



**HAL**  
open science

# Une étude quantitative sur le temps long des occurrences du terme "matrice" en mathématiques

Frederic Brechenmacher

► **To cite this version:**

Frederic Brechenmacher. Une étude quantitative sur le temps long des occurrences du terme "matrice" en mathématiques. 2008. hal-00502403

**HAL Id: hal-00502403**

**<https://hal.science/hal-00502403>**

Preprint submitted on 14 Jul 2010

**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.

# Une étude quantitative sur le temps long des occurrences du terme "matrice" en mathématiques.

Frédéric Brechenmacher <sup>1</sup>

---

Cette enquête s'appuie sur le potentiel heuristique de méthodes quantitatives afin de dégager des éléments pour une étude sur le temps long des "matrices" qui sont ici envisagées à la fois comme des notions mathématiques et dans leurs matérialités de formes de représentations indissociables de pratiques opératoires.

Des études quantitatives sur les occurrences du terme "matrice" dans les entrées de la base *Zentralblatt Math* de référencement de publications mathématiques de 1868 à nos jours permettent de mettre en évidence une dynamique globale d'universalisation de cette terminologie. Mais les études quantitatives permettent également de questionner et problématiser une telle dynamique en montrant le rôle joué par le temps court de la période 1920-1939 dans des phénomènes de passages au global de pratiques locales qui engagent des temps plus longs et de multiples espaces. La période de l'entre deux guerres fait l'objet d'une étude approfondie s'attachant aux différents supports de publications, leurs langues et lieux de parutions ainsi qu'aux évolutions des classifications mathématiques. Un objectif important est d'obtenir une structuration fine du corpus large obtenu par le dépouillement de la base de données et que nous publions en annexe bibliographique.

Les éléments dégagés par les études quantitatives présentées dans cet article sont mobilisées dans l'article du même auteur, "Une histoire de l'universalité des matrices mathématiques", à paraître en 2010 dans la *Revue de synthèse*.

---

## **Abstract. A Quantitative Analysis of Mathematical Matrices on the *Longue Durée*.**

This paper resorts to a statistical survey in order to bring out the key elements for a historical study of matrices on the *longue durée* (matrices are here considered not only as abstract mathematical objects but also as material forms of representations resorting to operatory practices).

The use of quantitative analysis on the uses of the terminology "matrix" in *Zentralblatt Math*, a data basis of mathematical papers which have been published since 1868 documents a global phenomenon of universalisation of this terminology in mathematics. Deeper quantitative studies shed some light on the various dimension of this complex phenomenon of universalisation. They especially highlight the key role played by the short period of time period 1920-1939 for the passage from local to global of practices developed on the *longue durée* (1850-1939) in different times and spaces. The interware period is therefore analyzed more deeply (kinds of publications, languages, locations, mathematical classifications etc.). We especially aim at structuring on a finer scale the

---

<sup>1</sup> Université Lille-Nord de France. Université d'Artois.  
Laboratoire de Mathématiques Lens (LML, EA2462 ).  
Fédération de Recherche Mathématique du Nord-Pas-de-Calais (CNRS, FR 2956).  
Faculté des Sciences Jean Perrin, rue Jean Souvraz S.P. 18, 62 307 Lens Cedex France.  
[frederic.brechenmacher@euler.univ-artois.fr](mailto:frederic.brechenmacher@euler.univ-artois.fr)

large corpus of texts which has been obtained by the systematic study of the data basis and that we publish in a bibliographic annex.

The results of the present study are used in a paper by the same author, "A History of the Universality of Matrices", to appear in 2010 in the *Revue de synthèse*.

