

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. B. BAILLAUD

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT ET DU BUREAU DES LONGITUDES
DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE TOULOUSE
DOYEN HONORAIRE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

TOULOUSE

IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE ÉDOUARD PRIYAT
Librairie de l'Université
14, RUE DES ARTS (SQARE DU MUSÉE)

1907

NOTICE
SUR LES
TRAVAUX SCIENTIFIQUES

De M. B. BAILLAUD
DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE TOULOUSE

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. B. BAILLAUD

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT ET DU BUREAU DES LONGITUDES
DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE TOULOUSE
DOYEN HONORAIRE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

TOULOUSE

IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE ÉDOUARD PRIVAT

Librairie de l'Université

14, RUE DES ARTS (SQUARE DU MUSÉE)

—
1907

ÉTAT DES SERVICES

1866. Élève de l'École normale supérieure.
1869. Agrégé de l'Université (mathématiques).
Chargé de cours au lycée de Montauban.
1871. Chargé de cours au lycée de Saint-Quentin.
1872. Élève astronome à l'Observatoire de Paris.
1873. Délégué dans une chaire d'École navale au lycée Saint-Louis.
Répétiteur d'analyse à la Faculté des Sciences de Paris.
1874. Aide astronome à l'Observatoire de Paris.
1875. Délégué dans la chaire de mathématiques spéciales au lycée
Louis-le-Grand (de février au 1^{er} octobre).
Professeur de mathématiques élémentaires supérieures au lycée
Charlemagne.
1876. Docteur ès sciences mathématiques.
Professeur de mathématiques spéciales au lycée Condorcet
(jusqu'au 1^{er} octobre 1878).
1877. Suppléant de Le Verrier à la Faculté des sciences de Paris.
1878. Chargé de cours à la Faculté des sciences et délégué à la
Direction de l'Observatoire de Toulouse.
1879. Professeur d'astronomie à la Faculté des sciences et Directeur
de l'Observatoire de Toulouse.
Doyen de la Faculté des sciences (de 1879 à 1888, puis de 1890
à 1893).
1888. Doyen honoraire.
1902. Correspondant de l'Académie des sciences.
1904. Correspondant du Bureau des Longitudes.
1907. Secrétaire du Conseil des Observatoires.
-

NOTICE
SUR LES
TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. B. BAILLAUD

DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE TOULOUSE

SERVICES A LA FACULTÉ DES SCIENCES

Lorsque je fus chargé, en octobre 1878, du cours d'astronomie à la Faculté des sciences, je ne débutais pas dans l'enseignement supérieur. J'avais succédé à Tisserand, au printemps de 1873, dans l'emploi de répétiteur à l'École des hautes études (à la Faculté des sciences de Paris), et j'avais conservé cette fonction jusqu'en 1876. L'année suivante, j'avais suppléé Le Verrier dans la chaire d'astronomie de la Sorbonne. C'est en raison de ces services que je pus être nommé professeur titulaire d'astronomie avant la fin de l'année scolaire 1878-79, ayant accompli près de cinq années de stage. J'avais alors trente et un ans.

Depuis lors, j'ai enseigné, suivant les circonstances, non seulement les matières contenues dans le programme d'astronomie de la licence, mais aussi les éléments de la mécanique céleste, diverses doctrines des sciences mathématiques applicables à l'astronomie, comme les principes du calcul des probabilités, les fonctions sphériques, etc., les diverses parties des programmes d'agrégation, la théorie des nombres. J'ai fait, quand cela m'a été possible, pour le grand public, des cours et des conférences.

Les tendances générales de mon enseignement de l'astronomie apparaissent explicitement dans l'ouvrage dont j'ai publié le premier volume en 1893, le second en 1897, sous le titre : *Cours d'astronomie à l'usage des étudiants des Facultés des sciences*. Je reproduis à la fin de la présente notice les analyses de ces deux volumes qui ont été publiées dans le *Bulletin des sciences mathématiques* en 1893 et 1897, la première sous la signature J. T., la seconde par M. H. Andoyer.

En octobre 1879, trois mois après mon élévation au titulariat, je fus nommé doyen de la Faculté des sciences. Je tiens à dire ici que j'ai été absolument étranger aux événements et aux pourparlers qui ont eu ma nomination pour conséquence. La première nouvelle en a été, pour moi, pendant les vacances de 1879, une lettre que j'ai reçue en Bourgogne de M. le Recteur Chappuis, de l'Académie de Toulouse, me demandant si j'accepterais le décanat au cas où il serait vacant et me priant de répondre par télégraphe. Auprès de moi était un des hommes qui ont le plus honoré l'Université de France. Après avoir pris son avis, j'acceptai.

Tout était à faire à cette date, à la Faculté des sciences de Toulouse comme dans la plupart des Facultés de province. Les hommes très distingués qui en occupaient les chaires, les Despeyrous, les Molins, les Daguin, les Joly, les Filhol, les Clos, après avoir pendant une longue vie espéré voir améliorer les locaux infimes mis à leur disposition, étaient à ce point de vue entièrement découragés. De plus, les étudiants manquaient, et les ressources en argent étaient illusoires. Mais Jules Ferry était ministre, Albert Dumont directeur de l'enseignement supérieur. Après les dures années qui avaient suivi nos désastres, on sentait venir une ère nouvelle. J'ai cru ne pouvoir refuser de m'atteler à la tâche. Je n'ai pas à apprécier si j'ai réussi. Je peux du moins dire ce qui a été fait pour la Faculté pendant la période de 1879 à 1893, dans laquelle j'ai été douze ans doyen.

A mon arrivée à Toulouse, la Faculté comptait huit chaires et une conférence de chimie. Dès octobre 1879, au lendemain de mon entrée dans le décanat, je demandai verbalement à M. le Directeur de l'enseignement supérieur un maître de conférences de plus. La question parut grosse. Albert Dumont sentait nettement que cette demande faite par Toulouse ne resterait pas isolée, que des demandes analogues viendraient d'ailleurs. « Ce n'est pas un maître de conférences,

me dit-il, c'est quatorze maîtres de conférences que vous me demandez. » Je ne pus que répondre que je ne parlais que pour Toulouse. J'ajoutai que la Faculté ne serait complète que lorsqu'elle aurait vingt chaires ou conférences. Ce nombre était atteint quand je quittai le décanat en 1893.

Le nombre des maîtres n'était pas tout. Leur mérite et leur activité étaient l'essentiel, et dès le début je crois avoir fait ce qui dépendait de moi pour attirer les meilleurs. Il me paraissait indispensable que chaque doyen fit à ce point de vue le possible. A Toulouse, où toute installation matérielle manquait, il fallait être osé pour offrir une chaire à un physicien, à un chimiste, à un naturaliste soucieux de travailler au progrès de la science. Mes efforts se portèrent d'abord du côté des mathématiques. C'est là d'ailleurs que se produisit la première vacance. La nomination, que j'arrachai sans trop de peine à Albert Dumont et que J. Ferry signa avec empressement, de M. Emile Picard à Toulouse fut le premier acte de mon administration. Elle a été la vraie cause du développement scientifique de la Faculté des sciences de Toulouse. M. E. Picard était alors maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris.

M. E. Picard ne resta pas longtemps à Toulouse. Après deux ans il fut remplacé par M. Goursat, celui-ci quelques années après par M. G. Kœnigs, puis M. Kœnigs par Stieltjès qui nous resta jusqu'à sa mort, en 1894. C'est grâce à cette succession de maîtres, auxquels, pour les mathématiques, il faut adjoindre M. Andoyer et M. Vessiot, qu'il me fut possible de créer les *Annales de la Faculté des sciences de Toulouse* pour les sciences mathématiques et les sciences physiques. Ce recueil, qui date de 1887, a donné chaque année un beau volume, dont le nombre de pages, dix ans après, a été notablement augmenté. Il s'est placé à un rang très honorable parmi les périodiques français. Naturellement il a été créé avec l'assentiment de l'assemblée de la Faculté même. Je peux dire, sans exagération, que j'ai eu dans l'initiative de cette création une large part.

Des chaires de sciences expérimentales ou de sciences d'observation furent promptement vacantes. Je me bornerai à rappeler que c'est peu après mes débuts que la Faculté inscrivit M. Sabatier, aujourd'hui doyen de la Faculté, comme chargé de cours de physique au nombre de ses membres ; puis M. Brillouin, M. Sabatier ayant demandé son

transfert dans la chaire de chimie. En 1889, M. Clos ayant demandé sa retraite, fut remplacé par M. Leclerc du Sablon qui, pendant douze ans, fut doyen après moi. Je n'allongerai pas cette énumération pour des raisons évidentes. Je n'ai voulu parler que des maîtres qui nous ont quittés, mais personne ne me reprochera d'avoir mentionné mes successeurs dans le décanat qui honorent encore la Faculté de Toulouse.

C'est sur l'appel qui me fut adressé par Hermite, par Tisserand, par M. Darboux que j'attirai Stieltjès à Toulouse. Il était de nationalité hollandaise, et quelques personnes m'ont reproché cette nomination. Je la revendique comme un titre d'honneur, aussi bien que je suis fier d'avoir eu quelque part dans les encouragements que Stieltjès a reçus, qui ont peut-être prolongé sa vie. Stieltjès n'était pas seulement un grand analyste, il avait l'âme haute. C'est de tout cœur qu'il avait demandé la naturalisation française pour lui et pour sa famille. Ses enfants, à leur majorité, étaient libres d'opter entre les deux nationalités. Sa fille aînée est élève à l'école normale de Sèvres pour l'enseignement secondaire des jeunes filles ; son fils a été soldat français. Leur père a laissé à l'Université de Toulouse un grand nom. Je n'ajouterai rien de plus.

J'ai dit que la Faculté, à mon début dans le décanat, n'avait pas de laboratoires. Chaque science, en vérité, disposait d'une petite salle misérable. Ce qui était le laboratoire de physique et en même temps la salle de collection avait à peine une fenêtre. Le reste était à l'avenant. Naturellement, les collections elles-mêmes étaient pauvres. Seule la bibliothèque était relativement riche, pour les mathématiques. Avec l'aide de M. le Recteur Chappuis et, depuis 1881, de M. le Recteur Perroud dont le complet appui, depuis vingt-sept ans, ne m'a jamais manqué, j'obtins quelques crédits pour l'achat de collections de physique et chimie, les *Annales* de Poggendorf par exemple. Nous eûmes aussi un crédit d'une dizaine de mille francs pour bâtir dans une petite cour un laboratoire provisoire de chimie, pour agrandir celui de physique par l'adjonction d'une pièce basse, humide, où Brillouin et Chauvin travaillèrent, pour aménager en salles de collections l'appartement du précédent doyen. J'aménageai pour Chauvin, dont les recherches demandaient beaucoup de stabilité, un local à l'Observatoire. Ainsi passèrent les années de 1879 à 1888.

Des négociations entamées depuis longtemps pour la construction d'une Faculté nouvelle risquaient de ne jamais aboutir. La ville de Toulouse avait contracté un emprunt pour édifier une Faculté de médecine, une Faculté des sciences, d'autres édifices encore. Les plans et devis préparés par les architectes dépassaient les ressources dont la ville disposait. Albert Dumont invita M. le Recteur à offrir à la municipalité une somme de 300,000 francs pour construire une Faculté des sciences, en baraquements, sur un terrain communal au centre de Toulouse. En septembre 1883, M. le Recteur Perroud me demanda de préparer, en quatre ou cinq jours, un programme à cet égard. Je me rendis à cet effet dans un village de l'Aveyron où M. E. Bouty, professeur à la Sorbonne, passait ses vacances et y trouvai M. P. Sabatier que j'avais averti. Nous travaillâmes à trois, et quatre jours après M. le Recteur Perroud faisait adopter notre croquis comme plan provisoire par la municipalité, l'architecte du ministère le déclarait excellent comme plan provisoire et le ministre l'approuvait comme plan définitif. Ce fut l'origine de la Faculté des sciences actuelle.

Notre plan n'a reçu qu'un commencement d'exécution. Un nouveau maire arrêta les travaux, proposa de transporter la Faculté dans les terrains du Jardin des plantes où elle aurait l'espace et la lumière nécessaire. Les plans furent modifiés en conséquence : des constructions solides remplacèrent les baraquements projetés. La Faculté fut installée en 1889. Elle a coûté à la ville plusieurs centaines de mille francs de moins que la somme prévue à cet effet dans l'emprunt municipal. Les services étaient à l'aise, personne n'eût pu prévoir que quinze ans après il faudrait l'agrandir.

Pendant qu'augmentait le nombre des chaires et des maîtres, que les bâtiments s'édifiaient, que les recherches scientifiques prenaient à la Faculté de plus en plus d'importance, le nombre des étudiants croissait aussi et l'enseignement se transformait entièrement. Avant 1879, la Faculté n'avait que les cours dits publics, où des hommes de beaucoup de talent, très érudits, exposaient en fait les parties les plus élémentaires de la science à un auditoire de plus en plus restreint. Ces cours, dans la première moitié du dix-neuvième siècle, avaient eu un assez nombreux auditoire, recruté dans la partie de la bourgeoisie qui avait des loisirs et s'intéressait aux choses de l'esprit. Dans le dernier quart du siècle, ils ne répondaient plus aux besoins de la société

française, nettement démocratique, à laquelle s'imposait la nécessité de lutter pour la vie et d'employer le temps et les ressources de toute nature de la façon la plus profitable. Les amphithéâtres des Facultés des sciences étaient à peu près déserts. Les maîtres n'avaient d'aliment réel à leur activité que les services qu'ils rendaient, dans les conférences, aux quelques étudiants qui venaient se préparer à l'une des trois licences correspondant aux sciences mathématiques, aux sciences physiques, aux sciences naturelles. A partir de 1880, l'allure des choses changea rapidement. De nombreux lycées et collèges étaient fondés, auxquels il fallait des professeurs; la carrière de l'enseignement était de plus en plus recherchée. On sait que, depuis, l'obtention d'un diplôme de licence conduit normalement à un emploi de maître répétiteur.

A Toulouse, la Faculté organisa rapidement la préparation aux diverses agrégations de l'enseignement secondaire; les succès y furent nombreux. Je pris ma part du fardeau de cet enseignement; j'avais eu ma part dans l'organisation elle-même. Plusieurs de nos étudiants obtinrent le doctorat. Plusieurs occupent des chaires dans les Facultés; l'un d'eux est professeur au Muséum d'histoire naturelle. Parmi les examens de baccalauréat que faisait passer la Faculté, se trouvait le baccalauréat ès sciences restreint pour la partie mathématique, exigé des étudiants en médecine. Aucune scolarité, dans les lycées, ne correspondait à cet examen, dont le niveau était extrêmement bas. Les plaintes à ce sujet étaient universelles, et on ne voyait pas comment améliorer cet état de choses. C'est M. L. Liard, alors Directeur de l'enseignement supérieur, qui eut l'idée d'organiser cet enseignement dans les Facultés des sciences. Dans l'été de 1890, à la suite d'un voyage à Toulouse, lui et M. le Recteur Perroud me demandèrent si la Faculté des sciences de Toulouse consentirait à en faire l'essai, moyennant qu'on lui donnât le personnel et les ressources nécessaires. La Faculté accepta. J'ai eu dans cette innovation une grande part de responsabilité. L'essai dura deux ans et réussit pleinement.

Cet essai fut l'origine de l'examen dit du P. C. N. La chose fut généralisée. Elle a rendu en fait les plus grands services. Assurément les enseignements correspondants de matières souvent difficiles, donnés à des étudiants très jeunes, jetés pour la première fois dans la vie libre des grandes villes, exigent des maîtres beaucoup de dévouement et

d'expérience ; ils doivent rester très élémentaires pour s'adapter au niveau des élèves ; ils exigent aussi une intelligence très nette des besoins qu'auront les étudiants une fois entrés à la Faculté de médecine, où ils auront à étudier les applications. J'ai dit quel succès ils ont eu à Toulouse.

J'ai été doyen de 1879 à 1888, nommé par le ministre pour trois périodes triennales. En 1888, lors de l'établissement de l'élection des doyens, je n'eus pas les suffrages de mes collègues de la Faculté des sciences. Je me bornerai à rappeler que deux ans après, le décanat étant devenu vacant, je fus présenté par eux sans l'avoir demandé. A l'expiration de cette nouvelle période de trois ans, je refusai définitivement la candidature. Le triple fardeau de la direction de l'Observatoire, du décanat et de l'enseignement de la Faculté des sciences était devenu beaucoup trop lourd par suite du développement de l'un et l'autre établissement.

Depuis cette date, j'ai apporté mon concours le plus complet aux deux doyens qui se sont succédé. J'ai pris part, toutes les fois qu'il m'a été possible, aux travaux de la Faculté ; mais j'ai considéré que le soin de son développement et de tout ce qui peut assurer sa prospérité ne m'incombe plus ; je me suis donné tout entier à l'enseignement, à l'Astronomie et à l'Observatoire.

