sous la direction des généraux François Perrier, Bassot et Delforges. Par ailleurs, on avait commencé la triangulation de l'Algérie : il importait de la relier aux triangles européens. Cette opération, réalisée en 1879 par les généraux Perrier, pour la France, et Ibanez pour l'Espagne, rattacha le poste espagnol de Mulhacen, à 3 481 mètres d'altitude, par dessus la Méditerranée, au poste oranais de Filhaoussen, par signaux optiques : les deux stations étaient éloignées de deux cent soixante-dix kilomètres, fait sans précédent dans les annales de la géodésie.

D'autre part, les mesures d'arc polaire et équatorial effectuées au dix-huitième siècle par les missions de l'Académie des sciences étaient d'une précision qui, très bonne pour l'époque, s'avérait insuffisante pour les besoins de la géodésie moderne, en particulier pour la détermination des dimensions terrestres. L'association géodésique internationale, dans ses congrès de Paris (1889) et de Stuttgart (1898), décida de reprendre ces mesures avec toute la précision des méthodes contemporaines. Deux missions s'en chargèrent : l'une pour la zone polaire, composée de Russes et de Suédois ; l'autre pour la zone équatoriale, confiée au Service géographique de l'armée française.

L'arc équatorial a été mesuré de 1899 à 1906. Il est situé dans la république de l'Équateur, entre Tulean au nord, près de la frontière colombienne, et Payta au sud, au Pérou. La mission, dirigée par le général Bourgeois, se heurta à des difficultés semblables à celles qu'avaient rencontrées jadis Bouguer, La Condamine et Godin : conditions atmosphériques très défavorables, obligeant parfois à occuper pendant de longs mois une station de haute altitude avant de jouir des quelques belles journées nécessaires aux visées ; hostilités des indigènes incompréhensifs qui, trop souvent, détruisaient les signaux élevés à grands frais ; néanmoins, grâce aux efforts du général Bourgeois et de ses collaborateurs, Georges Perrier et Gonnessiat qui, pendant la durée de la mission, dirigea l'observatoire de Quito, l'opération put être menée à bien, et prendre rang parmi les meilleures triangulations contemporaines (Bourgeois, 1907).

Enfin, il est nécessaire de signaler, à côté de ces grandes opérations, l'œuvre réalisée par un simple amateur, Paul Helbronner qui, de 1903 à 1928, a, par ses propres moyens et en dehors de tout appui officiel, refait toute la triangulation des Alpes françaises et a réussi le tour de force du rattachement géodésique de la Corse au littoral de Provence. Jusqu'en 1925, la triangulation de la Corse était le prolongement, par Livourne et Bastia, de la triangulation italienne. Helbronner, à l'aide de signaux optiques, rattacha la Coudon au dessus de Toulon, au sommet du Monte Rotondo (2 625 mètres). La distance était de 248 kilomètres, supérieure à celle qu'avaient surmontée les officiers de la jonction Espagne-Algérie.

(Humbert, 1957 ; Levallois, 1988)

Les publications astronomiques françaises

Outre les Comptes rendus à l'Académie des sciences, les astronomes français ont eu à leur disposition pour publier leurs travaux les journaux suivants :

- le *Bulletin des sciences mathématiques et astronomiques* créé en 1870 et qui prit en 1885 le nom de *Bulletin des sciences mathématiques* à la suite de la création du *Bulletin astronomique*. Le secrétaire de rédaction en était Houel.

- le *Bulletin Astronomique*, créé en 1884 par Mouchez et Tisserand et qui était consacré à l'origine à l'astronomie fondamentale, à la mécanique céleste et aux disciplines voisines ; son domaine s'est progressivement étendu à l'astronomie galactique (statistique stellaire, cinématique galactique, dynamique des systèmes d'étoiles). Sa publication fut assurée jusqu'en 1965 par l'Observatoire de Paris, puis à partir du 1^{er} janvier 1966 par les soins du CNRS, sous la direction de Lévy. Ce journal cessa d'exister le 31 décembre 1968, à la suite de la création du journal européen *Astronomy and Astrophysics*. Les rédacteurs en chef successifs furent : Callandreau (1884-1904), Chatelu (1920-1940), Brisse (1947-1962), Dubois-Chevallier (1963-1965) et Lévy (1965-1968).

- le *Journal des Observateurs* créé en 1915 par Bourget à l'observatoire de Marseille et destiné à la publication des observations astronomiques qui ne pouvaient plus paraître dans les *Astronomische Nachrichten*. Le premier numéro parut le 15 octobre. D'une publication d'abord intermittente, ce journal devint mensuel à partir de janvier 1921. Il cessa lui aussi de paraître en 1968 avec le volume 51. Les rédacteurs en chef successifs furent : Bourget (1915-1921), Michkovitch (1921-1922), Jasse (-1949), Jonckheere (1949-1962) et Pourcelot (1962-1968).

- les *Annales d'Astrophysique* furent créées en 1938 et publiées à l'origine par le Service d'astrophysique du CNRS. Il s'agissait essentiellement d'une revue destinée à publier les travaux effectués à l'Observatoire de Haute-Provence et à l'Institut d'Astrophysique, mais dans laquelle les travaux provenant d'autres établissements pouvaient être admis. À la fin de 1944, elle fut transformée en revue internationale. Elle disparut en 1968. Les rédacteurs en chef en furent : Mineur (1938-1942), Chalonge (1942-1944), Barbier (1944-1956), Pecker (1957-1962) et Steinberg (1962-1968).

- *Le Bulletin de l'association française d'observations d'étoiles variables* fut créé en 1932. Il cessa de paraître de 1938 à 1946. L'association elle-même avait été fondée en 1921.

Journaux d'astronomie populaire

Plusieurs journaux d'astronomie populaire ont vu le jour pendant la période qui nous intéresse. La plupart furent éphémères.

- *Le Journal du Ciel* fondé en décembre 1864 par Vinot qui en fut le rédacteur. Il devint plus tard le *Bulletin de la Société d'astronomie*. Il disparut en 1902.

- La *Revue d'astronomie populaire, de météorologie et de physique du globe*, fondée en 1882 par Flammarion et qui cessa de paraître en 1894, concurrencée par le *Bulletin de la Société astronomique de France*.

- Le *Bulletin de la Société astronomique de France*, fondé en 1887 par Flammarion, qui devint *l'Astronomie* et existe encore. La Société astronomique de France avait été constituée le 20 juin 1887 et reconnue d'utilité publique le 4 avril 1897. En 1911, le *Bulletin* reprit le nom de *l'Astronomie*.

- *Le Galilée, revue des sciences cosmologiques*, fondée en avril 1889 et qui disparut, semble-t-il, en 1895. En 1890, Dallet en était le secrétaire.

- *Les sciences populaires. Revue mensuelle internationale d'astronomie, de météorologie et des sciences d'observation* fondée en 1894 par Vimont, ancien administrateur de la *Revue d'astronomie populaire* et qui survécut plusieurs années.

- *La revue du ciel et revue mensuelle des sciences* dirigée en 1937 par Moreux. C'était avant tout une revue de vulgarisation des sciences et plus particulièrement d'astronomie et de météorologie.

L'astronomie dans l'enseignement supérieur

Il n'y a pas eu d'universités en France de l'époque de la Révolution à 1896, mais seulement des groupes de facultés autonomes. Établies par Napoléon comme institutions dont le seul rôle était d'accorder des diplômes, les facultés de lettres et de sciences restaient pratiquement sans étudiants, tandis que les facultés de droit et les facultés et écoles de médecine se limitaient au strict rôle d'écoles professionnelles. L'Empire n'avait créé de facultés des lettres et des sciences que pour accorder des diplômes, en particulier le baccalauréat, non pour assurer un enseignement. Des moyens matériels et un personnel insuffisants leur avaient été fournis. Les professeurs des facultés provinciales de lettres et sciences, laissées sans étudiants, cherchèrent à attirer le « grand public ». Louis Liard dans son étude *Universités et Facultés* (Colin, Paris, 1890) résumait ainsi l'état des facultés à la fin du Second Empire : *Misère des bâtiments, insuffisance des crédits, détresse des laboratoires, absence des premiers instruments de travail, torpeur des institutions, et, trop souvent, avec beaucoup de talent, langueur chez les hommes, voilà en quels termes peut se résumer la situation des Facultés à la fin du Second Empire*. L'assaut contre cette situation fut mené dans les années 1870 et 1880 par les universitaires eux-mêmes. Les réformes réalisées entre 1877 et 1896 allèrent de la création de bourses d'étudiants dans les facultés des lettres et des sciences, conçues avant tout pour améliorer la formation d'enseignants du secondaire, aux décrets Goblet de 1885, qui créèrent les Conseils généraux de facultés et engagèrent le processus consistant à accorder aux facultés une plus large autonomie en leur donnant la personnalité civile, et finalement à la transformation de quinze des centres de facultés en université en 1896. Mais une grande part du désir de réforme disparut une fois les universités établies. Il ne resta que peu de voix pour critiquer la pauvreté des facultés provinciales comparées à leurs émules parisiennes ou allemandes.

Quelles que fussent les protestations émises par quelques inspecteurs ou ministres avant 1870, la valeur de l'enseignement et de la recherche dans les facultés provinciales comptait peu aux yeux des parisiens, pourvu que les fonctions essentielles de ces installations fussent exercées et l'ordre maintenu. Ces fonctions se limitaient à faire passer les examens de baccalauréat et à donner des cours publics. Le Gouvernement n'avait pas d'argent à gaspiller pour toute autre initiative.

Aucun étudiant ne s'inscrivit à la faculté des sciences de Toulouse lors de la première décennie de son existence. Les professeurs s'adressaient à un auditoire en nombre variable, qui comprenait toutes sortes de gens, depuis les élèves du lycée jusqu'à des retraités. Entre 1822 et 1876, 88 licences de mathématiques furent accordées et 57 licences de physique, soit moins de trois par an. Le faible nombre des étudiants s'explique par l'absence de carrière professionnelle ouverte aux diplômés de la faculté, en dehors de la succession au professeur alors en activité et les misérables conditions matérielles dans lesquelles la faculté des sciences était établie à Toulouse. La bibliothèque de la faculté, en raison du manque d'espace, n'était pas accessible aux étudiants. Cette situation se perpétua jusqu'à la construction d'un nouveau bâtiment pour la faculté dans les années 1880. Il y avait 40 étudiants à la faculté des sciences de Toulouse en 1879 ; ils étaient 137 en 1894-1895 (Burney, 1988).

