

HEINRICH WEBER : UN MATHÉMATICIEN Á STRASBOURG, 1895–1913*

Norbert SCHAPPACHER (Strasbourg), Klaus VOLKERT (Heidelberg)

Er ist eine schmiegsame und doch wieder energische Natur und besitzt eine wunderbare Fähigkeit, leicht in ihm zunächst fremde Auffassungen einzudringen, so z.B. in die Riemannsche Funktionentheorie und die Dedekindsche Zahlentheorie. Diese seine Anpassungsfähigkeit hat es ihm ermöglicht, auf fast allen Gebieten unserer Wissenschaft in den letzten Dezennien mitzuarbeiten und die umfassenden Lehrbücher, den Weber – Wellstein, den Riemann – Weber, die Algebra zu schaffen, die wir alle kennen und benutzt haben.

[Klein 1926, 275]

Il est d'une nature flexible et en même temps énergique et il a une capacité merveilleuse de s'appropriier des points de vue qui lui sont a priori étrangers, par exemple la théorie des fonctions à la Riemann et la théorie des nombres à la Dedekind. Cette faculté d'adaptation lui permet de contribuer à presque tous les domaines de notre science durant les dernières décennies et de créer les ouvrages importants que nous connaissons tous et que nous avons tous utilisés, tels le Weber-Wellstein, le Riemann-Weber, l'Algèbre.

[Trad. N. Sch.]

On n'a plus l'habitude aujourd'hui de ces savants qui arrivent à couvrir dans leurs travaux la quasi-totalité des spécialités de leur discipline, et même si les mathématiques à l'époque de l'activité de Heinrich Weber, c'est-à-dire entre 1866 et 1913, n'étaient pas encore aussi riches et ramifiées que maintenant, les mathématiciens universalistes contemporains de Weber se comptent facilement sur les doigts d'une main. Et le plus universaliste de tous, David Hilbert (1862–1943), à la différence de Weber, réalisait ses multiples exploits en découpant sa vie professionnelle en périodes bien séparées, allant jusqu'à oublier ses travaux antérieurs chaque fois qu'il attaquait un nouveau domaine de recherche. De vingt ans plus jeune, Hilbert fut l'un des élèves du professeur Weber à l'Université de Königsberg (aujourd'hui Kaliningrad). Et quand Weber, à l'âge de 53 ans, quitta sa chaire à Göttingen pour venir à Strasbourg en 1895, Hilbert, 33 ans, devint son successeur, et domina bientôt non seulement les mathématiques à Göttingen, mais celles du monde entier. Le rapport entre les deux collègues, bien qu'extrêmement amical, fut donc inversé. Ceci ne s'explique pas par l'âge de Weber. En effet, cette constellation — qui marqua pour beaucoup la période strasbourgeoise de Heinrich Weber, comme on le verra — n'exprime qu'un principe qui semble s'être répété

* Version préliminaire d'une contribution à l'ouvrage collectif "Sciences et cultures — Les trois universités de Strasbourg 1872–1945", en préparation. Tirage: December 3, 1997.

© L'OUVERT 89 (1997)

plusieurs fois dans la vie professionnelle de Weber. Tel le serviteur fidèle et respecté d'une grande maison, il ne manqua ni de zèle, ni d'initiative, ni de succès, ni des meilleures qualités humaines et professionnelles — mais dans chacun de ses grands projets sa contribution se plaça au service, et donc dans l'ombre, d'un collègue ou d'une institution. Ceci peut expliquer le fait que, malgré la très grande richesse et l'importance des travaux de Weber, aucun recueil de ses œuvres n'a jamais été publié.

Parmi tous les mathématiciens allemands du siècle dernier, Heinrich Weber fut celui qui changea le plus souvent de poste [Lorey 1916, 72, note], comme en témoigne le tableau biographique en annexe. Mais malgré toutes ses pérégrinations et malgré le fait qu'il était naturellement un médiateur entre collègues ou écoles divergents, il était plus étroitement associé à deux réseaux de mathématiciens: l'«école de Königsberg» d'une part et les mathématiciens «du Sud de l'Allemagne» de l'autre. Ce dernier groupe se distingue moins par l'origine de ses membres que par son opposition au réseau des mathématiciens prussiens, dirigé jusque dans les années 1880 par les mathématiciens berlinois, en particulier par Karl Weierstrass. Ceci n'empêche pas que Weber fut en même temps l'un des héritiers en matière d'algèbre et de théorie des nombres du mathématicien berlinois Leopold Kronecker, et ce fut Weber qui rédigea l'article nécrologique sur Kronecker pour le *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* [45] et les *Mathematische Annalen* [46].¹ Ces *Mathematische Annalen*, fondées sous la direction de Clebsch à Göttingen en 1868, furent le journal mathématique du réseau des «Allemands du Sud» et Weber y collabora comme membre du comité éditorial. Le plus grand héros mathématique de Felix Klein et de son groupe fut Bernhard Riemann. Après la mort subite de Clebsch (successeur de Riemann à Göttingen, et premier leader du groupe) en 1873, ce furent Richard Dedekind et surtout Weber qui prirent en charge l'édition des œuvres de Riemann, en y incluant des parties importantes du *Nachlass* scientifique de Riemann.

Le réseau des «Allemands du Sud» gagna finalement Göttingen, qui tomba définitivement sous le contrôle de Klein à partir de 1892, année décisive du fait du départ de Hermann Amandus Schwarz à Berlin comme successeur de Weierstrass, et de l'arrivée de Marburg à Göttingen de Heinrich Weber. La ville de Göttingen (Hanovre) avait été incorporée à la Prusse en 1866, et devint ainsi vers la fin du siècle, sous la régie d'Althoff dont Klein fut un des conseillers les plus importants, le centre d'une *nouvelle politique prussienne* pour les mathématiques et les sciences naturelles qui reléga Berlin au deuxième plan. Le départ de Weber de Göttingen pour Strasbourg en 1895 peut donc s'interpréter comme la création d'une antenne alsacienne du réseau qui dominait alors les mathématiques en Allemagne.

¹ Les renvois de la forme [**] se rapportent à la liste des publications de Weber donnée en annexe. — Dans son article sur Kronecker, Weber livra ce qui devint par la suite le dictum le plus cité de Kronecker: “Die ganzen Zahlen hat der liebe Gott gemacht, alles andere ist Menschenwerk.” [46, p. 15] (C'est le Bon Dieu qui a créé les nombres entiers, tout le reste est l'œuvre de l'homme.) — La bonne relation de Weber avec les berlinois est attestée aussi par le fait que son nom figure à plusieurs reprises sur les listes retenues pour les postes à pourvoir à Berlin, voir [Biermann 1988, pp. 306, 312, 315].

En véritable universaliste, Heinrich Weber noua et suivit de nombreux contacts à Strasbourg, au-delà des cercles mathématiques. Ils sont reflétés dans la *Festschrift*, cette collection très riche et variée d'articles que ses amis lui dédièrent en 1912 et que nous évoquerons vers la fin de cet article. Nous discuterons aussi plus en détail l'ouverture de Weber vers l'enseignement des applications des mathématiques et des mathématiques élémentaires. Deux autres entreprises, tributaires d'idées développées à Göttingen — d'une part sa contribution au programme de recherche sur le douzième problème de Hilbert et en fait la plus grosse partie du troisième tome (1908) de l'*Algèbre* de Weber, et d'autre part le projet de la création d'une faculté technique à l'Université de Strasbourg — ne furent finalement pas couronnées de succès et assombrissent donc le bilan des 18 ans que Weber passa à Strasbourg. Un assombrissement analogue frappa sa vie privée, avec la mort de sa femme en 1902. Sa fille qui s'occupait depuis du ménage, mourait à son tour en 1909.

L'arrivée à Strasbourg.

De multiples raisons personnelles disposèrent Weber à quitter Göttingen pour Strasbourg. Strasbourg est assez voisin de son Heidelberg natal.² Son salaire effectif y était plus élevé qu'à Göttingen au début, surtout parce que les impôts en Alsace étaient en 1895 encore nettement inférieurs à ceux de Prusse.³ Une de ses filles, Lina Weber-Holtzmann, était mariée à Strasbourg.