---

### Introduction.

Afin d'expliciter notre questionnement à destination de lecteurs éventuellement plus familiers de l'universalité prêtée à d'autres objets mathématiques tels que les « nombres », « cercles » ou « équations », introduisons notre sujet par quelques remarques générales quant à l'emploi du terme matrice (*t. m.*) au sein de mathématiques qui nous sont contemporaines. Un examen des publications d'enseignement et de recherche met en évidence une diversité d'usages d'un terme que l'on emploie afin d'identifier non seulement des sujets d'études, des objets ou outils de classifications et de « représentations », mais aussi un « calcul ». Les auteurs de manuels font référence à une « notion », introduite par une définition, objet d'une « théorie des matrices », elle-même insérée dans une discipline, l'algèbre linéaire. Présentée comme l'une des briques élémentaires de l'algèbre linéaire, cette notion se trouve insérée à la base de curricula universitaires, à un niveau international et dépassant le champ des mathématiques (physique, biologie, économie etc.). L'articulation entre la notation par une lettre, envisagée comme un élément - un nombre - d'une structure algébrique et la notation par un tableau, composé lui-même de tels éléments <sup>(2)</sup>, manifeste une dualité des matrices. A la fois élément et élément-multiple, celles-ci permettent des dialectiques entre « concret » et « abstrait », mathématiques « pures » et « appliquées ». Le thème de l'« application » rejoint ici celui de la « représentation », l'usage des matrices permettant de mettre en évidence la capacité de l'algèbre linéaire à s'« appliquer » dans une diversité de domaines dont les objets, distincts, sont susceptibles d'une même « représentation matricielle » : applications linéaires, formes quadratiques, groupes discrets et de Lie, graphes, systèmes d'équations différentielles etc. D'un point de vue didactique, les matrices sont particulièrement investies dans l'acquisition de connaissances relatives aux structures. En tant qu'outil de « notation » par un tableau ou par un symbole alphabétique, les matrices permettent non seulement d'illustrer la généralisation des concepts de nombre et de polynôme que permettent des structures algébriques comme les « algèbres associatives », mais aussi la généralisation de méthodes de calculs, le « calcul des matrices » articulant opérations, relations d'équivalences arithmétiques et méthodes polynomiales associées à des calculs d'invariants comme les déterminants.

Au sein des objets et méthodes des mathématiques « pures » et « appliquées », le *t. m.* prétend à une certaine universalité qui ne semble pas indépendante du statut « élémentaire » conféré à ce terme. Afin de préciser ce qualificatif d'universalité, quittons à présent le cadre des considérations générales pour adopter des méthodes quantitatives, rendues possibles par la constitution de la base de données *Zentralblatt Math (ZM)* <sup>(3)</sup>. La requête « matrice » introduite dans le moteur de recherche

---

<sup>2</sup> Cet usage ne se réduit pas à la donnée de tableaux de nombres réels mais porte plus généralement sur les éléments d'un anneau commutatif unitaire et donc sur des objets divers comme des polynômes ou... des matrices. Nous verrons plus loin que cette mise en abime des matrices est cruciale pour la constitution des méthodes de décompositions matricielles.

<sup>3</sup> Zentralblatt MATH est édité par la *Société Mathématique Européenne*, le *Fachinformationszentrum* de Karlsruhe, et la *Heidelberger Akademie der Wissenschaften*. La base de données, publiée en coopération avec Springer-Verlag

de la base permet des enquêtes quant à l'emploi de ce terme dans une ou plusieurs des catégories de référencement <sup>(4)</sup>. Sur un intervalle de cinq années, de 1996 à 2000, les occurrences du *t.m.* interviennent dans 7% des entrées référencées. Une comparaison par rapport aux occurrences d'autres termes mathématiques permet d'interroger un premier critère d'universalité, celui de la fréquence d'utilisation. L'usage du *t.m.* apparaît ainsi plus fréquent que celui des termes « cercle » (0,01%), « anneau » (2,4%) ou vecteur (5,2%); moins fréquent que celui d'« espace » (16%), de « fonction » (15,5 %), de nombre (12,8%), d'« ensemble » (12,7%) et dans les mêmes proportions que « point » (8,2%), « groupe » (8%), « corps » (8%), « structure » (7,7%) ou « variable » (6,4%).

La classification par sujets mathématiques des entrées bibliographiques apporte un deuxième type d'informations <sup>(5)</sup>. Si des occurrences du *t. m.* interviennent dans chacune des rubriques de la classification, ce constat peut être affiné par une étude statistique sur la population des entrées bibliographiques <sup>(6)</sup>. Deux fréquences sortent nettement du lot, la première est, sans surprise, associée à la rubrique « algèbre linéaire et multilinéaire ; théorie des matrices » (76,7 %), la seconde est une rubrique d'analyse, « suites, séries, sommabilité » (20,2%). Parmi les quatorze rubriques présentant une fréquence supérieure au troisième quartile de la série statistique (8,5 %), on trouve des sujets aussi divers que « combinatoires » (13,1 %), « anneaux associatifs et algèbres » (13,2%), « théorie quantique » (11,9%), « théorie des opérateurs » (9,8%), « statistiques » (8,7%). Dans les trente et une valeurs présentes dans l'intervalle interquartile ([3,7% ; 8,5%]), la rubrique « optique, théorie électromagnétique » (7%) côtoie « théorie des groupes et généralisations » (8,2%), « analyse harmonique abstraite » (6,5%), « informations et communications, circuits » (7,5%) ou encore « géophysique » (3,8 %). Cette enquête quantitative permet de préciser le qualificatif d'universalité prêté au *t.m.* dans les mathématiques qui nous sont contemporaines. D'une part, ce terme fait l'objet de la seule théorie explicitement référencée dans la rubrique « algèbre linéaire». D'autre part, les entrées de cette rubrique ne représentent que 12,5% de l'ensemble des entrées obtenues, le *t.m.* étant essentiellement employé au sein d'autres rubriques, toutes étant représentées et l'intervalle interquartile présentant un éventail de sujets très divers, de mathématiques dites pures comme de mathématiques dites appliquées.