SERVICES A L'OBSERVATOIRE

En octobre 1878, quand je remplaçai Tisserand à Toulouse, le personnel comprenait, avec le directeur, deux aides-astronomes, MM. Perrotin et Bigourdan; un élève-astronome, M. Jean. Perrotin fut promptement nommé directeur de l'Observatoire de Nice et M. Bigourdan, élève de Tisserand, fut, en 1880, appelé par lui à Paris. M. Jean ne resta à l'Observatoire que quelques années et entra dans l'enseignement des collèges. J'eus donc, en quelque sorte, pour première tâche, de reconstituer le personnel. Je me bornerai à rappeler le passage à l'Observatoire de MM. Ch. Fabre, Andoyer et Cosserat, qui, après quelques années, le quittèrent pour se donner à l'enseignement des Facultés des sciences, MM. Fabre et Cosserat à Toulouse, M. Andoyer à Paris.

De 1878 à 1907, le personnel fut en nombre variable. Il comprend actuellement trois astronomes adjoints, un chef du service magnétique, deux assistants, un mécanicien. En outre, un bureau de mesures et de calculs, dont la création a été motivée par le travail de la Carte et du Catalogue astrophotographiques, se compose d'un calculateur, de huit employées et d'un auxiliaire.

En 1878, le matériel instrumental comprenait une lunette méridienne de Ramsden, qui était en service il y a un siècle à l'Observatoire de Paris, un télescope de Newton, dont le miroir a 0^m83 d'ouverture et 5 mètres de foyer, un télescope de Newton de 0^m33 d'ouverture et 2 mètres de foyer, dont le miroir est de Foucault, un équatorial de Secrétan de 0^m108 d'ouverture et 1^m60 environ de foyer, un chercheur parallactique de 18 centimètres d'ouverture et 2 mètres de foyer tournant autour de son oculaire.

La lunette de Ramsden ne permettait que des observations de passages; la monture en bois du télescope de 0^m83 fléchissait de partout; elle n'était pas entraînée par son mouvement d'horlogerie, ce

qui rendait à peu près impossibles les mesures micrométriques. Le télescope de Foucault, dont le tube et le pied étaient en bois, n'avait pas de mouvement d'horlogerie. La lunette de 0^m108 était aussi dépourvue de mouvement d'horlogerie et manquait entièrement de stabilité. Le chercheur ne pouvait servir qu'à trouver des astres nouveaux.

Tisserand avait fait le possible avec les crédits infimes dont il avait disposé. L'insuffisance du matériel était telle que des cinq petites planètes trouvées de 1873 à 1878 par Perrotin, quatre ont été longtemps perdues; il avait été impossible d'en faire à Toulouse un nombre suffisant de bonnes observations.

Le matériel instrumental reçut une importante addition en 1880 par l'installation, à laquelle je procédai, d'un équatorial de Brunner, de 0^m23 d'ouverture et 4 mètres de foyer. Cet instrument avait été commandé par Tisserand. Il est resté pendant neuf ans l'instrument principal à Toulouse.

Le récit détaillé des efforts que j'ai dû faire pour constituer tel qu'il est l'Observatoire de Toulouse serait impossible à écrire. L'origine de son développement se trouva dans le succès des démarches que je fis pour obtenir le crédit nécessaire au remplacement de la monture en bois du grand télescope par une monture métallique. La somme demandée était 45,000 francs. J'obtins d'abord que le constructeur, M. P. Gautier, l'abaissât à 40,000 francs. La municipalité accorda 15,000 francs; je m'engageai à trouver 15,000 francs en trois ans dans le budget annuel, bien exigü. Enfin, l'État accorda les 10,000 francs qui manquaient. La nouvelle monture fut installée en 1889.

Immédiatement après l'installation de l'équatorial par les frères Brunner, je leur demandai un cercle méridien. Après de longues hésitations, ils avaient consenti à le construire. Pour des raisons à eux personnelles, ils y renoncèrent en 1887. J'obtins une seconde fois le crédit nécessaire qui, de 1881 à 1887, n'avait pas été reporté au budget de l'État. En 1890, M. P. Gautier installa un beau cercle méridien à 12 microscopes dans une salle méridienne de 9 mètres sur 8, que j'avais construite, dès 1882, au milieu du jardin de l'Observatoire, entre les coupôles de l'équatorial et du grand télescope, un peu au nord de ces deux coupôles. Cet instrument est complété depuis la fin de 1906 par un chronographe imprimant de Gautier.

L'entreprise due à l'amiral Mouchez de la Carte photographique du Ciel, et du Catalogue des positions précises des étoiles jusqu'à la onzième grandeur, fut l'occasion pour l'Observatoire de Toulouse d'un nouveau développement. En 1890, cet Observatoire fut inscrit sur la liste des observatoires participants et chargé de la zone du ciel comprise entre 4° et 11° de déclinaison boréale. Je dus trouver dans le budget annuel la totalité des sommes nécessaires à la construction de la coupole qui devait recevoir l'instrument parallactique à deux lunettes, l'une visuelle, l'autre photographique, du modèle connu aujourd'hui sous le nom d'équatorial photographique international. Cette coupole fut établie aussi à peu près à égale distance de celles de l'équatorial Brunner et du grand télescope, un peu au sud-ouest de la salle méridienne.

Dans la partie sud du jardin de l'Observatoire, les trois grandes coupoles et la salle méridienne forment un quadrilatère dont les côtés ont de 20 à 30 mètres de longueur. Les quatre instruments qu'elles renferment, avec les compléments et les améliorations qu'ils ont reçus, constituent la partie essentielle de l'Observatoire astronomique. Cependant, il est nécessaire de mentionner la transformation du chercheur, établi dans une coupole de 4 mètres, sur le toit du bâtiment principal de l'Observatoire. En donnant à l'objectif de ce chercheur un tube métallique et l'adaptant sur les axes métalliques du télescope de 0^m33 , j'ai obtenu un équatorial auquel a été adapté le mouvement d'horlogerie de l'ancienne monture en bois du grand télescope. Cet instrument, sur lequel va s'adapter un photomètre de Zöllner, permet la détermination des grandeurs visuelles des étoiles.

Le miroir de 0^m33 a aussi reçu un tube métallique. Il peut être substitué à la lunette du chercheur, si cela est utile pour certains travaux.

L'équatorial de 0^m108 est pour le moment inutilisé; il sera établi dans la partie nord du jardin, sous une coupole qui a été, en 1901, établie provisoirement au Pic-du-Midi et qui en a été redescendue. Avec un instrument des passages de 0^m08 d'ouverture de P. Gautier, il servira à l'instruction des étudiants de la Faculté des sciences et des amateurs qui voudront se familiariser avec les observations.

J'ai en outre installé, au sud-est du jardin, sous un abri en tôle, une lunette fixe pointée sur le Pic-du-Midi de Bigorre, pour l'étude des variations de la réfraction horizontale.

J'ai complété ces installations instrumentales par un système de pendules de haute précision, parmi lesquelles il convient de citer deux pendules sidérales et une pendule de temps moyen de Fénon. Cette dernière remet à l'heure, sous une forme visible, toutes les heures, une pendule établie dans le vestibule de la Faculté des sciences ; la pendule de temps moyen n'ayant jamais de correction supérieure à une seconde, la pendule de la Faculté, au moment où elle est remise à l'heure, donne l'heure au public à une seconde près.

Il n'y a pas de service de spectroscopie à Toulouse ; ce service sera établi à la succursale du Pic-du-Midi.

Outre ces installations astronomiques j'ai établi un service météorologique très complet comprenant, outre les instruments à lectures directes, deux séries complètes d'instruments enregistreurs, l'une de Redier, l'autre de Richard.

J'ai établi également un service magnétique complet comprenant les instruments pour les mesures absolues et les instruments de variations à enregistrement photographique. La cave qui contenait ces derniers a dû être démontée à cause des tramways électriques. Elle sera reconstruite dès que les lignes de transport de force, qui doivent être établies très prochainement jusqu'à 40 kilomètres de Toulouse, permettront de choisir un emplacement définitif.

J'ai pourvu l'Observatoire d'un atelier de mécanique et obtenu que le personnel comprit un mécanicien. L'atelier est aujourd'hui bien outillé pour tout travail concernant des pièces ne dépassant pas un diamètre de 0^m70. Je dirai, dans les alinéas suivants et dans la section de cette notice consacrée au Pic-du-Midi quels services le mécanicien nous a rendus. J'estime qu'un mécanicien habile est indispensable dans tout Observatoire, au moins ailleurs qu'à Paris.

Les coupoles et la salle méridienne ont des annexes servant de bureaux et de laboratoires à l'astronome et à ses auxiliaires. A l'extrémité sud du jardin a été construit un grand magasin pour les objets encombrants. Au premier étage d'une des deux parties du bâtiment principal, plusieurs pièces servent de magasins pour les petits instruments et tous objets plus ou moins fragiles.

A côté de ces pièces se trouve le bureau des mesures photographiques, grand et largement éclairé.

Le mécanicien tient constamment les instruments en parfait état.

Chacun d'eux a reçu des améliorations importantes exécutées par lui. Ainsi le grand télescope a été pourvu de deux pièces combinées par lui et M. Bourget, permettant l'une d'obtenir des clichés photographiques à pose longue en suivant directement à l'oculaire à travers un trou percé dans la gélatine, l'autre donnant rapidement sur un même cliché les images d'un grand nombre d'étoiles séparées les unes des autres. — La lunette de 4 mètres de l'équatorial Brunner a été remplacée par une lunette de 6 mètres dont l'objectif de 0^m39 est de P. et Pr. Henry. C'est aussi au mécanicien qu'est due la transformation du chercheur, ainsi qu'un grand nombre d'adaptations de moindre importance.

La bibliothèque toute spéciale comprend plus de trois mille brochures et de quatre mille volumes. Avec la bibliothèque universitaire elle offre aux astronomes toutes les ressources désirables. Volumes et brochures sont catalogués en deux formes : catalogue méthodique, catalogue alphabétique.

Ce n'est pas ici le lieu d'exposer l'organisation du travail. On a vu que le personnel est, en fait, très peu nombreux. J'estime que pour un travail scientifique il est nécessaire et avantageux d'adopter les mesures qui augmentent la responsabilité. J'ai laissé chaque astronome à un même service, aussi longtemps que cela a été possible : j'entends à l'exécution d'un même travail. Je pense aussi qu'une certaine liberté est indispensable. Les belles nuits à Toulouse sont rares. Il convient de n'en pas perdre ; mais il n'est pas bon de faire la nuit ce qui se fait aussi bien dans la journée. Les astronomes adjoints, à Toulouse, observent quand ils le jugent convenable.

Les résultats de cette méthode ont été très satisfaisants. Les volumes d'*Annales* que j'ai publiés jusqu'ici et ceux qui sont prêts pour l'impression en fournissent clairement la preuve. En voici le contenu :

Tome I, 1880 :

Sur les déplacements séculaires du plan de l'orbite du huitième satellite de Saturne, par F. TISSERAND.

Sur le mouvement des apsides des satellites de Saturne et sur la masse de l'anneau, par F. TISSERAND.

Mémoire sur l'anneau de Saturne, par F. TISSERAND.

Théorie de Vesta, par J. FERROTIN.

- Passage de Mercure sur le Soleil, le 6 mai 1878*, observé par PERROTIN.
Éclipses de Lune, observées par MM. PERROTIN et BIGOURDAN.
Observations des satellites de Jupiter, par MM. TISSERAND, PERROTIN, BIGOURDAN et JEAN.
Observations des satellites de Saturne, par TISSERAND et PERROTIN, avec une discussion, par MM. TISSERAND et B. BAILLAUD.
Observations de la grande nébuleuse d'Orion, par F. TISSERAND.
Observations d'étoiles filantes, par TISSERAND, PERROTIN, GRUEY et JEAN.
Observations de la lumière zodiacale, par GRUEY.
Observations des taches du Soleil, par PERROTIN, avec une discussion, par F. TISSERAND et M. B. BAILLAUD.
Observations météorologiques en 1874 et 1875.

Tome II, 1886 :

- Histoire de l'Astronomie à Toulouse, de l'origine à la fondation de l'Observatoire actuel*, par M. G. BIGOURDAN.
Comparaison aux tables de Le Verrier de diverses observations du Soleil, de Mercure, de Vénus et de Jupiter, faites par VIDAL à Mirepoix, par M. G. BIGOURDAN.
Sur le calcul numérique des intégrales définies, par M. B. BAILLAUD.
Mémoire sur le développement de la fonction perturbatrice, par M. B. BAILLAUD.
Détermination des éléments des orbites des cinq satellites intérieurs de Saturne, par M. B. BAILLAUD.
Ballement électrique d'une horloge astronomique, par M. M. BRILLOUIN.
Observations des étoiles horaires, de culmination lunaire et de la Lune faites à la lunette méridienne, du 30 mars au 16 octobre 1880, par M. JEAN; *du 16 octobre 1880 à la fin de 1883*, par M. SAINT-BLANCAT.
Observations d'étoiles filantes en août 1880, par MM. JEAN, CH. FABRE, SAINT-BLANCAT; discussion, par M. B. BAILLAUD.
Observations d'étoiles filantes en août 1882, par MM. FABRE et SAINT-BLANCAT; discussion, par M. SAINT-BLANCAT.
Observations des satellites de Jupiter, de mai 1879 à mai 1884, par MM. PERROTIN, BIGOURDAN, JEAN, SAINT-BLANCAT, FABRE, REY, MONTANGÉRAND, B. BAILLAUD.
Observations des satellites de Saturne, d'octobre 1879 à novembre 1884, par MM. PERROTIN, JEAN, SAINT-BLANCAT, CH. FABRE, B. BAILLAUD.
Instructions pour les observations équatoriales, par M. B. BAILLAUD.
Observations de planètes et de comètes, par MM. B. BAILLAUD, JEAN, REY, ANDOYER.

Observations magnétiques, par M. Ch. FABRE.

Observations météorologiques en 1876.

TOME III :

Sur les formules générales de la mécanique céleste, par M. ANDOYER.

Sur quelques inégalités de la longitude de la lune, par M. ANDOYER (deux mémoires).

Étude sur les formules de quadratures mécaniques première et seconde, par M. B. BAILLAUD.

Mémoire sur les quadratures mécaniques de rangs quelconques, par M. B. BAILLAUD.

Observations des étoiles horaires, de culmination lunaire et de la Lune, à la lunette de Ramsden, de janvier 1884 à septembre 1887, par M. SAINT-BLANCAT (75 pages).

Observations d'étoiles doubles, par MM. ANDOYER, B. BAILLAUD, COSSERAT, MONTANGERAND, ROSSARD, réduites par MM. COSSERAT, SAINT-BLANCAT et MONTANGERAND et comparées par M. B. BAILLAUD à celles de STRUVE et de DEMBOWSKI.

Observations météorologiques en 1894, 1895, 1896, 1897.

TOME IV :

Premier Catalogue de Toulouse, par M. SAINT-BLANCAT, assisté par M. E. BESSON, contenant, avec l'étude des cercles, les positions réduites à 1900,0 de 3.719 étoiles observées chacune quatre à cinq fois et les résultats des observations individuelles et des étoiles fondamentales.

Ce volume a été couronné par l'Académie des sciences.

TOME V :

Étude du climat de Toulouse de 1863 à 1900, par M. B. BAILLAUD, faisant suite au volume publié en 1863, par F. PETIT.

TOME VI :

Observations des taches du Soleil de 1879 à 1887, avec la discussion des divers groupes, par M. MONTANGERAND. (Ce volume est imprimé et non encore distribué.)

TOME VII :

Recherches sur le magnétisme terrestre, par M. E. MATHIAS, avec la collaboration de M. B. BAILLAUD pour certains chapitres.

TOME VIII :

Second catalogue de Toulouse, par M. SAINT-BLANCAT, assisté par M. E. BESSON.

Cet ouvrage, qui contient plus de 5.400 étoiles, est dans les archives de l'Observatoire, entièrement prêt pour l'impression.

TOME IX :

Observations de planètes et de comètes, par divers observateurs, notamment par M. F. ROSSARD.

Volume rédigé par M. F. ROSSARD. Le manuscrit est à peu près achevé.

TOME X :

Observations des satellites de Saturne, par MM. B. BAILLAUD et COSSERAT (en préparation).

Ces observations, dont le nombre dépasse 3,500, ont été faites de 1889 à 1891.

TOME XI :

Observations des étoiles doubles du catalogue général de J. Herschel, par M. F. ROSSARD (en cours d'exécution depuis trois ans).

Il convient d'ajouter à ces volumes ce qui concerne les observations météorologiques publiées dans les *Annales du Bureau central météorologique* et aussi le *Bulletin météorologique de la Haute-Garonne*, publié par les soins de M. B. Baillaud, président de la Commission, avec le concours du secrétaire M. E. Mathias et des secrétaires adjoints successifs MM. Le Vasseur, Lamirand, Joly (un fascicule in-4° par an, depuis 1901).

SERVICES RELATIFS

A LA

CARTE PHOTOGRAPHIQUE DU CIEL

J'ai pris part à toutes les Conférences internationales et aux réunions du Comité permanent. J'ai été, en 1896, rapporteur de la Commission de publication de la Carte; c'est conformément aux conclusions de mon rapport qu'a été admise la publication par héliogravure sur cuivre; j'ai donné dans un mémoire inséré au *Bulletin de la Carte du Ciel* les premières formules exactes pour corriger de la réfraction les coordonnées équatoriales déduites des coordonnées rectangulaires mesurées sur les clichés (n° XL de la partie de cette notice intitulée Notes et Mémoires).