A son arrivée, Weber fut reçu par une *Kaiser-Wilhelm-Universität* (KWU) qui s'était créée une bonne réputation générale, surtout par le nombre important de jeunes professeurs dynamiques recrutés lors de la première vague au milieu des années 1870. La composition du *Mathematisches Seminar* au début de la KWU avait été faite suivant les conseils de Kronecker. Celui-ci avait proposé à Roggenbach, pour les trois chaires initialement prévues, de contacter les analystes Emil Friedrich Prym et Elwin Bruno Christoffel, ainsi que le géomètre Theodor Reye. Tous les trois avaient collaboré à l'Ecole Polytechnique de Zürich (avant la période zurichoise de Heinrich Weber). Les deux derniers vinrent effectivement à Strasbourg. Avant l'arrivée de Weber, à partir de l'été 1875, le *Mathematisches Seminar* de Strasbourg fut marqué par une tension entre Christoffel et Reye. Christoffel se retira de plus en plus des affaires du séminaire et demanda finalement sa retraite en 1894,⁴ libérant ainsi le poste. Weber semble avoir fait l'unanimité de

² Voir ADBR AL 103, No. 244, 855–858, Math.Nat.Fak. à Kaiserlicher Statthalter, 29/10/1894: "In Göttingen ist er [Weber] schwerlich schon so festgewurzelt, dass er unter günstigen äusseren Verhältnissen nicht gerne nach seinem heimatlichen Süden zurückkehrte." — Ceci est confirmé par NSUG, Klein Nachlass XII, 209, Weber à Klein, Straßburg, 5/5/1895: "Der Frühling ist hier wundervoll und wir übersehen von unserer hohen Warte weithin die Gegend im Blühenschmuck. Das ganze Leben ist leichter und südlicher als in G[öttingen] und ich wünschte nur, noch einige Jahre jünger und genußfähiger zu sein."

³ Voir ADBR AL 103, No. 789, Weber à Kaiserlicher Statthalter, 27/3/1909.

⁴ Corriger l'erreur dans le répertoire [Scharlau 1990, 243] où on trouve 1892. (En 1892, Christoffel se cassa le bras, ce qui lui causa des douleurs persistantes.) — Aussi, dans [Scharlau 1990] ne sont pas non plus mentionnés les professeurs *extraordinarius* Georg Roth (un alsacien), Eugen Netto (1879–1882) et Carl Schering (1882–1889) — voir [Wollmershäuser 1981, 661f].

la *mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät* à Strasbourg pour la succession de Christoffel. A part Reye, Weber trouva comme collègue mathématicien à son arrivée Adolph Krazer, professeur *extraordinarius*, c'est-à-dire sans chaire, élève de Prym.⁵

Les mathématiques, ainsi que l'université en général, étaient très bien équipées à Strasbourg depuis l'ouverture du Palais Universitaire en 1884, tant du point de vue des salles/bureaux, que de la bibliothèque du *Seminar* et de sa collection de maquettes géométriques. On y formait entre 30 et 60 étudiants de mathématiques.⁶ Ceci continua avec la participation de Weber. Ainsi en 1899, quand les mathématiques appliquées devinrent un sujet d'examen reconnu par la *Prüfungsordnung*, les mathématiciens de Strasbourg furent parmi les premiers à se doter d'une salle de dessin dès 1899, faisant écho au développement parallèle à Göttingen.⁷ Le contact entre Weber et Reye semble avoir été cordial.⁸

Pourtant le nouvel appartement des Weber dans la *Goethestraße* était apparemment moins beau que celui qu'ils avaient habité à Göttingen.⁹

Terminons ce paragraphe en décrivant brièvement l'évolution du personnel mathématique à Strasbourg sous l'influence de Weber. Un poste de professeur 'extraordinarius' était occupé par l'alsacien G. Roth, remplacé par J. Wellstein, un élève de Weber, en 1904. A. Krazer fut remplacé en 1902 par Disteli, puis en 1905 par H. Timerding et finalement par Richard von Mises en 1909. Un troisième *Extraordinariat* fut créé pour L. Maurer dans les années 1896/97. En 1903 Max Simon fut nommé *ordentlicher Honorarprofessor* pour l'histoire des mathématiques – voir [Simon 1909] et [Volkert 1994]. Il s'agit là du premier poste de ce type en Allemagne. Comme *Privatdozenten* nous trouvons J. Wellstein, P. Epstein (1903) et

⁵ Pour plus de détails sur l'histoire du *Mathematisches Seminar*, voir [Wollmershäuser 1981] et les dossiers archivaux qu'il cite. Pourtant l'hypothèse [Wollmershäuser 1981, p. 62] selon laquelle la mésentente entre Reye et Christoffel aurait résulté d'un simple malentendu, nous semble peu convaincante. A comparer par exemple avec la remarque, sans doute relative aux travaux mathématiques de Christoffel, que Minkowski fait dans une lettre à Hilbert en 1889: "... daß je weiter sich einer von den Wegen entfernt, auf welchen das Gros wandelt, er um so eher zur Selbstüberschätzung und Verkleinerung anderer Verdienste verleitet wird." [Minkowski 1973, 34]

⁶ Voir [Minkowski 1973, 36] (lettre du 19/6/1889): "In Straßburg sollen sich noch immer ca. 45 Mathematiker vorfinden. Die dortigen mathematischen Collegienzimmer sind wahrhaft opulent eingerichtet." De même NSUG, Klein Nachlass XII, 209, Weber à Klein, Straßburg, 5/5/1895: "Die Vorlesungen habe ich heute vor 8 Tagen angefangen und bin mit der Zahl der Zuhörer ganz zufrieden. In den ausgewählten Capiteln der Functionentheorie habe ich 17 in der Zahlentheorie 15. Wie die Qualität ist, kann ich noch nicht sagen. Das Seminar denke ich erst heute anzufangen. Die Einrichtungen der Universität und die baulichen Verhältnisse sind vorzüglich. Auch das Seminar gut ausgestattet. Ich hoffe aber, daß es mir gelingt, das Vorhandene nach Göttinger Muster auch noch auszunützen. Der min.[?] Curator, Ministerialrath Ham[m] ist mir in Versprechungen sehr entgegengekommen. Hoffentlich hält er auch alles." Pour l'évolution du nombre d'étudiants, voir [Wollmershäuser 1981, 66].

⁷ Voir ADBR AL 103, Nr. 993, Weber, Reye, Krazer au Curator, 25/2/1899. Pour Göttingen voir [Lorey 1916, P. 247]. Voir aussi l'article de Weber [61].

⁸ NSUG, Klein Nachlass XII, 209, Weber à Klein, Straßburg, 5/5/1895: "Reye habe ich mehrmals gesehen und er ist mir immer ein lieber und sympathischer Freund."

⁹ NSUG, Klein Nachlass XII, 209, Weber à Klein, Straßburg, 5/5/1895: "Unsere Wohnung ist mir recht. Freilich Frau und Kinder müssen in dieser Beziehung viel entbehren."

A. Speiser (1911).

Heinrich Weber algébriste.

La création de l'algèbre structurale fut l'un des développements les plus radicaux dans l'histoire des mathématiques entre, disons, 1870 et 1930. Les travaux algébriques de Weber (dont en particulier ses recherches mathématiques les plus importantes de la période strasbourgeoise) se situent non seulement dans cette phase du bouleversement de l'algèbre, mais reflètent en eux-mêmes la transition, voire la recherche d'une nouvelle conception de l'algèbre. D'abord, Weber adopta dans certains articles de recherche l'approche abstraite de Richard Dedekind, le plus 'moderne' des algébristes de la fin du siècle. Ainsi l'article [33] des deux amis Dedekind et Weber n'est rien moins que l'acte fondateur de la géométrie algébrique moderne. Les deux auteurs mettent en place une théorie complète, résolument arithmético-algébrique, des courbes algébriques.¹⁰ De même, partant d'un cours non publié de Dedekind de 1856/57, Weber fut le premier auteur à publier [47] une discussion de la notion abstraite de groupe telle que nous la voyons aujourd'hui (en particulier, sans distinction *a priori* entre les groupes finis et les groupes infinis).¹¹ Mais ces publications de pointe n'entraînent pas aussitôt dans la vision de l'algèbre généralement acceptée¹² et Weber lui-même se montre nettement plus conservateur dans son manuel d'algèbre, vraisemblablement pour des raisons pédagogiques. Par exemple, contrairement à son article [47], la notion abstraite de groupe n'est introduite dans le *Lehrbuch der Algebra* qu'au début du deuxième tome. Le premier tome reste plutôt proche des modèles classiques de l'époque, tel le *Traité des substitutions et des équations algébriques* de Camille Jordan (1870). La refonte définitive de la discipline devra attendre le jalon marquant de la *Moderne Algebra* de B. van der Waerden (1930). Tout ceci est connu et a été bien analysé par les historiens.¹³

Le fait que le *Lehrbuch der Algebra* ne se situe pas résolument du côté d'une nouvelle conception de l'algèbre mais porte toutes les marques de la période transitoire, explique en partie sa très grande richesse en résultats qu'on ne retrouve plus

¹⁰ Les idées essentielles de l'article sont toutes dues à Dedekind, mais le texte fut entièrement rédigé par Weber, après correspondance et discussions entre les auteurs. Voir [Geyer 1981], [Strobl 1982], [Ullrich 1997], et [Dieudonné 1974, p. 61]. — Des articles mathématiques rédigés en collaboration sont plutôt rares au 19-ème siècle: il n'y en a que 12 exemples dans le journal de Crelle depuis son début (1826) jusqu'en 1899. On y relève en particulier 2 articles de Rosanes et Pasch, ainsi que 4 de Frobenius et Stickelberger. Dedekind et Weber collaborèrent et se lièrent d'amitié depuis l'édition des œuvres de Riemann.