### 1. Périodisation et étude quantitative.

Le premier problème qui se pose est celui des critères retenus pour la sélection d'un corpus et d'une périodisation. Si, à première vue, le moteur de la base ZM permet de lancer des recherches à partir de 1868, la démarche s'avère délicate à mettre en œuvre pour des enquêtes historiques. En effet, les entrées référencées sont, hormis les plus récentes, le résultat d'un projet de numérisation. Parmi les journaux numérisés, le *Zentralblatt für Mathematik und ihre Grenzgebiete* fondé en 1931 est à l'origine du nom de la base de données qui, depuis 2003, a également incorporé le contenu du

---

(<http://www.zentralblatt-math.org/>), recense plus de 2,6 millions d'entrées bibliographiques depuis 1868 et son ambition est de couvrir la totalité du spectre des mathématiques pures et appliquées.

<sup>4</sup> Les requêtes portent en réalité sur les racines de ces termes afin d'en obtenir les occurrences dans toutes les langues référencées par ZM (par exemple, *matr\**). Nous reviendrons plus loin sur les limites de ce type d'analyse quantitative mais précisons d'emblée que ce relevé ne porte pas sur la totalité des publications employant le *t.m.* mais sur les occurrences de ce terme dans un titre, un résumé, une recension ou des citations. Pour cette période, l'occurrence ne peut intervenir dans la classification car celle-ci est insérée sous forme codée.

<sup>5</sup> <http://math-doc.ujf-grenoble.fr/MS2000/>

<sup>6</sup> En prenant pour modalité la rubrique de classification et pour fréquence le rapport entre les entrées comportant le *t.m.* et l'effectif total des entrées. Les fréquences minimales et maximales sont respectivement de 1% et 76,7%, la moyenne de 7 %, l'écart type de 9,6% et la médiane de 6,1%. Parmi les fréquences les plus basses, on trouve « histoire et biographie » (1,2%) ou « topologie générale » (1%).

*Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik*, journal publié de 1868 à 1942, et dont l'objectif était de dresser un « annuaire des progrès des mathématiques » en proposant un référencement des publications (titre, lieu, auteur) accompagné de recensions et d'une inscription dans une classification des sujets mathématiques dont la structure évolue sans cesse. L'entreprise de numérisation des entrées du *Jahrbuch* s'est accompagnée d'un programme d'enrichissement des contenus originaux par un référencement dans la classification actuellement en vigueur, des mots clés en langue anglaise et, dans certains cas, des commentaires critiques. Cet enrichissement a pour conséquence d'introduire dans la base de données des éléments d'analyse conceptuelle rétrospective que nous cherchons à éviter. Ainsi, une occurrence du *t. m.* peut survenir de manière anachronique dans une entrée bibliographique qui ne contient pas directement ce terme en raison de sa présence dans la rubrique de classification ajoutée lors de la numérisation (<sup>7</sup>).