A Toulouse, j'ai procédé à l'organisation générale du travail; j'ai déduit des formules données par MM. P. et Pr. Henry, dans un de leurs mémoires, un mode de calcul des quatre éléments des clichés, savoir: coordonnées du centre du cliché, inclinaison de l'axe des X sur le parallèle, valeur de l'échelle (*Voir* n° LXV de la partie de cette notice intitulée Notes et Mémoires). C'est ce mode de réduction qui a été appliqué jusqu'à présent à Toulouse.

J'ai établi des recherches sur les grandeurs photographiques des étoiles et donné un procédé fondé sur l'emploi du photomètre à coin pour déterminer, d'une façon très rapide, ces grandeurs, avec une erreur moyenne ne dépassant pas un quart de grandeur.

J'ai confié à un des astronomes adjoints (M. Montangerand), tout le travail concernant l'obtention des clichés de la Carte et du Catalogue, et la publication de la Carte; j'ai mis à l'ordinaire deux auxiliaires à sa disposition pour la statistique des cartes et le relevé des étoiles doubles qu'elles renferment. M. Montangerand a publié jusqu'ici 165 cartes, le tiers du travail total de la Carte.

J'ai confié à un autre astronome adjoint (M. Bourget), la responsabilité des mesures et des réductions des clichés du Catalogue et de la publication. J'ai mis à sa disposition, pour ce travail, un calculateur et au moins six employées.

J'ai préparé moi-même les étoiles de repère pour tous les clichés que renfermera la zone de Toulouse. A cet effet, j'ai entrepris dès le début la réduction à 1900,0 des étoiles de cette zone contenues dans tous les catalogues dont nous disposons. Pour 720 clichés contenant en moyenne 35 étoiles de repère, c'est environ 25.000 étoiles dont la plupart se trouvent dans plusieurs Catalogues. Ce travail est terminé depuis trois ans. Tous les calculs ont été faits deux fois par divers calculateurs. J'ai collationné moi-même la plupart des résultats, au moins ceux qui proviennent des Catalogues les plus récents et les plus précis. J'ai fait rassembler pour chaque cliché et ai vérifié moi-même toutes les positions des diverses étoiles de repère qu'il renferme, de façon à mettre en évidence les mouvements propres, s'il y en a, ou les erreurs que ces positions comportent. Les *mouvements propres* apparaîtront d'eux-mêmes quand on inscrira, au bas du tableau des coordonnées de chaque étoile déduites des divers Catalogues, les coordonnées déduites du Catalogue astrophotographique.

Pour tous les clichés réduits, à quelques exceptions près, j'ai fourni moi-même les coordonnées à adopter pour les étoiles de repère. Le nombre de ces clichés dépasse aujourd'hui 400.

J'ai mis en train le calcul des ascensions droites et des déclinaisons de toutes les étoiles mesurées.

Jusqu'ici, nous avons publié les fascicules suivants contenant les coordonnées rectangulaires des étoiles des clichés et les éléments provisoires des clichés déduits des positions adoptées des étoiles de repère :

Zone	5°.....	45	clichés de	0 ^h à 6 ^h
—	7°.....	45	— de	0 à 6
—	9°.....	45	— de	0 à 6
—	11°.....	45	— de	0 à 6

En outre, tout ce qui concerne la zone 9° de 6^h à 24^h est prêt pour la publication, ainsi qu'une grande partie de la zone 7°, environ 200 clichés de plus pour ces deux zones.

Cette publication, en format grand in-4^o, est entièrement distincte des *Annales*. On se rendra compte de l'effort qu'elle a exigé en considérant que les clichés ont en moyenne 2500 étoiles.

M. Montangerand a obtenu 90 clichés à trois poses relatifs à Eros. J'ai confié entièrement à M. Bourget tout le travail de réduction relatif à cette planète, et la publication des résultats. Les coordonnées polaires équatoriales des étoiles ont été publiées dans les Circulaires de M. Lœwy ; les coordonnées rectangulaires mesurées l'ont été dans une publication spéciale formant appendice à la zone 11^o de Toulouse.

Avec l'aide de M. Bourget et d'une calculatrice d'une rare habileté, M^{lle} Vaudein, j'ai éclairci la cause des écarts signalés par M. Hinks entre les résultats de Toulouse et ceux d'autres Observatoires. J'ai déterminé directement l'équation de grandeur signalée par cet astronome * et donné la représentation analytique de l'écart qui existe entre les éléments des clichés déduits des ascensions droites des étoiles de repère et ceux qui résultent des déclinaisons. Ainsi j'ai montré le lien entre les modes de réduction à six constantes et celui de Toulouse où l'on n'en introduit que quatre. Il résulte de mes recherches (non encore publiées) qu'en prenant des précautions convenables, il paraît possible d'éliminer des positions des étoiles toute cause d'erreur systématique ne dépassant pas 0"05. — Les objectifs photographiques à deux verres peuvent offrir des défauts de symétrie dont les modes de réduction à six constantes tiennent numériquement compte sans que ces six constantes aient des significations physiques connues. Les anomalies qu'a offertes à M. Bëlopolski le grand réfracteur de Poulkowa sont un autre exemple des singularités inattendues qui peuvent se présenter.

* Voir n^o LXXI de la partie de cette notice intitulée Notes et Mémoires.

SERVICES AU PIC-DU-MIDI

Depuis la prise de possession de l'Observatoire du Pic-du-Midi par l'Etat, en 1882, j'ai été presque chaque année membre de la Commission d'inspection de cet Observatoire. Je ne pouvais manquer d'être frappé des conditions exceptionnelles qu'il offre pour les observations astronomiques et de la facilité qu'il y aurait à y établir un grand instrument et à y entretenir des astronomes en mission temporaire, la vie matérielle étant assurée.

Cependant le point de départ de l'installation que je viens de terminer a été une proposition faite par moi en 1900, au Conseil de l'Université de Toulouse, d'établir un équatorial au Massegros, sur la cause de Sauveterre, un des plateaux de la Lozère, à 1.000 mètres d'altitude, dans une région où le nombre des belles nuits est relativement considérable.

Le crédit que j'avais demandé au Conseil de l'Université m'avait été accordé et j'allais passer à la construction de la coupole et à la commande de l'instrument quand, en 1901, M. le Recteur Perroud, qui avait appuyé mes projets, me demanda officiellement d'étudier s'il n'y avait pas lieu d'établir au Pic-du-Midi, à côté de l'Observatoire météorologique, une Station astronomique pourvue d'un instrument aussi parfait que possible.

Avant d'engager de fortes dépenses, je demandai à établir au sommet, sous une coupole provisoire, un bon instrument de dimension moyenne, choisi parmi ceux de l'Observatoire de Toulouse. En août 1901 une coupole de 4 mètres de diamètre était installée avec le télescope de 0^m30 de Foucault. En 1901-1902-1903 M. Bourget, astronome adjoint à Toulouse, M. Rossard, assistant, ma fille aînée et moi, nous fîmes de longs séjours au sommet, cherchant à apprécier la qualité des images des astres, planètes, étoiles, nébuleuses.

Nous les avons trouvées toujours bonnes, le plus souvent très bonnes, fréquemment extraordinairement belles.

Sur des rapports datés de décembre 1902 et février 1903, le Conseil de l'Université, dans sa séance du 13 mars 1903, vota, pour l'établissement d'une Station astronomique au Pic, un crédit de 54.000 francs et une subvention annuelle de 2.000 francs. M. le Ministre de l'Instruction publique nous accorda, en deux fois, 40.000 francs. Je m'engageai à trouver dans le budget de l'Observatoire les ressources annuelles qui, avec la subvention de 2.000 francs de l'Université, suffiraient à l'entretien des bâtiments, de l'instrument et à la subsistance des astronomes. Par arrêté ministériel en date du 16 novembre 1903, une succursale de l'Observatoire de Toulouse est établie au sommet du Pic, à côté de l'Observatoire météorologique dont le directeur, M. Marchand, a bien voulu consentir à pourvoir aux besoins matériels des astronomes contre remboursement des dépenses faites, ce dont je ne saurais trop le remercier ainsi que de tous les services qu'il nous a rendus.

Les étés de 1904, 1905, 1906, 1907 ont été employés à la construction, sous ma surveillance directe, au sommet, d'une maison d'habitation, d'une tour devant porter une coupole de 8^m50 de diamètre, d'une terrasse ayant environ 18 mètres sur 15. La coupole elle-même a été construite, dans des conditions exceptionnelles de solidité, à Toulouse, dans le jardin de l'Observatoire, par M. Carrère, mécanicien de l'Observatoire, avec le concours, pour la tôlerie et la grosse mécanique, de deux maisons de Toulouse. Elle a été mise en place par M. Carrère en 1906 et 1907.

Dans la même période a été construit par M. P. Gautier, le célèbre constructeur français, un grand équatorial, de monture anglaise, dont le tube rectangulaire ayant 1 mètre sur 0^m52 de section et 6 mètres de longueur environ porte un réflecteur de 0^m52 d'ouverture, un réfracteur visuel de 0^m25 ; l'un et l'autre ont 6 mètres de foyer. Les mesures sont prises pour permettre d'adapter un grand spectroscopie d'un côté du tube et, de l'autre côté, une lunette photographique à court foyer. Le réflecteur peut, soit servir à des mesures micrométriques visuelles, soit à obtenir des clichés photographiques.

L'instrument a été transporté au sommet en 1906 et 1907, sur l'ordre du Ministre de la Guerre, par M. le commandant Lallemand, du

Service géographique. M. Lallemand avait sous ses ordres, en 1906, un officier et un détachement de 25 artilleurs de Tarbes; en 1907, M. le capitaine Aubertin, du Service géographique, et douze artilleurs seulement.

Des deuils cruels et un accident personnel survenu au sommet le 28 juillet 1906 et dont les suites m'avaient retenu alité pendant deux mois, m'avaient empêché, en 1906, de remonter au Pic. En 1907 j'y ai fait deux séjours, de la fin de juillet au 20 septembre, séparés par une absence de deux semaines. La coupole a été terminée; le transport de l'instrument de l'altitude 2.350 mètres au sommet a été effectué par le commandant Lallemand, au milieu des plus grands dangers; l'instrument, enfin, a été installé par M. Lelièvre, l'habile ouvrier de M. Gautier. Le travail scientifique pourra commencer le 15 août 1908.

Administrativement, le Conseil de l'Université, sur ma proposition, a décidé que la Station astronomique du Pic pourrait être ouverte, en missions temporaires, à tous les astronomes français ou étrangers, qui y recevraient gratuitement une complète hospitalité.

Pourvue d'un instrument qui donnera toujours de bonnes images et permettra d'observer les mêmes astres que peuvent montrer dans la plaine les plus grandes lunettes, cette nouvelle Station astronomique, placée à 2.860 mètres d'altitude, n'a pas coûté 110.000 francs. Elle n'a entraîné aucune création de personnel, n'a nécessité aucune augmentation des budgets annuels. Les dépenses seront largement couvertes par les ressources existantes.

NOTES ET MÉMOIRES

I. Note sur les séries à termes positifs.

Annales de l'École normale, t. VI, 1869.

Cette note a été écrite pendant mon séjour à l'École normale. Elle a pour objet de ramener à un même principe les règles données par Raabe et Duhamel, par J. Bertrand, par O. Bonnet. Abel a démontré qu'il n'existe aucune fonction $\varphi(n)$ telle que toute série de termes positifs soit convergente quand $\varphi(n) u_n$ tend vers zéro et divergente dans le cas contraire. Me bornant à l'ensemble des cas où les règles que je viens de mentionner sont suffisantes pour démontrer la convergence d'une série, je fais connaître une fonction $\varphi(n)$ telle que, pour la convergence de la série, il soit nécessaire et suffisant que $\varphi(n) u_n$ tende vers zéro.

En particulier, partant de la condition bien connue de convergence d'un produit infini $(1 + \alpha_1)(1 + \alpha_2)\dots$ où $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ sont des nombres de même signe, et d'un lemme de Kummer, je démontre de la façon la plus immédiate la règle de Gauss que je généralise. Je montre que, dans les cas où cette règle est applicable, il faut et il suffit, pour la convergence, que $n u_n$ tende vers zéro avec $\frac{1}{n}$; je termine par une remarque concernant le théorème par lequel Cauchy a ramené l'étude de la convergence de la série $u_0, u_1, u_2 \dots u_n \dots$ à cette question : l'intégrale $\int_a^\infty u_n dn$ est-elle finie ou infinie?

II. Eléments et éphémérides de la planète (127).

Comptes rendus, t. LXXV, pp. 1701 et 1815,
16 et 30 décembre 1872 (deux notes).

La planète (127), Johanna, a été trouvée le 5 novembre 1872 par M. Prosper Henry. Partant de trois observations faites l'une à Marseille par M. Stephan, le 9 novembre, les deux autres les 22 et 28 novembre, à Paris, par MM. Paul et Prosper Henry, j'ai calculé, par application de la méthode de Gauss, telle qu'elle est exposée dans la *Theoria motus*, les éléments de l'orbite de cette planète, et j'en ai calculé une éphéméride pour les mois de décembre 1872 et de janvier 1873. Cette éphéméride a permis de réobserver la planète après la pleine lune ; le 26 décembre, sa correction était seulement + 5 secondes de temps en ascension droite et — 0', 4 en distance polaire.

**III. Observations à l'équatorial de la Tour de l'Ouest
à l'Observatoire de Paris.**

Comptes rendus, t. LXXVI, p. 1345, 2 juin 1873 ; t. LXXIX, p. 372, 10 août 1874 ;
t. LXXX, p. 388, 8 février 1875. *Annales de l'Observatoire de Paris*, observations et atlas.

Elève astronome à l'Observatoire de Paris en juillet 1872, je fus attaché par Delaunay au service de l'équatorial de la Tour de l'Ouest, où je demeurai jusqu'en 1875. J'assistai successivement à cet instrument Tisserand, M. Ch. André et M. Wolf.

C'est sur le conseil de Tisserand que je calculai l'orbite de la planète Johanna mentionnée ci-dessus. J'assistai M. Wolf dans diverses observations de planètes et de comètes, et dans la revision finale de son beau catalogue des Pléiades. J'assistai aussi M. André dans diverses observations ; nous fîmes notamment ensemble une des rares observations visuelles de la nébuleuse de Mérope. J'eus l'avantage de faire avec lui, en 1873, et de reviser en 1874, sous la direction de M. Wolf, pendant le voyage de M. André à Nouméa pour le passage de Vénus, la carte 60 de l'Atlas de Chacornac qui contient plus de 4,500 étoiles.

Les trois notes publiées aux tomes LXXVI, LXXIX, LXXX des *Comptes rendus* et les années correspondantes des *Annales de l'Observatoire* contiennent les observations que j'ai faites, dans cette période, de la comète périodique (II 1867), de la comète Coggia 1874 et de la planète 141.

Incidentement j'ai passé quelques jours au cercle de Gambey.

IV. Exposition de la méthode de Gylden pour le développement des perturbations des comètes.

Annales de l'École normale, 1876. Thèse de doctorat ; la seconde thèse, propositions de la Faculté, était : *Résolution des équations du cinquième et du sixième degré par les fonctions elliptiques.*

Je me suis proposé, dans ce travail, d'une part, d'exposer avec autant de simplicité et de clarté qu'il me serait possible la tentative faite par Gylden, presque aux débuts de ses travaux, pour améliorer le développement des perturbations des comètes par l'introduction des fonctions elliptiques, et, d'autre part, d'examiner si la méthode a chance de s'appliquer souvent dans des circonstances favorables. Il ne m'appartient pas d'apprécier dans quelle mesure j'ai atteint mon premier but. Tout au plus puis-je mentionner l'appréciation du jury (Briot, Hermite, Puiseux), qui m'a accordé la note la plus élevée dont il disposât, et une lettre de Gylden particulièrement précieuse pour moi.

Pour éclaircir la seconde question, j'ai amorcé en quelque sorte l'application de la méthode aux perturbations de la comète d'Encke par la Terre

Le mémoire de Gylden a pour point de départ une idée de Hansen exposée dans un mémoire couronné par l'Académie des sciences et inséré au premier volume des suppléments aux *Comptes rendus*, mémoire qui contient une application aux perturbations de la comète d'Encke par la Terre.

Hansen parvient à découper en quelque sorte l'orbite elliptique en plusieurs segments, à chacun desquels on applique un développement particulier. Il introduit une *anomalie partielle* x , convenablement liée

à l'anomalie vraie et telle que le rayon vecteur soit représenté par une fonction entière du second degré de $\sin x$. Il est aisé de voir que l'on peut choisir $\sin x$ de manière que r varie entre deux limites r_1, r_2 . Gylden introduit, à ce point de vue, les fonctions elliptiques en posant $x = am \frac{2K}{\pi} \omega$, choisissant convenablement K . Dans l'application que j'ai commencée à la Terre, on a

$$K = 0,4 \text{ et } q = e^{-\frac{\pi K'}{K}} = 0,01,$$

de sorte que les développements qui procèdent suivant les puissances de q sont fort convergents.

