



HAL
open science

Un astronome bourguignon : Alexandre Véronnet (1876-1951)

Hervé Le Ferrand

► **To cite this version:**

Hervé Le Ferrand. Un astronome bourguignon : Alexandre Véronnet (1876-1951). 2016. hal-01246830v3

HAL Id: hal-01246830

<https://hal.science/hal-01246830v3>

Preprint submitted on 8 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Un astronome bourguignon :
Alexandre Véronnet (1876-1951)
(document de travail, version 3)

Hervé Le Ferrand*

8 juin 2020

*Institut de Mathématiques de Bourgogne, Université de Bourgogne, France,
leferran@u-bourgogne.fr

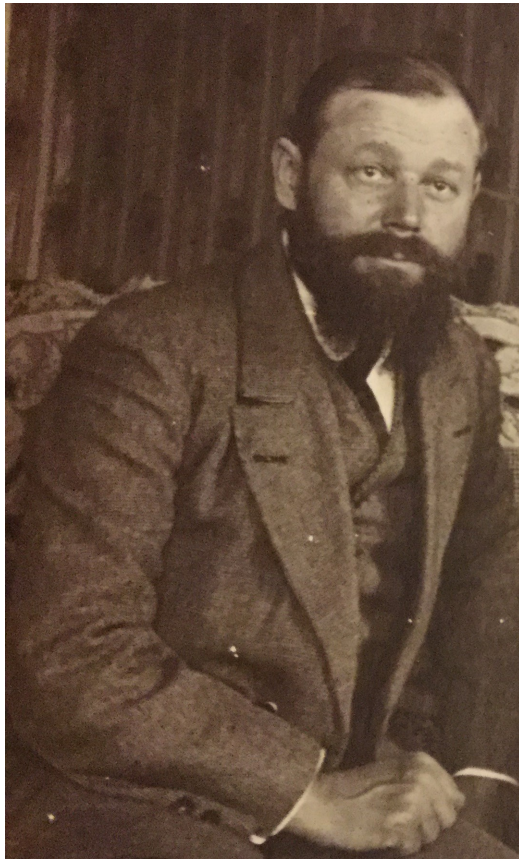


FIGURE 1 – Alexandre Véronnet ©

Table des matières

1	Introduction	4
2	Enfance	5
3	Etudes et thèse	7
3.1	Faculté des Sciences de l'Université Catholique de Lyon	7
3.2	Thèse à la Faculté de Sciences de Paris	9
4	La Première Guerre mondiale	13
5	Une carrière strasbourgeoise	14
6	L'apport scientifique d'Alexandre Véronnet	17
6.1	Figures d'équilibre de la Terre	17
6.2	Cosmogonie	25
6.3	Mathématiques	31
6.4	Récompenses	31
7	Annexe 1 : les publications d'Alexandre Véronnet	36
7.1	Articles recensés par le Jahrbuch	36
7.2	Articles recensés par le Astromiches Jahresbericht	39

1 Introduction

Dans sa critique du livre de Jean-Pierre Verdet [46] sur l'histoire de la cosmogonie, Volny Fages [18] écrit :

Si l'on choisit de parler d'Émile Belot, pourquoi ne pas évoquer les travaux d'autres cosmogonistes tout aussi importants durant l'entre-deux-guerres comme l'abbé Théophile Moreux ou l'astronome Alexandre Véronnet ?

Qui est donc Alexandre Véronnet ? Nous allons voir qu'Alexandre Véronnet est une personnalité tout à fait étonnante ayant eu un parcours très original. Prêtre, il quitte l'Église à la fin de la Première Guerre mondiale. Il soutient une thèse en Astronomie en 1912. Le premier conflit mondial, auquel il participe comme infirmier d'Août 1914 à Février 1919, l'empêchera de mener la carrière d'astronome à Paris qu'il avait débutée en Février 1914.

L'oeuvre scientifique de Véronnet est importante tant en Astronomie (et en Cosmogonie¹) qu'en Mécanique Rationnelle². Alexandre Véronnet participe à la rédaction du premier fascicule du Tome 4 [3] en 1930³ et écrit entièrement en 1937 le second fascicule du Tome 4 du *Traité* de Paul Appell [4]. En effet, le célèbre mathématicien français Paul Appell (1855-1930) publie en 1893 le premier volume de son *Traité de Mécanique Rationnelle*. Ce traité va comprendre cinq volumes⁴ et pour chacun de ces volumes, plusieurs éditions. Véronnet fait donc partie des différents scientifiques qui ont contribué à la rédaction de cet important et volumineux traité.

En 1919, Alexandre Véronnet devient à Strasbourg un collaborateur du très influent mathématicien Henri Villat (1879-1972). Ce dernier prend en charge, à l'automne 1921, les destinées du *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées* puis crée la série de monographies *Mémorial des Sciences Mathématiques* (voir [29]).

Alexandre Véronnet n'a pas laissé d'archives. En effet, vivant à Strasbourg, il doit quitter cette ville précipitamment en Septembre 1939 suite à

1. Système de la formation de l'Univers.

2. Pour mieux cerner ce que recouvre cette dénomination, nous renvoyons le lecteur à l'article de Robert Locqueneux, *Duhem et la « Mécanique rationnelle et expérimentale » de Bouasse*. publié sur Bibnum : <https://www.bibnum.education.fr>

3. Pour sa première édition.

4. Volume I (1893) ; Volume II (1896) ; Volume III (1900) ; Volume IV (1921) ; Volume V (1926).

l'offensive de l'armée allemande. Il perd tous ses biens. Ainsi pour la rédaction de cette note nous nous appuyons d'une part sur les quelques documents et témoignages recueillis par son petit-fils⁵ et d'autre part sur une documentation importante (ouvrages, articles), accessible en bibliothèque ou sur internet, liée à Alexandre Véronnet.

2 Enfance

Alexandre Véronnet naît le 11 Mai 1876 à Chagny, une commune située au nord département de la Saône et Loire (région Bourgogne-Franche Comté). Ce village est proche de quatre villes bourguignonnes renommées, Autun, Chalon sur Saône, Le Creusot⁶ et Beaune⁷. Chagny connaît un essor important dans la deuxième moitié du XIXe siècle avec l'arrivée du chemin de fer en 1849⁸.



FIGURE 2 – gare de Chagny vers 1900 (source : Wikipédia)

5. Monsieur Jean-Louis Doreau dont la mère était la fille unique d'Alexandre Véronnet nous a très aimablement présenté plusieurs documents sur Alexandre Véronnet. Monsieur Doreau est le maire de la commune de Chassey Le Camp (Saône et Loire), village dans lequel Alexandre Véronnet s'est retiré en 1941.

6. Ces trois villes sont aussi en Saône et Loire.

7. Dans le département de la côte d'Or.

8. La ligne de chemin de fer Dijon-Chagny-Chalon sur Saône est en effet ouverte le 2 Septembre 1849 (source : base TEMIS).

De plus, Chagny est traversée depuis la fin du XVIIIe siècle par le Canal du Centre. C'est donc une ville dynamique et prospère en cette année 1876. D'ailleurs en 1881, la Société des grandes tuileries de Bourgogne Chagny-Montchanin s'installe à Chagny⁹.

A côté de l'église de Chagny¹⁰ se trouve le pensionnat mariste Sainte Marie¹¹ que fréquenta Alexandre Véronnet.



FIGURE 3 – Eglise Saint Martin de Chagny (source : Wikipédia)

Le père d'Alexandre Véronnet, Léonard¹²(1843-1923), est entrepreneur de chars à boeufs. Ces chars étaient utilisés en agriculture [8] :

Enfin, la région de Chagny et tout le val de Saône au sud de Chalon connaissent un type de char à quatre roues plus fini, plus moderne, qui se rapproche des chars anglais : une caisse parallépipédique est portée sur deux grandes roues à l'arrière et sur deux petites à l'avant ; ces dernières peuvent être braquées à 90 degrés.

9. source : BNF

10. L'église Saint-Martin date en partie des XII^{ème} et XIII^{ème} siècles. Sur la place de l'église se trouve depuis 1991 une oeuvre de Richard Serra, *Octogon for Saint Eloi*.

11. Le collège Sainte Marie partage à présent ses locaux avec un institut de formation hôtelière.

12. dit Léon.

Alexandre Véronnet est donc élève du collège Sainte Marie. Cette institution religieuse est créée en 1862-1864 par le curé de Chagny qui fait appel aux *Frères Maristes des Ecoles*^{13 14}.

Quelle voie suit Alexandre Véronnet à sa sortie du collège ? Nous savons simplement qu'il sera ordonné prêtre. Sur son livret de matricule militaire¹⁵, il est mentionné qu'Alexandre Véronnet vit à Autun et qu'il est *élève ecclésiastique*¹⁶. Nous sommes en 1896. En 1900, Alexandre Véronnet alors vicaire à Romanèche-Thorens (Saône et Loire) est nommé professeur à Semur en Brionnais (Saône-et-Loire). Puis en Août 1905, il devient professeur au Petit Séminaire d'Autun.

3 Etudes et thèse

3.1 Faculté des Sciences de l'Université Catholique de Lyon

Dans sa *Notice sur les titres et travaux scientifiques de M. Alexandre Véronnet, astronome à l'observatoire de Strasbourg* qu'il a rédigée en 1929 pour sa candidature aux postes de directeur des Observatoires d'Alger et de Besançon, Alexandre Véronnet indique trois points : qu'il est licencié ès-sciences Mathématiques et Physique en 1903 ; professeur dans l'enseignement libre (vraisemblablement pendant 13 ans de 1900 à 1913) ; docteur ès-sciences en Mathématiques en 1912. La *Semaine religieuse du Diocèse de Lyon*¹⁷ [1] indique qu'Alexandre Véronnet est reçu au certificat d'Analyse et d'Astronomie en Juillet 1903 à la Faculté des Sciences de l'Université Catholique de Lyon. En Novembre 1903, Alexandre Véronnet est reçu au certificat de Physique.