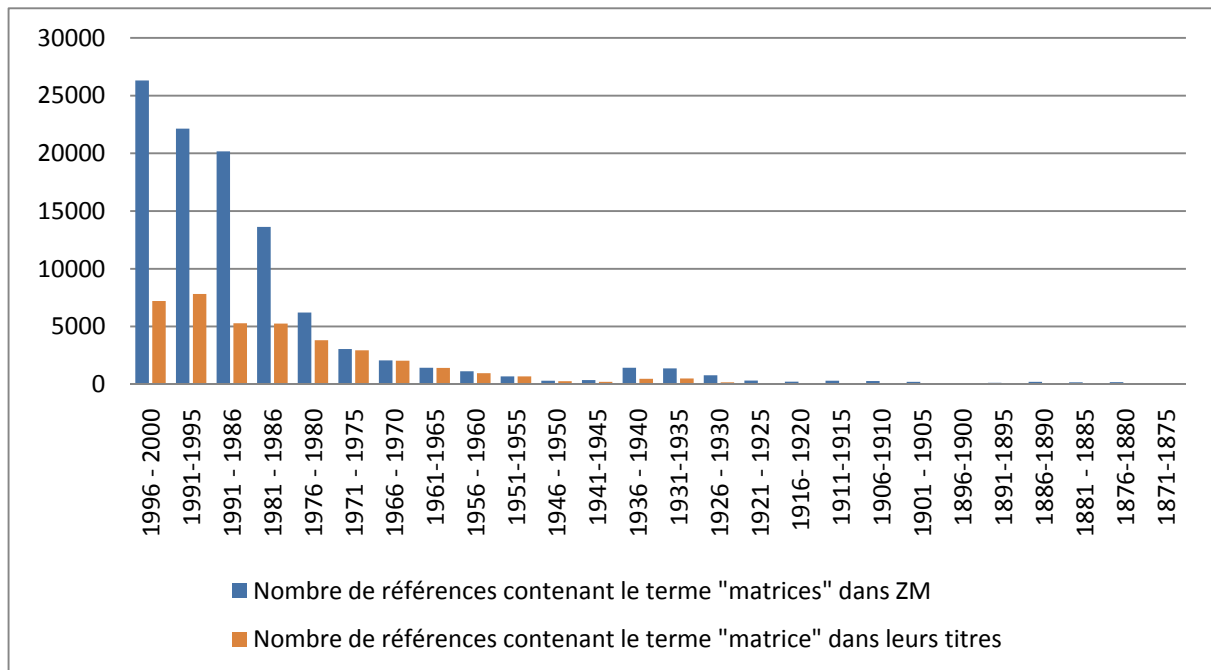
Une difficulté supplémentaire est liée à l'utilisation du code source informatique AMSTeX qui, universalité oblige, utilise le code « matrix » pour l'affichage de toute représentation tabulaire. Ainsi, le moteur de recherche fait apparaître des occurrences du *t. m.* au sein de recensions ou de titres dont ce terme est absent mais présentant une représentation susceptible d'être à l'origine désignée par différents termes comme « tableau », « déterminant », « substitution », « forme bilinéaire », « système » etc. Il est par conséquent nécessaire de faire le tri des données par un dépouillement manuel des résultats obtenus par le moteur. Par exemple, sur la période 1871-1875 seules trois des cent-une entrées bibliographiques référencées correspondent à un usage réel du *t. m.*, toutes les autres provenant de la reconnaissance rétrospective d'une identité matricielle. La distinction entre ces deux types d'occurrences, originales et rétrospectives, donne un élément d'information quant à la constitution du caractère universel de l'usage du *t. m.* A partir de 1941, on obtient en effet une adéquation presque parfaite entre les deux types d'occurrences.

| Périodes étudiées | Entrées obtenues |             | Proportion (%) |
|-------------------|------------------|-------------|----------------|
|                   | par le moteur.   | originales. |                |
| 1936 – 1940       | 1434             | 1275        | 88,9           |
| 1931-1935         | 1371             | 1073        | 78,3           |
| 1926 – 1930       | 774              | 572         | 73,9           |
| 1921 – 1925       | 322              | 138         | 42,9           |
| 1916- 1920        | 226              | 87          | 38,5           |
| 1911-1915         | 301              | 116         | 38,5           |
| 1906-1910         | 277              | 100         | 36,1           |
| 1901 – 1905       | 207              | 91          | 44             |
| 1896-1900         | 77               | 38          | 49,4           |
| 1891-1895         | 120              | 40          | 33,3           |
| 1886-1890         | 201              | 20          | 10             |
| 1881 - 1885       | 168              | 32          | 19             |
| 1876-1880         | 174              | 4           | 2,3            |
| 1871-1875         | 101              | 3           | 3              |

Le diagramme ci-dessous indique les résultats – après correction - d'une étude sur le temps long des

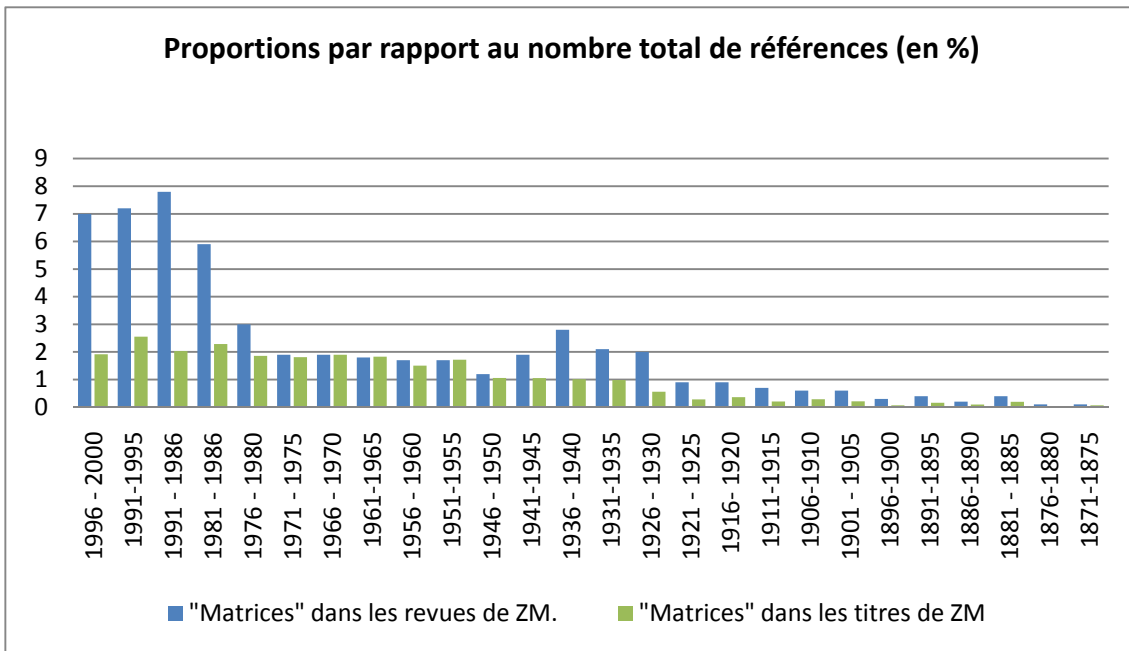
<sup>7</sup> Au sujet des problèmes d'anachronisme posés par les méthodes quantitatives,, voir Goldstein, 1999, p. 193.