La distance des deux astres, dans ces conditions, varie surtout par suite de la variation de l'anomalie c de la planète perturbatrice, et on a

$$\Delta^2 = M[1 + f \cos(c + F)](1 + R),$$

R étant petit. Dans le cas traité par Gylden, des perturbations de la comète d'Encke par Jupiter, R ne dépasse pas $\frac{1}{10}$ et Gylden pose

$$\frac{c + F}{2} = am \frac{2K}{\pi} \omega \left(\text{mod} \sqrt{\frac{2f}{1+f}} \right)$$

ce qui donne

$$\Delta^2 = M(1 + f) \Delta^2 am \frac{2K}{\pi} \omega.$$

Dans le cas des perturbations de la Terre, si on divise l'orbite en segments en plaçant un point de division à chaque sommet et un autre entre chaque sommet du petit axe et le périhélie, on trouve

$$\Delta^2 = 1,6 - 1,2 \sin c + 0,8 \cos c + 0,2 \cos \omega - 0,2 \sin c \cos \omega + 0,4 \cos c \cos \omega.$$

La méthode est applicable, mais bien moins avantageusement.

V. Sur la méthode de Hansen pour la détermination des perturbations absolues des petites planètes.

Bulletin des Sciences mathématiques, année 1878, p. 261.

Dans sa méthode, Hansen introduit, à la place des axes de coordonnées fixes, des axes mobiles auxquels correspondent des coordonnées *idéales* représentées par les mêmes fonctions du temps et des éléments dans le mouvement troublé que dans le mouvement elliptique. Il y envisage le temps à deux points de vue : d'une part, l'équation de Képler l'introduit explicitement ; d'autre part, les éléments en dépendent implicitement. Il substitue partout aux éléments leurs valeurs initiales, ou des valeurs moyennes, sauf à les compléter par de très petites quantités. L'anomalie moyenne se trouve remplacée par n_0x , le rayon vecteur par $v_1(1 + \lambda)$. C'est par des calculs très compliqués que Hansen forme les équations qui expriment x et λ en fonction des forces perturbatrices. Je donne, en quelques lignes, des démonstrations intuitives des deux équations différentielles qui déterminent ces quantités.

VI. Sur une transformation trigonométrique employée par Hansen dans la théorie des perturbations.

Ibid., p. 292.

Il s'agit encore de la même méthode et d'une transformation qui permet de passer des coordonnées rapportées aux axes mobiles, aux coordonnées relatives aux axes fixes. Hansen, suivant l'esprit de sa méthode, y introduit, au lieu des éléments variables en fonction du temps, leurs valeurs initiales. Il résout le problème au moyen des exponentielles imaginaires. MM. Dupuy et Périgaud en ont donné des solutions géométriques. La marche tout élémentaire que j'ai suivie, purement trigonométrique, m'a paru montrer la vraie raison de la transformation. Elle m'a donné bon nombre de formules élégantes qui n'avaient été signalées ni par Hansen, ni par ses commentateurs.

VII. — Chargé, en octobre 1878, de la Direction de l'Observatoire, j'eus pour premier devoir de terminer certains travaux commencés par mon prédécesseur. Les trois notes suivantes se rattachent à cette préoccupation.

**Observations des satellites de Saturne faites en 1877 et 1878
avec le grand télescope Foucault.**

Comptes rendus 1879, t. LXXXVIII, p. 77, 13 janvier.

Tisserand avait, le 26 mars 1877, publié des observations de passage de satellites aux tangentes aux extrémités de l'anneau, et en avait conclu la valeur correspondante du diamètre apparent de l'anneau. Dans cette note, j'ai discuté de même 56 observations de même nature faites par M. Perrotin et ai déduit de celles de Téthys et de Dione la valeur $40''{,}0$ avec un écart moyen de $0''{,}1$.

Observations des éclipses des satellites de Jupiter en 1878.

Ibid., p. 373, 24 février.

Observations des satellites de Jupiter en 1878.

Ibid., p. 803, 21 avril.

Dans ces deux notes, j'ai publié 30 observations des éclipses et 94 observations de passages, d'occultations, de passages d'ombre faites en 1878, par MM. Perrotin et Bigourdan. J'ai comparé dans la première les observations d'éclipses aux données de la *Connaissance des Temps*.

VIII. **Observations des taches du Soleil.**

Annales de l'Observatoire de Toulouse, t. I, 172 pages.

La même préoccupation m'a conduit à publier dès 1879-80 un premier volume d'*Annales de l'Observatoire* contenant l'ensemble des travaux faits sous la direction de mon prédécesseur. J'ai indiqué le contenu de

ce volume dans l'article de cette notice consacré au développement de l'Observatoire; je ne m'occuperai ici que de la partie du volume où j'ai eu à intervenir pour la réduction et l'achèvement du travail.

Tisserand avait organisé des observations des taches du Soleil par la méthode de Carrington, qui consiste, comme on sait, à noter les heures des passages des bords du Soleil et des taches à observer, à deux fils rectangulaires inclinés à peu près de 45° sur le mouvement diurne. Les observations et les réductions ont été généralement faites par M. Perrotin. A mon arrivée à Toulouse, la période des taches était à un minimum. Le nombre des observations faites de 1874 au 9 novembre 1878 était de 1386. Tisserand, avait pour les deux tiers environ, déduit des longitudes et latitudes héliocentriques les mouvements des taches en longitude et en latitude, et la durée correspondante de la rotation. J'ai terminé ce travail de discussion, rédigé l'exposé de la méthode et, dans un chapitre final, j'ai cherché à déduire de l'ensemble des observations une représentation analytique du mouvement diurne en longitude. J'ai obtenu :

$$\xi = 859',7 - 188'.5 \sin^2 b ;$$

Faye avait déduit des observations de Carrington :

$$\xi = 862' - 185' \sin^2 b .$$

IX. Sur le calcul numérique des intégrales définies.

Comptes rendus, t. XC, p. 974, 26 avril 1880.

J'ai cherché, dans cette note, à déterminer d'une façon simple les coefficients du polynôme P , de degré n par rapport à la variable t , qu'il faut substituer à la fonction y pour obtenir l'intégrale $\int_0^\infty y dt$ avec le plus de précision possible. Je suis parvenu à une solution immédiate par la décomposition d'une certaine fraction rationnelle en fractions simples. J'ai déjà signalé que cette partie de la note n'est pas nouvelle, l'ayant plus tard trouvée dans le *Traité de calcul différentiel* de

G. Bertrand. J'ai étendu, dans la même note, la même méthode à la recherche d'une fonction

$$\varphi(x) = \sin \frac{x - x_1}{2} \sin \frac{x - x_2}{2} \dots \sin \frac{x - x_{2n}}{2}$$

satisfaisant aux conditions

$$\int_0^{2\pi} \varphi(x) \frac{\cos}{\sin} p x dx \quad (p = 0, 1, 2 \dots n).$$

Cette seconde partie a été le point de départ de mes recherches ultérieures.

X. Sur les observations des satellites de Jupiter en 1879.

Comptes rendus, t. LXXXII, p. 25, 3 janvier 1881.

L'année 1879 avait été consacrée surtout à l'observation des satellites de Jupiter. J'observais au grand télescope, M. Perrotin à l'équatorial Secrétan, M. Bigourdan au télescope de 0^m33, M. Jean à la lunette Bianchi. Nous avons fait 341 observations des satellites, dont 65 d'éclipses et 276 de divers phénomènes. Dans cette note, j'ai comparé ces observations aux éphémérides de la *Connaissance des Temps*.

XI. Observation des Perséides à Toulouse en 1880.

Comptes rendus, t. LXXXII, 7 février 1881.

MM. Jean, Fabre et Saint-Blancat ont, les 9, 10, 11 août, observé 1.172 étoiles filantes, dont les trajectoires étaient généralement très courtes et se terminaient loin du point radiant. Cependant, 83 de ces trajectoires avaient été tracées par les observateurs sur une carte. J'ai déterminé, par le calcul, les coordonnées du point radiant. Après l'élimination de sept trajectoires, qui visiblement n'appartenaient pas à l'essaim, j'ai groupé d'une part 46 équations, d'autre part 19; les

premières m'ont donné pour les coordonnées du point radiant correspondant

$$\alpha = 42^{\circ}37' \quad \delta = 56^{\circ}39' ;$$

les autres

$$\alpha = 60^{\circ}39' \quad \delta = 62^{\circ}4' .$$

Des onze autres trajectoires, six se rattachaient plutôt au premier radiant, cinq au second.

XII. Observations des satellites de Saturne faites à Toulouse en 1879 et 1880.

Comptes rendus, t. LXXXII, p. 1098, 9 mai 1881.

Cette note contient les résultats de 66 observations des cinq satellites intérieurs de Saturne par MM. Perrotin, Jean, Fabre, Saint-Blancat et B. Baillaud. De ces observations, 36, dont 9 de Mimas et 6 d'Encelade, ont été faites par moi au grand télescope. On a généralement observé les passages du satellite aux tangentes aux extrémités de l'anneau. Cependant, ce genre d'observation n'a pu être appliqué que trois fois à Mimas; les autres observations de ce satellite concernaient des élongations.

XIII. Sur une formule générale pour le développement de la partie principale de la fonction perturbatrice.

Comptes rendus, t. LXXXIII, p. 694, 7 novembre 1881.

Le développement nouveau dont il s'agit, de l'inverse de la distance de la planète troublée à la planète perturbatrice, a pour arguments des fonctions linéaires des anomalies moyennes des deux astres. Les coefficients dépendent des excentricités, des inclinaisons et des coefficients du polynôme trigonométrique qui exprime le carré de la distance en fonction des anomalies excentriques. Ils sont multipliés par

un facteur numérique dont je donne l'expression générale. Dans cette note, qui marque le début de mes recherches sur ce développement, je donne le nombre des combinaisons des paramètres dont dépendent les arguments : 1.531 pour le huitième ordre, 7.081 pour le onzième, et chacune des combinaisons donne en moyenne 40 à 50 termes pour le huitième ordre, 60 à 80 pour le onzième.

**XIV. Observations de la grande comète b 1882
faites à l'équatorial Brunner à Toulouse.**

Comptes rendus, t. LXXXXVI, p. 474, 19 février 1883.

Ces observations ont été faites en octobre 1882 et en février 1883. En octobre, le noyau m'a paru sensiblement rectiligne, sa longueur, trois quarts de minute; le 5 février, au grand télescope, le noyau m'a paru nettement divisé en deux parties distantes, à l'estime, d'une minute. Le 11 février, j'ai mesuré la distance des deux noyaux et l'ai trouvée égale à 38 secondes d'arc. La queue, rectiligne, précédait et suivait les deux noyaux, plus faible en avant.

**XV. Une nouvelle formule générale pour le développement
de la fonction perturbatrice.**

Comptes rendus, t. LXXXXVI, p. 1286, 30 avril 1883.

En combinant les idées exposées dans ma note du 7 novembre 1881 avec la méthode développée par Tisserand pour le cas où l'inclinaison des orbites est grande, j'obtiens deux formules nouvelles, dont je fais une application sommaire au cas de Pallas.

Examinant l'expression de Δ^2 en fonction des anomalies excentriques, je constate que, dans la première de mes deux formules, le rapport de l'ensemble des termes du premier et du second ordre aux termes finis a un maximum voisin de trois quarts, que le maximum du rapport des termes du second ordre à l'ensemble des autres est envi-

ron un tiers et le maximum du rapport des termes du premier ordre aux termes finis environ $\frac{18}{31}$.

Par l'introduction de constantes nouvelles, j'obtiens la seconde formule dans laquelle le décroissement des termes des divers ordres est très notablement augmenté. Dans le cas de Pallas, et pour les valeurs les plus défavorables des anomalies, l'ensemble des termes finis a pour valeur 7,2; l'ensemble des termes du premier ordre est 3,6; l'ensemble des termes du second ordre, 0,2; de sorte que si l'on ne veut pas négliger plus de la cent millième partie de la fonction perturbatrice, il suffira de s'en tenir aux troisièmes puissances de ces derniers termes.

XVI. Sur le développement de la fonction perturbatrice.

Comptes rendus, t. LXXXXVI, p. 1641, 4 juin 1883.

Dans cette troisième note, je montre que l'introduction des fonctions de Bessel permet de sommer les termes qui ne diffèrent que par les valeurs de deux des paramètres introduits. En allant jusqu'aux termes du quinzième ordre qui peuvent influer sur la grande inégalité de Pallas, le nombre des combinaisons des paramètres qui entrent dans les arguments ne dépassent pas 37.000, et les termes sont deux à deux égaux et de signes contraires. De plus, la faiblesse de l'excentricité de Jupiter, moindre que le carré de l'excentricité de Pallas, permettrait encore de réduire très notablement le nombre des termes.

XVII. Sur la surface de l'onde.

Journal de physique, 1883.

La surface de l'onde se présente comme étant l'enveloppe d'un plan variable de direction α , β , γ , situé à une distance du centre d'un ellipsoïde d'équation $a^2x^2 + b^2y^2 + c^2z^2 = 1$ égale à l'inverse m de l'un des axes principaux de la section de cet ellipsoïde par le plan diamé-

tral parallèle au plan variable. Si $\alpha x + \beta y + \gamma z = 0$ est l'équation de ce plan diamétral, je ramène la question à celle du minimum de la fonction

$$\varphi(x, y, z) = \alpha x + \beta y + \gamma z + \lambda \left(\frac{\alpha^2}{m^2 - a^2} + \frac{\beta^2}{m^2 - b^2} + \frac{\gamma^2}{m^2 - c^2} \right) + \mu(\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 - 1)$$

de variables indépendantes x, y, z, λ et μ devant être déterminés par les conditions

$$\begin{aligned} \varphi'_x &= 0 & \varphi'_y &= 0 & \varphi'_z &= 0 \\ \alpha x + \beta y + \gamma z - m &= 0 \\ \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 - 1 &= 0 \\ \frac{\alpha^2}{m^2 - a^2} + \frac{\beta^2}{m^2 - b^2} + \frac{\gamma^2}{m^2 - c^2} &= 0. \end{aligned}$$

Le calcul n'exige que quelques lignes.

Le même procédé a été préalablement employé pour former la dernière des équations précédentes.

XVIII. Sur le mouvement du premier satellite de Saturne, Mimas.

Comptes rendus, t. LXXXXVIII, p. 205, 28 janvier 1884.

Sur les observations de Mimas. — *Bulletin astronomique*, t. I, p. 161, 1884.

Je donne, dans ces notes, une comparaison de 91 observations de Mimas faites à Toulouse par MM. Tisserand, Perrotin, Fabre, Saint-Blancat et par moi-même. Je suis conduit à la valeur 381°9934 du moyen mouvement, valeur que j'ai déduite de la comparaison de nos observations à celles faites à Washington en 1874, à Madras par le capitaine Jacob en 1857 et 1858. Je mets en évidence d'assez fortes inégalités périodiques et un mouvement du péri saturne. On se rendra bien compte de la difficulté extrême du problème si l'on réfléchit qu'un déplacement d'un degré dans l'orbite correspond, dans les conjonctions, à un déplacement de 0",4 dans le ciel, et dans les élongations à une variation beaucoup moindre, que le satellite est à la limite de visibilité et qu'il est voisin d'un astre très éclatant.

XIX. Sur les oscillations barométriques produites par l'éruption du volcan de Krakatoa, enregistrées au baromètre Redier de Toulouse.

Comptes rendus, t. LXXXVIII, p. 349, 11 février 1884.

J'ai relevé sur le graphique de cet instrument quatre ondes successives tout à fait nettes provenant de l'éruption. Deux de ces ondes nous sont arrivées ayant fait le tour de la Terre dans un sens; deux en sens inverse. En admettant cette interprétation, j'ai déduit des heures des observations la vitesse de propagation de ces ondes, qui s'est trouvée être sensiblement la vitesse du son.

XX. Occultations d'étoiles par la Lune observées à Toulouse pendant l'éclipse totale du 4 octobre 1884.

Comptes rendus, t. LXXXIX, p. 638, 20 octobre 1884.

L'Observatoire de Poulkova avait organisé une coopération des Observatoires pour l'observation des occultations d'étoiles pendant la totalité, relativement longue, de cette éclipse. A Toulouse, les observations ont été faites par M. Fabre au grand télescope; M. Saint-Blancat à l'équatorial Secrétan, par moi-même à l'équatorial Brunner. Nous avons pu observer neuf immersions et trois émergences concernant onze étoiles, dont une seule a pu être observée à l'immersion et à l'émergence. J'ai fait personnellement huit observations.

XXI. Observation des satellites de Jupiter pendant l'opposition 1883-1884.

Bulletin astronomique, t. I, p. 161, 1884.

Cette note contient 140 observations, dont 45 observations d'éclipses; j'ai fait 23 de ces observations.

XXII. Détermination des éléments des orbites des cinq satellites intérieurs de Saturne.

Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse, 31 décembre 1884 ;
Bulletin astronomique, t. II, p. 118, 1885 ; *Comptes rendus*, t. C, p. 225, 26 janvier 1885.

Dans ces trois mémoires, j'ai cherché à déduire des nombreuses observations d'Encelade, de Téthys, de Dione, de Rhéa (55 d'Enc., 104 de Téthys, 55 de Dione, 51 de Rhéa) faites à Toulouse des renseignements sur les éléments des orbites de ces satellites. J'ai obtenu tout au moins des valeurs très exactes des moyens mouvements, constaté la petitesse des excentricités, fixé pour Mimas l'incertitude des observations aux limites qui se sont trouvées justifiées plus tard dans le mémoire définitif d'Hermann Struve.