Le doyen de la Faculté des Sciences de l'Université Catholique de Lyon est, depuis 1901, le comte Magnus de Sparre (1849-1933)¹⁸. Ancien élève de

13. Source : document *150 ans de présence des frères maristes, 1862-2012 Chagny*.

14. Cette congrégation est fondée par Marcellin Champagnat (1789-1840).

15. Classe 1896, livret numérisé par les archives de la Côte d'Or.

16. On peut légitimement penser qu'Alexandre Véronnet a suivi des études au séminaire d'Autun.

17. A10, T2, volume 20, année 1903.

18. Magnus Louis Marie de Sparre, Ermatingen (Suisse), 12 Mai 1849 - Lyon 5ème, 27 Février 1933. Baron de Kronoberg, comte de Sparre. Le premier comte de Sparre, titre donné par Louis XIV, est le général et ambassadeur suédois Per Sparre, 1628-1692.

l'École Polytechnique, promotion 1868, le comte de Sparre soutient une thèse en Sciences Mathématiques à la Faculté des Sciences de Paris le 21 Mars 1882 intitulée « Sur le mouvement du pendule conique à la surface de la Terre ». Le rapporteur de la thèse est le mathématicien Charles Hermite (1822-1901). Charles Hermite écrit [22] :

C'est un excellent travail qui témoigne de la connaissance étendue en analyse comme en mécanique. M. Sparre a montré surtout des questions délicates d'approximations, un talent très distingué. L'auteur possède à fond la théorie des fonctions elliptiques dont il fait le plus heureux emploi dans sa thèse.

Le comte de Sparre est en 1877 chargé de cours à la Faculté des Sciences de l'Université catholique de Lyon, puis est nommé professeur en 1882. Il en sera le doyen en 1901. Le comte de Sparre effectue quarante-cinq années de professorat dans cette université¹⁹. D'après le *Jarbuch über die Fortschritte der Mathematik*, le comte de Sparre est l'auteur d'un peu plus de soixante-dix articles et manuscrits. On lui doit notamment des résultats importants dans l'utilisation des fonctions elliptiques à la résolution d'équations différentielles, mais aussi en Mécanique et en Balistique.

Hermite a souligné, comme nous l'avons vu plus haut, dans son rapport sur la thèse du comte de Sparre la connaissance très fine qu'a ce dernier de la théorie des fonctions elliptiques en cette fin du XIX^e siècle. Un an après la soutenance de sa thèse, en 1883, le comte de Sparre publie deux articles dans *Acta Mathematica* sur l'intégration d'une équation différentielle du second ordre faisant intervenir des fonctions elliptiques. En 2006, Matveev et Smirnov reprennent dans [37] ces travaux du comte de Sparre. Ils font le lien entre ce qu'ils nomment « l'équation de Sparre » et l'équation de Darboux-Treibich-Verdier. Le comte de Sparre reçoit en 1909 le prix Poncelet en Mécanique décerné par l'Académie des Sciences de Paris. Il est élu correspondant de l'Académie des Sciences dans la section de mécanique le 21 juillet 1913. Nul doute qu'Alexandre Véronnet a eu le comte de Sparre comme professeur.

Alexandre Véronnet s'intéresse à différents domaines scientifiques. En 1901, il publie chez un éditeur de Tours l'ouvrage *Trois savants chrétiens au XIX^e siècle, Ampère-Cauchy-Pasteur*²⁰. Alexandre Véronnet écrit en préambule :

19. Voir son dossier de Légion d'Honneur, Base Léonore.

20. Ce livre est numérisé sur archiv.org

A tous ceux qui m'ont fait quelque bien, à mon père et à mes chers maîtres qui m'ont appris à unir, l'amour de la France, l'amour de la science à celui de la religion, j'offre ce livre. Qu'ils soient heureux et fiers de retrouver ici beaucoup de ce qui, en moi, leur appartient plus qu'à moi. Que les jeunes gens auxquels je le destine aiment à écouter leur voix mêlée à celle de nos trois grands savants. Si la force de leur exemple réveille une énergie endormie, raffermisse une foi chancelante, mes vœux seront comblés.

Puis en Décembre 1903, il s'adresse en ces termes à Pierre Duhem (1861-1916)²¹, physicien et historien des Sciences à l'Université de Bordeaux :

(...) et crois avec vous que l'avenir est dans la Thermodynamique. Je viens de parcourir le très intéressant ouvrage que vous avez publié sur la Thermodynamique et Chimie, etc.

J'ai lu également mais simplement dans un compte rendu de l'Académie ce que vous avez publié sur les vibrations longitudinales, les rapprochant avec les Rayon X.

3.2 Thèse à la Faculté de Sciences de Paris

Alexandre Véronnet soutient sa thèse « *Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la terre* » en 1912²² à la Faculté des Sciences de Paris (Sorbonne). Le président du jury est l'astronome Henri Andoyer (1862-1929), Henri Poincaré (1854-1912) en est le rapporteur et Paul Appell le troisième membre du jury. La thèse reçoit la mention *Très honorable*. Le mémoire de Véronnet est publié dans le tome 8 (1912) du *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, pages 331-463. La thèse de Véronnet est consacrée aux *figures d'équilibre*. Nous reviendrons plus en détail sur cette notion quand nous analyserons les travaux d'Alexandre Véronnet. Indiquons cependant que les figures considérées sont essentiellement des ellipsoïdes et qu'Alexandre Véronnet s'intéresse à l'aplatissement aux pôles. Dans le cas d'un ellipsoïde de révolution, si a désigne le demi grand axe et b le demi petit axe, l'aplatissement est la quantité $f = \frac{a-b}{a}$. En général, c'est la valeur de $\frac{1}{f}$ qui est donnée. Un autre paramètre intervient : la première excentricité.

21. Cette lettre fait partie du fonds Pierre Duhem, à l'Académie des Sciences de Paris. Nous remercions Jean-François Stoffel de nous l'avoir transmise.

22. Le rapport de la thèse se trouve aux Archives Nationales sous la cote : aj/16/5541.

La première excentricité est donnée par la formule $\sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$.

Les recherches d'Alexandre Véronnet menées lors de sa thèse portent sur un sujet important dans les domaines de l'Astronomie et de la Géodésie. C'est d'ailleurs un sujet toujours d'actualité comme nous le verrons. En ce début de XXIème siècle, la thèse de Véronnet intègre cependant le domaine des Mathématiques. En effet, Juliette Leloup explique dans [32] que l'Astronomie est « à la marge du milieu mathématique traditionnel » en ce qui concerne la Sorbonne. Elle relève notamment la présence de Henri Poincaré dans les différents jurys de thèses d'Astronomie soutenues à Paris entre 1900 et 1914. Mais Juliette Leloup remarque que, de façon surprenante, les travaux de Poincaré sont peu cités dans les rapports de thèse. Elle ajoute :

Cette étude des rapports permet de mesurer l'absence d'influence intellectuelle de Poincaré tout en éclairant sa position institutionnelle dans la faculté des sciences. Cela confirme la situation particulière du champ disciplinaire de l'astronomie dans le milieu mathématique.

Henri Poincaré²³ a rédigé le rapport de la thèse d'Alexandre Véronnet. Nous en donnons une retranscription ci-dessous :

M. Véronnet a repris l'étude de l'équation de Clairaut et de la figure des planètes. Il commence par étudier le cas où les couches homogènes consécutives ont la forme d'ellipsoïdes ; on sait que M. Hamy²⁴ a démontré que ce cas ne peut se présenter si la vitesse de rotation est supposée uniforme, mais M. Véronnet cherche comment cette vitesse doit varier d'une couche à l'autre pour que ces couches affectent la forme ellipsoïdale, il est ainsi conduit à une équation différentielle à laquelle cette vitesse doit satisfaire, et non seulement il retrouve le résultat de M. Hamy, mais il montre que l'aplatissement va toujours en croissant du centre à la surface. Il applique ensuite ses résultats au cas des ellipsoïdes de révolution et trouve ainsi les limites de la vitesse et de l'aplatissement. Ces résultats ne sont pas directement applicables, aux cas naturels, puisque les inégalités de la vitesse de rotation seraient promptement détruites par le frottement. Mais comme les couches

23. Source : Archives Nationales, dossier AJ/16, Académie de Paris.

24. Maurice Hamy (1861-1936), thèse soutenue en 1887, membre de l'Académie des Sciences (1908).

s'écartent peu en réalité de la forme ellipsoïdale, on peut tirer des indications sur le cas dans lequel elles s'en écartent et sur l'ordre de grandeur des écarts.

L'auteur se restreint ensuite au cas où la vitesse est uniforme et l'aplatissement faible, c'est à dire au problème de Clairaut. Des résultats pour la plupart déjà connus sont retrouvés par une autre voie.

On sait que M. Radau²⁵ et à sa suite d'autres savants ont établi que la (constante) observée de la précession n'est pas compatible avec tous les aplatissements, et que les seuls aplatissements possibles sont compris de fait entre des limites assez étroites. M. Véronnet reprend cette question et l'approfondit. Il commence par établir certaines relations entre les données astronomiques de la vitesse de rotation superficielle, des moments d'inertie et de l'aplatissement (). Ces relations resteraient vraies si la vitesse de rotation variait en (profondeur) mais quand on y introduit, par le noyau de l'équation de Clairaut, la condition de l'uniformité de cette vitesse, elle nous fournit des données importantes sur l'aplatissement; on trouve en effet

$$297,097 < \frac{1}{e} < 297,392$$

On trouve ainsi par le calcul des limites plus précises que celles que pouvait donner l'observation directe. Le résultat est d'ailleurs confirmé par l'étude des diverses lois de densité proposées jusqu'ici.

Cette précision cependant ne pourrait être qu'illusoire, les calculs sont faits en effet en négligeant le carré de l'aplatissement et la différence entre les deux limites trouvées

$$\frac{1}{297,097} - \frac{1}{297,392}$$

est de l'ordre de ce carré.

M. Véronnet a donc cru devoir, et c'est là qu'il a été le plus original, pousser ses calculs en tenant compte du carré de l'apla-

25. Jean-Charles-Rodolphe Radau (1835-1911), astronome, membre de l'Institut (Académie des Sciences) et du Bureau des Longitudes.

tissement. M. Callandreau²⁶ avait déjà trouvé sur ce sujet des résultats intéressants ; il avait montré que si l'on tient compte de ces termes, l'ellipsoïde est légèrement creusé des parallèles moyens. M. Véronnet poursuit cette recherche par la méthode qui lui est propre ; il suppose d'abord que les surfaces sont réellement ellipsoïdales et que le vitesse est variable, il trouve qu'il faut que cette vitesse aille en croissant de l'équateur au pôle suivant une certaine loi, et il trouve en tenant compte de cette loi, une équation analogue à celle de Clairaut. Mais ce n'est pas la cas de la nature ; les vitesses sont uniformes, les surfaces de niveau ne sont pas ellipsoïdales ; on voit que la dépression en un point d'une de ces couches est donnée par la formule

$$a\gamma \sin^2 \theta \cos^2 \theta$$

et la variation de potentiel due à cette dépression peut être une approximation suffisante par le potentiel d'une couche sphérique de densité variable. Il est aisé de calculer le coefficient γ qui satisfait à une équation intégrale analogue à l'équation de Clairaut. Ce qui doit nous intéresser dans la discussion qui suit, c'est que l'auteur a pu donner pour cette dépression des limites plus étroites que celles qu'avait données M. Callandreau. La même analyse conduit pour les limites de l'aplatissement aux inégalités

$$296,63 < \frac{1}{e} < 297,22$$

peu différentes de celles que donnait la première approximation.