entrées référencées par les matrices en général (*ERM*) en distinguant les cas d'occurrences dans les titres des entrées référencées (*TRM*) :

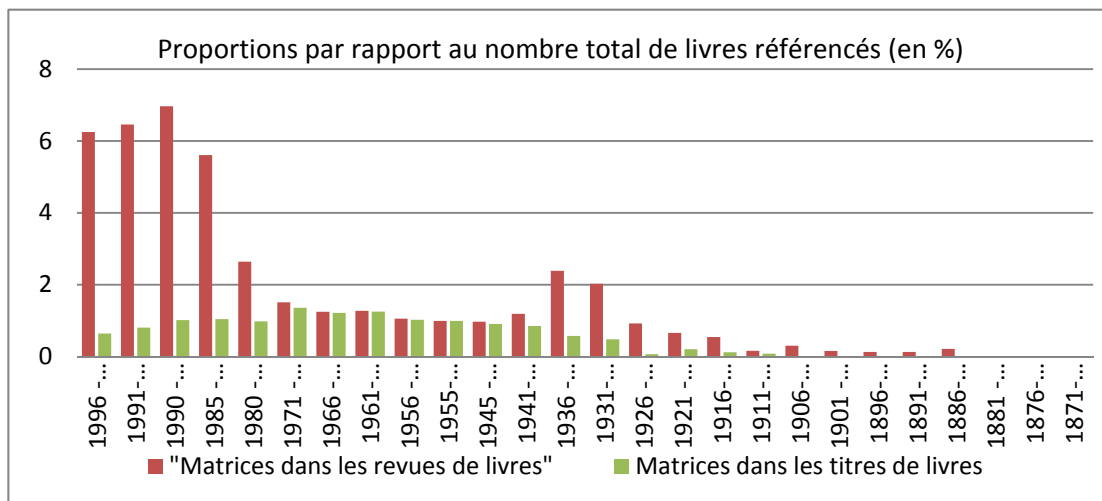


Si la montée en puissance que met en évidence ce diagramme doit être relativisée par la prise en compte de la croissance du nombre absolu d'entrées référencées au cours du temps, l'explosion à laquelle on assiste à partir de la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle informe sur la manière dont un terme d'introduction récente - relativement à des termes comme « cercle » ou « équation » - peut acquérir une universalité sur un intervalle de temps court qui coïncide avec un changement d'échelle dans la production quantitative de publications mathématiques<sup>(8)</sup>. Ce premier diagramme met également en évidence deux périodes semblant jouer un rôle particulier : la période de l'entre deux guerres d'une part, la période 1975-2000 d'autre part. Ces premières constatations sont affinées par le diagramme ci-dessous qui présente la proportion des *ERM* par rapport au nombre total d'entrées :

<sup>8</sup> Le nombre total d'entrées référencées durant les cinq années séparant 1976 de 1980 est proche du double de celui de la période de quarante-cinq ans séparant 1868 de 1914.