XXIII. Annales de l'Observatoire de Toulouse, t. II.

J'ai publié ce volume en 1886 ; il renferme les travaux exécutés sous ma direction jusqu'à la fin de 1884. Indépendamment de travaux de théorie et d'observations faits par d'autres, j'ai donné à ce volume trois mémoires étendus et de nombreuses observations.

Le premier mémoire est intitulé : *Sur le calcul numérique des intégrales définies* (36 p.). Voir aussi *Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres*, t. V, 8^e série, p. 167.

J'y reproduis avec le détail nécessaire le contenu de la note IX ; puis je me propose de résoudre le problème analogue en prenant pour point de départ le développement de $f(x)$ en une série de sinus et de cosinus de multiples de x . Je détermine directement la fonction Y la plus générale :

$$Y = A_0 + A_1 \cos x + \dots + A_n \cos nx \\ + B_1 \sin x + \dots + B_n \sin nx$$

qui pour $2n + 1$ valeurs de x prenne des valeurs données Y_i ($i = 0, 1, 2 \dots 2n$) ; j'en déduis la solution du même problème pour

le cas où on ne donnerait que $2n$ valeurs de Y ; après quoi je calcule directement les intégrales

$$\int_0^{2\pi} \sin \frac{x-x_1}{2} \sin \frac{x-x_2}{2} \dots \sin \frac{x-x_{2n}}{2} dx$$

$$\int_0^{2\pi} \sin \frac{x-x_1}{2} \sin \frac{x-x_2}{2} \dots \sin \frac{x-x_{2n}}{2} \cos \frac{x-x_1}{2} dx$$

et je trouve que si l'on donne à $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ les valeurs

$$\theta + \frac{2\pi}{n}, \theta + 2 \frac{2\pi}{n}, \dots \theta + n \frac{2\pi}{n}$$

l'intégrale est égale à $\frac{2\pi}{n}$.

Ces préliminaires me permettent de résoudre le problème qui est l'objet essentiel de ce mémoire : Étant donnée une intégrale $\int_0^{2\pi} y dx$ déterminer une fonction Y de la forme ci-dessus indiquée telle que l'intégrale $\int_0^{2\pi} Y dx$ approche le plus possible de l'intégrale proposée. Je trouve que le problème ne peut être résolu qu'en prenant comme valeur $x_1, x_2 \dots x_n$ de la variable, celles qui correspondent aux sommets d'un polygone régulier d'origine quelconque inscrit dans la circonférence.

Les cas où y est une fonction paire ou une fonction impaire sont l'objet d'une analyse spéciale. Dans le cas où la fonction est paire, je trouve qu'il convient de donner à $x_1, x_2 \dots x_m$ les valeurs

$$\frac{\pi}{2m} + \frac{\pi}{m}, \frac{\pi}{2m} + 2 \frac{\pi}{m}, \dots \frac{\pi}{2m} + (m-1) \frac{\pi}{m},$$

résultat déjà indiqué par Mehler.

Les astronomes ont coutume d'employer les valeurs

$$\frac{\pi}{m}, \frac{2\pi}{m}, \dots (m-1) \frac{\pi}{m}.$$

Je montre que ces valeurs donnent la même précision.

Si y est une fonction impaire, on retrouve la solution de Gauss exprimée au moyen des fonctions de Legendre.

XXIV. Mémoire sur le développement de la fonction perturbatrice.

J'ai réuni dans ce mémoire et complété l'ensemble de mes recherches sur un développement de la fonction perturbatrice mentionnée dans les notes citées aux numéros **XIII, XV, XVI**. Le point de départ est l'expression du carré de la distance des deux astres en fonction des anomalies excentriques; l'application de la formule de Lagrange permet de remplacer les anomalies excentriques par les anomalies moyennes. Le reste n'offre pas de difficulté.

Adoptant les éléments de Pallas et de Jupiter employés par Tisserand dans son mémoire concernant le cas des grandes inclinaisons des orbites, je forme l'expression de Δ^2 en fonction des anomalies excentriques. Après quoi je montre comment on peut diminuer le nombre des termes et rendre les séries auxquelles on parviendra plus convergentes.

Je m'occupe ensuite d'effectuer le développement en série et je montre à quelles conditions il sera légitime. Je donne par des transformations trigonométriques des plus simples la forme générale des arguments et celle des coefficients dont l'emploi des fonctions de Bessel permet de simplifier le calcul.

La troisième section est consacrée au développement de la seconde partie de la fonction perturbatrice.

XXV. Détermination des orbites des cinq satellites intérieurs de Saturne. 38 pages.

Dans ce mémoire, inséré comme les deux précédents aussi au tome II des *Annales*, j'ai donné *in-extenso* la discussion des observations faites à Toulouse. L'incertitude des observations ne permettait que d'obtenir des aperçus; je concluais ainsi: « Nous croyons avoir, dans le présent mémoire, indiqué les problèmes à résoudre plutôt que nous ne les avons résolus. Cependant nous pensons que les moyens mouvements et les époques sont désormais fixés ». La comparaison

des résultats avec ceux obtenus plus tard, dans son beau mémoire de 1898, par Hermann Struve montre que les écarts ne dépassent pas ce que l'on pouvait attendre :

En admettant pour le demi grand axe de l'anneau 20",16, les valeurs trouvées pour les demi grands axes des orbites sont :

	Baillaud	H. Struve
Mimas.....	27,6	26,8
Encelade.....	33,9	34,4
Téthys.....	42,0	42,6
Dione.....	54,4	54,5
Rhéa.....	75,0	76,2

Les moyens mouvements sont :

Mimas.....	381,9934	381,9945
Encelade.....	262,7318	262,7320
Théthys.....	190,6980	190,6980
Dione.....	131,5350	131,5350
Rhéa.....	79,6901	79,6901

Il n'y a d'écart que pour Mimas et l'écart tient assurément à la libration de ce satellite.

XXVI. Observations des satellites de Jupiter.

J'ai publié au tome II des *Annales* 990 observations des satellites de Jupiter faites à Toulouse par divers observateurs jusqu'en 1884. J'avais fait personnellement 44 observations d'éclipses, 40 observations de passage sur le disque du premier satellite, 16 du second, 13 du troisième, 1 du quatrième; 18 occultations du premier, 9 du deuxième, 9 du troisième, 1 du quatrième; 17 passages d'ombre du premier, 5 du deuxième, 9 du troisième, 1 du quatrième; en tout, pour cette période, 183 observations.

XXVII. Instructions pour les observations équatoriales.

J'ai publié dans ce volume des tables pour corriger de la parallaxe et de la réfraction les observations équatoriales.

Ces tables ont été construites sous mon contrôle direct; elles ont toute l'étendue nécessaire. Les tables de parallaxe sont calculées pour les angles horaires de 5 en 5 minutes de temps, pour les distances polaires de 2 en 2 degrés.

Les tables de réfraction sont importantes. Elles sont les premières, sans doute, qui aient été calculées non seulement en supposant que les deux astres à comparer aient été pris au même angle horaire, ce qui arrive quand on détermine la différence des ascensions droites par les heures des passages aux fils horaires, mais aussi pour le cas où l'on a mesuré micrométriquement la différence d'ascension droite aussi bien que la différence de distance polaire.

J'ai donné, à la page 125, les formules exactes à appliquer dans ce cas et en ai fait l'application à la latitude de Toulouse. Ce n'est que six années après que M. Rambaut a donné des formules élégantes, strictement équivalentes aux miennes, pour la solution du même problème.

Je n'avais attaché aucune importance à mes formules, l'analyse qui me les donnait était trop simple pour que je pusse avoir l'idée qu'elles étaient nouvelles. Je ne commençai à m'en préoccuper que sur l'indication d'un astronome occupé de réductions équatoriales, que mes formules étaient sans doute inexactes, ne concordant pas avec celles de Bessel. Plus tard, au moment où il était à craindre que les formules de Bessel, reproduites par Brunnow, par Chauvenet, etc., ne fussent employées aux réductions des clichés photographiques, j'ai montré que ces formules de Bessel sont inexactes (Voir n° XL).

XXVIII. Observations de planètes et de comètes.

J'ai donné encore, au tome II des *Annales*, 136 observations équatoriales de planètes et de comètes, dont 114 faites par moi.

**XXIX. Notice sur l'état de l'Observatoire de Toulouse.
Notice sur la Faculté des sciences de Toulouse.**

Ces deux notices, d'un caractère historique, renseignent sur le passé et l'état actuel, sur le personnel et les publications des deux établissements qu'elles concernent. Elles ont été insérées dans un volume spécial intitulé *Toulouse*, publié par la ville de Toulouse à l'occasion de la réunion à Toulouse, en 1887, du Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences.

**XXX. Sur le nombre des termes d'un certain développement
de la fonction perturbatrice.**

*Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse, 1886,
15 pages.*

Ce mémoire est postérieur à la publication du tome II des *Annales*. Il concerne le développement en série analysé sous le numéro 23 de cette notice. La formule générale de ce développement contient huit indéterminées, dont quatre, $\beta \beta_1 \varphi \varphi_1$ sont des nombres entiers positifs, quatre autres, $\beta' \beta'_1 \varphi' \varphi'_1$, des nombres entiers positifs ou négatifs, respectivement de même parité que les premiers et ne les dépassant pas en valeur absolue. Les arguments ne dépendent que des quatre derniers nombres, les coefficients des quatre premiers. Je donne les formules générales qui font connaître :

1^o Le nombre des groupes $\beta \beta_1 \varphi \varphi_1$ tels que

$$\beta + \beta_1 + 2\varphi + 2\varphi_1 = m$$

et le nombre total de ces groupes pour $m = 1, 2, 3 \dots 2n'$.

Pour les huit premiers ordres, on a 175 coefficients.

2^o Le nombre des groupes $\beta' \beta'_1 \varphi' \varphi'_1$, tels que

$$|\beta'| + |\beta'_1| + 2|\varphi'| + 2|\varphi'_1| \leq n$$

La valeur trouvée donne pour le nombre des arguments des termes jusqu'au 15^e ordre : 10001.

3^o Le nombre total des groupes.

Pour les huit premiers ordres, j'en trouve 2370, égaux deux à deux et de signes contraires, ce qui en laisse 1200 à calculer.

XXXI. Sur le nombre des termes de certains développements de la fonction perturbatrice.

Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse, 1887, 6 pages.

Dans ce second mémoire, j'ai traité les mêmes problèmes que dans le précédent, mais à l'égard d'un nombre quelconque d'éléments $\beta_1 \beta_2 \dots \beta_p, \varphi_1 \varphi_2 \dots \varphi_q$ de telle manière que les formules soient aussi bien applicables à mon second développement de la fonction perturbatrice qu'au premier.

XXXII. Observations diverses depuis 1884.

Bulletin astronomique et Comptes rendus.

Ce n'est qu'accidentellement que j'ai, depuis cette date, fait des observations de cette nature. Nos registres n'en contiennent pas moins 55 observations de comètes et 55 de planètes, et 35 observations des satellites de Jupiter faites par moi. La plupart des observations de planètes et de comètes ont été publiées, avec celles d'autres observateurs, au *Bulletin astronomique* ou aux *Comptes rendus*; celles des satellites de Jupiter sont encore à publier.

XXXIII. Observations des satellites de Saturne.

Il en est de même d'environ 1600 comparaisons micrométriques des satellites de Saturne les uns aux autres ou aux extrémités de l'an-

neau, faites par moi au grand télescope et qu'il m'a été impossible de discuter jusqu'ici; elles devront l'être en même temps qu'un nombre analogue d'observations de même nature faites par M. Cosserat.

XXXIV. Note sur le calcul numérique des fonctions $R_{ij}^{(n)}$ de Tisserand.

Bulletin astronomique, 1887, p. 98.

Ayant commencé une application à Pallas de mes formules pour le développement de la fonction perturbatrice, j'ai reconnu que les formules récurrentes données par Tisserand pour le calcul successif des fonctions R_{ij}^n deviennent illusoires, par suite de l'accumulation des erreurs, quand $j = 0$. On peut, en ce cas, calculer R_{i0}^n au moyen de son expression générale, mais le travail est sensiblement augmenté. Je donne, dans cette note, quatre formules récurrentes nouvelles, qui n'introduisent aucun multiplicateur susceptible de beaucoup grandir et qui, dans tous les cas, permettent de calculer les quantités R_{00}^n , R_{i0}^n , R_{ij}^n , R_{0j}^n .

XXXV. Notice sur le développement successif des études astronomiques à Toulouse.

Association pyrénéenne, 29 avril 1888.

Dans cette notice j'ai montré combien a été difficile le développement des Observatoires de Toulouse. J'ai emprunté à un très intéressant travail de M. Bigourdan, inséré au tome II de nos *Annales*, les renseignements concernant la période antérieure à Daubuisson. Les deux registres que nous a laissés Daubuisson et la préface écrite par Petit en tête du volume d'*Annales* qu'il a publié en 1864 m'ont renseigné sur la période s'étendant de 1816 à 1864. Rarement le développement d'un établissement scientifique a exigé autant de

ténacité et de courage de la part de ses directeurs que n'ont dû en montrer les astronomes de Toulouse jusqu'en 1870.

XXXVI. Recherches complémentaires sur le développement de la fonction perturbatrice.

Annales de la Faculté des sciences de Toulouse, t. II, 1888.

Dans la première partie de ce mémoire, je traite par une voie générale les problèmes dont j'avais donné la solution dans les mémoires mentionnés aux n^{os} XXX et XXXI de cette notice. Je résous le premier problème en partant d'une certaine transformation de la fonction hypergéométrique due à Euler, que j'étudie, ayant à l'appliquer à un cas où le troisième élément est entier et négatif. J'établis entre les fonctions cherchées consécutives des équations récurrentes qui me servent à démontrer l'exactitude des valeurs des fonctions auxquelles je parviens par induction. Je déduis des résultats obtenus des sommations de certaines séries hypergéométriques. Le point de vue auquel je me suis placé dans la solution du premier problème me permet d'en déduire immédiatement les solutions des deux autres.

Dans la seconde partie, je lève un doute que j'avais exprimé dans mon mémoire mentionné au n^o XXIV. J'avais dit que la transformation fondamentale qui me permet, dans le second développement, de réduire très notablement le nombre des termes pourrait, dans certains cas, cesser d'être applicable. Il n'en est rien. Je montre ici que cette transformation est possible dans tous les cas qu'offre le système solaire.

XXXVII. Sur une épreuve photographique obtenue après neuf heures de pose à l'Observatoire de Toulouse.

Comptes rendus, t. CXI, p. 519, 13 octobre 1890.

J'ai fait connaître, dans cette note, les débuts du service photographique organisé à Toulouse par M. Andoyer, assisté de M. Montan-

gerand. Le cliché 9×12 obtenu par M. Montangerand conformément aux indications de M. Andoyer offre plus de 4.800 étoiles autour de la nébuleuse annulaire de la Lyre, d'après une évaluation de M. Montangerand que j'ai vérifiée à l'appareil de mesure que possédait alors l'Observatoire de Paris. La nébuleuse elle-même est très belle; l'étoile centrale y est très nette, même à la simple vue.

XXXVIII. Note sur l'état de l'Observatoire.

Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse,
9^e série, t. IV.

Cette note a été écrite pour faire connaître à l'Académie, au public toulousain et aux Pouvoirs locaux l'achèvement de l'installation des grands instruments qui ont transformé l'Observatoire. Il s'agissait d'obtenir l'agrandissement des terrains au nord pour permettre l'installation définitive des services météorologique et magnétique, et aussi la construction de maisons d'habitation pour les astronomes.

XXXIX. Sur l'état des travaux scientifiques entrepris à l'Observatoire de Toulouse.

Ibid., 1896, 12 pages.

Cette note est consacrée surtout à la part attribuée à Toulouse dans la construction de la Carte et du Catalogue photographiques du ciel.

XL. Mémoire sur l'influence de la réfraction dans les mesures micrométriques.

Bulletin du Comité permanent, tome III, 1896.

Préoccupé de rétablir la concordance entre mes formules (n° XXVII) et celles de Bessel, j'entrepris de refaire, pas à pas, les calculs de Bessel. Ce fut l'origine du présent mémoire.

Après avoir dans les deux premiers paragraphes indiqué les formules de réfraction en distance zénithale que je prendrai pour point de départ, je suis l'analyse de Bessel dans les sept suivants, en y ajoutant quelques éclaircissements; je montre page 13 en quoi consiste l'inexactitude commise par Bessel (remplacé une lettre d_0 par δ_0 dans un terme), ce qui modifie la correction à appliquer à la différence d'ascensions droites des deux astres d'une quantité nulle à l'équateur, mais infinie au pôle.

Par l'emploi des formules de Bessel corrigées je parviens à celles que j'avais données en 1880 au tome II des *Annales de l'Observatoire de Toulouse*.

Me plaçant à un autre point de vue, celui de la correction de réfraction dans la mesure des clichés photographiques, j'obtiens, page 30, toujours en suivant la marche de Bessel, des formules complètes (formules 64 du mémoire) donnant les corrections des coordonnées rectangulaires, aussi bien pour des clichés obtenus loin du méridien que pour des clichés obtenus au méridien; les formules se simplifient beaucoup dans ce dernier cas et coïncident alors avec celles de MM. P. et Pr. Henry.