Le Chapitre VI est consacré à l'étude des diverses hypothèses particulières, celle où la Terre se serait solidifiée d'un seul coup en tournant avec une vitesse uniforme, mais différente de la vitesse actuelle ; celle où elle se serait solidifiée progressivement, la vitesse étant variable en profondeur (l'auteur conclut que l'on ne pourrait rendre compte des faits - en admettant l'aplatissement de Clarke - qu'en supposant que la solidification a commencé par le centre et que la vitesse superficielle a été en s'accroissant avec le temps) ; celle où la Terre serait encore fluide à l'intérieur et où

26. Octave Callandreau (1852-1904), polytechnicien, astronome à l'Observatoire de Paris.

la vitesse de rotation des couches internes serait encore variable en profondeur, ce qui amènerait une modification de la constante de précession ; celle où l'écorce aurait une rotation plus lente que le noyau fluide par suite du frottement des (?) : enfin diverses hypothèses supposant l'existence d'un anneau fluide et où on a voulu chercher l'explication de la périodicité des tremblements de Terre. De cette discussion assez sérieuse se dégage l'impression que l'hypothèse simple de Clairaut reste encore la plus vraisemblable.

Dans les deux derniers chapitres, M. Véronnet donne des calculs numériques complets, soit en négligeant le carré de l'aplatissement, soit en en tenant compte, pour diverses loi de densité et en particulier pour celle qui a été proposée par Lipchitz.

Le travail de M. Véronnet est fait avec le plus grand soin, il contient des résultats fort intéressants, il est une oeuvre bien personnelle et nous sommes d'avis qu'il y a lieu d'autoriser l'impression et la soutenance de cette thèse.

Paris, 14 Janvier 1912, Henri Poincaré

M. Véronnet a fait preuve, à la soutenance, de connaissances étendues et solides, et de grandes qualités de professeur. Le jury lui a conféré le grade de Docteur avec la mention Très Honorable.

Le président, Paul Appell

En 1913, Alexandre Véronnet bénéficie d'une bourse de la fondation Commercys pour poursuivre ses recherches. Le 4 Février 1914, il est nommé *astronome stagiaire* à l'Observatoire de Paris alors dirigé par Benjamin Baillaud (1848-1934). La guerre de 14-18 va malheureusement interrompre cette carrière parisienne.

4 La Première Guerre mondiale

Le petit-fils d'Alexandre Véronnet rappelle dans [14] le parcours du savant durant la Première Guerre mondiale. En Août 1914, il est affecté à l'hôpital militaire de Dijon comme infirmier (8e section²⁷). En 1916, Alexandre Véronnet participe à la bataille de la Somme en tant que manipulateur radiographe à l'HOE 18. HOE est l'acronyme de *Hôpital d'Evacuation* (ou

27. Section d'infirmiers militaires faisant partie du 8e corps d'armée.

Hôpital d'Origine d'Etapes)²⁸. Ces hôpitaux qui pouvaient être très proches de la ligne de front étaient chargés en particulier de trier les blessés en fonction de la gravité de leurs blessures. Les blessés pouvaient être opérés sur place ou évacués. C'est dans ce cadre qu'Alexandre Véronnet met en place une technique pour rendre plus efficace la prise de diagnostic. Comme l'explique le petit-fils d'Alexandre Véronnet, celui-ci fait au crayon bleu deux croix sur l'image radiographique à l'emplacement de la blessure, le cliché étant réalisé quand le blessé est positionné de dos puis de côté.

Il rencontre durant le conflit une infirmière, Jeanne Clerc²⁹, qui deviendra son épouse en 1919. Il rompt donc ses vœux à la fin de la Première Guerre mondiale³⁰.

5 Une carrière strasbourgeoise

Alexandre Véronnet arrive à Strasbourg au Printemps 1919. Dans sa *Notice sur travaux* [49], Alexandre Véronnet indique qu'il est « *envoyé en mission à l'Observatoire de Strasbourg le 1er Mai 1919* »³¹. Par un arrêté du 19 Novembre 1919, Alexandre Véronnet est de plus nommé chargé de conférences de mécanique rationnelle à l'Université de Strasbourg [2]. Sur cet arrêté figure d'ailleurs la mention *astronome-adjoint à l'Observatoire de Strasbourg*.

L'Université de Strasbourg est officiellement inaugurée fin Novembre 1919. Des professeurs de renom y sont nommés. Outre Henri Villat, citons le mathématicien Maurice Fréchet (1878-1973), professeur à partir de 1928 à la faculté des Sciences de Paris et futur directeur du laboratoire de calcul et de statistique de l'Institut Henri Poincaré³², et l'historien médiéviste Marc Bloch (1886-1944). Il s'agit pour le gouvernement français de créer à Strasbourg une université de tout premier ordre³³. Alexandre Véronnet participe

28. Voir par exemple les documents conservés au Service des Archives médicales et hospitalières des Armées (S.A.M.H.A.).

29. Originaire du village de Fontaines non loin de Chagny.

30. D'après son petit-fils, il a dû recevoir l'appui de scientifiques pour faire aboutir cette procédure auprès du Vatican.

31. Il est nommé par un arrêté du 12 Avril 1919 [2]. L'expression *aide-astronome* sera remplacée par celle d'*astronome-adjoint*. A cette époque, seul le directeur de l'observatoire avait le titre d'astronome.

32. voir par exemple [5].

33. Voir par exemple : <http://130anspalaisu.unistra.fr/index.php?id=21181>

donc à cette (re)naissance. Dans [7], Georges Bischoff écrit d'ailleurs :

(...) En effet, entre 1919 et le début des années trente, la ville était en quelque sorte la tête de pont de l'intelligence française en direction de l'Europe centrale, et, naturellement, face à l'Allemagne : ses Facultés et ses laboratoires accueillait les meilleurs chercheurs dans la plupart des domaines (...)

Alexandre Véronnet seconde Henri Villat dans un enseignement de Mathématiques. On peut lire dans un des numéros de l'année 1919 des *Nouvelles annales de mathématiques*³⁴ une description de l'enseignement de Mathématiques dispensé alors à l'Université de Strasbourg : Henri Villat est chargé, sur les deux semestres, d'un cours de Mécanique Rationnelle et Alexandre Véronnet de conférences liées à ce cours. Véronnet et Villat collaborent donc dès l'automne 1919. Selon son dossier de carrière [2], Alexandre Véronnet est chargé de deux heures hebdomadaires³⁵ d'enseignement en Mécanique Rationnelle, enseignement qu'il assurera jusqu'en 1939, donc encore après le départ en 1927 de Villat³⁶. En 1927, Alexandre Véronnet succède à Henri Villat à l'Ecole Régionale d'Architecture de Strasbourg pour l'enseignement de la Statique et de la Résistance des matériaux [2, 49].

Concernant ses activités de recherche, Alexandre Véronnet a une activité importante de publication dans le domaine de l'Astronomie. Il s'agit plutôt d'articles portant sur des questions théoriques. Nous avons très peu d'éléments sur son travail d'observation à l'Observatoire de Strasbourg. Philippe Veron dans son dictionnaire [47] mentionne qu'à partir d'Octobre 1929, pour des raisons médicales, Alexandre Véronnet ne pouvait plus faire d'observations de nuit.

Alexandre Véronnet entre à la Société Mathématique de France en 1920. A cette époque, il faut encore être parrainé pour devenir membre de cette société. La candidature d'Alexandre Véronnet est présentée par Paul Appell et Ernest Esclangon (1876-1954), directeur de l'Observatoire de Strasbourg.

A la fin des années 1920 et au début des années 1930, Alexandre Véronnet candidate à plusieurs reprises, sans succès, à la direction d'un observatoire [19, 23].

Arrive l'année terrible 1939. Comme nous l'avons indiqué dans l'introduction, Alexandre Véronnet, son épouse et leur fille, quittent précipitamment

34. 4e série, tome 19, 1919, revue numérisée sur Numdam.

35. Parfois trois heures.

36. Henri Villat est nommé à la Faculté des Sciences de Paris en 1927.



FIGURE 4 – L’observatoire de Strasbourg (source : Wikipedia)

Strasbourg le 2 Septembre de cette même année. En vingt-quatre heures, c’est 120 000 strasbourgeois qui sont évacués³⁷. L’Université de Strasbourg et l’Observatoire se replient à Clermont-Ferrand en Novembre 1939³⁸. Le directeur de l’Observatoire de Strasbourg est, depuis le premier Septembre 1930, prenant la succession d’Ernest Esclangon, l’astronome André Danjon (1890-1967)³⁹. André Danjon est aussi en 1939 vice-président de l’Université de Strasbourg. Comme l’année 1914, l’année 1939 marque une coupure dans la carrière académique d’Alexandre Véronnet. A Clermont-Ferrand Alexandre Véronnet a habité au 23 rue Paul Diomède comme sa carte d’identité nous l’indique⁴⁰.

En Septembre 1941, Alexandre Véronnet prend sa retraite et s’installe avec sa famille en Bourgogne.

37. Source : Archives de la Ville et le l’Eurométropole de Strasbourg.

38. Voir par exemple l’article de Michèle Audin [6]

39. Voir sa notice dans [47].

40. source : archives de M. Doreau.

6 L'apport scientifique d'Alexandre Véronnet

6.1 Figures d'équilibre de la Terre

La question des figures d'équilibres est abondamment traitée dans la littérature scientifique contemporaine. Nous nous référerons notamment aux travaux du géophysicien autrichien Helmut Moritz. Mais, appuyons-nous tout d'abord sur trois textes parus au début du XXIème dont Alexandre Véronnet a eu certainement connaissance. Les leçons sur les figures d'équilibre données à la Sorbonne par Henri Poincaré en 1900 sont publiées en 1903 [39]. Henri Poincaré est déjà l'auteur d'un long mémoire sur ce sujet en 1885, « Sur l'équilibre d'une masse fluide animée d'un mouvement de rotation » paru dans *Acta Mathematica*. En 1884, le mathématicien russe Alexander Liapounoff (Alexander Mikhaylovich Liapunov) (1857-1918) soutient une thèse sur les figures d'équilibre. Ce mémoire est traduit en français et publié dans les *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse* [35] en 1904.