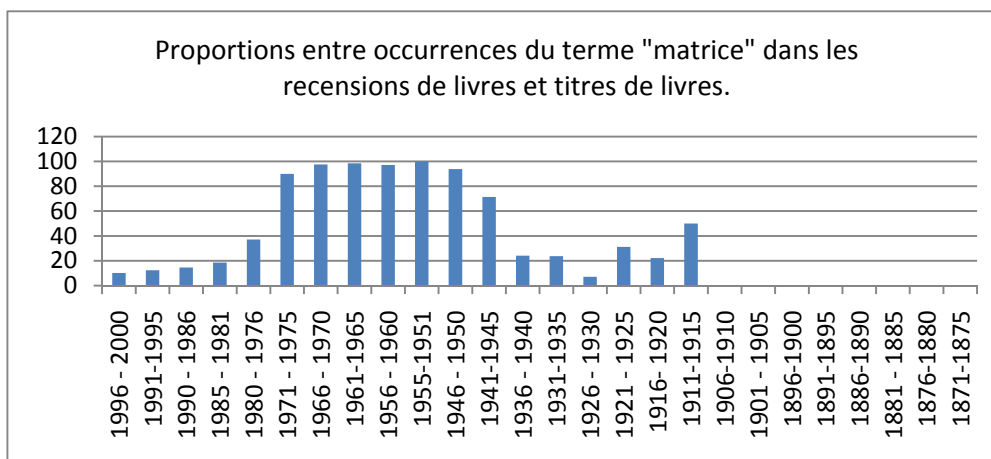


Ce second diagramme nous amène à distinguer sept périodes pour une étude sur le temps long : à deux premières périodes - avant 1880 et [1880 ; 1900] (entre 0,3% et 0,4%) – suivent deux périodes de croissance - [1901 ; 1920] (de 0,6% à 0,9%); [1921 ; 1940] (de 1% à 3%) puis la période [1941 ; 1975] (entre 1,2% et 1,9%) et une nouvelle période de croissance, [1976 ; 2000] (entre 3% et 7,8%). Afin d’approfondir notre analyse, nous portons à présent notre attention sur les publications référencées par le type « livres » (manuels, traités, monographies) pour lequel la distinction entre occurrences dans les recensions (indiquant souvent l’utilisation du *t. m.* dans le sommaire de l’ouvrage) et dans les titres semble particulièrement pertinente.



Ce nouveau diagramme nous amène à confirmer le découpage de la périodisation et notamment la distinction entre les périodes [1921 ; 1940] et [1941 ; 1975]. En effet, d’une part la première de ces périodes se distingue par une forte croissance de l’emploi du *t. m.* dans les sommaires de livres, d’autre part cette proportion chute à partir de la guerre et reste à peu près stable jusqu’au milieu des années soixante dix. Cette seconde période se distingue cependant par une adéquation quasi-

parfaite entre l'occurrence du *t. m.* dans le sommaire des ouvrages et dans les titres de ces ouvrages (<sup>9</sup>):



Ainsi, dans la période de l'entre deux guerres le *t. m.* est de plus en plus fréquemment employé dans les ouvrages et les publications sans pour autant être le plus souvent identifié aux sujets annoncés par les titres de ces entrées. Dans la période [1941 ; 1975] au contraire, si les *ERM* chutent en proportion du nombre total d'entrées, ces publications font massivement usage du *t. m.* pour identifier leurs sujets d'études. Dans la dernière période, de 1976 à 2000, alors que la proportion comme le nombre absolu des *ERM* explosent, les *ERT* décroissent en proportion et l'usage du *t. m.* s'avère désormais plus répandu que les sujets d'études auxquels ce terme est associé. La démarche quantitative, utilisée ici de manière opératoire pour un découpage de la périodisation, permet également de formuler des hypothèses quant aux différents intervalles distingués. Pour les deux premières périodes, ancrées dans le XIX<sup>e</sup> siècle, les données quantitatives amènent à reconnaître un accroissement de l'usage du *t. m.* sans pour autant nous renseigner encore sur les identités revêtues par ce terme ou sur ses modalités de circulation. La troisième période, du début du XX<sup>e</sup> siècle à la fin de la première guerre met en évidence une croissance du simple au triple du nombre et de la proportion des *ERM* ainsi que l'apparition de « livres ». La période de l'entre deux guerre manifeste un changement d'échelle et il semble légitime d'émettre l'hypothèse que cette période joue un rôle crucial dans l'histoire de l'usage du *t. m.* dont les deux périodes suivantes semblent présenter deux autres étapes, à savoir la reconnaissance d'un sujet faisant l'objet de publications spécifiques (1941-1975) puis un passage dans la culture commune des mathématiciens et son emploi au sein de tous types de sujets mathématiques. Si la seule démarche quantitative ne saurait permettre de corroborer toutes ces hypothèses et d'approfondir les questions qu'elles suscitent, cette démarche peut cependant être poursuivie plus avant en fixant une problématique plus précise ainsi qu'un corpus et une période de référence à partir desquels mener l'étude.