L'analyse de Bessel qui m'a conduit à ces formules est tout à fait longue et pénible. Aux paragraphes 17 et 18 je traite directement le problème et le résous, sans efforts, en quelques lignes.

XLI. Sur les quadratures mécaniques.

Comptes rendus, t. CXXIV, p. 737, 5 avril 1897.

Je donne dans cette note, sans démonstration, les principaux résultats contenus dans mon mémoire du tome III des *Annales de l'Observatoire*, n° XLVIII de cette notice.

**XLII. Sur une photographie de la nébuleuse de la Baleine
obtenue à Toulouse** (en commun avec M. Henri BOURGET).

Comptes rendus, t. CXXVII, p. 1191, 26 décembre 1898.

Cette épreuve obtenue au grand télescope, par M. Bourget, à 86 minutes de pose, est des plus intéressantes. Vue spirale par J. Herschell, par lord Ross, par Lassell, elle ne se montre pas telle sur la photographie de M. Isaac Roberts. Elle est une preuve remarquable de ce que peut donner au grand télescope de Toulouse l'emploi du procédé qui nous a permis de suivre directement sur une étoile-guide un petit trou pratiqué dans la gélatine. L'épreuve de Toulouse montre, de la manière la plus nette, un noyau en spirale entouré d'une nébulosité plus pâle également en spirale. On compte, en outre, sur le cliché, dix condensations nodulaires. M. Isaac Roberts en avait, sur le sien, sept ou huit.

**XLIII. Observations faites à Toulouse pendant l'éclipse
du 27 décembre par MM. Baillaud,
Bourget, Montangerand, Rossard et Besson.**

Comptes rendus, t. CXXVIII, p. 38, 2 janvier 1899.

MM. Bourget au grand télescope, Rossard à l'équatorial Brunner, B. Baillaud au chercheur Eichens, ont fait 35 observations de 14 occultations, 6 immersions et 8 émergences, suivant le programme de M. Wyttam. Ils ont enregistré, en outre, divers phénomènes physiques. J'ai notamment aperçu, pendant les immersions, les étoiles sur le disque, huit à dix secondes avant leur disparition, alors que les deux autres observateurs, dont les lunettes étaient bien plus puissantes, n'ont pas eu les mêmes apparences. J'ai également noté de remarquables variations de couleurs. M. Besson déterminait l'heure. M. Montangerand a obtenu dix clichés des plus intéressants.

**XLIV. Sur la nébuleuse annulaire de la Lyre,
d'après les observations faites à Toulouse.**

Comptes rendus, t. CXXIX, p. 265, 31 juillet 1899.

J'avais bien souvent examiné la nébuleuse de la Lyre au grand télescope de Toulouse sans avoir jamais réussi à voir l'étoile centrale. Le 8 juillet, au cours d'une visite publique, ayant pointé l'instrument sur la nébuleuse, je fus frappé de la netteté avec laquelle j'apercevais cette étoile. Le mécanicien de l'Observatoire, M. Carrère, M. Rossard, assistant, M. Rayet, directeur de l'Observatoire de Bordeaux, qui se trouvaient avec nous, s'accordèrent à constater la visibilité de l'étoile. Le 18 juillet, par une très belle nuit, elle fut confirmée avec moi par M. Bourget, par M. Caubet, calculateur, qui, à titre de contrôle, en déterminèrent à l'estime la position un peu excentrique. Des photographies par MM. Bourget et Montangerand comparées aux clichés de 1890 semblaient indiquer des changements de forme ou d'éclat sur le contour de la nébuleuse.

Des doutes ont été exprimés sur la réalité d'un changement. Nous ne pouvons que constater ce que nous avons vu. Le ciel a-t-il été exceptionnellement clair, les conditions du télescope particulièrement bonnes, les progrès de la photographie expliquent-ils les changements constatés sur les clichés ?

J'ai mentionné au n° III de cette notice une observation de la nébuleuse de Mérope faite par M. André et moi en 1873; nous en avons fait un dessin; cette nébuleuse avait, antérieurement, été vue par un très petit nombre d'astronomes; notre témoignage fut compté comme incertain. On sait comment la photographie l'a confirmé.

**XLV. Sur l'organisation du service photographique
à l'Observatoire de Toulouse.**

Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes, en 1899, 4 pages.

C'est dans cette note que j'ai fait connaître pour la première fois l'application du photomètre à coin à la mesure des grandeurs photographiques des étoiles.

**XLVI. Discours prononcé à la séance générale
du Congrès des Sociétés savantes à Toulouse, le 8 avril 1899.**

Appelé à l'honneur de prendre la parole à la séance générale du Congrès, je n'ai cru pouvoir mieux faire que de parler de la Carte photographique du ciel. J'ai donné aussi brièvement, mais aussi complètement et exactement qu'il m'a été possible de le faire, l'histoire de la photographie astronomique; j'ai montré comment la photographie, cette découverte française, avait atteint, en France aussi, dans l'application à l'étude du ciel, par les travaux de MM. P. et Pr. Henry, le plus haut degré de perfection; j'ai essayé d'indiquer les beaux et grands problèmes dont elle donnera prochainement la solution.

**XLVII. Discours prononcé à Nuits,
à l'inauguration du monument élevé à F. Tisserand
le 16 octobre 1899.**

J'ai essayé de retracer les résultats si féconds du passage de Tisserand à Toulouse.

XLVIII. Annales de l'Observatoire de Toulouse, t. III, 1900.

Ce volume contient une partie des travaux exécutés depuis 1884. Je lui ai donné deux mémoires. Le premier, intitulé *Étude sur les formules de quadratures mécaniques*, 36 pages. Ce mémoire comprend trois parties.

Après un rappel rapide des notations employées dans l'interpolation pour le cas où les valeurs de la variable sont en progression arithmétique et de quelques formules de cette théorie, j'arrange sous une forme appropriée à mon but deux formules d'interpolation données par Gauss (*Œuvres*, t. III, p. 329). Après quoi, dans la première partie du mémoire, j'établis par l'intégration directe quatre formules

connues depuis les travaux de Gruey et de von Oppolzer. Mon analyse me donne aussi, et c'est l'objet de la seconde partie, certaines relations récurrentes obtenues par eux par d'autres procédés. A ces formules, j'en ajoute quelques autres nouvelles qui complètent l'ensemble et qui m'étaient nécessaires pour la solution du problème résolu dans la troisième partie, je veux dire l'application de l'intégration directe à la démonstration des quatre formules concernant la quadrature seconde, application qui, pour l'une des formules au moins, n'était pas sans difficulté.

**XLIX. Mémoire sur les quadratures mécaniques
de rangs quelconques, 38 pages.**

Ce mémoire paraît avoir été confondu dans certaines bibliographies avec le précédent, qui n'était qu'une étude d'intérêt en quelque sorte didactique. Ici j'ai abordé le problème des quadratures de rangs quelconques dans toute sa généralité. Il était impossible d'essayer de pousser plus loin la méthode employée dans le mémoire précédent. Au contraire, l'étude attentive de la marche suivie par Gruey dans sa thèse de doctorat m'en avait montré la fécondité. J'étais d'autant plus préoccupé de rendre à mon éminent collègue toute justice que Tisserand, qui était son ami et qui assurément connaissait sa thèse, n'avait donné, pour abrégé, sans aucun doute, dans le quatrième volume de son *Traité de mécanique céleste*, pour les formules de quadrature mécanique, qu'une démonstration de Encke qui fait connaître seulement les valeurs numériques des coefficients des premiers termes.

J'expose d'abord, avec des notations différentes, la méthode de Gruey sur le cas, non abordé par lui, des quadratures troisièmes auquel Encke avait appliqué sa méthode.

Dans une seconde partie, je donne les formules générales pour les quadratures de rang impair, et dans la troisième, les formules pour les quadratures de rang pair. Je fais l'application des formules aux quadratures de rang 1, 2, 3, 4, pour lesquelles je donne les valeurs numériques des coefficients des cinq premiers termes.

Au cours de l'analyse, j'ai introduit certaines fonctions numériques entre lesquelles j'établis dans les parties V, VI, VII des relations récurrentes simples qu'il m'a paru intéressant de signaler.

L. Observations d'étoiles doubles, pp. 75 à 141.

J'ai publié dans le même volume d'*Annales* une série de 1.760 observations d'étoiles doubles faites à l'équatorial Brunner et au grand télescope par MM. Andoyer, Cosserat, Montangerand, Saint-Blancat, Rossard. J'ai fait moi-même 141 de ces observations. M. Cosserat a réduit ses observations ; les autres ont été réduites par M. Saint-Blancat et par M. Montangerand qui avait vérifié tous les calculs.

J'ai contrôlé l'ensemble du travail et comparé toutes les observations à celles de Struve, publiées dans les *Mensuræ micrometricæ*, et à celles de Dembowski. La comparaison a confirmé le mouvement relatif de 179 étoiles, pour lesquels ce mouvement est signalé dans le catalogue de Flammarion, a donné des probabilités de mouvements relatifs pour 65 étoiles pour lesquelles cette probabilité n'avait pas été signalée. J'ai également comparé les distances et les angles de position mesurés par les divers observateurs aux mesures de Struve et de Dembowski en supprimant naturellement les 179 étoiles en mouvement relatif certain, et d'une part en conservant, d'autre part en supprimant les 65 étoiles en mouvement relatif probable. La discussion n'a pas révélé d'équations personnelles pour les angles ; elle en a donné pour les distances de sensibles pour moi-même et pour M. Rossard.

LI. Observation de l'éclipse totale de soleil à Elche.

J'ai pourvu pour une part sensible à l'organisation de l'expédition à Elche, faite par les Universités de Toulouse et de Montpellier, m'étant occupé de la préparation des instruments dont a disposé M. Lebeuf, équatorial et cercle méridien.

**LII. Application du photomètre à coin à la mesure
des grandeurs photographiques des étoiles.**

Comptes rendus, t. CXXXII, p. 1091, 6 mai 1901.

Cette note renferme mes premières recherches sur ce sujet. Au moyen d'un instrument enregistreur combiné avec le concours de l'habile mécanicien de l'Observatoire, M. Carrère, j'ai cherché à construire une échelle de grandeur. J'ai fait faire, sur une étoile de grandeur 6,0 de Postdam, 21 poses d'une même plaque avec des durées de poses égales au quotient de 300 secondes par $\sqrt[4]{2,5^n}$ pour $n = 0, 1, 2.. 20$. Sur une seconde plaque, on a obtenu de même 21 poses des mêmes durées de trois étoiles des grandeurs admises 7, 7, 8. Des clichés d'une grande perfection ont été obtenus par M. Montangerand.

J'ai pu représenter les lectures d'extinction des 84 images au photomètre à coin par une formule parabolique. Comparant ensuite cette formule aux lectures d'extinction des images de 53 étoiles des Pléiades, sur un cliché à pose de 300 secondes obtenu aussi par M. Montangerand, j'ai trouvé, pour la valeur du temps de pose qui permet de passer d'une grandeur à la suivante, 3,1. La moyenne des résidus de l'échelle photographique ne dépasse guère 0^{es}1. Les quatre étoiles employées étaient des grandeurs photographiques 4,4 — 6,0 — 6,9 — 7,8.

LIII. Annales de l'Observatoire,

T. IV. Paris-Toulouse, 1901.

Ce volume contient le premier catalogue méridien de Toulouse, avec les observations qui ont servi à le construire. Il contient 3.719 étoiles et résume 21.000 observations pour les ascensions droites et un égal nombre pour les distances polaires. Il est l'œuvre de M. Saint-Blancat. Les observations ont été faites de 1891 à 1898 par lui et son assistant, M. Besson, et M. Saint-Blancat a dirigé et contrôlé tous les calculs. Je ne suis intervenu que dans l'organisation générale du travail, en indiquant la base du choix des étoiles qui a été fait par M. Andoyer,

ces étoiles devant servir d'étoiles de repère pour les clichés du catalogue photographique, et au sujet des étoiles fondamentales dont les positions ont été finalement ramenées au second catalogue de Newcomb, à la suite de la conférence des constantes tenue en 1897 à l'Observatoire de Paris. L'Académie des sciences, sur ma demande, a accordé à M. Saint-Blancat un de ses prix.

LIV. Variation d'éclat de la planète Eros.

Comptes rendus, page 532, 4 mars 1901.

Cette note a pour objet une détermination de la période de variation d'Eros, d'après des observations de M. Rossard. Ces observations laissaient d'ailleurs incertain le nombre des périodes accomplies dans l'intervalle compris entre elles.

LV. Distribution moyenne des images stellaires dans les clichés de la Carte du ciel obtenus à l'Observatoire de Toulouse.

Comptes rendus, t. CXXXIV, p. 1271, 1902.

Dans cette note, je donne un résumé d'un travail considérable que j'avais organisé à Toulouse dès le début de la publication de la Carte photographique du ciel, la statistique des clichés à trois poses de 30 minutes faites pour la Carte et celle des épreuves en héliogravure sur papier correspondantes. Le nombre des étoiles est relevé, pour chacun des 676 carrés du réseau, par des auxiliaires sous le contrôle de M. Montangerand. J'ai résumé ici les résultats obtenus sur les diagonales, d'un sommet au centre, résultats qui mettent en évidence l'uniformité approchée du champ dans un cercle d'un degré de rayon, mais une perte bien sensible d'étoiles en dehors de ce cercle, dans les angles.

LVI. Sur la surface focale principale de l'objectif de l'équatorial photographique de l'Observatoire de Toulouse (en commun avec M. MONTANGERAND).

Comptes rendus, t. CXXXV, p. 449, 15 septembre 1902.

Des circonstances majeures ayant retardé une étude directe que j'avais demandée à M. Montangerand de la forme du champ focal de son instrument, il m'a paru convenable de faire connaître, comme suite à la communication n° LV, les résultats complets d'une statistique portant sur 108 clichés. Pour abrégé, j'ai supposé que l'on repliât le tableau de façon à superposer les régions qui, si le champ est de révolution, doivent être symétriques ; j'ai donc donné les nombres moyens correspondant à un triangle rectangle ayant un angle aigu au centre du cliché, pour hypoténuse une demi-diagonale, pour côté un demi-côté et la perpendiculaire menée du centre. Le résultat concorde avec ce qu'on devait attendre de la mise au point, faite à 33 minutes environ du centre. Il met en évidence qu'il y aura intérêt, dans l'avenir, à l'effectuer un peu plus près du bord.

LVII. Annales de l'Observatoire de Toulouse,
t. V. Paris-Toulouse, 1902.

Voir aussi *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 766.

J'ai présenté ce volume à l'Académie en 1902. Il concerne une étude du climat de Toulouse, de 1863 à 1900, faite sur le même plan, exactement, que le volume publié par Frédéric Petit en 1866, qui contenait la discussion des observations faites de 1839 à 1862. L'ensemble des deux volumes comprend soixante années. J'ai dirigé moi-même tous les calculs qui ont été tous vérifiés. Il y aura intérêt, quand les circonstances le permettront, à comparer, à divers points de vue, les observations discutées dans ce volume aux graphiques des instruments enregistreurs. Il y aura intérêt aussi à publier *in extenso* les observations faites par Despeyrous et Daguin de 1866 à 1870, obser-

vations qui ont été utilisées dans ce volume, mais n'avaient pas été publiées antérieurement.

LVIII. Bulletin du Comité permanent de la Carte photographique du ciel.

J'ai pris dès le début une part active aux travaux du Congrès et du Comité permanent. En 1896, j'ai été rapporteur de la Commission de publication de la carte.

LIX. Exposé de la méthode appliquée à Toulouse pour la détermination des éléments des clichés photographiques.

Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse, 1902.

C'est une rédaction provisoire d'instructions plus complètes insérées au tome II du Catalogue photographique du ciel.

LX. Etude sur le climat de Toulouse.

Comptes rendus du Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences à Montauban, 1902.

Dans cette note, j'ai comparé les résultats de mon étude du climat de Toulouse formant le tome V des *Annales* de l'Observatoire aux résultats de l'étude similaire de Petit. L'ensemble des deux donne le climat de Toulouse pour la période 1839 à 1900, avec une seule interruption de 32 mois, du 1^{er} décembre 1870 au 1^{er} août 1873.

Étude sur le climat de Toulouse de 1863 à 1900.

Comptes rendus, page 766, 1902.

Cette note contient une indication des matières contenues dans le tome V des *Annales*.

**LXI. Comparaison du premier catalogue de Toulouse
au catalogue de Leipzig.**

Ibid.

Au Congrès de Montauban, j'ai présenté, avec la précédente note et la suivante, une comparaison faite par moi du premier catalogue méridien de Toulouse (catalogue Saint-Blancat) au catalogue de Leipzig formant une des zones du catalogue de l'*Astronom. Gesellschaft*. Les deux catalogues ont en commun environ 2000 étoiles. J'ai obtenu en ascension droite et en déclinaison des écarts systématiques très faibles variant un peu avec l'ascension droite, et j'ai montré que si l'on en tient compte la moyenne des valeurs absolues des positions isolées ne dépasse pas un centième de seconde de temps en ascension droite et un dixième de seconde d'arc en déclinaison.

LXII Mesure des grandeurs photographiques des Pléiades.

Ibid.