Henri Poincaré et Alexander Liapounoff ont correspondu durant les années 1885 et 1886 sur les figures d'équilibre comme l'analysent Smirnov et Youchkevitch dans [44]. Les deux auteurs écrivent en introduction :

La théorie des figures d'équilibre de la masse fluide, dont les éléments s'attirent réciproquement selon la loi de Newton et qui est en rotation uniforme autour d'un axe quelconque, constitue l'une des parties importantes de la mécanique des fluides. Le problème de l'existence de ces figures d'équilibre et de leurs propriétés s'est posé de façon naturelle à la fin du XVIIe siècle lors de l'étude de la forme de la terre et des autres corps célestes et il a conservé toute son actualité jusqu'à nos jours. Les premiers pas dans l'étude des problèmes traitant du cas d'une masse homogène ont été faits par Newton (1687), qui a remarqué qu'une telle figure peut être un ellipsoïde de révolution. Les propriétés de ce dernier ont été étudiées d'une manière plus détaillée par Maclaurin (1740), et aussi par Clairaut (1737,1743), qui avait obtenu quelques résultats importants dans le cas d'une masse non homogène, bien que tout à fait particulière. Jacobi (1834) et K.O. Meyer (1842) ont examiné le cas de l'ellipsoïde triaxial. Ensuite, on a commencé l'étude des figures d'équilibre de forme ellipsoïdale variable.

Liouville (1855), puis Riemann (1860) ont posé le problème

de la stabilité des figures d'équilibre et l'ont fait avancer un peu. Au XIXe siècle, au cours des années 1880, A.M. Liapunov (1857-1918) et H. Poincaré (1854-1912), indépendamment l'un de l'autre, ont commencé à élaborer de nouvelles méthodes d'étude des figures d'équilibre et de leur stabilité : la thèse de doctorat de Liapunov a été publiée en 1884 et en 1885 parurent les premières publications de Poincaré. A peu près jusqu'à leur mort, tous deux firent des recherches dans ce domaine. En 1885-1886, Liapunov, alors chargé de cours à l'Université de Kharkov, et Poincaré, à cette époque professeur à la Sorbonne, confrontèrent, sous une forme épistolaire, leurs idées concernant les questions qu'ils avaient étudiées .

Justement pour la définition d'une *figure d'équilibre*, on peut se référer à Liapounoff qui écrit dans [35], pages 13 et 14 :

Considérons un liquide parfait homogène, et supposons que les seules forces qui agissent sur lui sont les attractions mutuelles des molécules, soumises à la loi newtonienne de la proportionnalité à l'inverse du carré des distances, et une pression constante s'exerçant à la surface.

Supposons que le liquide, qui se trouve sous l'action de ces forces, tourne d'un mouvement uniforme, comme un corps solide, autour d'un axe qui se meut d'un mouvement de translation rectiligne et uniforme. En introduisant un milieu invariable animé d'un mouvement convenable, nous pouvons considérer ce cas du mouvement d'un liquide comme un repos relatif résultant de l'équilibre entre toutes les forces qui agissent sur lui et la force centrifuge. D'après cela, nous appellerons, suivant l'usage, la figure que conserve le liquide dans ce mouvement, sa figure d'équilibre.

Pierre Puiseux (1855-1928), astronome à l'Observatoire de Paris, donne le 15 Avril 1904, la leçon d'ouverture au cours de Physique céleste à la Faculté des Sciences de Paris [41]. L'astronome fait un historique de la notion de figure de la Terre des grecs jusqu'au XVIIème siècle. Pierre Puiseux écrit au sujet des recherches de Newton :

De même, quand il connut le résultat de Richer, Newton fut amené à penser, avant toute mesure, que la Terre ne devait pas être sphérique, mais aplatie vers les pôles. S'il en est ainsi, les

points de l'équateur seront plus loin du centre, et par suite, moins attirés par les pôles.

Il est vrai que, même si l'on suppose la Terre sphérique, la pesanteur doit subir une diminution apparente à l'équateur, du fait de la rotation. Cette diminution, Newton est en mesure de l'évaluer, par le même raisonnement qui l'a conduit à la découverte de l'attraction universelle. Il traite le mouvement diurne comme un mouvement absolu et applique les principes de Galilée (...)

Le rapport d'Henri Poincaré sur la thèse d'Alexandre Véronnet ne pouvait que débiter en mentionnant l'équation de Clairaut. Alexis Claude Clairaut (1713-1765) participe à l'expédition en Laponie organisée par Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) en 1736-1737. Une autre expédition scientifique a eu lieu au Pérou en 1735. Dans les deux cas, il s'agissait de mesurer la valeur d'un degré de méridien, l'objectif étant de confirmer ou d'infirmer les théories de Newton sur la forme de la Terre [45]. Dans l'ouvrage « Théorie de la figure de la Terre. Tirée des principes de l'hydrostatique » [9], publié en 1743, Clairaut établit que l'inverse de l'aplatissement doit vérifier l'équation différentielle ordinaire du second ordre⁴¹ :

$$\frac{d^2 f}{dr^2} + \frac{6\rho}{rD} \frac{df}{dr} + \frac{6}{r^2} \left(\frac{\rho}{D} - 1 \right) f = 0$$

où r désigne le rayon (moyen), $\rho = \rho(r)$ la densité et $D(r) = \frac{3}{r^3} \int_0^r \rho(s)s^2 ds$ la densité moyenne à l'intérieur de la surface $\rho = \rho(r)$. Clairaut arrive à cette équation en partant de l'équation fondamentale de l'hydrostatique $dp = \rho dW$ où p est la pression et W le potentiel de pesanteur. Dans [38], l'auteur précise, pour les hypothèses conduisant à l'équation différentielle précédente, qu'« ici la Terre est un corps symétrique rotatif, les surfaces de densité constante (qui sont en même temps les surfaces de potentiel de pesanteur W ⁴² constant) sont légèrement des sphéroïdes aplatis avec en première approximation des ellipsoïdes de demi-grand axe a et de demi-petit axe b et de rayon moyen r tel que » l'aplatissement f soit une fonction de r . Alexandre Véronnet indique d'ailleurs dans [48], pages 16 et 17 :

Clairaut suppose la rotation uniforme et assez faible pour que l'on puisse négliger le carré de l'aplatissement. Dans cet hypo-

41. Voir par exemple [38].

42. On tient compte de la rotation de la Terre.

thèse, il a donné les formules qui résolvent les problèmes de la détermination théorique de l'aplatissement de la Terre.

Plus loin Alexandre Véronnet explique :

Il [Clairaut] en conclut que l'aplatissement de la Terre doit être compris entre $\frac{1}{230}$ et $\frac{1}{577}$. Les mesures des missions géodésiques de Laponie et de l'équateur donnaient $\frac{1}{117}$ (Clairaut). C'était le second désaccord grave entre les mesures et le calcul. On sait que Cassini, un peu auparavant, avait déduit, des mesures géodésiques, que la Terre était allongée aux pôles, ce qui contredisait la rotation de la Terre.

Dans son rapport sur la thèse d'Alexandre Véronnet, Henri Poincaré met en avant un apport important d'Alexandre Véronnet dans ces questions d'aplatissement, à savoir la prise en compte du carré de l'aplatissement⁴³ dans les calculs comme par exemple celui de la formule de la variation de pesanteur. Dans l'étude d'un astre fluide en rotation, l'expression « en seconde approximation » est employée quand dans le développement d'une expression « on néglige les termes dont l'ordre surpasse celui de la quatrième puissance de la vitesse angulaire ω » comme le précise Pierre Dive dans [13].

L'astronome tchèque Zdenek Kopal (1914-1993) indique dans [26] que :

The first investigator who addressed himself to the task of expanding Clairaut's theory to quantities of second order was O. Callandreaux (1889), followed by G. H. Darwin (1900)⁴⁴, A. Veronnet (1912) and W. de Sitter (1924)⁴⁵; and their results were later applied to geophysical and planetological problems by E. C. Bullard (1948), H. Jeffreys (1953), W. C. de Marcus (1958) or R. James and Z. Kopal (1963) (...)

D'ailleurs les résultats de la thèse d'Alexandre Véronnet sont cités par de nombreux auteurs. Mentionnons par exemple, la liste n'étant pas exhaustive, Walter D. Lambert [27, 28] (1920 et 1926), P. Dive [12] (1927), R. Wavre [50]

43. Pour donner une idée de ce que représente un terme du second ordre, on peut donner l'exemple de l'exponentielle du nombre x quand x est proche de 0. On a prend $e^x \simeq 1 + x$ mais de façon plus précise, $e^x \simeq 1 + x + \frac{x^2}{2}$.

44. Georges Howard Darwin (1845-1912), fils de Charles Darwin (1809-1882), professeur à Cambridge.

45. Willem de Sitter (1872-1934), astronome néerlandais, directeur de l'Observatoire de Leyde de 1919 à 1934.

(1932). En 1958, Pierre Ledoux écrit dans [31] au sujet des résultats obtenus par Alexandre Véronnet :

Thus ellipsoidal level surfaces are impossible in a heterogeneous configuration in relative equilibrium. This result was first proved by Hamy⁴⁶ in 1887 for the case of a mass composed of n ellipsoidal homogeneous shells of different densities and generalized later by Volterra, Véronnet and Dive.

Dans une conférence sur les migrations polaires donnée en 1965 devant la Société Belge d’Astronomie [10], l’astronome français Alexandre Dauvillier (1892-1979) mentionne un des résultats de la thèse d’Alexandre Véronnet :

Le réajustement du sphéroïde ne s’effectue pas d’une manière insensible et continue, mais par saccades, chaque fois que les contraintes excèdent la limite élastique de la lithosphère. Lorsqu’une sphère déformable se transforme, par rotation, en un ellipsoïde aplati aux pôles et renflé à l’équateur, elle se déforme de part et d’autre des parallèles 35 degrés 16 minutes, comme l’a fait remarquer A. Véronnet en 1912. La sphère et le sphéroïde de même volume ont en commun ce parallèle invariable.

Plus récemment, il est fait référence à la thèse d’Alexandre Véronnet , en 2015 par L. N. Doda [11], en 2017, par B. W. Levin [34] ou encore par Lev V. Eppelbaum [15].

Comme nous l’avons dit en introduction, Alexandre Véronnet participe à la rédaction du Tome 4 du *Traité* de Paul Appell dont une première édition du fascicule I paraît en 1930. En 1932, Alexandre Véronnet se charge de la publication de la seconde édition du fascicule I. Il écrit en préface :

Paul Appell a été enlevé à la Science au moment où la première édition de cet Ouvrage s’épuisait. Appelé à collaborer à cette première édition, j’ai le douloureux devoir et le dangereux honneur d’en préparer la seconde. Mais chacun sait que la rédaction parfaite des oeuvres d’Appell ne nécessite aucune retouche ni correction.