C'est à Paris essentiellement que l'on trouve un enseignement de l'astronomie, à la Sorbonne, à l'École polytechnique et au Collège de France.

À la Sorbonne fut créée dès le 14 avril 1809 une chaire d'**astronomie physique** qui devint le 1^{er} novembre 1812 la chaire d'**astronomie**. Le 23 octobre 1846, la chaire d'**astronomie mathématique et mécanique céleste** fut créée spécialement pour Le Verrier ; elle fut transformée le 1^{er} novembre 1852 en chaire de **mécanique analytique et mécanique céleste**. Enfin, le 4 mars 1870, fut instituée la chaire de **physique théorique et physique céleste** en remplacement d'une chaire de **théorie des fonctions** alors supprimée ; elle devint vers 1875 la chaire de **spectroscopie et physique céleste**. Enfin un cours annexe de **physique céleste** fut fondé en 1877 ; ce cours fut donné par Wolf de l'origine à 1892. La table 3 donne la liste des titulaires de ces différentes chaires (Maurain et Pacaud, 1940).

Au Collège de France une chaire d'**astronomie**, créée en 1768, fut occupée successivement par Lalande (1768-1807), Delambre (1807-1822) et Binet (1822-1856) ; elle fut transformée en 1856 en une chaire de **mécanique céleste** pour Serret (1861-1885) (décret du 14 juin 1861) ; elle devint par décret du 26 mai 1885 chaire de **mécanique analytique et mécanique céleste** pour Lévy (1885-1908) et Hadamard (1909-1937). Cette dernière chaire fut transformée en 1938 en chaire de **mathématique et mécanique** et occupée par Mandelbrojt ; celui-ci fut mis à la retraite en 1942 (pour être réintégré en 1944) et la chaire devint une chaire de **physique cosmique** pour Dauvillier (1944-1962) puis d'**astrophysique théorique** pour Pecker (1964-1989). À Pecker succéda Labeyrie.

En 1960, la chaire de **géologie méditerranéenne** fut transformée en chaire de **méthodes physiques de l'astronomie** pour Lallemand (1961-1974) ; à la mort de celui-ci, elle devint chaire de **neuropsychologie du développement**.

(voir aussi : AN : F¹⁷.13555)

À l'École polytechnique, il existe depuis 1854 une chaire d'astronomie et géodésie. Ses titulaires furent successivement : Faye (1854-1854), Hossard (1855-1856), Laussédats (1856-1870), Delaunay (1871-1872), Faye (1873-1892), Callandreau (1893-1904), Poincaré (1904-1908), Bourgeois (1908-1929), Perrier (1929-1942), Humbert (1942-1945), Tardi (1945-1968).

En 1904, le général André, ministre de la Guerre, supprima le cours, le trouvant sans intérêt. Poincaré s'éleva fortement contre cette mesure et proposa, ce qui fut accepté, de se charger gratuitement de cet enseignement. La chaire de géodésie et d'astronomie fut réouverte en 1908.

En province, on trouve des chaires d'astronomie à Alger, Besançon, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Lille, Lyon, Marseille, Montpellier, Strasbourg et Toulouse.

- À Alger existait (depuis 1907 ?) une chaire d'**astronomie et géodésie**. Cette chaire fut occupée par Gonnessiat, puis par Joanny Lagrula, Meyer et Jean Lagrula (1961-1968).

- À Besançon, une chaire d'astronomie fut créée pour le directeur de l'observatoire ; elle fut occupée successivement par Gruy (1881-1902), Lebeuf (1903-1929), R. Baillaud (1930-1957).

- À Bordeaux fut fondée dès la création de l'université le 24 août 1838 une chaire d'**astronomie et mécanique rationnelle** (Chenou, 1838-1841 ; Rollier, 1842-1858 ; Lespialt, 1858-1893 ; Hadamard, 1893-1897 ; de Tannenberg, 1898-1902 ; Padé, 1903-?). En dépit de son titre, cette chaire devint très rapidement, sinon immédiatement, une chaire exclusivement consacrée à la mécanique rationnelle. Chenou, malgré sa thèse de mécanique céleste, n'était point astronome. Rollier fit toujours ses cours sur la mécanique théorique ou appliquée. Avec Lespialt seul, l'enseignement correspondit au titre de la chaire. On créa en outre une chaire d'**astronomie physique** en 1876 pour le directeur de l'observatoire : Rayet (1876-1906), Picart (1906-1937), Rougier (1937-1947), Sémirot (1947-1971).

Table 3

Chaires d'astronomie à la Sorbonne

Astronomie mathématique et mécanique céleste 1846-1912	Astronomie physique 1809-1912	Physique théorique et physique céleste 1920-1958?
Mécanique analytique et physique céleste 1912-	Astronomie 1912-	Spectroscopie et mécanique céleste 1955?-
Le Verrier (1846-1848)	Biot (1809-1848)	Cotton, A* (1920-1922)
Cauchy (1848-1857)	Le Verrier (1848-1877)	Leduc* (1922-1926)
Puiseux (1857-1882)	Bonnet (1878-1892)	Bloch, E. (1927-1937)
Tisserand (1883-1896)	Wolf (1892-1903)	Bruhat (1937-1941)
Poincaré (1896-1912)	Andoyer (1903-1929)	Croze (1943-1954)
Appell (1912-1920)	Esclangon (1930-1945)	Vassy (1957)
Painlevé (1920-1933)	Danjon (1945-1959)	Jacquinet (1959)
Vessiot (1934-1935)		
Julia (1935-1941)		
Chazy (1941-1953)		
Janet (1953-1959)		

*Ni Cotton, ni Leduc ne s'occupaient de physique théorique ou de physique céleste ; en fait ils enseignaient pour d'autres certificats et c'est Sagnac qui était chargé du cours.

- À Clermont-Ferrand exista une chaire d'**astronomie** de 1878 à 1898 (Gruey, 1878-1881 ; Saint-Loup, 1881- ? ; Garlin-Soulandre, 1881-1886 ; Le Cordier, 1890-1898) ; elle devint maîtrise de conférence en 1898 ; cette dernière fut peut-être supprimée vers 1913.

- À Lille, on créa vers 1890 une chaire d'**astronomie** qui fut semble-t-il supprimée en 1906 pour être rétablie en 1921 (Souillart, 1890-1898 ; Picart, 1898-1906 ; Bruhat, 1921-1927 ;?).

- À Lyon, exista de 1840 à 1856 une chaire de **mathématiques appliquées à l'astronomie**, puis à partir de 1868, une chaire de **mathématiques pures et astronomie** ; en 1876 la chaire d'**astronomie** fut détachée de celle de mathématiques pures et occupée par les directeurs successifs de l'observatoire : André (1876-1912), Mascart (1912-1933), Dufay (1933-1966).

- À Marseille, une chaire d'**astronomie** fut créée le 16 février 1810 pour le directeur de l'observatoire : Stephan (1879-1907), Bourget (1907-1921), Bosler (1923-1948), Fehrenbach (1948-19 ?).

- À Montpellier, elle fut créée le 16 février 1810, en même temps que la faculté des sciences ; elle fut d'abord occupée par Gergonne, jusqu'en 1835, puis Valz (1835-1836), Lenthéric (1836-1837) et Legrand furent successivement chargés de cours. Elle fut occupée par Legrand (1841-1869) et Combescure (1871-1883). L'inspecteur général d'académie avait écrit au ministre le 10 mai 1868 : *Lorsque M. Legrand sera mis à la retraite, il conviendra, dans l'intérêt de la préparation à la licence, de le remplacer non par un professeur d'astronomie, mais par un professeur de mécanique.* Elle fut transformée en 1883 en chaire de **mécanique rationnelle**. Il n'y eut plus d'enseignement d'astronomie avant 1898 lorsque fut créé un poste de maître de conférence en **astronomie** (Andrade, 1900-1901 ; Baire, 1902-1905 ; Buhl, 1905-1909 ; Lattès, 1908-1911 et Villat, 1911-1919). Enfin, en 1921, la chaire de **mathématiques pures** devint une chaire de **calcul différentiel et intégral et astronomie** occupée par Humbert (1921-1953).

- À Strasbourg, lorsque l'Alsace redevint française en 1918, existait une chaire d'**astronomie** ; ses titulaires après le rattachement de l'Alsace à la France furent Esclangon (1919-1930), Danjon (1930-1945) et Lacroute (1945-1976).

- À Toulouse, la chaire d'**astronomie** fut créée le 19 juin 1848 pour Petit, directeur de l'observatoire. Elle fut occupée ensuite par Despeyrous (1865-1872), Tisserand (1873-1879), B. Baillaud (1879-1908), Cosserat (1908-1931) et Paloque (1931-1961).

Plusieurs cours d'astronomie à l'usage des étudiants des facultés des sciences ont été publiés par des professeurs d'astronomie: Puiseux et Le Verrier (1852), Résal (1865), Fayet (1873), Gruey (1885), Bonnet (1889), Wolf (1891), B. Baillaud (1893), Tisserand (1889), André (1901), Poincaré (1911), Bouasse (1918), Andoyer, Lambert et Bosler (1906-1909) et Danjon.

Dans sa préface à son *Astronomie théorique et pratique*, Bouasse écrivait en 1918 : « *L'Astronomie est une science à peu près inutile. Pourtant il serait fâcheux que nos étudiants cessassent de l'étudier [...] de l'Astronomie qu'on enseigne dans nos facultés, [les étudiants] font bien de se détourner avec horreur [...]. Vous ne raccrochez pas les étudiants en leur racontant que l'Astronomie sert à quelque chose : ils s'apercevront qu'on se paie leur tête. Leur temps est trop précieux pour user une année, voire un semestre, à l'acquisition de connaissances qui ne leur serviront à rien ou qu'au besoin ils mettront huit jours à se procurer. J'excepte les futurs astronomes. Mais à ce qui sort de nos observatoires, on finira par trouver les dépenses disproportionnées aux résultats : il est stupide de nourrir un bataillon mâle et femelle pour la besogne de manœuvre qui consiste à photographier le ciel par tranches ou à déterminer successivement les spectres des trois millions d'étoiles visibles, alors que les enseignements fondamentaux sont dans la purée.*

Pour recruter vos étudiants, vous donnerez donc le certificat d'Astronomie approfondie à de braves garçons, à de gentes demoiselles incapables d'une règle de trois.