L'application du photomètre à coin à la mesure de 168 étoiles des Pléiades, faite par l'observatrice exercée qui avait fait les mesures concernant la construction de l'échelle de grandeur (n° LII) a montré bien nettement de quelle précision le procédé est susceptible. J'ai pris pour termes de comparaison les grandeurs déterminées à l'Observatoire d'Alger par M. Gaultier, par la mesure des diamètres. Groupant les 168 mesures par des moyennes, j'ai fourni onze équations pour déterminer entre les lectures et les grandeurs cherchées une relation parabolique du quatrième degré. J'ai calculé, en outre, pour chaque étoile isolée, le résidu (Gaultier — Calcul). La moyenne des valeurs absolues de ces résidus a été 0^{sr}26.

LXIII. Distribution moyenne des images stellaires dans les clichés de la Carte du ciel obtenus à Toulouse.

Comptes rendus, 1902, page 1271.

C'est une première étude faite d'après la statistique de 42 clichés. Cette étude a été poursuivie peu après d'après 108 clichés (Voir n° LVI).

LXIV. Sur les conditions qu'offrent les observations astronomiques à l'Observatoire du Pic-du-Midi.

(En commun avec M. H. BOURGET.) *Comptes rendus*, 15 juin 1903.

Nous avons rendu compte dans cette note des divers essais que chacun de nous a faits pendant des séjours de plusieurs semaines, en 1901, 1902, 1903, pour apprécier la qualité des images et la transparence du ciel et conclu à l'excellence des conditions astronomiques.

LXV. Catalogue photographique du ciel, zone de Toulouse.

INTRODUCTION, 1904.

J'ai exposé dans cette introduction qui forme un Mémoire de 56 pages grand in-4° ce qui concerne l'obtention des clichés du Catalogue, leur mesure, la détermination provisoire des étoiles de repère. Ce qui concerne la mesure des clichés avait été arrangé par M. H. Bourget. J'ai suivi pour l'étude du réseau la méthode employée par MM. P. et Pr. Henry; j'ai donné des formules qu'ils avaient publiées deux démonstrations différentes et en ai fait l'application au réseau 89, qui a servi, en particulier, pour les clichés d'Eros. J'ai exposé, en donnant généralement des démonstrations différentes, le mode de réduction des étoiles indiqué par MM. Henry dans leur beau Mémoire du *Bulletin de la Carte du ciel*, ne modifiant les résultats que pour

la répartition dans le calcul de laquelle j'ai utilisé les résultats de mon Mémoire (n° XL de cette analyse). J'ai examiné avec un soin minutieux la grandeur des erreurs commises par la suppression des termes d'ordre supérieur dans les développements en séries. J'ai arrangé sous une forme commode les calculs eux-mêmes dans lesquels il est inutile d'employer plus de six figures.

J'ai déduit des formules de réduction les équations qui permettent de déterminer les quatre constantes des clichés introduites dans les formules et j'ai ramené le calcul de ces constantes à un algorithme très simple et facile n'exigeant aussi que l'emploi de six figures.

LXVI. Application du photomètre à coin à la détermination des grandeurs photographiques des étoiles.

Catalogue photographique du ciel, t. IV, 1904.

Dans ce Mémoire, j'ai donné les résultats de diverses applications des idées exposées dans ma note des *Comptes rendus* (n° LII de cette analyse). Je donne la description de l'instrument. J'expose les calculs relatifs à la formation d'une échelle de grandeur, calculs dont un résultat important est la détermination de la valeur 3,0 du rapport des temps de pose sur une même étoile qui correspondent à une variation d'une grandeur. Je donne deux mesures d'éclat de 167 étoiles des Pléiades, faites en 1902 et en 1903 sur un même cliché, en prenant pour base le catalogue de Gaultier. L'écart moyen Toulouse-Gaultier est 0^{sr}24. Ce résultat doit être regardé comme très satisfaisant, si l'on considère la difficulté d'emploi des photomètres d'extinction et la rapidité des mesures (plus de 80 par heure). La méthode a été appliquée dans les zones 5^o et 7^o de Toulouse de 0^h à 6^h. Pour les zones 9^o et 11^o, on a comparé les images à celles d'une échelle de grandeur.

LXVII. Sur la Carte magnétique des îles Britanniques.

En collaboration avec M. MATHIAS.

Comptes rendus, 1905, page 553.

Dans cette note, nous représentons, par une fonction parabolique du second degré des différences de longitude et des différences de latitude, les éléments magnétiques des stations centrales de Thorpe et Rücker et donnons le résumé de la comparaison des formules aux éléments de toutes les stations. Les résidus pour les stations centrales sont moindres que une minute d'arc pour la déclinaison et l'inclinaison et que 6 unités du troisième ordre pour la composante horizontale. Pour les observations individuelles, les résidus ne dépassent pas 10 minutes en déclinaison, 6 en inclinaison, 70 unités du cinquième ordre pour la composante horizontale et concordent remarquablement avec ceux fournis par les formules compliquées de Rücker et Thorpe.

**LXVIII. Sur une erreur systématique à craindre
dans l'emploi des échelles de grandeurs photographiques.**

En commun avec M. Jules BAILLAUD.

Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse, 10^e série, t. VI, 1906.

L'erreur systématique dont il s'agit a été découverte par M. Jules Baillaud, en suite de l'examen fait par lui d'un grand nombre de clichés du Catalogue photographique mesurés à l'Observatoire de Paris.

Dans cet Observatoire, les deux images de chaque étoile provenant de poses de 300 secondes et de 150 secondes avaient été comparées, au Bureau des mesures, aux images d'une échelle de grandeur placée dans le plan focal du microscope d'examen. L'échelle construite par MM. P. et Pr. Henry avait été obtenue en faisant sur une même étoile des poses dont les durées successives étaient dans le rapport 2,5. L'écart moyen entre les grandeurs résultant de la comparaison à la même échelle des images d'une même étoile déduites des deux poses de 300 secondes et de 150 secondes aurait dû être 0^{es} 75; il a été 0^{es} 48.

Sur l'indication de M. J. Baillaud, des comparaisons de même sorte ont été faites à Toulouse, où l'on n'avait comparé jusqu'alors à l'échelle que les images provenant des poses de 300 secondes. A Toulouse, l'échelle de grandeur avait été faite avec le rapport 3. L'écart théorique était 0^{es}63 ; les observatrices ont trouvé 0^{es}32.

A Toulouse comme à Paris, on avait comparé à l'échelle d'abord la pose de 300 secondes, puis celle de 150.

Les recherches ont été poursuivies par MM. J. et B. Baillaud, respectivement à Paris et à Toulouse. Elles ont montré que l'équation personnelle qui, dans les deux Observatoires, avait été 0^{es}3, pouvait être un peu diminuée par l'éducation des observatrices ; qu'elle disparaît entièrement si l'on opère en sens inverse, c'est-à-dire si l'on compare à l'échelle d'abord la pose de 150 secondes, puis celle de 300, ce qui prouve qu'elle tient à la persistance sur la rétine des impressions lumineuses.

Enfin, ces recherches, qui seront publiées *in extenso*, ont abouti à la construction d'un microscope d'égalisation permettant de rendre l'image de chaque étoile égale à l'une des images de l'échelle, ce qui supprime naturellement l'équation personnelle.

LXIX. Annales de l'Observatoire de Toulouse, t. VII.

Recherches sur le magnétisme terrestre, par M. E. MATHIAS (1907).

J'ai collaboré avec M. Mathias pour certaines recherches. Je me bornerai ici à reproduire les indications données à ce sujet par M. Mathias dans son introduction.

A propos de la carte de France :

« Les résultats que la méthode *de la formule provisoire* a fournis, dans le cas de la France considérée au 1^{er} janvier 1896, sont rassemblés dans la Note II à la fin du volume. Les calculs qu'ils ont nécessités ont été extrêmement considérables ; ils ont été, en premier lieu, dirigés par MM. Baillaud et Mathias et exécutés par divers auxiliaires. Ils ont été récemment repris par M^{lle} Vaudein, l'une des employées du Bureau des calculs et des mesures de l'Observatoire, avec l'aide de

tout le personnel, de telle sorte que, si longs et pénibles que ces calculs aient pu être, l'exactitude des formules obtenues n'est pas douteuse.

« Les calculs pénibles auxquels on est conduit et le doute qui peut subsister lorsqu'il s'agit de séparer, aux extrémités de la France, les stations régulières des stations anormales, la formule provisoire fonctionnant comme une sorte de crible, nous ont conduits, M. Baillaud et moi, à mettre en œuvre une autre méthode, *la méthode des districts modifiée*. » (ce sont les résultats de cette méthode qui ont été donnés aux *Comptes rendus*, dans la note **LXVII**, page 69).

J'ajouterai que les chapitres III et IV de la troisième partie de l'ouvrage intitulés :

Chapitre III. — Application à la France de la méthode des districts convenablement modifiée.

Chapitre IV. — Application de la même méthode à l'Angleterre et à la Hollande

portent en sous-titre la mention : [En commun avec M. Baillaud.]

J'ai d'ailleurs dit nettement dans la Préface de l'ouvrage que M. Mathias, dans l'introduction et en tête de certains chapitres, a insisté bien plus que je ne le méritais sur la collaboration que j'ai pu lui apporter; tel qu'il est, le volume est bien l'œuvre de M. Mathias. Je tiens à le répéter ici.

**LXX. Sur les positions des étoiles de repère
concernant la planète Eros déduites des clichés de Toulouse.**

Comptes rendus, 27 mai 1907, t. CXLIV, p. 1143.

L'objet de cette note a été de faire connaître les résultats des recherches auxquelles je me suis livré, avec l'aide de M. Bourget et le concours d'une calculatrice exceptionnellement habile, M^{lle} Vaudein, pour éclaircir les questions posées par M. Hinks, de Cambridge, concernant l'existence, dans nos clichés, d'une équation de grandeur.

Comparant le mode de réduction de Toulouse, à quatre constantes,

avec celui de Turner, nous avons conclu à la nécessité de séparer à Toulouse, pour déterminer les éléments, les équations provenant des ascensions droites des étoiles de repère et celles qui proviennent des déclinaisons. Cette séparation tient à des causes physiques non encore éclaircies.

Nous avons fait de diverses manières la recherche directe de l'équation de grandeur : soit en réduisant de deux manières un cliché du Catalogue obtenu dans la période d'apparition d'Eros, et contenant 60 étoiles de repère. Nous avons réduit ce cliché en prenant comme étoiles de repère les plus belles, et d'autre part les plus faibles. La comparaison des positions déduites de ces deux systèmes révèle une équation de grandeur en ascension droite.

Nous avons aussi utilisé un cliché des Pléiades obtenu spécialement par M. Montangerand et portant trois poses dont deux dans une position de l'équatorial, l'autre dans la position inverse. Ce renversement double l'équation de grandeur. La précision avec laquelle Elkin a déterminé les positions des étoiles de repère donne à cette méthode une grande précision.

Nous avons trouvé des équations conformes en déclinaison aux indications de M. Hinks, mais un peu plus faibles.

Outre l'équation de grandeur, Hinks a signalé dans les positions déduites des clichés de Toulouse une équation progressive. La cause en est dans le mélange que nous avons dû faire des équations provenant des ascensions droites et des déclinaisons.

J'ai trouvé qu'il est possible d'établir la concordance entre ces deux systèmes d'équations en supposant que l'objectif produise un déplacement des images parallèlement à une direction fixe et proportionnelle à la distance de chaque étoile à une droite perpendiculaire à cette direction. Cette direction fixe est parallèle au déplacement de l'image qui peut donner l'équation de grandeur.

Je dois ajouter que cette direction fixe tourne un peu quand la position de l'objectif par rapport à la verticale et au méridien change notablement, et il en est de même de la valeur du déplacement pour l'unité de distance. L'écart est sensible quand l'objectif, au lieu d'être près du méridien et de l'équateur comme cela a lieu dans les clichés du Catalogue, est près du méridien et du zénith comme cela s'est produit pour Eros, et plus grand encore si l'objectif est vers six heures d'angle

horaire, comme cela est arrivé pour Eros, sans que cela puisse s'expliquer par la réfraction.

**LXXI. Installation d'un grand instrument astronomique
au sommet du Pic-du-Midi.**

Comptes rendus, 21 octobre 1907, page 662.

Dans cette note, j'ai annoncé l'achèvement de la coupole et l'installation de l'instrument; j'ai exposé sommairement le contenu dans la première partie de cette notice.

PUBLICATIONS DIVERSES

Analyses bibliographiques.

J'ai donné au *Bulletin des sciences mathématiques* l'analyse d'un certain nombre d'ouvrages parmi lesquels je me bornerai à citer le *Traité de Mécanique Céleste de Tisserand* (*Bulletin des Sciences Mathématiques*, 1889, 1893, 1897) et l'*Histoire de l'Observatoire de Paris* de M. Wolf (1903).

Publication de la correspondance Hermite-Stieltjés.

(En collaboration avec M. H. BOURGET.)

Gauthier-Villars, 2 vol. in-8^o, 1905; t. I, 477 pages, 226 lettres, 8 nov. 1882-22 juillet 1889; t. II, 457 pages, 206 lettres, 18 octobre 1889-15 décembre 1894.

Je reproduis ci-dessous la note relative à cette publication, insérée par M. H. Bourget dans sa notice sur ses travaux scientifiques :

« Cette publication fut entreprise sur les instances mêmes d'Hermite, « qui m'a dit y attacher un grand prix. Le travail que nous avons dû « faire, M. Baillaud et moi, a été loin d'être négligeable. Il a fallu pré- « ciser bien des points, recommencer des calculs et faire un assez « grand nombre de recherches.

« Nous avons été récompensés de notre peine :

« M. Picard a bien voulu présenter notre œuvre au public scientifi- « que, et M. Darboux, dans les analyses élogieuses qu'il en a faites, a

« insisté sur l'importance de cette publication (*Bulletin des sciences mathématiques*, t. XXIX, 1905, p. 95 et p. 331).

« Grâce à l'obligeance de M. Picard et de M. Gauthier-Villars, nous avons pu joindre à ces volumes deux portraits d'Hermite, un portrait de Stieltjès et un fac-similé de son écriture.

« M. Mittag-Leffler a bien voulu autoriser l'impression de quelques lettres que lui avait adressées Stieltjès sur la série $\zeta(s)$ de Riemann.

« J'ai enfin tenu à écrire moi-même la notice biographique sur Stieltjès, ayant à cœur de rendre un témoignage de reconnaissance à un professeur très aimé. »

BAILLAUD (B.). — **Cours d'astronomie à l'usage des étudiants des Facultés des sciences.** — Première partie : *Quelques théories applicables à l'étude des sciences expérimentales*, 1 vol. in-8^o, vi-285 pages. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1893.

Un livre qui traite de l'astronomie ne peut être écrit que par un astronome, cela est bien clair, au moins pour ceux qui pensent que l'on ne doit écrire que sur des sujets que l'on possède à fond, dans le détail et dans l'ensemble ; mais si ce livre est, en outre, écrit par un professeur qui a l'habitude des étudiants, de ce qu'on peut leur apprendre et de ce qui les intéresse, il pourra être lu par ceux qui ne savent pas déjà ce qu'il contient, par ceux qui cherchent à acquérir des connaissances, non à compléter et à mieux organiser celles qu'ils ont.

Tel est l'ouvrage dont notre collaborateur, M. Baillaud, offre aujourd'hui au public le premier volume. Ce premier volume porte en sous-titre : *Quelques théories applicables à l'étude des sciences expérimentales*, et ce sous-titre exprime bien l'objet que l'auteur a en vue. Ce volume, en effet, intéresse autant le physicien que l'astronome et, à cet égard, il y avait un intérêt évident à le séparer de ce qui doit suivre. Pour ceux même qui veulent étudier l'astronomie, cette séparation était désirable : la façon dont on obtient les données expérimentales de l'astronomie, la critique de ces données, qui permet d'en déterminer le degré d'approximation, n'ont rien à faire avec la mécanique céleste, et pour

ce qui concerne les conséquences qu'on peut en tirer relativement au mouvement des astres, rien n'empêche celui qui veut se borner à des études théoriques sur l'astronomie à admettre qu'on sait déterminer ces données et le degré d'erreur dont elles peuvent être entachées : l'astronomie est aujourd'hui une science assez avancée pour qu'il convienne d'en séparer nettement la partie expérimentale et la partie théorique. Seuls, les astronomes de métier sont tenus d'en posséder également aussi bien les deux parties.

Les chapitres I, II et IX intéresseront tous ceux qui désirent savoir comment, des données numériques de l'expérience, on peut, dans n'importe quelle science, s'élever aux lois des phénomènes. Les deux premiers chapitres se rapportent à la critique de ces données, le dernier à la façon dont on peut les mettre en œuvre, au moyen de l'interpolation.

Il n'est pas possible aujourd'hui de rien écrire sur la théorie des erreurs sans subir l'influence du beau livre de M. J. Bertrand sur le calcul des probabilités ; du moins, celui qui le ferait prouverait ou qu'il n'a pas lu le livre de M. Bertrand, ou qu'il n'en a pas compris la critique ingénieuse et aiguisée. Tel n'est pas assurément le cas de M. Bailaud, qui a su largement puiser à cette excellente source, tout en ayant soin de rester strictement dans son sujet, qui a scrupuleusement montré les points qui restaient douteux dans la théorie et qui surtout s'est appliqué à montrer comment elle devait être appliquée.