Je n’ai eu qu’à ajouter, comme il était convenu, un dernier chapitre, sur les figures d’équilibre d’une masse soumise à la tension superficielle, pour résumer les très intéressants travaux de deux de ses élèves, MM. Globa-Mikhailenko et A. Charrueau. Ce

46. Maurice Hamy (1861-1936).

dernier en particulier a complètement résolu le problème de révolution des figures, y compris la formation des anneaux, et discuté l'application des résultats à la fameuse expérience de Plateau, sur la sphère d'huile en rotation, expérience où l'on a voulu voir la démonstration physique de l'hypothèse cosmogonique de Laplace.

Alexandre Véronnet écrit entièrement le fascicule II du Tome 4 du *Traité* de Paul Appell [4], « Les figures d'équilibre d'une masse hétérogène en rotation. Figure de la terre et des planètes » qui paraît en 1937. Alexandre Véronnet écrit une longue préface dans laquelle il indique un certain nombre de résultats qu'il a obtenus, notamment dans sa thèse. Deux auteurs que nous avons déjà mentionnés, Pierre Dive et Roland Wavre, émettent des critiques sur certains passages de ce second fascicule. Roland Wavre (1896-1949) est professeur de Mathématiques à l'Université de Genève, spécialiste de mécanique rationnelle et de mécanique céleste, auteur de nombreux travaux sur le potentiel, sur le mouvement d'un fluide en rotation et sur la théorie des figures planétaires. Pierre Dive (1899-1960) est professeur de Mathématiques à l'Université de Clermont-Ferrand puis à celle de Montpellier. Dive et Wavre collaborent⁴⁷. Dans son compte-rendu de l'ouvrage paru dans l'*Enseignement Mathématique* en 1937, Adolphe Buhl (1878-1949) avec diplomatie signale :

Les travaux de MM. Dive et Wavre n'ont pas été oubliés ; M. Véronnet en fait le résumé « avec les remarques et les réserves qu'ils suggèrent ». Très impartialement et avec le vif désir de ne pas envenimer la question, nous noterons, comme un fait, que du côté de MM. Dive et Wavre il y a aussi quelques réserves concernant l'exposition de M. Véronnet.

Alexandre Véronnet commentent à plusieurs reprises les travaux de Dive et Wavre. D'ailleurs, il a annoncé dans la préface⁴⁸ :

Je tiens à signaler en terminant les deux ouvrages les plus importants publiés dernièrement en français sur la question générale étudiée ici, par MM. Wavre et Dive. On trouvera le résumé de ces travaux, avec les remarques et les réserves qu'ils suggèrent, aux numéros 45, 78, 91, 115, 153, 164, 165, 191, 192, 196.

L'objet des critiques de Pierre Dive et Roland Wavre portent donc sur la façon dont Alexandre Véronnet a présenté et critiqué leurs travaux. Les ouvrages

47. Citons par exemple un article commun : *Un exemple de fonction harmonique multi-forme fourni par la théorie du potentiel newtonien*, C. R. 194, 1901-1902, 1932.

48. Datée Avril 1935.

dont il est question, sont la thèse de Pierre Dive publiée en 1930 et « Figures planétaires et géodésies » de Roland Wavre paru en 1932 [50]. Ces deux livres apparaissent dans la bibliographie du fascicule. Les autres références bibliographiques sont d'ailleurs des ouvrages ou mémoires dont les dates de publication sont antérieures à l'année 1926. La discussion scientifique engagée par Pierre Dive et Rolin Wavre a pour objet le problème de la stratification ellipsoïdale de l'astre fluide considéré. Ajoutons que toutes ces considérations théoriques peuvent se heurter à la réalité et à l'avancée des connaissances sur les structures physiques des astres. Par exemple, en 1988, Moritz souligne dans [38] que le théorème de Wavre [50] prouvant que la physique des figures d'équilibre est complètement déterminée par la géométrie des stratifications, n'est pas vraiment applicable bien qu'exact en théorie. Cela provient du fait qu'« une petite variation de la configuration géométrique peut entraîner un fort changement de la loi de densité ».

Dans [16], l'astronome Hervé Fabre (1905-1995) fait référence deux reprises aux travaux d'Alexandre Véronnet . Hervé Fabre cite une note des *Comptes Rendus de l' Académie des Sciences* d'Alexandre Véronnet parue en 1926 et intitulée *Sur la rotation d'une masse hétérogène. Evolution et fractionnement. Cas de Jupiter et de Saturne* ; mais surtout il indique dans une note de bas de page :

La théorie de la permanence, de B. Willis, a été soutenue en France par A. Véronnet (C.R. Acad. Sc. Paris, t. 190, 1930, pp. 621-623) et A. Dauvillier (C.R. Acad. Sc. Paris, t. 207, 1938, pp.452-454, et t. 210, 1940, pp. 177-179) qui admettent une dérive d'ensemble de toute l'écorce, phénomène rattaché à la même cause que la récession lunaire. L'effet le plus frappant de cette dérive d'ensemble est, pour A. Dauvillier, la séparation actuelle des pôles magnétiques terrestres d'avec les pôles géographiques. La viscosité laminaire sous la base de l'écorce serait de l'ordre de celle de la poix (A. Véronnet, Journal de Math., 6ième sér., t. VIII, 1912, p. 429) (...)

Bayley Willis (1857-1949), géologue et sismologue, s'est opposé à la théorie de la dérive des continents d'Alfred Wegener (1880-1930) que ce dernier a introduite en 1912. C'est seulement dans les années 1960 que cette théorie a été acceptée par la communauté scientifique, d'une part grâce à la théorie de la tectonique des plaques mais aussi à l'envoi dans l'espace des premiers satellites [43]. Marcel Lemoine () donne un éclairage intéressant sur la ré-

ception de la théorie de Wegener. Le géologue Marcel Lemoine (1924-2009) explique [33] :

De la fin du XIXe siècle, et jusque vers la deuxième moitié du XXe siècle (années 70), on ne peut pas dire qu'il existait une « communauté » des sciences de la Terre. En réalité, les scientifiques qui avaient en charge la reconstitution de la structure de notre planète en surface (océans, continents, chaînes de montagnes) et en profondeur (croûte, manteau, noyau) ainsi que son histoire, étaient issus de deux formations universitaires étrangères l'une à l'autre.

Les géophysiciens étaient d'abord des mathématiciens et des physiciens, tandis que géologues et paléontologues étaient issus de la filière des sciences naturelles. Dans la majorité des cas, et, à l'exception remarquable des industries minière et pétrolière (où l'on ne recherchait pas tellement la notoriété, mais plutôt des résultats concrets, c'est-à-dire des bénéfiques financiers), ces scientifiques menaient leurs recherches en s'ignorant. Pas d'orchestre, pas de partition, ni de chef : chacun, dans son coin, jouait son air sans tenir compte de celui des voisins.

Marcel Lemoine indique :

Bailey Willis, professeur de géologie à Stanford (U.S.A.), a beaucoup publié contre la théorie de Wegener, qu'il a rejetée jusqu'à sa mort. Son action s'inscrit dans un autre registre. C'était notamment un fervent défenseur des ponts continentaux. En outre, par deux fois, durant la deuxième guerre mondiale, son discours a même « déraillé » vers un rejet d'un certain « germanisme » (les U.S.A. étaient alors en guerre contre l'Allemagne nazie) qu'aurait incarné Wegener, d'ailleurs mort plus de dix ans auparavant.

Pierre Dive et Rolin Wavre, professeur à l'Université de Genève, font partie des scientifiques qui ont soutenu la théorie de la dérive des continents. Comme l'analyse Jean-Paul Schaer [42], pour Rolin Wavre, alors étudiant à l'Université de Neuchâtel, l'élément déterminant de cette adhésion est le contact avec le géologue suisse Emile Argand. Emile Argand (1879-1940), professeur à l'Université de Neuchâtel, soutient la théorie de Wegener dès 1916 [20]. Quant à Dive, qui collabore avec Wavre, Jean Gaudant écrit dans [21] :

Il fallut attendre 1933 pour que deux petits livres favorables à la théorie de Wegener fussent publiés en France. L'un était dû à Pierre Dive, un mathématicien qui enseignait à l'Université de Clermont-Ferrand. Cet ouvrage intitulé « La dérive des continents et les mouvements intratelluriques » eut suffisamment de succès pour qu'il fût réédité en 1950. Après avoir affirmé que « les continents baignent (...) dans un magma visqueux ; ils sont entraînés par lui comme des épaves dans un courant marin ; mais ils peuvent aussi, sous l'action des forces de dépressions internes ou des attractions des astres, se déplacer avec une vitesse insensible dans son sein, sur de grandes étendues, durant plusieurs millions d'années », l'auteur y passait en revue les principaux arguments favorables à « l'hypothèse des translations continentales ». Il y expliquait en outre « comment il est possible de trouver, dans l'accroissement en profondeur de la vitesse de rotation des couches de l'ellipsoïde terrestre, une cause suffisante de ces disjonctions ».

En 1928, Alexandre Véronnet participe à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris au jury de soutenance de la thèse de doctorat d'André Charrueau (1892?-1975?)⁴⁹. Le titre de la thèse est « Sur les figures d'équilibre relatif d'une masse liquide en rotation ».

6.2 Cosmogonie

La Cosmogonie tient une place centrale dans l'oeuvre d'Alexandre Véronnet. Comme l'indique Volny Fage dans [19], « le terme de cosmogonie est quasiment inexistant depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale dans les disciplines scientifique, remplacé (...) par celui de cosmologie ». A l'époque d'Alexandre Véronnet, la cosmogonie est le domaine de l'Astronomie s'intéressant plus particulièrement à l'origine et à la formation des astres. L'origine et la formation du système solaire relèvent alors de la cosmogonie.

Deux thèses récentes [30] [17] reviennent sur la nature des travaux d'Alexandre Véronnet. C'est dans le chapitre consacré à Henri Deslandres (1853-1948) que Le Gars, traitant « *Le renouveau cosmogonique comme fondement de l'Astronomie Physique* », attribue à Alexandre Véronnet, en quelque sorte, une

49. André Charrueau était ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. Il a publié plusieurs articles de mathématiques et de mécanique (voir par exemple Numdam). D'après le bulletin de Janvier 1951 de l'association des ingénieurs des Ponts et Chaussées, André Charrueau a reçu plusieurs prix de l'Académie des Sciences de Paris.

réactualisation de la théorie de Kant (1724-1804)⁵⁰ à l'aune des idées nouvelles⁵¹ sur la constitution de la matière.