Un professeur d'Astronomie me confiait qu'à la fin de l'année, c'est au plus si son auditoire ne confondait pas les ascensions droites et les déclinaisons, ce qui n'empêche pas de le recevoir avec mention "dans l'intérêt pécuniaire de la Faculté".

Avec l'enseignement actuel de l'Astronomie, on n'a pas d'élèves ou bien on vend le

certificat [...].

Les découvertes du XIX^e siècle, devant lesquelles les prêtres du temple font un si beau vacarme, ont une importance théorique médiocre, pratique nulle. Depuis cinquante ans, on gratte des décimales... Les professionnels ne sont plus intéressants. Au XVIII^e siècle, ils l'étaient à un point dont la prodigieuse astronomie de Lalande donne l'idée. Il fallait alors élever le monument : il ne s'agit plus que d'en ramoner les cheminées. Au XVIII^e siècle les professionnels étaient des philosophes, aujourd'hui ce sont des manœuvres, manœuvres mathématiques, manœuvres spectroscopiques, manœuvres photographes. Ils sont embêtants comme des manœuvres ! [...]

Les étudiants désertent les cours d'Astronomie, quand l'appel d'un diplôme acquis à peu de frais intellectuels ne les retient pas. Ils savent la carrière d'astronome encombrée par les fils et les neveux à papa ; ils n'ont pas envie de lutter contre une concurrence népotique pour aboutir à de maigres appointements [Jules Baillaud avait été nommé aide-astronome à l'observatoire de Lyon en 1900 et René à l'observatoire de Nice en 1910] [...].

L'Université possède une collection d'idiots néfastes qui veulent qu'on dise : "Dieu ! Que c'est fort!". Je n'ai qu'un rêve [...] que mon lecteur pense : "Ce n'est pas malin !" [...].

Pour le certificat d'Astronomie on vous adjoint deux comparses chargés d'authentifier vos décisions ; c'est-à-dire de recevoir, avec toutes sortes de mentions, des candidats et candidates incapables de distinguer une déclinaison d'une ascension droite ! Si vous entendez les propos qu'on tient sur votre compte, les railleries des étudiants que vous espérez gagner par votre faiblesse, vous seriez rouges de honte ! ».

De 1850 à 1950, 107 thèses d'astronomie ont été soutenues en France. On en a soutenu un peu moins d'une par an jusqu'en 1934 et environ deux par an à partir de 1935. Seize de ces thèses ont été soutenues par des étrangers dont cinq Roumains : Haretu (1878), Gogou (1882), Coculescu (1895), Parvulescu (1925) et Dramba (1940) et cinq Chinois : Chang (1926), Li Hen (1933), Wang (1936), Pan Puh (1939) et Tcheng (1941) ; parmi les autres, on trouve un Bulgare : Popov (1912), un Italien : Faa di Bruno (1856), un Russe : Fessenkov (1914), un Tchèque : Nechville (1927) et deux Yougoslaves : Michkovitch (1924) et Grouitch (1933)

Les constructeurs d'instruments

À la fin du XVIII^e siècle, sauf les horlogers, les « artistes » français étaient inférieurs aux anglais, aussi n'est-il pas étonnant que Cassini IV ait tenté d'envoyer des apprentis français se former à Londres auprès de Ramsden ; les circonstances ne lui permirent pas de réussir.

- Nicolas Lerebours prit en 1840, après la mort de son père Jean-Noël, la direction de l'établissement fondé par ce dernier en 1789 et installé 13 place du Pont-Neuf à Paris. Celui-ci fit cadeau en 1804 à l'Empereur Napoléon 1^{er} de la lunette qui lui servit au camp de Boulogne. C'était le premier objectif à deux verres, de 11 cm de diamètre, qui ait été construit en France. Lerebours s'associa, le 15 février 1845, à Marc Secrétan qui, dix ans plus tard, devint seul propriétaire de la firme. À la mort de celui-ci, survenue en 1867, son fils Auguste lui succéda à la direction des établissements **Lerebours et Secrétan** qui furent repris à son compte en 1874, à la mort de son cousin Auguste, par Georges Secrétan qui les dirigea jusqu'à sa propre mort en 1906 (La lunette de 0,38 m installée en 1854, dans la tour de l'Est de l'Observatoire de Paris, est due à Lerebours et Secrétan). Ses héritiers confièrent à Paul-Victor Secrétan la gestion de la firme qui ne s'occupa plus que d'optique commerciale. En 1913, Jacquelin s'associa à Epry qui avait racheté en 1906 la maison Secrétan qui, en 1910 et 1911, était sise 40 rue Hallé à Paris (14^e) et, en 1915, 20 boulevard Saint-Jacques (Paris, 14^e) ; en 1934, ils firent l'acquisition des établissements de Prin (sis, en 1924 et en 1931, 56 boulevard d'Arago, Paris, 13^e), lui-même successeur en 1909 de Paul Gautier, constructeur d'instruments de précision qui s'était établi à son compte en 1876, avant de reprendre en 1881 l'atelier qu'Eichens avait créé en 1866 après avoir dirigé de 1844 à 1866 les ateliers Secrétan. En 1935, la **Société Secrétan et Successeurs** fournit un devis pour la transformation de la monture du télescope de 1,20 m construit par Eichens, avant son transfert à l'Observatoire de Haute-Provence. En 1949, la maison s'appelait : **Secrétan, Ch. Epry et Jacquelin, successeurs**. De 1923 à 1956 au moins, elle était sise 151 boulevard Auguste Blanqui (Paris, 13^e), en 1958, 124 boulevard Auguste Blanqui. En 1964, elle devint les **Établissements H. Morin-Secrétan**, sis 11 rue Dulong (Paris, 17^e) (Daumas, 1953 ; Payen, 1986).

- Wilhelm Eichens, après avoir dirigé de 1844 à 1846 les ateliers Secrétan, fonda, du vivant et avec l'assentiment de son patron, Marc Secrétan, un atelier indépendant qui se consacra à la fabrication des grands instruments astronomiques. En 1881, Eichens avait été interdit de sa personne et de ses biens car il était alors dans un *état habituel de démence*, la maison fut reprise par Gautier auquel succéda, en 1910, après sa mort, Prin qui avait été son collaborateur. En 1934, les deux firmes Secrétan et Prin furent réunies sous la raison sociale des **Établissements Secrétan, Epry et Jacquelin successeurs**, qui poursuivirent la fabrication des instruments astronomiques (Daumas, 1953).

- Jean-Baptiste-François Soleil créa en 1819 la maison **Soleil** spécialisée en instruments de mécanique de précision ; en 1849, il y eut une scission ; l'une des branches fut dirigée de 1849 à 1853 par Duboscq, son gendre, qui s'associa en 1883 à Philippe Pellin auquel il laissa la direction en 1886 et auquel succéda son fils Félix qui réunit la maison à la SIIP (Société Industrielle d'Instruments de Précision). Il existait en 1923 une maison **Ph. et F. Pellin, ingénieurs-constructeurs, successeurs de Jules Duboscq**, 5 avenue d'Orléans, Paris (16^e). Cette dernière devint successivement la **Maison Duboscq-Pellin et Deleuil**, puis la **Société Industrielle d'Instruments de Précision** qui, en 1949, était sise 59 avenue Jean-Jaurès à Arcueil (Seine). L'autre branche conserva le nom de Soleil étant dirigée par Henri Soleil, fils du fondateur. Son gendre Laurent lui succéda en 1872. En 1892, Jobin racheta la maison de Laurent et, en 1911, s'associa à Yvon. La maison **Jobin et Yvon** était sise en 1923, 31 rue Humboldt, Paris (14^e), en 1949 et en 1968, 26 rue Berthollet à Arcueil et, en 1986, 16 et 18 rue du Canal à Longjumeau (Essonne). La société Jobin et Yvon existait toujours en 1992.

- Johann Brunner créa vers 1830 ses propres ateliers de mécanique ; son fils Émile lui succéda. Les établissements Brunner disparurent en 1895 à la mort d'Émile. Cependant, Yvon

(1946) signale la maison **Chasselon** comme continuateur des frères Brunner à partir de 1890.

- Gustave Froment créa à Paris en 1843 des ateliers où il construisit des machines électriques et des appareils scientifiques mécaniques. Il mourut en 1865. Son gendre lui succéda à la tête de la maison qui prit alors le nom de **Dumoulin-Froment**.

- R. Mailhat fut constructeur d'instruments d'optique à Paris depuis 1896 au moins. Il construisit, entre autres, deux équatoriaux astrophotographiques pour les observatoires de l'Ebre et de Puebla, et une coupole de 10 m de diamètre pour l'observatoire de Barcelone. Dès 1911, la maison s'appelait **R. Mailhat et Mouronval frères, Mécanique et optique pour astronomie, physique, météorologie, etc.**, et en 1913, **Ateliers R. Mailhat, Mouronval successeur**. Elle existait encore en 1923. En 1913 et en 1917, la maison était sise 10 rue Émile Dubois (Paris, 14^e). En 1920, l'objectif de l'équatorial de la tour de l'Est de l'Observatoire de Paris fut confié pur examen à la Société d'Optique (M.Mouronval) ; cet examen montra que le crown manquait d'homogénéité.

Les constructeurs de coupole

- Le mécanicien Billiaux exécuta en 1807 des coupoles tournantes pour les observatoires de Paris et du Collège de France.

- La coupole de la tour de l'Est fut construite par Louis Travers en 1845 ; on lui devait la construction du comble en fer de l'hémicycle de la Chambre des députés.

- La coupole qui abritait l'équatorial de la tour de l'Ouest fut construite en 1857 par Jean ; elle fonctionnait parfaitement, ainsi que les trappes. (AN : F¹⁷.3730)

- A. Deschars, constructeur de ponts et charpentes en fer, construisit en 1858 les coupoles des équatoriaux du jardin de l'Observatoire de Paris.

- Wibratte, serrurier-mécanicien à Toulouse, construisit des coupoles pour l'observatoire de Toulouse ainsi que la coupole de 4 mètres de diamètre destinée à abriter un télescope de 0,20 m d'ouverture et de 1,30 m de distance focale, construit par Eichens, acquis par la faculté des sciences de Montpellier et érigé en 1879 dans le jardin des plantes de cette ville (Crova, 1879).