Le chapitre I est intitulé : *Principes généraux du calcul des probabilités* ; on y trouvera, outre les définitions essentielles et l'établissement de quelques formules indispensables (formules de Wallis, de Stirling, etc.), la démonstration du théorème de Bernoulli et son application aux phénomènes naturels. Le chapitre suivant est intitulé : *Loi de probabilité des erreurs ; Combinaison des observations*. L'auteur y expose, d'après Gauss, la loi de probabilité des erreurs, telle qu'elle résulterait d'hypothèses bien connues, qu'il est inutile d'énumérer ici. Il en déduit la méthode des moindres carrés, la façon dont on détermine la valeur la plus probable d'une quantité mesurée directement, que les observations aient ou non le même poids : une intéressante application est faite aux quarante observations que Bessel a données de l'anneau de Saturne. Il passe ensuite à la détermination d'inconnues liées par des équations données à des quantités mesurées

directement et aux questions qui s'y rapportent, touchant la détermination des valeurs les plus probables et des erreurs moyennes des observations et des inconnues. La méthode de Cauchy, relative à la détermination d'une seule inconnue donnée par une suite d'équations linéaires, est appuyée sur une ingénieuse remarque, due à M. Tisserand.

Le dernier chapitre, avons-nous dit, se rapporte à la théorie de l'interpolation. Le point de départ est la formule d'interpolation de Newton, à laquelle l'auteur rattache la théorie des différences, qu'il expose avec une parfaite élégance. La formule de Newton est susceptible de formes diverses, dont quelques-unes sont particulièrement appropriées aux applications. Les coefficients, par les relations qu'ils offrent entre eux, donnent lieu à des remarques intéressantes. L'auteur montre aussi comment on peut déduire des valeurs d'une fonction les valeurs de l'intégrale de cette fonction ou encore de ses dérivées des divers ordres : une intéressante application numérique est tirée, ainsi d'ailleurs que plusieurs développements théoriques, du *Lehrbuch zur Bahnbestimmung der Kometen und Planeten* de M. Oppolzer. Après avoir exposé la méthode des quadratures de Gauss, M. Baillaud montre comment on peut interpoler au moyen des fonctions trigonométriques, soit que l'on veuille substituer à la série de Fourier un développement analogue, mais limité, soit que l'on veuille calculer approximativement les coefficients de cette série. Il rappelle enfin une élégante formule de Jacobi qui permet d'avoir sous le signe \int , au lieu de $\cos ix$ ou $\sin ix$, la puissance i^{me} de $\sin x$, et qui, en particulier, conduit à une expression simple des fonctions de Bessel.

Les chapitres III, IV, V et VI se rapportent à l'optique. Considérant, en général, un instrument d'optique comme formé d'une série de surfaces sphériques réfringentes dont les centres sont situées sur un axe, on montre d'abord, en suivant la belle méthode de Gauss, que, en négligeant les quantités du troisième ordre par rapport aux inclinaisons des rayons sur l'axe, tout point lumineux qui émet de la lumière homogène donne une image et que les images de points situés dans un plan perpendiculaire à l'axe sont eux-mêmes dans un plan perpendiculaire à l'axe. La considération des points et des plans principaux, des foyers et des plans focaux, fournit une construction simple du rayon émergent et de l'image d'un point donné. M. Baillaud montre

aussi le parti que l'on peut tirer des *points nodaux* de M. Listing, qui jouissent de cette propriété que, si un rayon incident passe par l'un, le rayon émergent passe par l'autre et soit parallèle au rayon incident; ainsi que du *plan de Bravais* qui est un plan perpendiculaire à l'axe, tel que tout point lumineux situé dans ce plan ait son image dans le même plan. Ces éléments se relient d'ailleurs de la façon la plus naturelle aux éléments de Gauss. La théorie générale est appliquée aux cas les plus simples et les plus intéressants dans la pratique.

L'auteur passe ensuite à la théorie de la dispersion et de l'achromatisme : il étudie successivement, à ce point de vue, le prisme et les systèmes de prismes, l'aberration de réfrangibilité dans les lentilles, les conditions d'achromatisme d'un objectif astronomique, l'achromatisme des oculaires des lunettes astronomiques.

Mais la théorie de Gauss n'est qu'une première approximation et il est nécessaire de se rendre compte des écarts qu'elle peut offrir avec la réalité. Diverses questions essentielles dans la pratique se posent d'elles-mêmes : En ne considérant que des rayons primitifs peu inclinés sur l'axe, quelles sont les combinaisons de surfaces réfringentes qui rendent minimum l'image et quelles sont celles qui font que les images de points situés dans un plan perpendiculaire à l'axe soient aussi situées dans un tel plan et que le rapport des distances des images à l'axe soit égal au rapport des distances des points lumineux à cet axe? Les questions de cette nature sont, en général, très compliquées et les réponses diffèrent suivant les questions. Le cas d'une lentille est traité avec tous les détails nécessaires, de manière à permettre au lecteur d'aller plus loin, s'il le veut.

La nature de l'image dépend, comme on sait, de la théorie des congruences de droites : M. Baillaud expose, de cette théorie, ce qui est nécessaire à son objet.

Après quelques détails indispensables sur la théorie de la vision, M. Baillaud passe en revue les principaux instruments d'optique : loupe, lunette astronomique, microscope composé, télescopes divers.

Le chapitre VII est consacré aux instruments d'astronomie. L'auteur s'occupe d'abord des instruments qui servent à mesurer le temps : il décrit avec détail la pendule construite par M. Fénon pour la salle méridienne de l'Observatoire de Toulouse; cette étude lui permet, pour ce qui concerne les chronomètres, de n'insister que sur les différences

que ces instruments présentent avec les pendules. Les principaux instruments qui servent à déterminer les directions, à mesurer les angles et les longueurs (niveau, vernier, microscope micrométrique, cercle méridien, équatorial), sont étudiés avec les détails nécessaires au praticien; les causes d'erreurs, les corrections qu'elles comportent, sont analysées avec soin. On remarquera les figures qui représentent les instruments installés par M. Gautier à l'Observatoire de Toulouse. L'équatorial coudé, l'altazimut, le sextant et l'héliomètre sont décrits d'une façon plus sommaire.

Enfin la chapitre VIII, qu'il nous reste à signaler, contient tout d'abord les renseignements indispensables sur les diverses unités qu'on emploie pour mesurer un arc et d'intéressantes remarques sur la précision que comportent les calculs numériques, en raison des erreurs dont sont entachées les données et de la nature des Tables que les calculateurs ont à leur disposition. Ce chapitre se termine par des éléments de trigonométrie sphérique, présentés avec toute la simplicité désirable.

J. T.

(Extrait du *Bulletin des Sciences mathématiques*, deuxième série, tome XVII, année 1893, première partie, pp. 217 et suivantes.)

BAULLAUD (B.): **Cours d'Astronomie à l'usage des étudiants des Facultés des sciences.** — Seconde partie: *Astronomie sphérique. Mouvements dans le système solaire. Éléments géographiques. Éclipses. Astronomie moderne.* 1 vol. in-8°, vi-520 pages. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

M. Baillaud vient de publier le second volume de son *Cours d'astronomie*. Le premier volume était consacré exclusivement à l'exposition de quelques théories applicables à l'étude des sciences expérimentales, en particulier, la théorie des erreurs d'observation, celle des instruments d'optique et des principaux instruments de précision employés en astronomie, celle des calculs numériques et des méthodes d'interpolation. Le présent volume est consacré à l'astronomie proprement dite. Il s'adresse, comme le précédent, aux étudiants des Facultés des sciences; ceci ne veut pas dire que l'auteur s'est borné à traiter les questions qui figurent à l'ancien programme de la licence

ès sciences mathématiques. Au contraire, il a voulu donner à l'étudiant qui veut apprendre l'astronomie les moyens de se mettre au courant de ce qui se fait réellement dans les Observatoires, quand on veut tirer parti d'une observation. Il ne s'est pas astreint et je ne saurais l'en trop louer, à exposer cette science bâtarde dont on s'est trop souvent contenté dans les Facultés des sciences, de peur sans doute d'effrayer les étudiants en leur apprenant quelque chose de pratique : c'est la véritable astronomie qu'a voulu enseigner M. Baillaud, et ses éminentes qualités, dont je puis témoigner, lui ont rendu facile cette tâche un peu ingrate.

De plus, M. Baillaud n'a pas craint d'initier les étudiants aux premiers principes de la mécanique céleste ; je ne doute pas, pour ma part, que son exposition si claire et si précise ne soit un précieux encouragement pour ceux d'entre eux qui sont curieux de cette science si attachante et qui peuvent librement poursuivre leurs études dans cette voie, grâce à l'heureuse réforme de la licence ès sciences ; après la lecture du livre que nous allons analyser, ils ne trouveront plus de difficultés quand ils entreprendront l'étude des grands traités de mécanique céleste de Laplace et du regretté Tisserand.

Ce second volume comprend vingt et un chapitres.

Le chapitre premier est consacré aux définitions relatives à la sphère céleste, au mouvement diurne et aux différents systèmes de coordonnées employés en astronomie : les divers problèmes qu'il y a lieu de poser à ce sujet y sont résolus avec élégance et simplicité.

La théorie de la réfraction astronomique forme la matière du chapitre II ; on y trouvera, en particulier, les formules qui servent à corriger de la réfraction les observations équatoriales, qui donnent les différences des coordonnées de deux astres très voisins dont l'un est supposé parfaitement connu ; la mesure des hauteurs au moyen du baromètre termine ce chapitre.

Dans le chapitre III, l'auteur étudie la parallaxe, c'est-à-dire la correction qu'il faut apporter aux coordonnées géocentriques. Il détermine avec soin les corrections de parallaxe pour les différentes espèces d'observations et les diverses catégories d'astres ; il termine en parlant de la parallaxe des étoiles.

Le chapitre IV est consacré à l'étude de l'aberration de la lumière et de son influence sur les observations. L'aberration annuelle, l'aber-

ration diurne et l'aberration des planètes sont successivement envisagées.

Le chapitre V est particulièrement important; M. Baillaud y définit de la façon la plus précise les phénomènes connus sous le nom de *précession* et de *nutation*, c'est-à-dire le déplacement de l'écliptique et de l'équateur sur la sphère céleste; il montre comment on passe des coordonnées moyennes d'un astre à une date aux coordonnées moyennes du même astre à une autre date; quelle est l'influence de la précession sur les éléments qui déterminent la position d'un grand cercle; comment se fait la réduction du jour; enfin, il termine en résolvant les questions relatives au mouvement propre des étoiles.

Dans le chapitre VI, l'auteur étudie le mouvement du soleil et est amené par suite à donner les principales formules relatives au mouvement elliptique, en particulier à la résolution de l'équation de Képler et aux développements en série du rayon vecteur et des diverses anomalies. Il définit d'une façon précise les différents jours et les différentes années usités, le temps sidéral, le temps vrai, le temps moyen, et montre comment l'on convertit l'un de ces temps en un autre; enfin, il étudie l'équation du temps, ses zéros, ses maxima et ses minima.

Le chapitre VII débute par l'étude des mouvements apparents des planètes, on y trouve ensuite l'exposition du système de Copernic, l'énoncé exact des lois de Képler étendues à tous les cas possibles; la définition des éléments d'une orbite; l'étude du mouvement parabolique et du mouvement elliptique dans une orbite très allongée, d'après Gauss; les formules relatives à la construction d'une éphéméride donnant les coordonnées équatoriales géocentriques d'une planète ou d'une comète; enfin, les relations différentielles entre les éléments de l'orbite d'un astre et les coordonnées géocentriques de cet astre.

Les chapitres VIII, IX et X sont consacrés à la résolution du problème de la détermination de l'orbite elliptique d'une planète ou de l'orbite parabolique d'une comète à l'aide de trois observations complètes. Les méthodes exposées sont celles de Gauss, d'Oppolzer et d'Olbers, et cette exposition ne laisse rien à désirer sous le rapport de la précision et de la clarté. Les précautions à prendre sont expliquées minutieusement; le degré de précision que l'on peut obtenir est

discuté avec le plus grand soin. On y trouve aussi la démonstration des beaux théorèmes d'Euler et de Lambert, relatifs aux orbites paraboliques et elliptiques; la détermination des orbites circulaires d'après Oppolzer; l'étude de la variation de grandeur d'une petite planète; un résumé des recherches de M. Brédichin sur les queues des comètes et de celles de Schiaparelli sur les étoiles filantes; et finalement, la détermination de l'orbite parabolique d'un essaim.

Les cinq chapitres suivants forment un abrégé de mécanique céleste des plus intéressants. D'abord, au chapitre XI, M. Baillaud conclut des lois de Képler la loi de la gravitation universelle; puis, partant de la loi de Newton, il donne, sous les différentes formes les plus usitées, les équations différentielles du mouvement de n corps réduits à des points matériels et il intègre les équations dans le cas de deux corps; le chapitre se termine par l'étude des formules de M. Brédichin, relatives au mouvement d'une particule de la queue d'une comète.

Dans le chapitre XII, après avoir donné les intégrales connues du problème des n corps, l'auteur établit, par la méthode de Lagrange, les équations du mouvement troublé d'une planète, expose la méthode d'intégration par approximations successives, met en lumière les diverses sortes d'irrégularités et donne, en particulier, les expressions générales des inégalités séculaires.

Le chapitre XIII contient le calcul des perturbations spéciales par quadratures mécaniques. M. Baillaud y a exposé successivement la méthode de la variation des éléments, celle de Bond et Encke pour le calcul des perturbations des coordonnées rectangulaires; enfin, celle de Hansen et Tietjen, fondée sur l'emploi des coordonnées polaires.

Pour chacune de ces méthodes, il montre comment se fera le calcul des éléments osculateurs à une date donnée.

Le chapitre XIV renferme, d'après un Mémoire de Tisserand, une détermination élémentaire des principales inégalités du mouvement de la Lune, et le chapitre XV fait connaître les circonstances les plus importantes du mouvement des satellites de Jupiter, et met en évidence l'intérêt qui s'attache à l'observation des éclipses de ces astres.

Les chapitres XVI, XVII, XVIII et XIX sont consacrés à l'étude de la Terre. Le premier d'entre eux est un aperçu historique des recherches, tant anciennes que modernes, relatives à la forme de la Terre et à ses dimensions; dans le chapitre XVII sont décrits les instruments

de mesure des bases géodésiques, de mesure des angles; les moyens employés pour déterminer l'heure, la latitude et la longitude dans une station géodésique ou en mer; le chapitre XVIII renferme la théorie des calculs géodésiques, c'est-à-dire des triangulations et des nivellements; enfin, dans le chapitre suivant, M. Baillaud s'occupe des cartes géographiques, d'après le Mémoire connu de Tissot.

Le chapitre XX est intitulé : *Apparences qu'offrent les astres du système solaire*. L'auteur montre d'abord comment on détermine par les observations le mouvement de rotation d'un astre, en particulier du Soleil et de la Lune, et enfin la méthode de Hansen, pour calculer les éclipses de Soleil, et, généralement, les passages d'un astre sur la surface du cône circonscrit à deux autres astres; il montre comment on obtient les courbes limites dans une éclipse de soleil, et comment on calcule les circonstances d'une telle éclipse en un lieu donné.

Le chapitre XXI et dernier renferme l'exposé des principales méthodes de l'Astronomie moderne.

M. Baillaud indique d'abord les recherches entreprises sur les parallaxes des étoiles, sur les mouvements relatifs des étoiles doubles et leurs masses, sur les mouvements propres des étoiles, et, en particulier, celui du Soleil; sur l'éclat des étoiles et sur leurs grandeurs photographiques; il signale justement les travaux d'Argelander, décrit les divers photomètres en usage, et montre comment on peut expliquer les phénomènes présentés par les étoiles variables. Puis il parle des belles applications de la spectroscopie à l'astronomie : l'étude des protubérances solaires, et celle des vitesses radiales des étoiles à l'aide du principe de Doppler-Fizeau. Enfin, quelques mots sur l'histoire de la photographie et les procédés actuellement employés pour construire la carte photographique du ciel terminent l'ouvrage.

Comme on le voit, l'œuvre que M. Baillaud a su mener à bonne fin est considérable. Il a su condenser en un volume de 500 pages la substance des grands traités d'astronomie de Chauvenet, de Watson et d'Oppolzer, et exposer d'une façon élémentaire les principales circonstances du mouvement des astres. Il a montré les choses comme elles sont en réalité, et, pour obtenir ce résultat, il a fait œuvre de mathématicien autant que d'astronome : son bel ouvrage ne saurait donc manquer, comme nous le disions plus haut, de développer parmi les étudiants auxquels il s'adresse le goût de l'astronomie, en

leur ouvrant toutes larges les portes de cette science et leur permettant de la voir telle qu'elle est, attirante par la grandeur des problèmes qu'elle étudie, et féconde, puisque, s'emparant de toutes les ressources que lui offre l'analyse, comme la physique, c'est elle qui a déterminé les plus grands progrès réalisés par ces sciences.

H. ANDOYER.

(Extrait du *Bulletin des Sciences mathématiques*, deuxième série, tome XXI, année 1897, première partie, pages 114 et suivantes. Gauthier-Villars, éditeur, Paris.)