Fages, qui rappelle qu'Alexandre Véronnet a participé à la rédaction du *Traité* de Paul Appell, développe pages 98-99 :

Par une sorte d' « effet Matthieu » très localisé, Belot à partir de 1905 dans une approche relevant plutôt de l'astronomie physique, et Véronnet à partir de 1914 dans une démarche de mécanique analytique, émergent peu à peu comme des « spécialistes » des questions cosmogoniques dans le forum académique. Sans être académiciens, et sans faire l'unanimité ni à l'Académie ni dans les autres lieux de la science officielle (comme dans les observatoires, les facultés de sciences, ou au Muséum), le fait d'avoir déjà publié des Notes présentées par un académicien prestigieux (comme Poincaré par exemple) leur facilite l'accès aux CRAS, ce qui leur permet d'occuper ainsi l'espace académique, limité, accordé aux recherches cosmogoniques.

Fages analyse en effet dans cette partie de sa thèse quelles théories cosmogoniques pouvaient alors trouver un écho au sein de l'Académie des Sciences. Plus loin⁵², Fages indique que le livre d'Alexandre Véronnet, objet de réflexions de Houllevigue que nous rapporterons plus bas, faisait partie du projet d'Encyclopédie Scientifique lancé par l'éditeur G. Doin.

Nous « retrouvons » Alexandre Véronnet dans le chapitre 4 de la thèse de Fage, « *Des pratiques mathématiques pour sonder l'Univers* ». Fages écrit :

Dès le début du XIXe siècle, il est possible de caractériser la mise en place et le déploiement d'un régime de pratiques cosmogoniques centré sur l'utilisation d'outils mathématiques hautement techniques et largement empruntés au domaine de l'analyse

et de poursuivre :

(...) mais surtout par Henri Poincaré à partir de 1885 et par les astronomes-mathématiciens qui développeront et complèteront ensuite ses travaux (comme l'astronome Alexandre Véronnet à partir de 1914, ou les professeurs de mathématiques Pierre Dive et Rolin Wavre au début des années 1930).

50. Voir son ouvrage : *Histoire générale de la nature et théorie du ciel* (1755).

51. Ici les années 1920.

52. Page 129.

Véronnet s'inscrit donc, dans le domaine de la cosmogonie, comme un continuateur de Henri Poincaré. Fages détaille :

Après la mort de Poincaré en 1912, ce régime de pratiques cosmogoniques perdure avec quelques auteurs qui situent désormais systématiquement leurs travaux dans le prolongement de ceux du mathématicien nancéen. Alexandre Véronnet (1876-1951), comme on l'a déjà évoqué dans le chapitre 2, publie par exemple massivement des Notes dans les CRAS sur des sujets cosmogoniques, en adoptant une démarche très centrée sur l'analyse mathématique (...)

En janvier 1912, à 36 ans, il la soutient à la faculté des sciences de Paris devant un jury composé de Appell, Andoyer, P. Puiseux, et Poincaré qui rédige le rapport. Sa thèse, abordant un sujet dont Poincaré avait souligné l'importance mais qu'il avait délibérément laissé de côté dans ses travaux de 1885, positionne d'emblée Véronnet dans le régime de pratiques cosmogoniques décrit précédemment. Il conservera cette approche dans tous ses travaux ultérieurs, restant proche du mathématicien P. Appell qui présente la grande majorité de ses Notes à l'Académie (...)

Peu porté vers l'observation, en décalage avec le régime régulant alors l'administration des observatoires (voir chapitre 1), Véronnet devient un spécialiste de la cosmogonie analytique et se retrouve nolens volens en marge de l'astronomie officielle.

Comme nous l'avons déjà signalé, Philippe Véron indique dans sa notice sur Alexandre Véronnet du *Dictionnaire biographique des astronomes français (1850-1950)* [47] qu'effectivement Véronnet ne participait pas aux observations de nuit⁵³. Il a été aussi reproché à Alexandre Véronnet de trop s'appuyer sur des considérations mathématiques dans ses travaux en cosmogonie. W. D. MacMillan (1871-1948) dans la conclusion du compte-rendu qu'il fait en 1927, pour l' *American Astronomical Society*, du livre de Véronnet *Constitution et évolution de l'Univers*, écrit :

The time is past when all the secrets of the universe can be read out of a set of mathematical equations, and Veronnet seems to have devoted himself exclusively to this branch of knowledge. We are tempted to paraphrase the quotation, « A little learning

53. Au moins à partir de 1929.

is a dangerous thing, » and make it read, « The exclusive use of mathematics is a dangerous thing in cosmology ».

Les propos de MacMillan sont à relativiser. On peut d'une part mentionner que les sensibilités scientifiques sont très variées et marquées dans le domaine de la Cosmologie et d'autre part examiner les remarques de Houllevigue qui souligne l'apport rigoureux d'Alexandre Véronnet sur ces questions de cosmogonie.

Donc, en 1935, l'astronome Louis Houllevigue (1863-1944), professeur à l'Université de Marseille, consacre dans [25] un chapitre entier à une analyse de l'ouvrage d'Alexandre Véronnet intitulé « *Constitution et évolution de l'univers* ». Après avoir évoqué la *nébuleuse de Laplace* (Pierre Simon de Laplace (1749-1827)⁵⁴), puis l'étude critique de Henri Poincaré sur les hypothèses cosmogoniques⁵⁵, Houllevigue introduit la contribution d'Alexandre Véronnet de la façon suivante⁵⁶ :

La science nous apporte à pleines brassées les faits nouveaux ; on peut les confronter avec les vieilles hypothèses. Celles-ci se fondaient sur les lois de la mécanique et sur l'attraction newtonienne ; les immenses progrès de l'astronomie physique nous ont appris que l'Univers est le siège d'incessantes transformations physiques, chimiques, et mêmes « ultra-chimiques » dues à des transmutations d'éléments ; on sait que les mondes ne sont pas unis seulement par le fil invisible de la gravitation, mais par un échange constant de chaleur et de lumière, de charges électriques et même de matière. A la lumière de tous ces faits, on peut renouveler les tentatives d'explications cosmogoniques et tenter de cerner l'éternel problème ; c'est ce que M. Véronnet, astronome à l'observatoire de Strasbourg, vient de faire avec beaucoup de cou-

54. Le Gars [30], page 336, écrit :

Laplace a émis l'hypothèse que le système solaire tient son origine d'une nébuleuse primitive. Cette nébuleuse, extrêmement diffuse et chaude, aurait connu un refroidissement et se serait condensée. De plus, sa rotation, à l'origine d'une force centrifuge compensant l'attraction newtonienne, aurait donné naissance à des anneaux qui, se détachant, auraient formé les planètes.

55. Houllevigue fait référence, sans le citer, au livre de Poincaré, *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*, Hermann 1911, Gauthier-Villars 1913.

56. page 183.

rage et, autant que j'en puis juger, avec succès ; c'en est que de proposer des explications cohérentes qui ne viennent pas se briser contre une des données de la science positive.

Houllevigue détaille ensuite la théorie d'Alexandre Véronnet :

A ce stade initial, l'Univers ne comprenait que des charges électriques, positives et négatives, qui se cherchaient à travers l'espace illimité ; un jour, l'atome naquit de leur mariage, et la matière fut constituée (...)

puis

Dès que la matière fut, l'attraction newtonienne commença à agir sur les atomes épars ; chacun d'eux était soumis à l'attraction de tous les autres, et toutes ces forces, qui ne s'équilibraient pas, commencèrent à créer des condensations locales (...)

Ainsi, la nébuleuse primitive ne s'est pas déchirée en nébuleuses partielles, mais condensée localement (...)

Houllevigue indique que d'après Alexandre Véronnet, et en ce qui concerne la Voie Lactée, la *concentration en amas soit à peine amorcée* et que la Terre se trouverait dans une des régions les plus *jeune* de l'Univers. Houllevigue en arrive naturellement au Soleil :

(...) je suis reconnaissant à M. Véronnet de nous avoir proposé des possibilités raisonnables sur ce qui se passe dans le ventre du monstre. Considérant la masse interne, couverte pas la peau lumineuse de la photosphère, comme un véritable gaz, il l'enferme entre deux cas extrêmes, l'un où sa température est uniforme de la périphérie au centre, l'autre où c'est la densité qui reste constante dans la masse entière. Il arrive ainsi à conclure que la température centrale est comprise entre le double et le triple de celle de la photosphère. Or, celle-ci nous est actuellement bien connue et peut être évaluée à 6000 degrés environ ; la température centrale serait donc voisine de 15000 à 17000 degrés.

Ce résultat n'est pas correct, mais Houllevigue montre que les scientifiques ne s'accordent pas, en 1935, sur le nombre de millions de degrés :

Lane⁵⁷ les réduit à 24 millions et Oppolzer⁵⁸ à 9 : on reste bouche bée devant ces chiffres « budgétaires » dont la variété nous prouve l'incertitude.

et d'ajouter :

(...) en vaporisant dans le vide un filament de tungstène par une puissante décharge électrique, produisant une température instantanée voisine de 20000 degrés, des physiciens américains ont constaté la formation constante de l'hélium ; cela nous donne à penser qu'à ces hautes températures les atomes lourds n'existent pas encore à l'intérieur du Soleil, qui serait constitué principalement par de l'hélium et de l'hydrogène monoatomique ; ces éléments seraient sans doute ionisés (...)

Houllevigue poursuit sur la question de « l'entretien du rayonnement solaire » et finalement sur l'âge du Soleil :

Je n'ai pas le loisir de faire le bilan critique des nombreuses explications suggérées ; une seule, jadis proposée par Helmholtz⁵⁹, semble avoir un fondement scientifique sérieux et, pour cette raison, M. Véronnet lui donne la préférence ; elle consiste à attribuer l'apport d'énergie à une contraction progressive du disque solaire ; d'après Henri Poincaré, cette cause suffirait à expliquer, au taux actuel, le rayonnement solaire pendant 24 millions d'années au maximum.

Evidemment, souligne Houllevigue, cela se heurte aux découvertes des géologues. Finalement, Houllevigue en vient à l'hypothèse de Jean Perrin (1870-1942) :

(...) il admet, avec Einstein, que la matière peut se transformer en énergie, c'est-à-dire que le Soleil peut entretenir son rayonnement en dévorant sa propre substance (...)

En 1933, Alexandre Véronnet participe à la Faculté des Sciences de l'Université de Strasbourg au jury de soutenance de la thèse de doctorat de V. Grouyitch (?-?). Le titre de la thèse est « Réduction et discussion des occultations d'étoiles par la Lune observées à Strasbourg de 1925 à 1932 ».

57. Jonathan Homer Lane (1819-1880), scientifique américain, auteur en 1869 d'un mémoire intitulé « *Theoretical Temperature of the Sun* » lu en séance de la National Academy of Sciences.