- Eiffel construisit en 1885 la coupole du grand équatorial de l'observatoire de Nice.

- La Société anonyme des anciens établissements Cail.

Charles Derosne (1780-1846), chimiste, avait installé rue des Batailles à Chaillot vers 1812 des ateliers pour fabriquer les appareils à distillation dont il avait acheté le brevet à Cellier Blumenthal. En 1824, il embaucha Jean-François Cail. Celui-ci était né le 8 février 1804 à Chef-Boutonne (Deux-Sèvres) où son père était charron. Apprenti chaudronnier, il entreprit à 15 ans son tour de France ; il resta trois ans à Fontenay-le-Comte, un an à Niort, un an à Orléans puis se rendit à Paris où il entra chez Pauwels, constructeur d'appareils d'éclairage par le gaz. Son frère aîné, Jacques, l'avait précédé à Paris et travaillait chez Derosne à qui il recommanda Jean-François. Très vite, il fut promu contremaître, chef d'atelier en 1826, puis directeur associé en 1830. En 1836, il devint l'associé de Derosne. La firme acquit en peu de temps une réputation mondiale. La société Derosne et Cail installe des sucreries à Cuba, à l'île Maurice, à la Martinique, à la Guadeloupe. En 1844, la société s'engage dans l'aventure du chemin de fer ; cette année-là, elle accepte une commande pour la ligne du Nord de sept locomotives qui seront livrées l'année suivante. Cette nouvelle activité oblige la maison à s'agrandir ; en 1844 s'ouvre l'atelier de fonderie de Grenelle et la succursale de Denain. À la mort de Derosne, Cail reste seul à la tête de l'entreprise qui prend le nom de **Société Cail et C^{ie}**. En 1848, ses ouvriers (ils sont alors 1 500) se mettent en grève ; Louis Blanc règle le conflit en créant le 26 mars une association ouvrière ; mais l'expérience est désastreuse et, après trois mois, les ouvriers décident de mettre fin à l'expérience ; l'association est dissoute le 9 juillet. Cail reprend les choses en mains. En 1851, douze locomotives sortent des ateliers Cail, et 136 en 1853. Il acheta en 1848 l'exclusivité de la construction pour la France de la machine Crampton, locomotive conçue par l'ingénieur anglais Thomas Crampton (1816-1888) pour atteindre de grandes vitesses. En 1865, un incendie détruit l'atelier installé vers 1836 quai de Billy, près du Trocadéro ; le siège social est alors

transféré à l'usine de Grenelle. En 1870, alors que les Prussiens menacent Paris, le Gouvernement de la Défense nationale décide de faire appel aux entreprises privées pour fabriquer des armes. Des ateliers Cail sortent alors des canons, des mitrailleuses, des locomotives blindées, des munitions. Victor Hugo écrit, dans *Choses vues, qu'on fabrique en ce moment à l'usine Cail des mitrailleuses d'un nouveau modèle*. Le 18 mars 1871, Cail se retira dans son domaine des Plans, près de Ruffec (Charente) pour s'y refaire une santé gravement altérée par les fatigues et les préoccupations du siège de Paris. Il y mourut le 22 mai.

Cail avait eu deux fils. Émile, né à Paris le 13 décembre 1838, collabora dès sa sortie de l'École centrale en 1860, à tous les travaux exécutés dans les ateliers de son père. Il visita avec son frère les sucreries que possédait leur père aux colonies ; il en revint malade et mourut deux ans plus tard, en 1869. Alfred Cail est né le 21 mai 1839 à Paris. À sa sortie de l'École des arts et métiers de Châlons, il fut attaché comme gérant à la maison Cail. Il succéda à son père en 1871.

Dans le *Drageoir aux épices* publié en 1874, l'écrivain Joris-Karl Huysmans décrit le quartier de Grenelle vu du viaduc d'Auteuil : [...] *à droite tout le quai de Javel hérissé de tuyaux d'usines, de tuyaux en brique, carrés et cerclés de fer, de tuyaux ronds à la bouche colletée de noir, de cheminées en fonte et à soupapes, attachées à des toits voisins par des fils qui se croisent. Et lentement, ces fabriques poussent dans l'éther leurs flocons d'encre ; c'est le quartier noir qui est là ; ce sont les terribles parages de la maison Cail, des fabricants de produits chimiques, des boyaudiers et des téléphones. Et une odeur âcre, terrible, chassée par le vent, souffle sur le viaduc [...]*. Gauguin peignit l'usine Cail en 1875.

C'est à Cail que Jules Verne attribue la construction des réservoirs du *Nautilus*, dans *20 000 lieues sous les mers* paru en 1870.

Des difficultés économiques conduisirent en 1881 à la dissolution de la **Société Cail et C^{ie}**. Une nouvelle société vit alors le jour : la **Société anonyme des anciens établissements Cail**. Elle continua à fabriquer du matériel de sucrerie, des machines à vapeur de tous genres, de l'outillage pour les mines. Elle exécuta de grands travaux d'art, parmi lesquels la charpente des expositions universelles à Paris, le grand pont de Budapest sur le Danube, le viaduc de Palla sur le Douro au Portugal, le pont de Stein sur le Rhin en Suisse.

De 1882 à 1889, le colonel Charles de Bange (1833-1914) dirigea l'usine Cail pour la fabrication des canons qui portent son nom. En 1898, la nouvelle société connut de graves difficultés économiques aggravées par la substitution du canon de 75 au matériel de Bange ; une réorganisation était nécessaire. L'entreprise prit alors le nom de **Société française de Constructions mécaniques** (SFCM). En 1898, l'usine de Grenelle fut fermée et ses activités transférées à Denain et à Douai ; on construisit en 1909 sur son emplacement le Vélodrome d'Hiver.

En 1881, la construction de la coupole de 20 mètres de diamètre qui devait abriter la grande lunette de 16 m de focale et de 0,74 m d'ouverture qui ne vit jamais le jour, fut mise au concours. Sept constructeurs soumissionnèrent. La commission compétente classa, en juin 1882, le projet Cail au premier rang, celui d'Eiffel au second. Mouchez, directeur de l'Observatoire de Paris, et qui ne faisait pas partie de la commission, s'opposa avec succès au choix du projet Cail, mieux disant, mais rétrograde selon lui.

La coupole de 18,50 m qui abrite la grande lunette de l'observatoire de Meudon fut construite par la **Société des anciens établissements Cail** et livrée en 1895. La même société construisit à la même époque deux coupoles de 7,50 m de diamètre, qui abritèrent un télescope de 1 m et une lunette de 0,30 m d'ouverture destinée à la photographie solaire.

(Dureau 1871 ; Vapereau 1880 ; Chaix d'Est-Ange 1917 ; Proust 1990 ; Dhombres 1995 ; Ucla & Willard 1997 ; AN :F¹⁷.5100)

- Mailhat construisit en 1900 une coupole de 8,50 m de diamètre pour un équatorial de 0,33m destiné à l'observatoire de Grenade.

- Carrère, mécanicien à l'observatoire de Toulouse, construisit en 1906 la coupole de huit mètres de diamètre, dite « coupole Baillaud » qui abrita au Pic du Midi un équatorial double.

- La maison Clech construisit en 1928 la coupole de 10 m qui abrite la table équatoriale de

l'observatoire de Meudon mise en service en janvier 1932.

- Les frères Gilon construisirent les coupoles de l'observatoire de Juvisy, de l'équatorial photographique de l'observatoire du Vatican (8 m de diamètre) en 1891 et des observatoires de Zo Se (1896) et de Tananarive (1899). En 1930, ils construisirent la coupole du télescope de 0,80 m de l'Observatoire de Paris installé à Forcalquier. En 1933, ils fournirent une coupole pour abriter un télescope de 0,50 m installé à Cluj en Roumanie et, plus tard, la coupole abritant le télescope de 1,20 m de l'Observatoire de Haute-Provence.

Les verriers

John Dollond (1706-1761) réalisa, en 1758, la première lunette achromatique en combinant une lentille convexe de *crown-glass*, c'est-à-dire de verre à vitre ordinaire alors préparé en Angleterre par le procédé dit des plateaux ou des couronnes, avec une lentille concave en *flint-glass* ou cristal ordinaire à base de plomb (Tous les verres de forte réfringence sont appelés flints par analogie avec le premier verre employé et dont le nom lui-même vient de ce que ce verre au plomb était préparé en se servant de silex (flint) au lieu de sable). Mais le flint-glass ne doit sa grande réfringence qu'au plomb qui entre dans sa composition or, lorsque le verre est fluide, les parties plus pesantes tombent au fond du creuset qui contient alors des verres de différentes densités.