¹¹ Cet article [47] est un des premiers comptes-rendus de la théorie de Galois publiés en Allemagne. En ce qui concerne la mise en valeur d'une notion abstraite de groupe, il fut précédé de onze ans par la contribution [34] de Weber aux *Mathematische Annalen* 20 (1882), tome qui contient aussi un article de W. Dyck. Ces deux publications de 1882, bien que moins 'modernes' que la discussion de [47] en 1893, représentent elles aussi des étapes importantes vers la notion abstraite de groupe, voir par exemple [v.d. Waerden 1985, pp. 152–154].

¹² [Corry 1996, p. 38] cite pour preuve l'article de Hölder sur la théorie de Galois, dans l'*Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften* de 1898.

¹³ Voir [Kiernan 1971], [Scholz 1990, pp. 394–398], [Corry 1996, pp. 34–45], [Neumann 1997]. La portée de l'article de Dedekind et Weber est reflétée dans les neuf renvois à Heinrich Weber dans l'index de [Bourbaki 1984] qui ne renvoient tous qu'à cet article.

dans les manuels d'algèbre aujourd'hui. Ainsi les trois volumes constituent une formidable "mine de résultats"¹⁴ toujours utiles pour les chercheurs d'aujourd'hui.

Un autre aspect de Weber algébriste, qui marqua sa période strasbourgeoise, est celui de *son rôle dans le programme de recherche du douzième problème de Hilbert, c'est-à-dire dans la théorie de la multiplication complexe, et de ses erreurs*. A peine arrivé à Strasbourg, Weber devait corriger une faute que Frobenius (Berlin) avait relevée dans la première édition du premier tome de son *Algebra*; en même temps il était impatient de se mettre au travail pour le troisième tome dont le point culminant est la multiplication complexe.¹⁵ Ce troisième tome de plus de 700 pages ne parut finalement qu'en 1908. Il représente donc l'œuvre scientifique la plus importante de la période strasbourgeoise de Weber, et est incontestablement une réalisation tout à fait impressionnante de sa vie de chercheur et professeur. Son contenu ne serait plus classé aujourd'hui dans l'algèbre; on y trouve notamment la théorie arithmétique des fonctions elliptiques et fonctions modulaires et la théorie du corps de classes dans son état du début du siècle qu'on doit en grande partie à Weber. Il avait mis au point sa notion de corps de classes pendant ses premières années à Strasbourg.¹⁶

En 1900, pendant la préparation de l'ouvrage, le domaine prit un tournant avec l'énoncé du douzième des 23 problèmes posés par Hilbert dans sa célèbre adresse au Congrès International des Mathématiciens à Paris. Hilbert y conjectura en particulier que toute extension abélienne d'un corps quadratique imaginaire peut être engendrée par des modules singuliers et des racines d'unités, et Hilbert dit que la théorie de la multiplication complexe développée par Weber, combinée avec ses propres théorèmes sur les corps de classes, devrait permettre de démontrer cette conjecture sans difficultés majeures — voir [Schappacher 1996] pour plus de détails. En citant Weber, Hilbert [Hilbert 1901, p. 311] renvoya seulement au livre [3] de 1891 et ne mentionna pas ses articles [56], [57], [60] de 1897–98. Et en 1903 Fueter, élève de Hilbert, travaillant sur le douzième problème, reprit dans sa thèse

¹⁴ Expression utilisée par J.-P. Serre dans une lettre au premier auteur du 16/9/1997. A titre d'exemples, Serre relève la 'Bézoutiante' du tome I (§79), "les sous-groupes finis de GL_2 et GL_3 , en particulier le groupe simple d'ordre 168, cher à Klein" au deuxième tome, et la *Tabelle VI* à la fin du troisième tome (pp. 721ff) donnant les valeurs de certains invariants modulaires — qui "(autant que j'aie pu voir) ... ne contiennent pas d'erreur numérique; un agréable contraste avec des auteurs plus récents ...".

¹⁵ NSUG, Klein Nachlass XII, 209, Weber à Klein, Straßburg, 5/5/1895: "... Dann geht es wieder ans Ausfeilen der Algebra. Frobenius hat mich auf einen Fehler im 1^{ten} Bande aufmerksam gemacht, den ich glücklicherweise noch im zweiten berichtigen kann. Der Beweis der Irreduzibilität der allgemeinen Kreistheilungsgleichung (Ste. 419) ist nicht richtig. Es ist ärgerlich, und gut, daß es noch einigermaßen ausgebessert werden kann. Später freue ich mich, wieder mit erneuten Kräften und erweiterten Kenntnissen ausgestattet, in die Complexe Multiplication zu gehen (Classenkörper)." — Le troisième tome du *Lehrbuch der Algebra* est la seconde édition profondément retravaillée et enrichie du livre [3] de 1891. Notons en passant que la biographie de Weber par Schoeneberg dans le *Dictionary of Scientific Biography* omet cette œuvre complètement — et copie d'ailleurs la date de naissance incorrecte de [Voss 1914].

¹⁶ Voir les articles [56], [57], [60] de 1897–98. La théorie est reprise dans le *Viertes Buch* du tome III du *Lehrbuch der Algebra*. La notion définie par Weber joue sur la décomposition des idéaux premiers dans les corps de classes, formalisée de façon analytique — cf. [Frei 1989, §5].

la partie arithmétique de la théorie du corps de classes de Weber sans le citer, en substituant le mot *Strahl* à ce que Weber avait appelé *Zahlgruppe* — voir la note p. 596 du tome III du *Lehrbuch der Algebra*.¹⁷ Weber à Strasbourg se trouva donc en compétition difficile avec l'équipe de son ami et ancien élève Hilbert à Göttingen. Ayant reçu la thèse de Fueter, il demanda à Hilbert d'être tenu au courant de l'état des travaux à Göttingen sur ce problème. Il est peut-être significatif qu'il ne mentionna point dans cette lettre une thèse qu'il encadrerait au même moment à Strasbourg et qui aurait dû donner une confirmation partielle de la conjecture de Hilbert.¹⁸ Cette concurrence n'était d'ailleurs peut-être pas facilitée par le fait que Hilbert lui-même avait quitté ce terrain de recherche depuis 1900.

La contribution de Weber à la conjecture de Hilbert devrait avoir pour résultat que les *Teilungskörper*, et donc les corps de rayon d'un corps quadratique imaginaire, peuvent être engendrés par des modules singuliers et des racines d'unités.¹⁹ S'il était vrai, ce résultat serait un pas important vers la conjecture de Hilbert. Mais cette conjecture et le résultat envisagé par Weber sont faux. Et en 'démontrant' son résultat, Weber rata sa chance historique de corriger la faute de Hilbert rapidement après l'énoncé du douzième problème. En fait, la fausseté de la conjecture ne fut constatée qu'en 1914, après la mort de Weber, par Fueter (qui avait d'ailleurs lui-même contribué aux erreurs à ce sujet).

L'analyse des faux raisonnements de Weber dans son troisième tome montre tout un dédale d'erreurs, souvent imbriquées l'une dans l'autre, dont la plus sérieuse est peut-être la confusion occasionnelle de deux types de corps bien distincts que Weber appelle tous deux *Teilungskörper* et dénote par le même symbole — voir [Schappacher 1996], avec référence à [Hasse 1926]. On peut rajouter à ceci une grave erreur que Weber avait commise et répétée trois fois ([37], [5, t. II, p. 766, (7)] et [70]) dans ses 'démonstrations' de ce qu'on appelle toujours le "Théorème de Kronecker et Weber" et qui représente le résultat de base du douzième problème de Hilbert — voir [Neumann 1981, pp. 125-26].