58. Theodor Egon Ritter von Oppolzer (1841-1886) astronome autrichien.

59. Hermann von Helmholtz (1821-1894).

6.3 Mathématiques

Nous avons déjà évoqué une partie des travaux en Mathématiques d'Alexandre Véronnet, à savoir ce qui concerne la Mécanique Rationnelle. Dans un autre domaine, on peut signaler sa traduction en français de l'ouvrage de Joseph Georges Coffin, « Calcul vectoriel. Avec Applications aux mathématiques et à la physique » pour le titre en français. Puis en 1933, Alexandre Véronnet publie son livre « Le Calcul Vectoriel. Cours d'Algèbre de Mathématiques Spéciales et de Mathématiques générales ». Dans sa critique de 1933 de l'ouvrage pour la revue L'enseignement mathématique, A. Buhl écrit :

Et l'on comprend tout de suite ce qu'est la Gravifique : la Science qui a enfin trouvé le moyen général de tenir compte de l'influence des champs sur les étalons, ou instruments de mesure quelconques, qui s'y trouvent. Et quelle mélancolie de penser qu'avant Einstein on ne savait pas résoudre cette question, que, de plus, la géométrie des ds^2 de Riemann, qui permettait de la résoudre, était considérée comme une théorie d'une abstraction tout à fait irréaliste et n'était connue que de très rares géomètres.

6.4 Récompenses

Alexandre Véronnet produit un nombre important de publications jusqu'à son départ en retraite. Il reçoit deux importantes récompenses : en 1929, le prix Lalande de l'Académie des Sciences en 1929 pour ses travaux en Astronomie et en 1930, le prix Pierre Guzman pour ses recherches en Cosmogonie.

Références

- [1] *Semaine religieuse du Diocèse de Lyon*, revue est numérisée sur Gallica (BNF).
- [2] Dossier carrière d'Alexandre Véronnet, Rectorat du Bas-Rhin, Archives Départementales du Bas-Rhin.
- [3] Traité de mécanique rationnelle. Tome IV, 1 : Figures d'équilibre d'une masse liquide homogène en rotation, leçons publiées avec le concours de A. Véronnet. 2. ed. VIII + 342 p. Paris, Gauthier-Villars, 1932.
- [4] Traité de mécanique rationnelle. Tome IV, fasc. 2 : Les figures d'équilibre d'une masse hétérogène en rotation. Figure de la terre et des planètes, 2. éd. par A. Véronnet. XIII + 292 p. Paris, Gauthier-Villars, 1937.
- [5] Armatte M., Maurice Fréchet statisticien, enquêteur et agitateur public, *Revue d'histoire des mathématiques*, SMF, 7 (2001), p. 7–65.
- [6] Audin M., Mathématiques à Strasbourg-Clermont-Ferrand (1939-44) Vivre, travailler, résister..., in *Des mathématiques en Auvergne, Histoires, progrès et interactions*, tome 2, *Revue d'Auvergne*, 2014.
- [7] Bischoff G., Strasbourg – Clermont 1939-1945. L'Université de la Résistance, *Revue d'histoire et de philosophie religieuses*, 91e année numéro 3, Juillet-Septembre 2011. pp. 339-351.
- [8] Boulmier A., L'outillage des champs dans le département de Saône-et-Loire, *Revue de géographie de Lyon*. Vol. 26 num. 1, 1951. pp. 1-32.
- [9] Clairaut A. C., *Théorie de la figure de la Terre*. Tirées des principes de l'hydrostatique, David fils libraire, Paris, 1743.
- [10] Dauvillier A., Les migations polaires, *Ciel et Terre*, numéro 7-8, 1965.
- [11] Doda L.N. and., Seismotectonics and ground-space monitoring of natural disasters precursors in the Earth, *Acta Astronautica*109(2015)254–263.
- [12] Dive P. Mouvements internes des astres fluides et dérives des continents [suite et fin], *Archives des sciences physiques et naturelles*, vol. 9, 1927.
- [13] Dive P., Rotations barotropes dans un astre fluide dont la strification est ellipsoïdale en seconde approximation, *Ann. Sci. E.N.S.*, 3ième série, tome 56, 1939, pp 293-316.
- [14] Doreau J.-L., Un savant chagnotin à Chassey... ou, le tiroir de l'inconnu, *Bulletin Municipal de Chassey*, 2011.

- [15] Eppelbaum Lev V., Sattelite gravimetry (« Big data »). A powerful tool for regional tectonic examination and reconstructions, In : Horizons in Earth Science Research ISBN : 978-1-53612-831-4 Editors : B. Veress and J. Szigethy, 2017 Nova Science Publishers, Inc.
- [16] Fabre H., Théorie dissipative des rotations dans la Galaxie, les astres fluides et l'anneau des astéroïdes, Chapitre II : Le principe de la moindre dissipation appliqué à un cas barocline : analyse des rotations solaires jovienne, saturnienne, Annales de l'Observatoire de Toulouse, 1949.
- [17] Fages V., Les origines du monde : cosmogonies scientifiques en France (1860-1920) : acteurs, pratiques, représentations. Thèse de doctorat en Histoire (option : histoire des sciences) sous la direction de Dominique Pestre, soutenue en 2012 à Paris, EHESS.
- [18] Fages V., « Jean-Pierre Verdet, Aux origines du monde : Une histoire de la cosmogonie », Cahiers d'histoire. Revue d'histoire critique [En ligne], 118 (2012), mis en ligne le 01 janvier 2012, consulté le 11 mai 2014. URL : <http://chrhc.revues.org/2637>
- [19] Fages V., Savantes nébuleuses, l'origine du monde entre marginalité et autorité scientifique (1860-1920), Editions EHESS, Paris, 2018.
- [20] Gaudant J., De la Dérive des Continents à la Tectonique des Plaques : Réflexions sur l'histoire des théories de la mobilité continentale. Comité français d'histoire de la géologie (COFRHIGEO) (séance du 11 Juin 1980), Travaux du Comité français d'histoire de la géologie, - Première série - 1980.
- [21] Gaudant J., Principaux résultats de l'enquête sur la dérive des continents. Comité français d'histoire de la géologie (COFRHIGEO) (séance du 22 Février 1989), Travaux du Comité français d'histoire de la géologie, - Troisième série - Tome III, 1989.
- [22] Gispert H., La France mathématique de la III-ième République avant la Grande Guerre, La Série T, Soc. Math. de France, 2015.
- [23] Gomas Y., Jean DUFAY (1896-1977), professeur, astrophysicien et directeur d'observatoires. Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences. Thèse de Université de Lyon, 2017.
- [24] Heck, A. (André), The Multinational history of Strasbourg Astronomical Observatory, edited by Andre Heck, Dordrecht, Springer, 2005.
- [25] Houllévigue L., Problèmes actuels de l'astrophysique, librairie Armand Colin, 1935.

- [26] Kopal Z., Dynamics of Close Binary Systems, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland 1978.
- [27] Lambert W.D., The internal constitution of the earth, Journal of the Washington Academy of Sciences, Vol. 10, No. 5 (MARCH 4, 1920),pp. 122-143.
- [28] Lambert W. D., La figure de la Terre et le nouvel ellipsoïde international (traduit de l'anglais par le colonel Perrier), Science (New-York, vol. LXIII, 5 mars 1926, pp 242-248).
- [29] Le Ferrand H., Sur le fonctionnement du Journal de Mathématiques Pures et Appliquées entre 1917 et 1937 d'après des lettres inédites de Henri Villat à Robert de Montessus de Ballore, pré-publication HAL, hal-00649750, version 2, 2014.
- [30] Le Gars S, L'émergence de l'astronomie physique en France (1860-1914) : acteurs et pratiques, Université de Nantes (thèse), 2007. French. HAL <tel-00405048>
- [31] Ledoux P., Stellar Stability, in M. H. Wrubel et al., Astrophysics II : Stellar Structure, Springer-Verlag OHG. Berlin · Göttingen, Heidelberg 1958.
- [32] Leloup J., L'entre-deux-guerres mathématique à travers les thèses soutenues en France, thèse, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI (17/06/2009), Catherine Goldstein and Hélène Gispert (Dir.).
- [33] Lemoine M., De Wegener à la tectonique des plaques : sept fois sept ans de réflexion, Comité français d'histoire de la géologie (COFRHIGEO) (séance du 8 décembre 2004), Travaux du Comité français d'histoire de la géologie, - Troisième série - T.XVIII (2004)
- [34] Levin B.W. and., Variations of the Earth's rotation rate and cyclic processes in geodynamics, Geodesy and Geodynamics 8 (2017) 206-212.
- [35] Liapounoff A., Sur la stabilité des figures ellipsoïdales d'équilibre d'un liquide animé d'un mouvement de rotation, Annales de la faculté des sciences de Toulouse 2e série, tome 6, no 1 (1904), p. 5-116.
- [36] Maugin G., Continuum Mechanics Through the Eighteenth and Nineteenth Centuries, Historical Perspectives from John Bernoulli (1727) to Ernst Hellinger (1914), Solid Mechanics and Its Applications, Volume 214, Springer.

- [37] Matveev V.B., Smirnov A.O., On the Link Between the Sparre Equation and Darboux-Treibich-Verdier Equation, *Letters in Mathematical Physics* (2006) 76 : 283–295.
- [38] Moritz H., *Equilibrium figures in geodesy and geophysics* (traduit en français par A. Ben Hadj Salem, Office de la topographie et du cadastre de Tunisie), 1988.
- [39] Poincaré H., *Cours de Physique Mathématique. Figures d'équilibre d'une masse fluide. Leçons professées à la Sorbonne en 1900. Rédigées par L. Dreyfus.* C.Naud éditeur, Paris, 1903.
- [40] Pressiat A., *Calculer avec les grandeurs, Acte de l'université de Saint Flour : le calcul sous toutes ses formes*, APMEP.
- [41] Puiseux P., *La notion de la figure de la Terre de Thalès à Newton. Leçon d'ouverture du cours de Mathématique Céleste à la Sorbonne, à Paris le 15 Avril 1904*, in *Ciel et Terre*, 1905.
- [42] Schaer J.-P., *La dérive des continents, son accueil à Neuchâtel et parmi les géologues alpins, Comité français d'histoire de la géologie (COFRHIGEO) (séance du 10 décembre 2003), Travaux du Comité français d'histoire de la géologie - Troisième série -T.XVII (2003).*
- [43] Segala Marco, *Alfred Wegener et la dérive des continents* , Bibnum [En ligne], *Sciences de la Terre*, 2012. URL : <http://journals.openedition.org/bibnum/500>
- [44] Smirnov V.I., Youchkevitch A.P. V. I. SMIRNOV, *Correspondance de A. M. Liapunov avec H. Poincaré, Cahiers du séminaire d'histoire des mathématiques, tome 8 (1987), p. 1-18*
- [45] Verdet J.-P., *Une histoire de l'Astronomie*, Editions du Seuil, 1990.
- [46] Verdet J.-P., *Aux origines du monde : Une histoire de la cosmogonie*, Paris, Seuil, Science ouverte, 2010.
- [47] Veron P., *Dictionnaire des Astronomes français 1850-1950, uniquement disponible sur internet : www.obs-hp.fr/dictionnaire*
- [48] *Figures d'équilibre et cosmogonie*, 62 p. Paris, Gauthier-Villars (Mémorial des sciences mathématiques, fasc. 13) (1926).
- [49] *Notice sur les titres et travaux scientifiques de M. Alex Véronnet*, Le Roux, Strasbourg, 1929.
- [50] Wavre R., *Figures planétaires et géodésie*, préface de Jacques Hadamard, Gauthier-Villars, Paris, 1932.