Pierre-Louis Guinand naquit le 20 avril 1748 à La Sagne dans le canton de Neuchâtel, en Suisse. Il était le fils d'un menuisier des Brenets sur les bords du Doubs. Il s'occupa d'abord de la fabrication des boîtes de pendules en bois. Travaillant avec le célèbre mécanicien Pierre Jaquet-Droz (1721-1790), son attention fut attirée par la vue d'un télescope anglais et il entreprit d'en fabriquer un semblable. Jaquet-Droz, reconnaissant en lui un génie inventif, l'initia aux lois de l'optique. Étant allé chez un lunetier pour commander des lunettes pour corriger sa vue qui était mauvaise, et l'ayant suivi dans ses opérations, il essaya d'en faire lui-même. Quand Jaquet-Droz lui eut montré des lunettes achromatiques, il voulut en construire. Le flint-glass nécessaire était à l'époque très difficile à obtenir sans défaut. Les qualités qui caractérisent un bon flint et qui sont difficiles à obtenir sont : 1/ une haute densité, 2/ l'absence de stries, 3/ l'absence de bulles et 4/ l'absence de couleur (Payen, 1839). Il s'installa aux Brenets et pendant sept ans, de 1784 à 1790, il effectua des essais répétés avant de réussir à obtenir des disques de flint-glass de grandes dimensions et de bonne qualité. Guinand connaissait le procédé de verrerie qui consiste à brasser le verre avec une barre de fer pour faire disparaître les grosses ondes qui résultent d'un mauvais mélange, et il pensa que si l'on pouvait opérer un brassage longtemps prolongé, on détruirait non seulement les ondes, mais les stries ; et comme on ne peut pas brasser longtemps avec un outil de fer qui s'échauffe et s'oxyde, il eut l'ingénieuse idée de faire un cylindre en terre réfractaire. Il a donné son nom à l'opération de **guinandage** qui utilise le **guinand** pour agiter le verre en fusion. Par ailleurs, Guinand ne s'était pas occupé de la fabrication du crown-glass, fabrication qui présente plusieurs difficultés, en particulier celle qui résulte de la propension qu'ont à se dévitrifier les verres silico-alcalins (Bontemps, 1840 ; Piganiol, 1965). Vers 1798, il apporta à Lalande, à Paris, des disques de verre de 4 à 6 pouces. À la même époque, Fraunhofer arrivait à des résultats analogues ; en 1805, il fut appelé à seconder Fraunhofer et ses associés dans un établissement qui fut créé dans l'ancienne abbaye de Benedikt-Beuern de Bavière. Il y resta neuf ans, mais en sous ordre ; pendant ce laps de temps, il construisit un grand nombre d'objectifs. Pendant son absence, il avait remis ses installations des Brenets à son fils Aimé afin qu'il continuât de fabriquer avec l'aide de son gendre Georges Couleru (-1865) qui était peintre ; malheureusement Aimé passait plus de temps au cabaret qu'à l'atelier. En 1813, il rentra au pays pour empêcher la ruine de l'établissement des Brenets aux mains d'Aimé. À partir de 1813, de retour aux Brenets, il fabriqua des lunettes et se remit à la fabrication du flint-glass, mais aussi du crown-glass. Il réussit à fabriquer un disque de flint parfait de 0,45 m de diamètre ; il l'emporta en 1823 à Paris où il fut acheté par Cauchoix.

Cependant, dès 1811, Cauchoix (Lautour, 1954) avait réussi à fabriquer de grands objectifs

en utilisant le flint fabriqué par d'Artigues ; ce flint avait une densité beaucoup moindre que le flint anglais. Aimé-Gabriel d'Artigues (1773-1848) commença à travailler, alors qu'il avait à peine 20 ans avec son père adoptif, Jourdan, dans la direction de la verrerie de Saint-Louis à Munzthal (Moselle). Le 11 mai 1802, il acheta une vieille verrerie perdue dans les bois à Vonèche, petit village près de la Meuse. La verrerie de Vonèche, construite en 1778, n'avait jamais eu un grand succès. En 1805, d'Artigues commença à produire le cristal à base de plomb. En 1815, les usines de Vonèche se retrouvèrent en dehors des frontières de la France ; c'était un coup dur pour un fabricant qui vendait les deux tiers de ses produits dans les limites de l'ancien royaume. D'Artigues acheta alors, en 1816, la verrerie de Baccarat dont il resta propriétaire jusqu'en 1823. En 1810, les usines de Vonèche employaient 700 ouvriers ; en 1820, d'Artigues entreprit de donner une nouvelle ampleur à la verrerie et pourtant, pour des raisons qui nous échappent, dix ans plus tard, en 1830, l'établissement fut définitivement fermé (Biot, 1811 ; Evans, 1939). D'Artigues obtint un prix de l'Académie des sciences pour récompenser ses efforts pour la fabrication du flint (Payen, 1839).

En 1824, Guinand envoya à l'exposition des objets d'industrie à Paris une lunette équipée d'un grand objectif achromatique d'un pied de diamètre. Le roi Louis XVIII l'ayant admiré engagea son fils qui était présent à appeler son père à Paris ; mais Guinand était mort aux Brenets le 13 février. Il avait légué la verrerie à son fils Aimé et à son gendre Couleru. La véritable découverte de Guinand fut d'avoir songé à agiter le verre pendant le refroidissement à l'aide d'un doigt d'argile (Chance, 1937). Après sa mort, on craignit en France qu'il ait emporté dans la tombe le secret de fabrication ; mais, d'une part, ses procédés continuaient à être préparés à Benedikt Beuern ; d'autre part, Guinand avait opéré avec l'aide de sa femme et de l'un de ses fils, Aimé, qui continuèrent, en Suisse, la fabrication du flint. T. Daguet, de Soleure, qui leur succéda en 1848, fit d'excellents verres d'optique jusqu'en 1870. Un autre des fils Guinand, Henri, né le 11 janvier 1771, qui n'avait pas partagé les travaux de son père mais avait vu son frère Aimé (1774-) opérer et s'était installé horloger à Clermont (Oise), pensa qu'il pouvait tirer parti de l'invention de son père. Il fut mis en rapport avec Georges Bontemps (1799-1883) par Jean-Noël Lerebours (1762-1840) (Thévenaz, 1924).

Georges Bontemps et Thibaudeau, fils du conventionnel, s'étaient associés en 1827 pour reprendre la verrerie de Choisy-le-Roi, alors en faillite. Bontemps acheta à Henri Guinand le procédé de fabrication du flint par acte en date du 30 mars 1827. Mais Henri Guinand ne réussit pas à obtenir de bons résultats au cours des fontes faites sous sa direction et dut reconnaître, ainsi qu'il résulte d'un acte signé par lui le 1^{er} mars 1828, que les indications qu'il avait données étaient insuffisantes. Le traité était rompu, mais Bontemps avait reconnu le mérite de l'innovation de Guinand père ; il continua les essais sous sa direction, sans en exclure Henri Guinand et, dès la première fonte, il produisit du flint-glass de bonne qualité. Le 17 décembre 1855, Bontemps écrivit à Le Verrier : « A l'époque où j'ai acheté le procédé pour fabriquer le flint de M. Guinand fils qui ne savait pas le faire (J'en ai l'aveu écrit par lui-même),[...] M. Guinand avait vu opérer son père mais, étranger à toutes connaissances en verrerie, il ne pouvait que communiquer le tour de main qui détruisait dans le flint les stries nombreuses auxquelles il est si sujet ; mais il ne put refaire lui-même du flint propre à être employé pour objectifs. Mais toutefois, de l'indication de ce tour de main, je parvins aisément et promptement à produire du bon flint-glass que nous présentâmes dès l'année 1829 à l'Académie des Sciences » (OP : MS1060, carton 6). La composition de son flint était : sable : 100, minium (oxyde de plomb) : 100 et potasse : 30.

Un prix de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, d'un montant de 10 000 francs, fut décerné en 1840 à Henri Guinand qui avait fait connaître le procédé de brassage du verre inventé par son père et à Bontemps qui avait amélioré ce procédé et produit, à Choisy-le-Roi, des masses volumineuses de flint (Payen, 1839 ; Péligot, 1884).

Bontemps écrivait à Le Verrier le 17 décembre 1855 : « [...] il nous fallait (pour le crown) une fusion longtemps prolongée qui produisait un accident de dévitrification, surtout dans un verre dans lequel il y avait une assez forte proportion de chaux. Je supprimais alors presque entièrement la chaux et, pour rendre le verre plus fusible, j'ajoutais à l'alcali (la potasse)

une petite proportion d'oxyde de plomb. C'est cette composition qui m'a très bien réussi en 1843, 1844 et quelques années suivantes ». Et le 11 juin 1859 : « [...] *Plus tard, des demandes considérables de crown par les opticiens de l'Allemagne et leurs plaintes relatives à cet effet hygrométrique, me conduisirent à fabriquer du verre tout à fait exempt de ce défaut ; c'est ce crown que j'ai fabriqué depuis 1850 qui n'est plus attaqué par les influences atmosphériques* » (OP : MS1060, carton 6). Bontemps continua la fabrication jusqu'à ce que, à la suite de la révolution de 1848, il s'enfuit en Angleterre. Il fut alors engagé par les frères Chance pour introduire la fabrication des verres d'optique dans leur verrerie de Birmingham. Il connaissait Lucas Chance depuis longtemps (Bontemps, 1840, 1845 ; 1868 ; Nicolardot, 1921 ; Chance, 1960).

En 1832, Henri Guinand créa une verrerie, rue Mouffetard à Paris, en association avec son gendre Édouard Feil (-). Il obtint en 1837 la médaille Lalande de l'Académie des sciences pour le succès qu'il avait obtenu dans la fabrication d'un flint-glass exempt de stries et de bulles (CRAS 7, 354, 1837). Édouard Feil mourut prématurément ; sa place fut prise par son fils, Charles (1824-1887), qui prit la direction de l'affaire en 1848 et la transporta 13 rue de la Reine Blanche (rue Le Brun) dans le Quartier latin. Il fabriqua de grandes lentilles de flint et de crown qui permirent de construire des lunettes d'une puissance jusqu'alors inconnue (Feil & Mantois, 1886). En 1880, il prit sa retraite. Son fils Edmond lui succéda ; mais, alcoolique, il menait la maison à la faillite. Le 17 juin 1884, Howard Grubb écrivait à David Gill : « ... *You are aware I suppose that Feil the younger has come to grief. I never liked him. He was very different to the father and I never cared to have dealings with him. He has now gambled away everything and seems to owe about £ 3000 but it is possible that the assets if properly realised will nearly balance this. I have been often urged to take up the matter of optical glass but never saw my way, knowing there are trade secrets connected with it which it might take a large portion of a man's lifetime and capital to find out but it has occurred to me lately that in the present condition of Feil's some combination might be made between his house and mine. I have been thinking it would be possible to form a company over here which might be or might not be connected directly with my own Establishment and get old Feil here as manager. I had some preliminary correspondence with the old man about this, he seems inclined to take the idea but would rather form the company over there and also put his son into it ; neither of these conditions, would at all suit my views. I am sure there would be no difficulty in getting Capital. If I understand him he estimates the value of his stock, goodwill, etc. at £ 2000. He proposes to raise £ 2000 cash and that the capital of the company should be £ 4000, made up of the £ 2000 cash and the £ 2000 of his stock in trade etc ; in which case he would hold half the shares of the company. He says he has an offer something of this sort in Paris but still he seems very anxious that I should join him. I am writing to him now to say that under no circumstances would I care to put any money into or take any interest in the company if formed in France but will try to get out of him what terms he would require to come over here and I certainly do not like the idea of his son having anything to do with it but I fear that will be a great difficulty as he evidently wants to provide for the son* » (Glass, 1997). En février 1885, Charles réussit à reprendre le contrôle de la fabrique. Cependant la situation financière était devenue intenable. Charles Feil avait pour confident un jeune notaire, Édouard Mantois (-1900), qui assurait la gestion des immeubles appartenant à sa grand-mère et en particulier de l'immeuble où se trouvait l'usine de la rue Le Brun. Guidé sans doute, au moins partiellement, par l'idée de renflouer son débiteur, Mantois s'associa avec lui. À la mort de Charles Feil en 1887, la maison fut reprise par Mantois qui en assura la direction avec une clairvoyance et une énergie admirable. Il s'adjoignit un chimiste, Verneuil, avec qui il entreprit de reprendre les recherches de Feil en s'aidant des notes laissées par celui-ci. En même temps, exploitant les gains antérieurs, il poussa à fond la fabrication des verres pour objectifs d'astronomie. Il fournit ceux de la plupart des objectifs astrophotographiques qui servirent à confectionner la **Carte du Ciel**. Les plus grands objectifs existant dans le monde en 1900 étaient sortis de l'usine de la rue Le Brun, en particulier l'objectif de 1,05 m de l'observatoire d'Yerkes, celui de Beyrouth (?), un de 0,69 m pour Greenwich et deux de 0,63 m pour Oxford et Le Cap,

d'autres encore, travaillés par les frères Henry, pour Zi-Ka-Wei, Athènes, Moscou, etc. Mantois s'associa avec Numa Parra (1858-1945) et la verrerie prit le nom de Parra-Mantois. En 1900, Parra prit la direction de l'affaire.