¹⁷ Le fait que Fueter ne dit point que son *Strahl* est un groupe, est utilisé dans [Corry 1996, pp. 152–154] comme confirmation de la conception semi-structurale de l'algèbre chez Hilbert. Mais Corry semble ignorer les travaux de Weber. Cette origine de la notion pourrait suggérer une modification de la thèse de Corry.

¹⁸ NSUG, 8° Cod. Ms. philos. 205, 39–40; Weber à Hilbert 4/7/1903: "Lieber Freund! Ich sehe jetzt etwas Licht vor mir in den Arbeiten, die ich nicht ganz nach eigener Neigung übernommen habe, und ich hoffe, in den bevorstehenden Ferien wieder an Dinge gehen zu können, die mich mehr interessieren. Ich möchte mich wieder mit der complexen Multiplikation beschäftigen. Da ich aber ziemlich heraus gekommen bin, so werde ich mich zunächst wieder einarbeiten müssen, und besonders auch mit der seither erschienenen Literatur näher bekannt machen. Mein heutiger Brief hat den Zweck Sie zu bitten mir etwas näher die Arbeiten von Ihnen und Ihren Schülern zu besprechen[?], die für die Theorie des Classenkörpers der quadratischen Körper von Wichtigkeit sind. Sie könnten mir durchaus, wie ich glaube, meine Arbeit wesentlich erleichtern. Ich habe neulich eine Dissertation von Fueter bekommen, die mir nach Titel und Inhalt in dieser Beziehung viel zu versprechen scheint." — La réponse de Hilbert n'est apparemment pas conservée. — La thèse sous la direction de Weber fut celle de Daniel Bauer: *Über den Teilungskörper der elliptischen Funktionen mit singulärem Modul und die zugehörigen Classenkörper*, Strasbourg 1903.

¹⁹ Voir le tome III du *Lehrbuch der Algebra*, p. 620, no. 6. Ceci généralise la thèse de Bauer.

Les mathématiciens ont peur des erreurs, troubles-fête dans la science qui réalise le plus haut standard de rigueur de toutes les disciplines. Mais l'histoire des sciences peut gagner à les étudier. Les multiples fautes dans les travaux arithmético-algébriques de Weber exigent une réflexion sérieuse, même si elle peut difficilement être concluante. Neumann propose, pour l'erreur qu'il considère, une explication par l'insuffisance du formalisme algébrique hérité de Kronecker. Pour ce qui est de la multiplication complexe dans le tome III de l'algèbre, la psychologie de la recherche semble plus adaptée pour élucider cette question. Plus précisément, l'autorité de Hilbert continuait à appuyer la conjecture après son départ de la scène active. Devant cette conjecture Weber se trouvait seul à Strasbourg, en concurrence avec une équipe mal connue mais jeune et dont il fallait craindre la résolution complète du problème, tandis que lui ne pouvait qu'espérer engranger son résultat partiel. . .

Passons maintenant aux *engagements administratifs* que Heinrich Weber assumait à Strasbourg. Heinrich Weber avait l'habitude de prendre de telles responsabilités. Il fut recteur adjoint de l'Université de Königsberg en 1875, recteur de l'Université de Marburg en 1890/91, président de la Deutsche Mathematiker-Vereinigung en 1895 et en 1904, président du Congrès International des Mathématiciens à Heidelberg en 1904. Et il fut recteur de la KWU Strasbourg en 1900. Le projet administratif le plus ambitieux — et le plus désespéré — auquel Weber participa à Strasbourg était :

Le projet récurrent d'une faculté technique pour la KWU.

Dès 1871, Baron Franz von Roggenbach, 'allemand du Sud' aussi dans le sens de son opposition au chancelier prussien, chargé tout de même par ce dernier de la création de l'université allemande à Strasbourg, envisagea une faculté technique pour rendre l'Université plus attrayante aux yeux de la population locale, supposée peu attirée par l'idéal de la science pure. Mais dès le début aussi cette idée s'avéra trop hardie, tant du côté du système universitaire établi en Allemagne, que du côté de l'acceptation locale — voir [Craig 1984, pp. 64-65].

En 1898, le physicien Ferdinand Braun fut contacté par des industriels de Strasbourg et de Cologne pour évaluer des appareils télégraphiques, ce qui fut le début d'une collaboration qui rappelle, bien que sur une échelle réduite, la fondation, le 26/2/1898 à Göttingen, de la *Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik*, association de sept industriels avec cinq professeurs de l'Université de Göttingen, avec comme *spiritus rector* Felix Klein.²⁰ En fin d'année 1899 le projet de la création d'une faculté technique à la KWU revint à l'ordre du jour. Il fut alors traité par le recteur Theobald Ziegler (philosophe) avec la connivence du *prorecteur* Heinrich Weber et d'autres collègues dont Ferdinand Braun. Weber fut en contact avec Felix Klein et donc guidé dans cette affaire par les projets plus larges de Klein en vue d'une intégration des disciplines techniques

²⁰ Pour Braun voir [Hars 1997], pour la *Göttinger Vereinigung* [Manegold 1970, 168-180].

aux universités allemandes. Comme ces projets allaient à l'encontre des intérêts propres des écoles polytechniques aussi bien que de l'idéologie dominante des professeurs des universités, surtout mais pas uniquement en sciences humaines, il n'est pas surprenant que les ambitions de Klein échouèrent dans un "accord" avec son adversaire Slaby, orchestré par Althoff, à Göttingen en juin 1900 — voir [Manegold 1970, pp. 213–214].

Il n'est donc pas non plus étonnant de voir le *Memorandum für die Errichtung einer sechsten technischen Fakultät an der Kaiser-Wilhelm-Universität zu Straßburg* du 16 janvier 1900 classé rapidement par les instances compétentes à Berlin. C'est moins étonnant encore si l'on pense aux dépenses considérables qu'une telle création aurait engendrées. Toutefois, la question se pose des raisons précises de l'avortement du projet dans ce cas. John Craig [Craig 1984, pp. 141–145] interprète le *Memorandum* avant tout comme une réaction au projet d'établir la théologie catholique à la KWU. Il ne dispose pas de document qui établisse ce lien explicitement, mais il plaide sa thèse avec beaucoup de conviction. Toutefois, même en supposant que le projet de théologie était la motivation principale du *Memorandum*, les activités de Klein ailleurs en Allemagne peuvent au moins expliquer pourquoi les strasbourgeois ont choisi le projet d'une faculté technique pour lutter contre la faculté catholique. A titre d'exemple, peu de temps avant le projet strasbourgeois, Klein avait tenté de jumeler l'école polytechnique de Breslau avec l'université de cette ville.

Plus de dix ans après, le 10/9/1912, le gouvernement du *Reichsland Elsaß-Lothringen* demanda à la KWU de prendre position sur la création éventuelle d'un *Polytechnikum* du *Reichsland*. C'était en fait le parlement du *Reichsland*, le *Landtag*, qui avait adopté dans sa session du 2/4/1912 une motion demandant au gouvernement de lui faire parvenir pour l'année suivante un mémorandum sur la création d'une école polytechnique en Alsace-Lorraine. Originellement il était question d'une école polytechnique à Strasbourg. Là-dessus le débat du *Landtag* fut simple et clair: tout le monde était pour une école polytechnique, les Lorrains la voulaient à Metz, les Alsaciens à Strasbourg.²¹

Nous ignorons les raisons immédiates de cette motion aussi bien que leur suite. De toute façon la guerre de 1914–1918 aurait compromis tous les plans dans cette direction. Ce qui nous intéresse ici est la réponse donnée par la KWU. En novembre 1912 une commission fut formée dont les membres étaient les professeurs Braun, Ehrhard, Ewald, Nowack, Rehm, Sapper, Schur et Thiele. Le 11/12/1912 cette commission reçut un premier texte, rédigé par Thiele en collaboration avec Braun et Schur et après consultation de Heinrich Weber (âgé alors de 70 ans). Ce texte fut essentiellement adopté, hormis quelques modifications mineures et quelques derniers changements rédactionnels faits par Braun.²² Le texte discute deux

²¹ ADBR, AL 103, Nr. 931. Le procès-verbal du *Landtag* est relié dans la liasse; les documents ne respectent d'ailleurs pas toujours l'ordre chronologique.