## 2. Corpus et période de références.

Les informations apportées par les analyses qui précèdent nous amènent à nous concentrer sur la période de l'entre deux guerres. Nous nous attacherons plus particulièrement aux « livres », nettement plus nombreux en proportion que dans les périodes précédente et suivante mais se distinguant aussi par une faible occurrence d'*ERT*. Ce choix d'un corpus et d'une période de

<sup>9</sup> Il faut garder à l'esprit les nombres absolus de publications. Ainsi la période [1911-1915] porte sur 3 occurrences dans les titres sur 6 livres référencés tandis que pour [1936 ; 1940] il s'agit de 14 occurrences sur 39.



références nous permettra d'effectuer des changements d'échelles entre l'étude locale du contenu de quelques publications et une étude plus globale élargie à un corpus ou à une période plus vastes. Ce choix nous permet également d'affiner notre méthodologie. La période qui nous préoccupe permet en effet d'utiliser comme sources, non plus la base générale de *ZM* mais un journal de comptes rendus, le *Jahrbuch* <sup>(10)</sup>. Nous mènerons notre enquête par l'étude de cette publication périodique, et suivrons le biais de ne prendre en considération que les publications pour lesquelles le *t. m.* apparaît explicitement dans ce journal. Les conséquences de cette méthodologie étant, d'une part l'absence de certaines publications qui emploient explicitement le *t. m.* de notre relevé, d'autre part, et à l'opposé, la présence de certaines publications qui n'emploient pas le *t. m.* mais pour lesquelles ce terme a été employé par l'auteur de la recension soit directement, soit, plus indirectement, dans la classification par sujets ajoutée à l'entrée bibliographique. Ces phénomènes d'occurrences directes ou indirectes nous semblent particulièrement intéressants à considérer. Nous allons à présent approfondir notre étude quantitative en suivant les catégories structurant les entrées du *Jahrbuch*.

#### - La classification par sujets mathématiques.

Dans la période de l'entre deux guerres la place attribuée au *t. m.* dans la classification du *Jahrbuch* évolue à deux reprises. Ce terme apparaît pour la première fois explicitement en 1924 dans le deuxième chapitre de la deuxième section, « Arithmétique et algèbre », intitulé : « Combinatoire. Déterminant et matrices. Littérature diverse » (*CDM*). A la fin de la période, en 1939, au sein de la section « C Arithmétique et algèbre », le premier chapitre est consacré à la combinatoire tandis que le deuxième prend le nom « Algèbre linéaire. Théorie des invariants » et distingue trois sous parties « a. Déterminants », « b. Matrices » et « c. Formes et invariants ». Cette autonomie conférée aux matrices à la fin de notre période vient renforcer l'une des hypothèses formulées lors de l'analyse quantitative sur les titres de publications. Avant 1924, le *t. m.* n'apparaît pas dans la classification et les *ERM* se concentrent pour plus d'un tiers dans le chapitre « Théorie des formes, déterminants. Théorie des invariants ». Les autres principaux sujets représentés étant les « équations différentielles et aux dérivés partielles » (16 %), la « théorie des groupes, théorie abstraite des corps et des modules » (11%), la « géométrie analytique et synthétique » (9%), la « géométrie des nombres, approximations diophantiennes » (8%) et l'« analyse vectorielle » (3,4 %) <sup>(11)</sup>. A l'opposé de cette concentration, en 1939, le chapitre le plus représenté « b. Matrices » ne rassemblera plus que 12% des références, aucun autre chapitre ne dépassant les 7% et chaque section des mathématiques et de leurs applications comportant des *ERM*. Il faut donc observer, sur cette période, en parallèle de la reconnaissance, en deux étapes, des matrices comme sujet spécifique, une diversification d'usage dans les rubriques de classification et, alors même que les références au *t.m.* vont croissantes dans les titres de publications, un affaiblissement en proportion de la rubrique consacrée aux « matrices ».

Intéressons nous à la manière dont le *t. m.* apparaît de plus en plus massivement dans de nouveaux sujets sur la période 1924-1938. Tout d'abord la création de la rubrique *CDM* en 1924 s'accompagne d'un doublement des entrées référencées. Cet accroissement soudain s'avère une conséquence de la

<sup>10</sup> Le choix de l'étude du *Jahrbuch* justifie de débiter en 1920 la période après guerre car l'édition de 1919 comporte la recension des travaux russes publiés en temps de guerre.