Mantois (1894, *L'Astronomie populaire* **13**, 111), dans une conférence à la Société astronomique de France, expose comment se fait le travail du verre pour l'obtention des disques de grandes dimensions. Ces disques ne sont pas coulés. Après que les matières nécessaires à la fabrication du verre sont restées plusieurs jours fondues dans le creuset où elles sont brassées et agitées continuellement, on laisse le creuset se refroidir lentement. La masse de verre se brise alors en un certain nombre de fragments plus ou moins gros. On choisit un de ces fragments de plus belle apparence ; on enlève à la meule ou à la scie les parties défectueuses, et on porte le morceau ainsi préparé à la température du ramollissement du verre sur une sole circulaire entourée d'un disque de fer. Le verre alors s'écoule en pâte sur le disque, et après refroidissement, le travail est terminé. Le plus souvent, cette dernière opération est répétée deux fois. Ce travail est dangereux, car il arrive souvent que le bloc de verre éclate et se brise en nombreux fragments qui sont projetés avec force.

La Société des verreries de Saint-Gobain. En 1688, Abraham Thévert créa une société pour la fabrication des glaces qui débuta à Paris, aux bords de la Seine, à l'emplacement du quai d'Orsay ; elle fut transférée en 1692 au château de Saint-Gobain dans l'Aisne. Un privilège de 1702 donna à la compagnie le nom de **Manufacture des glaces à miroirs** ; elle prit en 1718 la raison sociale de **Manufacture royale des glaces**. Sa transformation en société anonyme fut autorisée par ordonnance de Charles X du 17 février 1830 (Daviet, 1988). La société des verreries de Saint-Gobain fonda en 1863 un disque de 1,215 m de diamètre et ayant une masse de 700 kg pour l'Observatoire de Paris. La taille de ce miroir ayant été un échec, le 1^{er} septembre 1876, le Conseil d'administration de Saint-Gobain décida d'offrir un second disque à l'Observatoire de Paris. Un premier disque fut coulé le 26 novembre 1876, mais il se cassa le 20 décembre au refroidissement. Le 1^{er} mars suivant, deux disques de 1,20 m furent enfin réussis.

La maison **Soleil** commença en 1819 à fabriquer des lentilles à échelons sous la direction de Fresnel. Il eut pour successeur François Soleil, puis Létourneau. En 1853, Sautter prit la direction de l'usine et en 1870 il s'associa à Lemonnier. La maison **Sautter, Lemonnier et C^{ie}** était installée en 1877, 26 avenue de Suffren à Paris. Sautter fut chargé en 1857 de dégrossir et déborder un miroir de 0,42 m fondu à Saint-Gobain pour Foucault, en 1858 le disque du miroir de 0,80 m du télescope construit par Foucault, puis en 1863, le disque de 1,20 m commandé par Foucault et enfin, en 1877, le disque de 1,20 m destiné à remplacer celui que Martin n'avait pas été capable de tailler.

(Allard, 1879 ; Sauzay, 1884 ; Nicolardot, 1921)

Les horlogers

Abraham Bréguet créa en 1800 à Paris des ateliers d'horlogerie (Picard, 1923). À sa mort survenue en 1823, son fils lui succéda mais dès 1833 céda la direction à son fils Louis. Le fils de celui-ci, Antoine, qui devait lui succéder, mourut en 1882 à l'âge de 30 ans. Qu'advint-il des établissements Bréguet à la mort de Louis en 1883 ? Louis Bréguet (1880-1955) devint ingénieur en chef du service électrique de la **Maison Bréguet**. En 1911, il fonda la Société des Ateliers d'Aviation Louis Bréguet et en 1919 la Compagnie des Messageries Aériennes qui devint Air France.

En 1910, l'Observatoire de Paris possédait des pendules construites par Leroy, Winnerl, Fénon, Joseph et Lepaute pour le temps sidéral et par Berthoud et Bréguet pour le service d'unification de l'heure dans Paris.

Julien Leroy (1686-1759) fut admis, en 1713, dans la corporation des horlogers de Paris ; il réussit à enlever aux Anglais leur supériorité en horlogerie ; son fils Pierre (1717-1785) fut horloger lui aussi ; il découvrit l'isochronisme du ressort spiral. En 1767, l'Académie des sciences avait mis au concours la meilleure manière de déterminer le temps à la mer ; ce concours excita

une vive émulation entre les horlogers et fit sortir les noms de deux artistes exceptionnels : Leroy et Berthoud.

Ferdinand Berthoud (1727-1807) était né en Suisse ; passionné par la mécanique appliquée à l'horlogerie, il était venu se perfectionner à Paris en 1745. Son neveu Louis (1754-1813) se distingua également comme horloger.

Jean-André Lepaute (1720-1787) construisit un grand nombre de pendules, d'une précision jusqu'alors inconnue, pour la plupart des observatoires d'Europe. (Sa femme Nicole (1722-1788) concourut avec Clairaut et Lalande, à la détermination de l'orbite de la comète de Halley). Il créa avec son frère Jean-Baptiste (1727-1802) un établissement ; il lui céda ses droits en 1774 ; ce dernier fit alors venir à Paris pour travailler avec lui ses neveux Pierre-Henri (1745-1806) et Pierre-Basile (1750-1843) ; ce dernier est l'inventeur du remontoir d'égalité qu'il adapta à la pendule astronomique placée à l'Observatoire de Paris. Son fils Pierre-Michel (1785-1843) fut lui aussi horloger. En 1876, il existait encore à Paris, 6 rue de La Fayette, une maison Lepaute, dirigée par Henry Lepaute, horloger et constructeur de phares lenticulaires.

À partir de 1850, Joseph-Thadaeus Winnerl (1799-1886) fut l'horloger attitré de l'Observatoire de Paris. Auguste Fénon (1843-1913) entra en apprentissage dans l'atelier de son père, fabricant de pendules soignées et de pendulettes de voyage à Paris. À 20 ans, il entra chez Winnerl. Lorsque celui-ci se retira des affaires en 1870, son successeur, Bernard Callier (1820-1908), s'attacha Fénon en qualité de contremaître pour diriger la fabrication des chronomètres de marine. Après quelques années, il rentra chez son père dont les forces déclinaient ; il construisit alors un certain nombre de pendules astronomiques pour les observatoires nouvellement créés de Bordeaux, Toulouse, Nice et Besançon, puis il reçut commande d'une pendule directrice à interrupteur électrique pour l'observatoire de Marseille. Il reçut encore commande de deux pendules semblables pour l'observatoire de Besançon et deux pour l'observatoire de La Plata. En 1892, Gruy l'engagea à poser sa candidature au poste vacant de directeur de l'École nationale d'horlogerie de Besançon ; il fut nommé et sa carrière chronométrique prit alors fin. Callier et Fénon furent successivement, après Winnerl, horlogers de l'observatoire.

Louis Leroy (1860-1935) fit son apprentissage dans une maison du Palais-Royal, spécialisée dans la fabrication des chronomètres de marine, la maison Le Roy fondée en 1785 par Charles Le Roy. Après un séjour en Angleterre pour parfaire ses connaissances, il reprit sa place chez son ancien patron qui lui céda son fond. La maison Leroy connut alors une ère de grande prospérité. Sur l'instance de B. Baillaud, il construisit pour l'Observatoire de Paris une pendule à pression constante ; ces pendules supplantèrent vers 1910 celles de Fénon.

La photographie

Le daguerréotype qui date de 1837 n'apporta aucune contribution à l'astronomie. L'ère de la photographie s'ouvrit en 1850 avec l'emploi des plaques couvertes d'une émulsion humide au collodion, procédé relativement sensible, mais fort incommode. En 1868, les premières émulsions au gélatino-bromure d'argent virent le jour ; elles n'étaient sensibles qu'aux radiations ultraviolettes, violettes et bleues. En 1873, Hermann Vogel (1834-1898) découvrit accidentellement que l'addition de certains colorants augmentait la sensibilité spectrale des émulsions. Puis, John Clayton et P. A. Attout trouvèrent que l'éosine sensibilisait les émulsions ; leurs plaques furent commercialisées sous le nom de plaques *isochromatiques* ; en 1884, l'éosine fut remplacée par l'érythrosine qui pendant 50 ans fut employée presque exclusivement pour la fabrication des émulsions *isochromatiques* ou *orthochromatiques* dont la sensibilité s'étend dans le vert et dans le début du jaune. À la fin du siècle, plusieurs compagnies telles que Cramer, Seed et Lumière commercialisaient les nouvelles émulsions orthochromatiques (Hearnshaw, 1986). En 1903, Adolf Miethe et Arthur Traube découvrirent un colorant qui donnait aux émulsions une grande sensibilité spectrale jusqu'à l'orange et, en 1905, B. Homolka découvrit le *Pinacyanol* qui les sensibilisait jusqu'au rouge. Il devenait dès lors possible de produire des plaques *panchromatiques* pouvant enregistrer l'intégralité du spectre visible. De telles plaques furent

commercialisées en premier lieu en 1906 par la firme anglaise **Wratten et Wainwright**.