²² ADBR, AL 103, Nr. 931. On y trouve les versions *A* (la rédaction de Thiele, avec les modifications de la commission) et *B*, le texte définitif.

possibilités de lier une école polytechnique avec la KWU: I) la *lockere Verbindung* (liaison lâche), selon laquelle les étudiants suivent certains cours à l'université, de telle sorte que l'école polytechnique puisse se limiter aux cours propres aux disciplines techniques; II) l'intégration de l'école polytechnique à l'université en tant que faculté technique de la KWU. Pour le modèle I, sont discutés les besoins des disciplines concernées de la KWU.

- Mathématiques: nécessité de créer trois nouveaux postes de professeurs de mathématiques, chacun avec un poste d'assistant, pour l'enseignement des praticiens.
- Physique: agrandissement de l'amphithéâtre, un nouveau poste de professeur *extraordinarius* avec assistant.
- Chimie: elle se vante de sa proximité avec les besoins de l'industrie, si bien que les nouvelles responsabilités vis-à-vis d'une école polytechnique pourraient être assumées à un prix relativement modique; en même temps, on souligne le prix considérable de l'équipement de nouveaux laboratoires de chimie, au cas où on envisagerait de doter l'école polytechnique d'un département de chimie.
- Minéralogie/géologie: les conséquences dépendent de l'existence d'une faculté de métallurgie à l'école polytechnique.
- Economie et matières d'intérêt général: seulement l'agrandissement de salles de cours qui a été réclamé depuis un moment.

Pour le modèle II, on dresse une liste des instituts techniques indispensables et éventuels d'une faculté technique. Puis, le reste du texte se lit comme un véritable enterrement des idées de Felix Klein qui avait toujours voulu intégrer autant que possible l'enseignement technique aux universités: le projet d'une faculté technique ne reviendrait pas moins cher que celui d'une école polytechnique liée à l'université selon le modèle I; mais il impliquerait des désavantages liés surtout à la très grande diversité des disciplines qu'il faudrait accommoder. Finalement, cette dernière partie du texte insiste tellement sur les grands besoins financiers pour la création d'une bonne école polytechnique, capable de faire face à la concurrence avec Karlsruhe, qu'on se demande si les auteurs n'étaient pas carrément hostiles à une école polytechnique à Strasbourg, quelle que soit sa forme.

Heinrich Weber et les mathématiques élémentaires.

La formation des maîtres (des futurs professeurs de lycée) fut au centre d'un grand débat national en Allemagne vers la fin du 19^{ème} siècle — voir [Lorey 1916, 263–276]. Au niveau universitaire cette formation était de nature résolument scientifique; on ne faisait aucune différence entre les étudiants qui voulaient devenir professeurs de lycée et les futurs chercheurs. Par conséquent la formation des maîtres était très abstraite et loin de la pratique de l'enseignement. Felix Klein critiqua cette situation: le débutant à l'université oublie tout ce qu'il a appris au lycée parce que les mathématiques universitaires sont sans lien visible avec les mathématiques scolaires. Ensuite, quand il rentre au lycée comme professeur, il oublie toutes les mathématiques universitaires parce qu'elles ne lui sont plus utiles. De plus, l'absence des applications des mathématiques du curriculum des écoles

(et des universités) fut critiquée au vu des besoins de la nation en ingénieurs et techniciens qualifiés — voir [Klein 1899] et [Mattheis 1994]. Un des mathématiciens qui, comme Klein, P. Stäckel et A. Gutzmer, chercha des remèdes, était Heinrich Weber. Son idée était de créer des cours spécifiques sur les mathématiques élémentaires, c'est-à-dire sur les mathématiques de lycée approfondies, destinés aux futurs professeurs, dispensés en sus des cours habituels. Le premier cours de ce type donné par Weber eut lieu à Gießen en 1888; la tradition fut continuée à Göttingen et à Strasbourg.²³

En 1898 le gouvernement de la Prusse établit les mathématiques appliquées (c'est-à-dire la géométrie descriptive, la géodésie et la mécanique) comme discipline autonome dans la formation des maîtres. Un futur professeur de lycée était désormais obligé d'étudier trois disciplines: les mathématiques pures, les mathématiques appliquées et la physique. Mais il manquait aux universités des enseignants compétents pour les mathématiques appliquées. On finit ainsi par créer des postes de mathématiques appliquées aux universités — sans pour autant y créer des cursus pour futurs ingénieurs. A Strasbourg ce fut un poste de professeur *extraordinarius* occupé par H. Timerding d'abord, et ensuite par R. von Mises.

Le premier tome de l'*Encyclopädie der Elementarmathematik*, écrit par H. Weber lui-même, est consacré à l'arithmétique et à l'algèbre, le deuxième, écrit par Joseph Wellstein, traite la géométrie et le troisième, écrit par le fils Rudolf Weber (alors Privatdozent à Heidelberg, plus tard professeur de physique à l'université de Rostock), s'occupe des mathématiques appliquées. L'idée de l'ouvrage était de rassembler toutes les informations dont un professeur de mathématique a besoin. Beaucoup de soin est consacré aux questions des fondements: par exemple Weber lui-même a créé une théorie élémentaire des ensembles pour y fonder l'idée du nombre. Il s'agit là d'une transformation didactique, en particulier d'idées de Dedekind. Dans le second tome de l'*Encyclopädie der Elementarmathematik* on trouve une longue discussion sur les fondements de la géométrie écrite par Wellstein. A la suite des propositions de Meran (1905) on discuta beaucoup sur l'introduction de l'analyse dans l'enseignement au lycée. En incluant ce thème dans le tome I Weber montra son adhésion aux idées proposées entre autres par Klein.

L'*Encyclopädie der Elementarmathematik* connut un succès considérable; elle fut rééditée quatre fois. L'ouvrage de Weber et Wellstein remplaça les *Éléments de mathématique* de R. Baltzer (parus pour la première fois au début des années 1860) et se trouvait en concurrence avec l'édition allemande (par P. Stäckel) des *Éléments* d'Emile Borel.

Weber se présente ici comme un homme très conscient des besoins de son époque, doté d'un bon sens de la pratique. Ceci devient plus clair si on compare l'*Encyclopädie der Elementarmathematik* avec les cours de Klein (*Elementarmathematik vom höheren Standpunkt*) qui, en réalité, sont assez éloignés de la pratique

²³ Pour le programme de Weber, voir [65], texte presque identique avec la préface du premier tome de l'*Encyclopädie der Elementarmathematik* [8].

de l'enseignement scolaire. Il faut ajouter que la KWU était la première université allemande à proposer des cours de didactique des mathématiques à ses étudiants. Ces cours étaient assurés par Max Simon, professeur au lycée de Strasbourg (aujourd'hui, lycée Fustel de Coulange) et *Honorary professor* chargé de cours d'histoire de mathématiques. Il est l'auteur d'un livre sur ce sujet [Simon 1909], basé sur ces cours à Strasbourg.

Remarquons en passant que Heinrich Weber participa aussi à la fondation de la grande *Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften* publiée depuis 1899 sous la direction de F. Klein et Fr. Meyer. L'origine en était une randonnée de Meyer, Klein et Weber dans le Harz (près de Göttingen) en 1894.

La Festschrift pour Heinrich Weber.

Le 5 mars 1912 Weber fêtait son 70^{ème} anniversaire. Pour cette occasion un groupe d'amis, de collègues et d'élèves compilèrent un recueil d'articles: la *Festschrift*, parue en 1912 (réimprimée par Chelsea en 1971) dont la publication fut offerte par la maison d'édition Teubner à Leipzig (l'éditeur de plusieurs livres de Weber). Parmi les 29 collaborateurs, on trouve des collègues de Strasbourg comme Reye et l'astronome J. Bauschinger (auteur d'ailleurs d'un article dans l'*Encyclopädie der Elementarmathematik*), le physicien R. Gans, le mathématicien appliqué R. von Mises, le géomètre et successeur de Reye Fr. Schur, l'historien des mathématiques Max Simon et l'astronome C. Wirtz, mais aussi des élèves de Weber à Strasbourg comme P. Epstein, A. Speiser, H. Timerding et J. Wellstein. De plus nous y trouvons D. Hilbert, le vieil ami R. Dedekind, H. Hahn et O. Blumenthal, A. Kneser et A. Loewy, E. Study et P. Stäckel, à qui on doit d'ailleurs les commentaires historiques dans l'*Encyclopädie der Elementarmathematik* (dès la deuxième édition). Finalement il y a les physiciens A. Sommerfeld et E.V. Huntington (Cambridge, Mass.). La liste des auteurs est donc impressionnante. Pour des raisons que nous ignorons Felix Klein n'en fait pas partie.