7 Annexe 1 : les publications d'Alexandre Véronnet

7.1 Articles recensés par le *Jahrbuch*

Nous donnons ci-dessous la liste des publications d'Alexandre Véronnet qui ont été recensées dans le *Jahrbuch* (années 1912 à 1935).

1. Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la Terre. (Thèse.), Paris : Gauthier-Villars. 140 S. 4° (1912).
2. Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la Terre, Journ. de Math. (6) 8, 331-463 (1912).
3. Le soleil et sa chaleur. Sa contraction et sa durée, C. R. 158, 398-400 (1914).
4. Le refroidissement de la terre : évolution et durée, C. R. 158, 538-541 (1914).
5. Les hypothèses cosmogoniques modernes, Paris : A. Hermann et fils (1914).
6. Sur la loi des densités à l'intérieur d'une masse gazeuse, C. R. 165, 1055-1057 (1917).
7. Loi des densités d'une masse gazeuse et températures intérieures du soleil, C. R. 166, 109-111 (1918).
8. Sur la contraction d'une masse gazeuse et l'évolution du soleil, C. R. 166, 286-289 (1918).
9. Contraction et évolution du soleil, C. R. 166, 642-645 (1918).
10. Refroidissement et évolution du soleil, C. R. 166, 812-815 (1918).
11. Constitution du noyau et de l'atmosphère du soleil, C. R. 167, 722-725 (1918).
12. Température centrale du soleil, C. R. 168, 398-401 (1919).
13. Figures ellipsoïdales d'équilibre d'un liquide en rotation, variation du grand axe, C. R. 169, 328-331 (1919).
14. Figures ellipsoïdales d'équilibre d'un liquide en rotation. Variation du grand axe avec moment de rotation constant, Journ. de Math. (8) 2, 211-247 (1919).

15. Sur la constitution, la formation et l'évolution des astres, *Ens. math.* 21, 209 (1920).
16. Figures d'équilibre d'un liquide en rotation. Ordre de succession des figures critiques de bifurcation, *C. R.* 170, 1303-1305 (1920).
17. Variation d'une trajectoire conique sous l'action d'une résistance de milieu, *C. R.* 172, 267-269 (1921).
18. Variation de la masse et de la distance d'une planète dans un milieu résistant, *Ens. Math.* 22, 63 (1922).
19. Sur les étoiles nouvelles et étoiles géantes, *Ens. Math.* 22, 58 (1922).
20. Evolution de la trajectoire d'un astre dans un milieu résistant, *C. R.* 177, 749-751 (1923).
21. Sur la formation des systèmes planétaires et des systèmes stellaires, *C. R.* 177, 624-627 (1923).
22. La dynamique stellaire et la structure de l'univers, Association Française, Liège 1924, 217-220 (1924).
23. L'équilibre que produirait la seule influence du rayonnement est impossible sur le soleil et les étoiles. L'équilibre interne est isotherme et homogène., *C. R.* 181, 710-712 (1925).
24. Extension du calcul vectoriel à l'analyse et au calcul différentiel absolu, *C. R.* 182, 1368-1371 (1926).
25. Figures d'équilibre et cosmogonie, 62 p. Paris, Gauthier-Villars (Mémoires des sciences mathématiques, fasc. 13) (1926).
26. Extension du théorème de Stokes. Chaque terme du développement du potentiel d'un astre sur un point extérieur est une constante indépendante de la constitution interne, *C. R.* 183, 699-701 (1926).
27. Sur la rotation d'une masse hétérogène. Evolution et fractionnement. Cas de Jupiter et de Saturne, *C. R.* 183, 949-951 (1926).
28. Etude critique des hypothèses cosmogoniques modernes, *Revue générale des sc.* 37 ; 572-581, 604-612 (1926).
29. Accélération, équations de Lagrange, symboles de Cristoffel, tenseurs en notation vectorielle, *Nouv. Ann. de Math.* (6) 2, 97-103 (1927).
30. Impossibilité du mouvement à la Poinsot pour une masse fluide hétérogène isolée, *C. R.* 185, 30-32 (1927).

31. Mouvement le plus général d'une masse fluide hétérogène isolée, qui conserve une forme invariable. Les trajectoires sont circulaires et les surfaces de niveau sont de révolution, C. R. 185, 249-252 (1927).
32. Evolution des figures d'équilibre d'une masse fluide hétérogène. Impossibilité d'un dédoublement, C. R. 185, 1441-1443 (1927).
33. Constitution et évolution de l'univers, XII + 475 p., 29 fig. Paris, G. Doin (1927).
34. Constitution et évolution de l'univers. I, II, Scientia 43 ; 81-88, 149-158 (1928).
35. Il y a trois espaces distincts et trois seulement : Euclide, Riemann et Cartan, C. R. 188, 894-896 (1929).
36. Théorie électronique de l'éther et de la lumière, C. R. 188, 1380-1381 (1929).
37. La théorie électronique de l'éther et l' électromagnétisme, C. R. 188, 1488-1490 (1929).
38. Théorie de la formation des gros ions et gouttelettes, C. R. 189, 1249-1252 (1929).
39. Sur l'origine des planètes et la formation du monde, C. R. 188, 550-552 (1929).
40. Le déplacement des pôles et la dérive des continents, C. R. 190, 621-623 (1930).
41. La planète transneptunienne. Détermination d'une orbite par trois observations, C. R. 191, 24-26 (1930).
42. Traité de mécanique rationnelle. Tome IV, 1 : Figures d'équilibre d'une masse liquide homogène en rotation, Leçons publiées avec le concours de A. Véronnet. 2. ed. VIII + 342 p. Paris, Gauthier-Villars (1932).
43. Le calcul vectoriel. Cours d'algèbre de mathématiques spéciales et de mathématiques générales. Préface de H. Villat, VIII + 252 p. 25 fig. Paris, Gauthier-Villars (1933).
44. Evolution complète d'une masse hétérogène en rotation. Impossibilité d'un dédoublement, C. R. 197, 1287-1289 (1933).
45. Sur les cas d'équilibre d'un point, Bull. math. Fac. Sc. et grandes Ecoles 1, 289-292 (1935).

7.2 Articles recensés par le *Astromiches Jahresbericht*

Nous complétons la liste précédente par les publications recensées dans *Astromiches Jahresbericht*⁶⁰.

1. Contraction des étoiles et équilibre des nébuleuses C.R.166, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences p. 901-903, 1918.
2. Température maximum d'un astre qui se condense C.R. 167 p 67-69, 1918.
3. Constitution physique et des étoiles étudiées au moyen de la formule des gaz réels B.A . Bulletin Astronomie Publication de la Société Astronomique Journal des Amateurs d'Astronomie B A 35 p101-131, 1918.
4. Constitution physique du soleil son évolution et la notre B S A F 32 Bulletin Société des Astronomes Français p 297-308, 1918.
5. L'état physique du soleil J. Chim. Phys., 15 (1917) p 30-46.
6. Limite et composition de l'atmosphère terrestre, Aurores Boréales, Bolides, Etoiles filantes. C.R. 167 p 636-638, 1918.
7. Absorption of Water on the moon and the planets Publ A.S.P 30 p 72-75, 1919.
8. Température d'équilibre d'un aster gazeux pour un rayon quelconque C.R. 168 p 679-681, 1919.
9. Temps et température de formation d'un astre C.R. 169 p 844-848, 1919.
10. Formation d'un astre isolé dans une nébuleuse homogène indéfinie C.R. 170 p 4042, 1920.
11. Hypothèses sur la formation des étoiles nouvelles C.R. 172 p 666-669, 1921.
12. Constitution et formation des nébuleuses spirales C.R. 172 p 957-959, 1921.
13. Constitution physique du soleil et des étoiles au moyen de la formule des gaz réels. B.A. (2) p 147-194, 1923.
14. Equilibre adiabatique d'un astre gazeux C.R. 178 p 692-694, 1924.

⁶⁰. Nous remercions Bernard Traut de l'Observatoire de Strasbourg de nous avoir communiqué cette liste.

15. L'âge de la terre B.S.A.F. 38 p 190-194, 1924.
16. Etude de l'action de la résistance du milieu . Application, à la formation des orbites planétaires B.A. (2) I 4 p 351-394, 1924.
17. Sur la formation des systèmes planétaires et des systèmes stellaires B.S A.F. 387 p 27-30, 1924.
18. La classification des étoiles et leur évolution Revue générale des Sciences 1924 nov 30 réf scienta p 38-63, 1925.
19. Les étoiles géantes Annales Observatoire de Strasbourg 1 1926 p 130-171, 1926.
20. Constitution et évolution de l'univers Paris G.Doin et Cie, 1926, 475 pages.
21. Progrès récent de la physique cosmique B.S.A.F. 41 p 119-123, 1927.
22. A propos du compagnon de sirius B.S.A.F. 40 p 460-461,1927.
23. Etude de l'équilibre radiatif B.A.(2) i 5 p 405-433, 1928.
24. Constitution et évolution de l'univers, Sa constitution, Son évolution, Scienta 43 p81-88 p 149-158, 1928.
25. Il y a trois espèces distincts et trois seulement Eudide Riemann et de Carton CR Ac Paris 188 p 894-896, 1929.
26. Le déplacement des poles et la dérive des continents. Lyon Bull 12 p 119-121 C R 190 p 621-623, 1930.
27. Constitution physique des étoiles Paris Gauthier-Villars 1938 95 pages + 4 Figures Prix 40 Fr.
28. Constitution physique des étoiles AJB 40 ref 3506 Ciel et Terre 55 p 34-36, 1939.