En 1885, les frères Henry effectuèrent les premiers essais de leur équatorial de la **Carte du Ciel** à l'aide de plaques au gélatino-bromure de Monckhoven (Henry & Henry, 1886).

Trois fabriques d'émulsion photographique virent le jour en France dans les années 1880. En 1897, il existait en France plusieurs usines de plaques photographiques.

Les ateliers **Guilleminot** furent créés en 1880 par Gustave Guilleminot (- 1895), 6 rue Choron à Paris ; son fils René lui succéda. En 1900, on trouve la société **Guilleminot, Roux et C^{ie}**. **Fournitures pour la photographie**, puis de 1903 à 1954 au moins, la société **R. Guilleminot, Bœsflug et C^{ie}**.

En 1870, Antoine Lumière (1840-) ouvrit à Lyon un petit atelier de photographie ; en 1881, ses fils, Auguste (1862-1954) et Louis (1864-1948) commencèrent la fabrication artisanale de plaques sèches ; la compagnie **Antoine Lumière et ses fils** fut créée le 5 janvier 1884. En 1885, Louis mit au point une nouvelle émulsion d'une grande régularité de fabrication dont la qualité satisfait professionnels et amateurs. Vendues dans des boîtes revêtues d'une étiquette bleue, ces plaques tinrent le marché soixante années durant. Ce fut un succès gigantesque, mondial. La plaque *Etiquette bleue* extra rapide renfloua l'usine Lumière à Montplaisir (près de Lyon) qui produisit en 1886 110 000 douzaines de plaques et, en 1890, 350 000 douzaines.

Fondée en 1882 au Perreux (26 allée Bellevue), près de Paris, par Graffe (qui mourut en 1894) et Joseph Jougla, né le 6 mai 1856, la maison **Jougla** disposa à partir de 1901, à Joinville-le-Pont, d'une usine ultramoderne, installée par Joseph et Zacharie Jougla, qui fabriquait 1 500 000 douzaines de plaques par an, contre 2 500 000 chez Lumière à la même époque. En 1907, avec l'aide du neveu de Ducos du Hauron, inventeur de la photographie en couleurs, l'usine Jougla sortit les premières plaques couleurs, les Omnicolor.

Le 1^{er} avril 1911, les Sociétés Lumière et Jougla fusionnèrent et constituèrent l'**Union photographique industrielle, Établissements Lumière et J. Jougla réunis** dont l'adresse était 82 rue de Rivoli, Paris (4^e). En 1928, la société prit son nom définitif, **Société Lumière**, Jougla disparaissant. En 1952, les Établissements Lumière existaient toujours, 25 rue du 4 septembre à Paris (2^e). L'usine de Joinville disparut en 1966.

En 1888, une fabrique berlinoise de teintures commença à produire du matériel pour répondre à la demande des nouveaux passionnés de la photographie ; l'usine, qui portait le nom de *Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation*, adopta peu de temps après l'acronyme **AGFA** comme raison sociale officielle. Au même moment, Lieven Gevaert, un photographe belge, commença à produire du matériel photographique de haute qualité et fonda sa propre entreprise, **L. Gevaert & c^{ie}**. En 1964, **Agfa** et **Gevaert** fusionnèrent.

En 1893, les frères Henry utilisaient des plaques **Lumière**. On utilisait avant 1905 à l'observatoire de Bordeaux des plaques au gélatino-bromure **Lumière**. À l'observatoire d'Alger, pour l'établissement de la **Carte du Ciel**, on utilisa jusqu'en 1904 les plaques **Lumière** *Étiquette bleue*, ensuite les plaques **Lumière** Σ puis, à partir du 1^{er} novembre 1908, les plaques **Lumière** *étiquette violette* qui permirent de réduire les temps de pose de 30 à 20 minutes. En 1915, la société **R. Guilleminot, Bœsflug et C^{ie}** (établie 22 rue de Châteaudun à Paris) faisait déjà de la publicité pour les plaques *Radio-Eclair* et *orthochromatiques* sur glaces fortes spéciales pour l'établissement de la **Carte du Ciel** et se présentait comme le fournisseur des observatoires de la France et de l'étranger. Cette société existait toujours en 1962, à la même adresse. De 1917 à 1934, l'observatoire de Toulouse utilisa des plaques **Guilleminot** *Radio-Eclair* et **Grieshaber** *étiquette rouge*. Jeanne Clavier (CRAS 197, 235, 1933) étudia l'influence de la température sur la sensibilité chromatique de diverses plaques photographiques : **Jougla** *étiquette mauve*, **Lumière** *Opta*, *Lumichrome*, *Reporter*, **Grieshaber** *Veritas*, *Chroma*, *Micropanchro*, **Iford** et *Crypta*. En mars 1933, **Guilleminot** commercialisait *Fulgur*, la plaque photographique la plus rapide à ce jour. En 1934, Camichel entreprit une étude comparative de la sensibilité en lumière blanche de diverses plaques anciennes et nouvelles. La comparaison porta sur les plaques nouvelles

Guilleminot Fulgur, *Panchro 450* et *2000*, **Ilford Hypersensitive**, **Agfa Isochrome 1300** et *2700 H* et *D*, **Agfa Ultra Special**, **Lumière Lumichrome** et *Super Opta* d'une part, et les plaques anciennes **Lumière Etiquette bleue**, Σ et *Opta*, **Guilleminot Panchromatiques 200 H et *D*, **Ilford Soft gradation**, **Grieshaber Veritas** et **As de trèfle** d'autre part. Dès le mois d'octobre 1933, l'observatoire de Lyon abandonna les plaques **Lumière Opta** au profit des *Fulgur* qui permirent de réduire les temps de pose d'un facteur deux à trois (Grouiller, 1947, Ann. Astrophys. **10**, 85) ; en 1937, on était passé aux *Superfulgur* lancées peu avant par **Guilleminot** et aux **Agfa** panchromatiques *Isopan Super Special*, *I.S.S.* (Dufay et Bloch, 1948, Ann. Astrophys. **11**, 107). Dans sa thèse, publiée en 1938, sur la sensibilisation des plaques photographiques, Tien Kiu étudiait les plaques **Lumière Opta** et *Etiquette bleue*, **Guilleminot Fulgur** et *Superfulgur* et **Crumièrre Superaviachrome** (Les plaques **Crumièrre** apparurent en 1913). Parmi les fabricants actifs à cette époque, on trouve : **Agfa**, **Bauchet**, **Grieshaber**, **Guilleminot**, **Lumière**, **Crumièrre** (En 1939, existait une société **Crumièrre, Russan et C^{ie}** et, en 1936, une société **Bauchet, plaques, papiers, films photographiques et films ciné amateur**). Les *Superfulgur* semblent avoir été en usage général dans les observatoires français jusque vers 1948, date à laquelle elles furent détrônées par les plaques **Kodak** (103aO et 103aC) (Bigay, 1951, Ann. Astrophys. **14**, 319 ; Tcheng Mao Lin, 1950, Ann. Astrophys. **13**, 51 ; Barbier, 1949, Ann. Astrophys. **12**, 6 ; Bloch et Tcheng Mao Lin, 1951, Ann. Astrophys. **14**, 266). De Vaucouleurs utilisa de 1942 à 1946 à l'Observatoire du Houga, outre des *Superfulgur*, des **Agfa Spektral Blau rapid** (Dirks et de Vaucouleurs, 1949, Ann. Astrophys. **12**, 219).**

Dans l'agenda Lumière 1932 publié par Gauthier-Villars, les émulsions Lumière et Jougla alors disponibles sont décrites :

- Plaques **Lumière étiquette bleue**. *Ces plaques s'imposent par leurs qualités uniques qui les font apprécier et employer universellement depuis de nombreuses années. Elle se recommandent pour tous les travaux exigeant une rapidité moyenne.*

- Plaques **Lumière Opta**. *Ces plaques sont les plus rapides existant actuellement. Leur sensibilité dépasse notablement celle des plaques les plus rapides "étiquette violette". Malgré cette rapidité extraordinaire, elles sont remarquables par la finesse de leur grain.*

- Plaques **Lumière étiquette violette**. *Ces plaques ont une sensibilité bien plus grande que celle des plaques "étiquette bleue", mais elles sont un peu moins rapides que les plaques Opta. Elles sont remarquables par la finesse de leur grain.*

- Plaques **Lumière** marque Σ . *Ces plaques ont une sensibilité moyenne entre celles des plaques "étiquette violette" et des plaques "étiquette bleue". D'un grain extrêmement ténu, elles fournissent facilement des clichés fins et bien détaillés.*

- Plaques **Jougla bande mauve**. *Ces plaques sont préparées avec des émulsions à l'iodobromure d'argent ; elles sont d'une extrême sensibilité.*

En 1932, Lumière commercialisait également des plaques orthochromatiques. Les plaques orthochromatiques SE étaient caractérisées par la grande sensibilité qu'elles présentaient pour les radiations jaunes et jaune-vert, dépassant celles qu'elles possédaient pour les radiations bleues et violettes. Elles présentaient un grain d'une finesse remarquable par rapport à leur sensibilité ; les plaques orthochromatiques marque *Chroma* se fabriquaient en trois qualités différentes : les plaques *Chroma* spécialement sensibles, au vert, les plaques *Chroma R* spécialement sensibles au rouge et les plaques *Chroma VR* dont la sensibilité était très exaltée pour les radiations vertes, jaunes et rouges. La sensibilité générale des plaques *Chroma* était très légèrement supérieure à celle des plaques *étiquette bleue*.

En 1937, les émulsions utilisées avec succès en photographie astronomique étaient les suivantes : **Agfa ISS**, *Pankine* et *Superpan*, **Guilleminot**, *Superfulgur*, *S.E.* et *Lactate*, **Lumière Etiquette rouge**, **Bauchet Vitra** et *Hyperchrome*, **Grieshaber Veritas**.