La Fin.

Le 17 mai 1913 s'achève à Strasbourg la vie de Heinrich Weber, peu de temps avant la fin de la KWU. Il n'y eut pas de continuation locale, à Strasbourg, des projets poursuivis par Weber: ni en ce qui concerne la question d'une école polytechnique en Alsace, ni dans son domaine de recherche mathématique, la multiplication complexe. En effet, quand le Congrès International des Mathématiciens se réunit à Strasbourg en 1920, il fut fermé aux mathématiciens allemands (au titre du boycott contre la science allemande après la première guerre mondiale; le premier Congrès International des Mathématiciens avec de nouveau une participation allemande fut celui de Bologne en 1928). Le mathématicien japonais Teiji Takagi, qui avait pendant la guerre complété la théorie du corps de classes et repris, en évitant les erreurs, la partie du troisième tome du *Lehrbuch der Algebra* qui s'occupe du douzième problème de Hilbert, participa au congrès de Strasbourg — et n'y trouva personne capable d'apprécier ses travaux. Des mathématiciens français comme André Weil et Claude Chevalley ne commencèrent pas avant la fin des années

1920 à assimiler et développer les recherches arithmético-algébriques de l'école allemande.

Remerciements. Nous remercions chaleureusement tous ceux qui nous ont aidé dans la préparation de cet article par des documents, indications, commentaires ou critiques, en particulier P. Roquette, D. Rowe et J.-P. Serre.

Curriculum Vitæ de Heinrich Weber

- * 5/3/1842¹ Martin Georg Friedrich Heinrich Weber né à Heidelberg. Père: Dr. Georg Weber, professeur d'histoire et écrivain populaire très connu, '*Lehrbuch der Weltgeschichte*', '*Weltgeschichte in übersichtlicher Darstellung*'
- 1853-1860 lycée de Heidelberg; son professeur de mathématiques: Arthur Arneth, auteur d'une histoire des mathématiques et *Privatdozent* à l'Université de Heidelberg
- 1860 étudiant à l'Université de Heidelberg; cours de Hesse, Bunsen, Kirchhoff et Helmholtz
- 1862, pendant un semestre, étudiant à Leipzig
- 1863 docteur-ès-mathématiques à Heidelberg (sans thèse)
- 1863-1865 séjour à Königsberg; théorie des fonctions et physique mathématique sous la direction de Franz Neumann et F. Richelot; période importante pour le développement mathématique de H.W.
- 1866 habilitation à Heidelberg, thèse proposée par F. Richelot: "*Zur Theorie der regulären Lösungen partieller Differentialgleichungen erster Ordnung*" (no. [1] de la liste des publications, A.3)
- 1866-1869 Privatdozent à Heidelberg
- 1869 professeur "außerordentlich" (c'est-à-dire, sans chaire) à l'Université de Heidelberg
- 1870 professeur "ordinarius" (chaire) à l'Ecole Polytechnique de Zürich (successeur de Dedekind); mariage avec Emilie Dittenberger; au fil des années 7 enfants dont 3 meurent jeunes
- 1875 professeur à l'Université de Königsberg (successeur de Richelot)
- 1883 professeur à l'Ecole Polytechnique de Berlin-Charlottenburg
- 1884 professeur à l'Université de Marburg (successeur de R. Baltzer)
- 1892 professeur à l'Université de Göttingen (successeur de Gauss - Dirichlet - Riemann - Clebsch - Fuchs - H.A. Schwarz)
- 1895 Professeur à l'Université de Strasbourg (successeur de B.E. Christoffel)
- 1901 mort de Emilie Weber, née
- 1902 Doctorat honoré de l'université de Kristiana (centenaire d'Abel)
- 1912 Doctorat d'honneur de la Faculté de Philosophie de Heidelberg
- +17.5.1913 mort à Strasbourg

Positions administratives: recteur adjoint de l'Université de Königsberg (1875), recteur des Universités de Marburg (1891) et de Strasbourg (1900).

Président de la Deutsche Mathematiker-Vereinigung (1895, 1904), du Congrès International des Mathématiciens, Heidelberg 1904. Membre de la rédaction des *Mathematische Annalen* (1893).

Distinctions scientifiques: Membre des Académies de Göttingen (1875), de Berlin (1896), de Munich (1903), de Stockholm, d'Uppsala et de l'Accademia dei Lincei.

Références, I: Publications de Heinrich Weber

a) Livres, brochures.

[1] *Theorie der Abel'schen Funktionen vom Geschlecht drei* (Berlin, 1876).

¹ [Voss 1914] donne par erreur le 5 mai comme date de naissance. Cette erreur s'est propagée assez loin dans la littérature, par exemple dans [Schoeneberg, DSB].

- [2] Über Causalität in den Naturwissenschaften. Rede, gehalten bei der Übergabe des Prorectorates der Albertus-Universität zu Königsberg (Leipzig, 1871).
- [3] Elliptische Functionen und algebraische Zahlen. Akademische Vorlesungen (Braunschweig, 1891).
- [4] Die Universität Marburg unter preussischer Herrschaft. Festrede zur Einweihung der neuen Aula am 26. Juni 1891 (Marburg, 1891).
- [5] Lehrbuch der Algebra. — Première édition: tome I (Braunschweig, 1895), tome II (Braunschweig, 1896) — Deuxième édition: tome I (Braunschweig, 1898), tome II (Braunschweig, 1899), tome III (= deuxième édition retravaillée et enrichie de [3]) (Braunschweig, 1908).
- [6] Über die Entwicklung unserer mechanischen Naturanschauung im neunzehnten Jahrhundert. Rede zum Antritt des Rectorats der Kaiser-Wilhelms-Universität Straßburg (Strasbourg, 1900).
- [7] Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik. Nach Riemanns Vorlesungen. 2 tomes. — Quatrième édition: Braunschweig 1900, 1901. — Cinquième édition dans un volume: Braunschweig 1910. — Les trois éditions antérieures portaient le titre: “Die partiellen Differentialgleichungen und deren Anwendung auf physikalische Fragen”, cours de B. Riemann publié par K. Hattendorf (première édition: Braunschweig, 1869).
- [8] Encyclopädie der Elementarmathematik. Ein Handbuch für Lehrer und Studierende. Publié par H. Weber et J. Wellstein. Tome I: Elementare Algebra und Arithmetik, par H. Weber (Leipzig, 1903); tome II: Encyclopädie der elementaren Geometrie, par H. Weber, J. Wellstein et W. Jacobsthal (Leipzig, 1905); tome III: Angewandte Elementarmathematik, par H. Weber, J. Wellstein et R.H. Weber (Leipzig, 1907). Dès la deuxième édition, le tome III fut divisé en deux parties: Mathematische Physik, par R.H. Weber (Leipzig, 1910), et Darstellende Geometrie, graphische Statik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, politische Arithmetik und Astronomie, par J. Wellstein, H. Weber, H. Bleicher et J. Bauschinger (Leipzig, 1912).
- b) Mémoires:
- [9] Ueber singuläre Auflösungen partieller Differentialgleichungen erster Ordnung, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **66** (1866), 193–236
- [10] Ueber ein Princip der Abbildung der Theile einer krummen Oberfläche auf eine Ebene, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **67** (1867), 229–247
- [11] Ueber eine Transformation der hydrodynamischen Gleichungen, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **68** (1868), 286–292
- [12] Ueber einige bestimmte Integrale, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **69** (1868), 222–237
- [13] Ueber das Additonstheorem der Abel’sche Functionen, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **70** (1869), 193–211
- [14] Zur Theorie der Umkehrung der Abel’schen Integrale, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **70** (1869), 314–345
- [15] Ueber die Integration der partiellen Differentialgleichung $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + k^2 u = 0$, *Mathematische Annalen* **1** (1869), 1–34
- [16] Note zu Riemann’s Beweis des Dirichlet’schen Prinzips, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **71** (1870), 29–39
- [17] Note über ein Problem der Abbildung, *Mathematische Annalen* **2** (1870), 140–142
- [18] Probleme der Wärmeleitung, *Vierteljahrszeitschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich* **16** (1872), 116–124
- [19] Ueber die mehrfachen Gauß’schen Summen, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **74** (1872), 14–56
- [20] Ueber die unendlich vielen Formen der θ -Function, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **74** (1872), 57–86
- [21] Ueber die Bessel’schen Functionen und ihre Anwendung auf die Theorie der electrischen Ströme, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **76** (1873), 75–105
- [22] Ueber die stationären Strömungen der Electricität in Cylindern, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **76** (1873), 1–20
- [23] Zur Theorie der Transformation algebraischer Functionen, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **76** (1873), 345–348
- [24] Ueber eine Darstellung willkürlicher Functionen durch Bessel’sche Functionen, *Mathematische Annalen* **6** (1873), 146–161
- [25] Neuer Beweis des Abel’schen Theorems, *Mathematische Annalen* **8** (1875), 49–52

- [26] Ueber die Transcendenten zweiter und dritter Gattung bei den hyperelliptischen Functionen erster Ordnung, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **82** (1877), 131–144
- [27] Zur Geschichte des Problems der Fortpflanzung ebener Luftwellen von endlicher Schwingungsbreite, *Zeitschrift für Mathematik und Physik* **22** (1877), 71
- [28] Ueber die Transformationen der Theta-Functionen, ins Besondere derer von drei Veränderlichen, *Annali di matematica pura ed applicata* (2) **9** (1878/79), 126–166
- [29] Ueber die Kummer'sche Fläche vierter Ordnung mit sechzehn Knotenpunkten und ihre Beziehung zu den Theta-Functionen mit zwei Veränderlichen, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **44** (1878), 332–354
- [30] Ueber gewisse in der Theorie der Abel'schen Functionen auftretende Ausnahmefälle, *Mathematische Annalen* **13** (1878), 35–47
- [31] Bemerkungen zu der Schrift "Ueber die Abel'schen Functionen vom Geschlecht drei" [Auszug aus einem Schreiben an Herrn Borchardt], *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **88** (1879), 82–84
- [32] Anwendung der Theta-Functionen zweier Veränderlicher auf die Theorie der Bewegung eines festen Körpers in einer Flüssigkeit, *Mathematische Annalen* **14** (1879), 173–206
- [33] avec R. Dedekind: Theorie der algebraischen Functionen einer Veränderlichen, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **92** (1882), 181–299
- [34] Beweis des Satzes, dass jede eigentlich primitive quadratische Form unendlich viele Primzahlen darzustellen fähig ist, *Mathematische Annalen* **20** (1882), 301–329
- [35] Ueber die Galois'schen Gruppen der Gleichung 28ten Grades, von welcher die Doppeltangenten einer Curve vierter Ordnung abhängen, *Mathematische Annalen* **23** (1884), 489–502
- [36] Zur Theorie der elliptischen Functionen, *Acta Mathematica* **6** (1885), 329–416
- [37] Zur Theorie der Abel'schen Zahlkörper I - III, *Acta Mathematica* **8** (1886), 193–263
- [38] Ein Beitrag zu Poincaré's Theorie der Fuchs'schen Functionen, *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* (1886), 359–370
- [39] Zur Theorie der Abel'schen Zahlkörper IV, *Acta Mathematica* **9** (1886/87), 105–130
- [40] Zur Theorie der elliptischen Functionen. Zweite Abhandlung, *Acta Mathematica* **11** (1887/88), 330–390
- [41] Zur complexen Multiplikation elliptischer Functionen, *Mathematische Annalen* **33** (1889), 390–409
- [42] Stationäre Ströme der Electricität in Platten, *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* (1889), 93–101
- [43] Paul du Bois-Reymond, *Mathematische Annalen* **35** (1890), 457–460
- [44] Zur Theorie der Bessel'schen Functionen, *Mathematische Annalen* **37** (1890), 404–416
- [45] Leopold Kronecker, *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* **2** (1892), 185–196
- [46] Leopold Kronecker, *Mathematische Annalen* **43** (1893), 5–31
- [47] Die allgemeinen Grundlagen der Galois'schen Gleichungstheorie, *Mathematische Annalen* **43** (1893), 521–549
- [48] Temperatenausgleich zwischen zwei sich berührenden homogenen Körpern, *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* (1893), 722–730
- [49] Formule de Jordan modifiée par Cayley, *Nouvelles Annales de Mathématiques* **14** (1895)
- [50] Ueber einen in der Zahlentheorie angewandten Satz der Integralrechnung, *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* (1896), 275–281
- [51] Zur Theorie der ganzzahligen algebraischen Zahlen; *in: Papers of the Chicago Congress* (Chicago, 1896), 401–407
- [52] Darstellung der Fresnel'schen Wellenfläche durch elliptische Functionen, *Vierteljahrszeitschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich* **41**, 2ième partie (1896), 275–281
- [53] Vier Briefe an Arthur Cayley über elliptische Modulfunctionen, *Mathematische Annalen* **47** (1896), 1–5
- [54] Bemerkungen zu den vorstehenden Briefen, *Mathematische Annalen* **47** (1896), 6–18
- [55] Transcendental numbers, *Bulletin of the American Mathematical Society* (2) **3** (1897), 175–195 [= trad. chap. XXV du Lehrbuch der Algebra, tome I]
- [56] Ueber Zahlengruppen in algebraischen Körpern, *Mathematische Annalen* **48** (1897), 433–473
- [57] Ueber Zahlengruppen in algebraischen Körpern. Zweite Abhandlung, *Mathematische Annalen* **49** (1897), 83–100
- [58] Differentialgleichungen der elektrolytischen Verschiebung, *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (1897), 936–946

- [59] Über die Genera in algebraischen Zahlkörpern; *in*: Verhandlungen des ersten internationalen Mathematiker-Kongresses in Zürich vom 9. bis 11. August, publiées sous a direction de F. Rudio (Leipzig, 1898), 113–122
- [60] Ueber Zahlengruppen in algebraischen Körpern, *Mathematische Annalen* **50** (1898), 1–26
- [61] Wirkung der neuen preussischen Prüfungsordnung für Lehramtskandidaten auf den Universitätsunterricht, *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* **8** (1899), 95–104
- [62] Komplexe Multiplikation; *in*: Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen. Tome premier en deux parties. Arithmetik und Algebra, publié sous a direction de Wilhelm Franz Meyer. Deuxième partie (Leipzig, 1900–1904), 716–732
- [63] Über Abel's Summation endlicher Differenzen, *Acta Mathematica* **27** (1903), 225–234
- [64] Theorie der reellen quadratischen Irrationalzahlen, *Archiv der Mathematik und Physik* **4** (1903), 193–212
- [65] Die Stellung der Elementarmathematik in der mathematischen Wissenschaft, *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* **12** (1903), 398–401
- [66] Über komplexe Primzahlen in Linearform, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **129** (1904), 35–62
- [67] Eröffnungsansprache; *in*: Verhandlungen des dritten internationalen Mathematiker Kongresses in Heidelberg vom 8. August bis 13. August 1904, publiées sous a direction de A. Krazer (Leipzig, 1905), 24–30
- [68] Bemerkungen aus der Theorie der partiellen Differentialgleichungen; *in*: Verhandlungen des dritten internationalen Mathematiker Kongresses in Heidelberg vom 8. August bis 13. August 1904, publiées sous a direction de A. Krazer (Leipzig, 1905), 446–450
- [69] Elementare Mengenlehre, *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* **15** (1906), 175–184
- [70] Über zyklische Zahlkörper, *Journal für die reine und angewandte Mathematik* **132** (1907), 167–188
- [71] Über die Komposition der quadratischen Formen, *Nachrichten der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* (1907), 86–100
- [72] Über die Definition des Doppelintegrals, *Acta Mathematica* **15** (1909), 289–294
- [73] Zur Theorie der zyklischen Zahlkörper, *Mathematische Annalen* **67** (1909), 22–60
- [74] Über den Satz vom Modus für krummlinige Lichtstrahlen, *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo* **29** (1910), 396–406
- [75] Über die Gauß'sche Methode zur angenäherten Berechnung von Integralen, *Archiv der Mathematik und Physik* **17** (1911), 113–117
- [76] Zur Theorie der zyklischen Zahlkörper. Zweite Abhandlung, *Mathematische Annalen* **70** (1911), 459–470
- [77] Über die Gibbs'sche Erscheinung bei bestimmten Integralen, *Mathematische Annalen* **73** (1913), 286–288
- [78] avec J. Wellstein: Der Minkowski'sche Satz über die Körperinvariante, *Mathematische Annalen* **73** (1913), 275–284

c) Ouvrages publiés sous a direction de Heinrich Weber:

- [79] Riemann, Bernhard. *Gesammelte Mathematische Werke und wissenschaftlicher Nachlaß* [avec la collaboration de R. Dedekind] (Leipzig, 1876) — Deuxième édition, augmentée par Wissenschaftlicher Nachlaß (M. Noether, W. Wirtinger): Leipzig, 1892
- [80] Jacobi, Carl Gustav Jacob. *Ueber die vierfach periodischen Functionen zweier Veränderlicher*. Traduit par A. Witting, *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften* **64** (Leipzig, 1895)
- [81] Rosenhain, Johann Georg. *Abhandlung über die Functionen zweier Variablen mit vier Perioden*. Traduit par A. Witting, *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften* **65** (Leipzig, 1895)
- [82] Göpel, Adolph. *Entwurf einer Theorie der Abel'schen Transcendenten erster Ordnung*. Traduit par A. Witting, *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften* **67** (Leipzig, 1895)
- [83] Lagrange, Joseph Louis. *Zusätze zu Eulers Algebra. Unbestimmte Analysis*. Traduit par A.J. von Oettingen, *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften* **103** (Leipzig, 1898)
- [84] Gauß, Carl Friedrich. *Allgemeine Grundlagen einer Theorie der Gestalt von Flüssigkeiten im Zustand des Gleichgewichtes*. Traduit par R. Weber, *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften* **135** (Leipzig, 1903)
- [85] Euler, Leonard. *Opera omnia. Series primum, volumen primum. Vollständige Anleitung zur*

Algebra. Mit den Zusätzen von Joseph Louis Lagrange (Leipzig & Berlin, 1911)

d) Divers:

[86] Anmerkungen und Zusätze; *in*: Henri Poincaré, “Der Wert der Wissenschaft”, traduit par Emilie Weber (Leipzig & Berlin, 1906)

Références, II: Bibliographie générale.

- K.-R. Biermann (1988), Die Mathematik und ihre Dozenten an der Berliner Universität 1810 – 1933, Stationen auf dem Wege eines mathematischen Zentrums von Weltgeltung; Akademie-Verlag Berlin.
- N. Bourbaki (1984), *Eléments d’histoire des mathématiques*, Paris (Masson)
- L. Corry (1996), Modern algebra and the rise of mathematical structures; Science Networks, vol 17, Basel, Boston (Birkhäuser)
- J.E. Craig (1984), Scholarship and Nation Building. The Universities of Strasbourg and Alsatian Society 1870–1939, Chicago, London (University of Chicago Press)
- J. Dieudonné (1974), *Cours de géométrie algébrique*, 1. Aperçu historique. . . , Paris (PUF)
- Festschrift (1885) für die 38. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte. Die naturwissenschaftlichen und medicinischen Institute der Universität Straßburg und die naturhistorischen Sammlungen der Stadt Straßburg, Strasbourg
- Festschrift (1912) Heinrich Weber zu seinem siebzigsten Geburtstag am 5. März 1912 gewidmet von Feunden und Schülern, mit dem Bildnis von H. Weber in Heliogravüre und Figuren im Text, Leipzig und Berlin (Teubner), 1912
- G. Frei (1989), Heinrich Weber and the Emergence of Class Field Theory; *in*: Rowe, McCleary (ed.s), *The History of Modern Mathematics*, vol. I: Ideas and their Reception, Proc. Poughkeepsie 1989, Boston etc. (Academic Press); pp. 424–450
- G. Frei (1995), Heinrich Weber (1842–1913); *in*: Die Albertus-Universität zu Königsberg und ihre Professoren, aus Anlaß der Gründung der Albertus-Universität vor 450 Jahren herausgegeben von Dietrich Rauschnig und Donata v. Nerée, Berlin (Duncker & Humblot); pp. 509–520
- J.-P. Friedelmeyer & A. Fuchs (1989), L’activité mathématique à Strasbourg et en Alsace, 1538 à nos jours. *in*: *Les sciences en Alsace 1538–1988*, Strasbourg: Oberlin, 33 - 47
- W.-D. Geyer (1981), Die Theorie der algebraischen Funktionen einer Veränderlichen nach Dedekind und Weber; *in*: W. Scharlau (ed.): *Richard Dedekind 1831–1981*, Eine Würdigung zu seinem 150. Geburtstag, Braunschweig, Wiesbaden (Vieweg); 109–133
- F. Hars (1997), Ferdinand Braun, manuscrit pour le volume HISA
- H. Hasse (1926), Bericht über neuere Untersuchungen und Probleme aus der Theorie der algebraischen Zahlkörper, *Jber. DMV* **35**
- D. Hilbert (1901), *Mathematische Probleme*, *Gesammelte Abhandlungen* (2. Auflage), Band III, Berlin - Heidelberg - New York (Springer) 1970, 290–329.
- W. Lorey (1916), *Das Studium der Mathematik an den deutschen Universitäten seit Anfang des neunzehnten Jahrhunderts*, Leipzig & Berlin (Teubner)
- B.M. Kiernan (1971), The development of Galois theory from Lagrange to Artin, *Archive for the History of Exact Sciences* **8**, 40–154
- F. Klein (1899), Über Aufgabe und Methode des mathematischen Unterrichts an den Universitäten, *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* **7**, 126 - 138
- F. Klein (1926), *Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert*, Teil I, Berlin (Springer)
- K.H. Manegold (1970), *Universität, technische Hochschule und Industrie. Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jhd. unter besonderer Berücksichtigung der Bestrebungen Felix Kleins*; *Schriften zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte* **16**, Berlin (Duncker & Humblot)
- M. Mattheis (1994), Felix Klein und die Reform des Mathematikunterrichts um die Jahrhundertwende, Staatsexamensarbeit Fachbereich Mathematik Universität Mainz

- H. Minkowski (1973), Briefe an David Hilbert, mit Beiträgen und herausgegeben von L. Rüdtenberg und H. Zassenhaus, Berlin, Heidelberg, New York (Springer)
- O. Neumann (1981), Two proofs of the Kronecker-Weber theorem “according to Kronecker, and Weber”, *J. reine angew. Math.* **323**, 105–126
- O. Neumann (1997), Die Entwicklung der Galois-Theorie zwischen Arithmetik und Topologie (1850–1960), *Archive Hist. Exact Sciences* **50**, 291–329
- N. Schappacher (1996), On the History of Hilbert’s Twelfth Problem, I; Paris 1900 – Zürich 1932: The Comedy of Errors, preprint
- W. Scharlau (ed.) (1990), Mathematische Institute in Deutschland 1800–1945, *Dok. Gesch. Math.* **5**, Braunschweig (Vieweg); Universität Strasbourg: pp. 242–244
- B. Schoeneberg (DSB), Heinrich Weber, *in*: *Dictionary of Scientific Biography*.
- E. Scholz (1990), *Geschichte der Algebra — Eine Einführung*, Mannheim - Wiesbaden (BI - Spektrum Verlag)
- M. Simon (1909), *Geschichte der Mathematik im Altertum in Verbindung mit antiker Kulturgeschichte*, Berlin: Cassirer
- W. Strobl (1982), Über die Beziehungen zwischen der Dedekindschen Zahlentheorie und der Theorie der algebraischen Funktionen von Dedekind und Weber, *Abh. Braunsch. Wiss. Ges.* **33**, 225–246
- P. Ullrich (1997), Die Entdeckung der Analogie zwischen Zahl- und Funktionenkörpern: der Ursprung der “Dedeking-Ringe”, preprint Münster
- S.G. Vlăduț (1991), Kronecker’s Jugendtraum and modular functions; *Studies in the Development of Modern Mathematics*, vol. **2**, New York etc. (Gordon & Breach)
- K. Volkert (1994), Max Simon als Historiker und Didaktiker der Mathematik. *in*: *Der Wandel im Lehren und Lernen von Mathematik und Naturwissenschaften. Tome I. Mathematik*, sous la direction de J. Schönbeck, H. Struve et K. Volkert, Weinheim: Deutscher Studien Verlag; 73–88
- A. Voss (1914), Heinrich Weber, *Jber. DMV* **23**, pp. 431–444
- B. van der Waerden (1985), *A History of Algebra, from al-Khwārizmī to Emmy Noether*, Berlin, Heidelberg etc. (Springer)
- F.R. Wollmershäuser (1981), Das Mathematische Seminar der Universität Straßburg 1872–1900, *in*: Butzer, Féjer (ed.s), E.B. Christoffel, *The Influence of his Work on Mathematics and the Physical Sciences*; Basel, Boston, Stuttgart (Birkhäuser); 52–70

Références, III: Archives, abréviations.

ADBR — Archives Départementales du Bas-Rhin, Strasbourg.

NSUG — Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek, Göttingen, Handschriftenabteilung.