En 1950, Guérin et de Vaucouleurs (Ann. Astrophys. **13**, 20) étudièrent la sensibilité de quelques émulsions utilisées en astronomie. Parmi les émulsions françaises, ils expérimentèrent **Guilleminot Collodium**, *Panchroguil*, *Panchro-66* et *Superfulgur*, **Aviator**, **Crumièrre Panchro**, **As de Trèfle** *As Panchro* et *Aspan* et **Lumière Altipan**. Cette dernière émulsion avait été mise au

point pendant les années de guerre dans les usines de Montplaisir. Elle alliait une extrême finesse de grain à une grande sensibilité. Ces essais montrèrent que l'émulsion *Superfulgur* était la plus sensible des émulsions françaises et qu'elle n'était guère surpassée que par les émulsions **Kodak** (IIaO, 103aO et 103aC), les 103aO étant deux fois plus sensibles que les *Superfulgur*, toutes deux étant sensibles jusque vers 5000 Å.

Les émulsions *Superfulgur* et *Opta* étaient non chromatiques ; leur sensibilité à 5000 Å était déjà 10 fois plus faible qu'au maximum situé vers 4000 Å. Les émulsions orthochromatiques (telles que **Agfa Isochrom**) avaient une sensibilité étendue jusque vers 5700 Å. Les émulsions panchromatiques (**Agfa ISS** par exemple) étaient sensibles jusque vers 6500 Å ou plus ; leur sensibilité cependant décroissait assez rapidement à partir de 4000 Å pour atteindre un premier minimum vers 5000 Å ; c'est la lacune de sensibilité dans le vert qui était surtout accusée chez **Agfa ISS**. A 6700 Å, la sensibilité de cette émulsion n'était plus que le 1/50ème de sa valeur au maximum (Grouiller, 1939, Ann. Astrophys. **2**, 329).

Le fait caractéristique de l'année 1936 fut la mise en fabrication d'émulsions panchromatiques par presque tous les fabricants qui n'avaient pas encore jusque là dépassé l'orthochromatisme. Le 22 novembre 1935, P. Guilleminot présenta les plaques *Infraguil* sensibles à l'infrarouge. Cette émulsion présentait une lacune de sensibilité entre 5000 et 6750 Å et était sensible de 6750 à 8500 Å, avec un maximum vers 8000 Å (Revue d'Optique **19**, 138, 1940). Elle fut utilisée par Lyot en 1936 et 1937 avec le coronographe du Pic du Midi.

En 1948, il existait de nombreuses plaques sensibles à l'infrarouge : **Guilleminot Infraguil**, **Iford Infrared**, **Lumière**, **As de Trèfle**, **Gevaert Infrarouge**, ... (Dérivé, 1948).

Les d'Azambuja obtinrent en 1938 des images monochromatiques du Soleil dans la raie de l'hélium $\lambda 10830$ avec des plaques Agfa I.050.

En 1954, Guilleminot commercialisait toujours les plaques *Superfulgur*, *Panchro 66*, *Collodium*, *Panchroguil*, *Panchro 2000* et *Infraguil*.

- Créée spécialement pour le reportage, la plaque *Superfulgur* est utilisée chaque fois que la mobilité du sujet oblige à réduire le temps de pose. Son contraste est normal et la définition des détails est bonne. C'est la plaque la plus rapide en lumière du jour.

- La plaque *Collodium* à grain excessivement fin est utilisée pour les travaux de reproduction nécessitant des clichés à blancs absolument purs et à noirs opaques. Grâce à son orthochromatisme, cette plaque est utilisée souvent avec un écran jaune.

- La plaque *Panchroguil* permet d'obtenir un bon rendu dans les détails.

- *Panchro 66* est une plaque panchromatique rapide de gradation très étendue. Moins rapide que la précédente, son grain plus fin lui donne un pouvoir résolvant plus élevé.

- *Panchro 2000* est une plaque panchromatique rapide à grain très fin (D'après l'édition 1954 du *Formulaire Guilleminot*).

Mœurs

- Extrait du rapport adressé le 13 août 1883 au ministre de la marine et des colonies par le directeur du personnel à propos de la demande d'autorisation de mariage de Fleuriais : « *L'union projetée paraissant réunir les conditions de moralité et de fortune exigées par les règlements, j'ai l'honneur de proposer au ministre d'accorder à M^r le capitaine de vaisseau Fleuriais l'autorisation qu'il demande* ».

- Gruey écrivait, le 7 juillet 1899, au directeur de l'enseignement supérieur : « *J'ai écrit à deux sénateurs et à un député pour les prier de recommander auprès de vous et de M^r. le Ministre la promotion dans la légion d'honneur que M. Le Recteur a bien voulu demander pour moi* ».

- Le Cadet écrivit, vers 1910, au directeur de l'enseignement supérieur : « *[...]. Il me serait particulièrement utile et agréable d'obtenir de votre ministère, en témoignage public de votre protection et de votre confiance, la croix de chevalier de la Légion d'Honneur* ».

- Extrait d'une lettre de Rayet à l'attaché de cabinet du préfet de la Gironde : « *MM. Doublet et Courty sont mariés mais dans une situation de fortune qui ne leur permet pas de conduire leurs femmes dans le monde* ».

- Tous les jours, les employés de l'observatoire de Nice devaient signer un cahier de présence. Sur ce cahier, à la date du 22 mai 1902, on peut lire cette note du directeur, Perrotin : « *Je prie M^r. Charlois de ne pas signer avant l'heure et de ne pas fermer le cahier pour que je ne m'en aperçoive pas. Je le prie encore de ne pas tricher comme hier sur l'heure du commencement de son service à la petite méridienne comme c'est dans ses habitudes ; à 8^h, il n'était pas [là] ; il marque 7^h3/4* ».

- Dans la salle méridienne de l'observatoire de Toulouse un astronome adjoint, Saint-Blancat, et son assistant déterminaient les coordonnées des étoiles au moment de leur passage au méridien ; ils sortaient ensuite ensemble vers minuit pour rentrer chez eux (Baillaud, R. 1980).

- Picart, directeur de l'observatoire de Bordeaux, écrivait au ministre de l'Instruction Publique le 7 août 1916 : « *L'une des très bonnes élèves de la Faculté des Sciences de Bordeaux, Mlle Graves[...] m'a manifesté le désir d'entrer comme stagiaire à l'Observatoire de Bordeaux, pour suivre la carrière astronomique. [...] les femmes pourraient rendre des services précieux à l'astronomie. Mais il se présente, pour l'admission de ce personnel dans les observatoires de province, des difficultés sur les principales desquelles je crois devoir, sur le conseil de M. le Recteur que j'ai consulté verbalement, solliciter de vous une décision de principe, avant de vous transmettre une demande d'autorisation de stage que d'ailleurs Mlle Graves ne m'a point encore adressée :*

1^{er}. Pour l'avancement régulier des astronomes, ou pour d'autres motifs, il se peut qu'il y ait lieu de les transférer d'un observatoire dans un autre ; il serait donc nécessaire que votre administration admit que tous les observatoires peuvent compter des dames parmi leurs astronomes ; n'y aurait-il pas lieu de consulter à ce sujet le conseil des observatoires.

2^e. Le travail des observatoires comporte essentiellement des observations de nuit ; l'expérience de ces observations ne s'acquiert que par une pratique assez longue ; il n'est donc pas possible, au moins dans le début, de confier un instrument soit à une femme seule, soit à deux femmes ; un astronome et la stagiaire devront observer la nuit dans un bâtiment isolé ; il y a là une source d'inconvénients sur lesquels je n'insiste pas.

3^e. Les observateurs devraient tous être logés à proximité des instruments ; à l'Observatoire de Bordeaux, il en est ainsi pour tous les célibataires qui ne pourraient pas trouver de chambre aux environs ; est-il possible d'attribuer un logement à une jeune fille dans une aile de bâtiment qui n'abrite que des chambres de garçons ? » (AN : F¹⁷.13581)

Le ministre ne répondit pas, semble-t-il à cette lettre et, grâce à Dieu, M^{lle} Graves ne devint pas astronome !

- Un arrêté ministériel, en date du 26 octobre 1857, et très probablement suscité par Le Verrier, directeur de l'Observatoire de Paris, stipulait que « *pour que l'observatoire soit à la*

hauteur de sa mission, la présence régulière des fonctionnaires qui y sont affectés est indispensable. Les fonctionnaires de l'observatoire impérial doivent six séances par semaine pour les observations et autres travaux ».

- Dans une lettre au ministre datée du 2 décembre 1859, Le Verrier écrivait: « *MM. les titulaires font ou ne font pas, viennent ou ne viennent pas à l'observatoire, selon que cela leur convient* » (AN : F¹⁷.23089).

- Alors professeur au lycée de Moulins, Lucas écrivait le 18 septembre 1876, dans une lettre sans doute adressée au directeur des enseignements secondaires, pour se défendre de l'accusation de *communard* qui lui avait été adressée : « *[...] De plus, j'ai offert le pain bénit à ma paroisse, il y a trois mois, je suis bon époux, bon professeur je crois, et je serais bon garde national si cette situation n'avait pas été supprimée ; voilà pourquoi je suis accusé de vouloir démolir la religion, la famille, la société* ».

- À l'occasion de la nomination d'un professeur de mécanique à la faculté des sciences de Bordeaux, Rayet écrivait le 24 juin 1903 au sénateur de la Gironde : « *Il faut aussi qu'il [le candidat] soit libéral et d'un caractère ferme ; quelques amis et moi, nous voudrions en effet constituer dans la faculté une majorité républicaine et libérale, nous avons besoin pour cela que notre futur collègue ne soit pas clérical et qu'il ne se laisse pas circonscrire par les chefs du parti arriviste et clérical dont le but actuel est de remplir la faculté de professeurs médiocres auxquels ils espèrent bien toujours commander* ».

- Boudenoot, sénateur du Pas-de-Calais, écrivait le 22 février 1908 à Doumergue, ministre de l'Instruction publique : « *Certains envieux veulent faire passer M^r. Deslandres comme clérical, pour le desservir auprès du gouvernement de la République. Rien n'est plus faux. M^r. Deslandres est comme moi, libre penseur et ne va jamais à l'église que pour les mariages et les enterrements, comme vous et moi probablement* » (AN : F¹⁷.23987, Deslandres).

- « *Le 2 Août 1914, MM. Merlin, Gallissot et Flajolet, pleins d'ardeur virile et d'un noble enthousiasme, partaient défendre le sol sacré de la Patrie contre l'envahisseur barbare ; ils furent bientôt rejoints par M. Palix, impatient de combattre auprès de ses aînés* » (Mascart, Rapport d'activité de l'observatoire de Lyon pour 1914).