<sup>11</sup> Il faut ajouter six autres chapitres représentés à moins de 3% comme les « groupes continus et invariants différentiels » ou la théorie des « nombres hypercomplexes ». Des résultats semblables sont obtenus pour la période 1900-1919.

création de cette rubrique dont la plupart des entrées portent sur des sujets dont le seul rapport – à cette époque - avec les matrices tient à l’occurrence du terme dans la rubrique de classification du *Jahrbuch* : combinatoires, jeux mathématiques, statistiques ou applications des statistiques en psychologie, hérédité, biologie, économie, démographie ou problèmes de scrutins <sup>(12)</sup>. Cette rubrique tend également à absorber une partie importante des entrées auparavant référencées dans le cadre de la « théorie des formes » et notamment des travaux sur les déterminants <sup>(13)</sup>. De 1925 à 1938, le nombre d’ERM croît de manière linéaire de 93 à 268 entrées. Une première évolution intervient en 1926 avec la création d’une nouvelle rubrique dans la section « physique mathématique », le « chapitre 2. Théorie quantique » qui regroupe alors 20% des entrées tandis que la rubrique CDM voit sa proportion chuter de 70% à 44%. De 1927 à 1938 la proportion des entrées de théorie quantique décroît progressivement de 20% à 5% tandis que la part des entrées du chapitre CDM poursuit sa décroissance. D’une part, à la suite de l’apparition des théories quantiques <sup>(14)</sup>, les proportions de certaines catégories référencées depuis le début de la période comme les théories « des groupes et l’algèbre abstraite » <sup>(15)</sup>, « des nombres », « des groupes continus et invariants différentiels », des « nombres hypercomplexes » <sup>(16)</sup>, augmentent sensiblement. D’autre part, un nombre croissant d’ERM apparaissent dans des sujets de plus en plus divers dont certains s’accroissent de façon éphémère comme les « équations intégrales et l’analyse fonctionnelle » avec l’investissement des travaux sur le spectre des « matrices infinies » en théorie quantique <sup>(17)</sup>, mais pour la plupart ne quittent plus le référencement sur toute la période comme la « géodésie et géophysique » (1927) <sup>(18)</sup>, la topologie, l’hydrostatique, l’optique et l’astronomie (1928) , les probabilités (de 0,7% en 1929 à 5% en 1938), la théorie de la relativité (1930) <sup>(19)</sup>, la logique (1931) <sup>(20)</sup>, la théorie des fonctions de variables réelles ou complexes, les « fonctions de matrices » <sup>(21)</sup>, l’étude des variations (1932), l’ « analyse pratique », la biologie <sup>(22)</sup>, la théorie de la mesure (1933)

<sup>12</sup> On trouve par exemple dans cette rubrique une méthode pour « déterminer le nombre moyen des enfants légitimes par mariage », Gini, 1933, au côté « des équations différentielles de la théorie de croissance des organismes », Krostitzin, 1933, des « interactions non continues entre les hôtes et les parasites », Bailey, 1933, du « coefficient de l’élasticité de la demande » en économie, Schulz, 1933, ou du traité du calcul des probabilités de Borel, 1933. A la fin de notre période, de nombreux travaux portant sur ces sujets feront réellement usage des matrices, voir notamment les « lois fondamentales » des « fluctuations dans la lutte pour la vie » de Volterra, 1937.

<sup>13</sup> Le chapitre « théorie des formes » passe de 35% de références en 1923 à 4% en 1925. Pour les déterminants, voir par exemple Lecat, 1925 ; Byck, 1925 ; Muir, 1925 ; Bennett, 1925.

<sup>14</sup> Voir Heisenberg, 1925 ; Born, 1926 ; Frank et Jordan, 1926 ; Oppenheimer, 1927 ; von Neumann, 1932 ; Heisenberg, Schrödinger et Dirac 1934 ; Pauli, 1935.

<sup>15</sup> Voir notamment les « anneaux de matrices » dans l’étude des nombres algébriques et corps de fonctions menée par Noether, 1926. Voir aussi Artin, 1927, 1950.

<sup>16</sup> Voir von Neumann, 1927 & 1932, Albert, 1934 et Schwerdtfeger 1934 à propos des liens entre ces deux théories et la mécanique quantique par l’intermédiaire du problème de la détermination des matrices commutant à une matrice donnée. Voir également Birkhoff, 1937 à propos de la représentation des algèbres de Lie par des matrices.

<sup>17</sup> Voir Bernkopf, 1967. Au sujet du spectre continu des matrices infinies, voir Wintner, 1926 ; Ingraham, 1926 ; Oppenheimer, 1927. Progressivement l’usage du terme « matrice hermitienne infinie » va être remplacé par celui d’ « opérateur » sur un espace de Hilbert. Voir Stone, 1932, Banach, 1932, Delsarte, 1932 ou Davis, 1936. Le *t. m.* reste cependant d’un emploi courant jusqu’après guerre. Voir, par exemple Ulm, 1937 ou la notion de « matrices continuïsées » chez Hebroni 1938.

<sup>18</sup> Lohan, 1933.

<sup>19</sup> Murnaghan, 1931. Kwall, 1934.

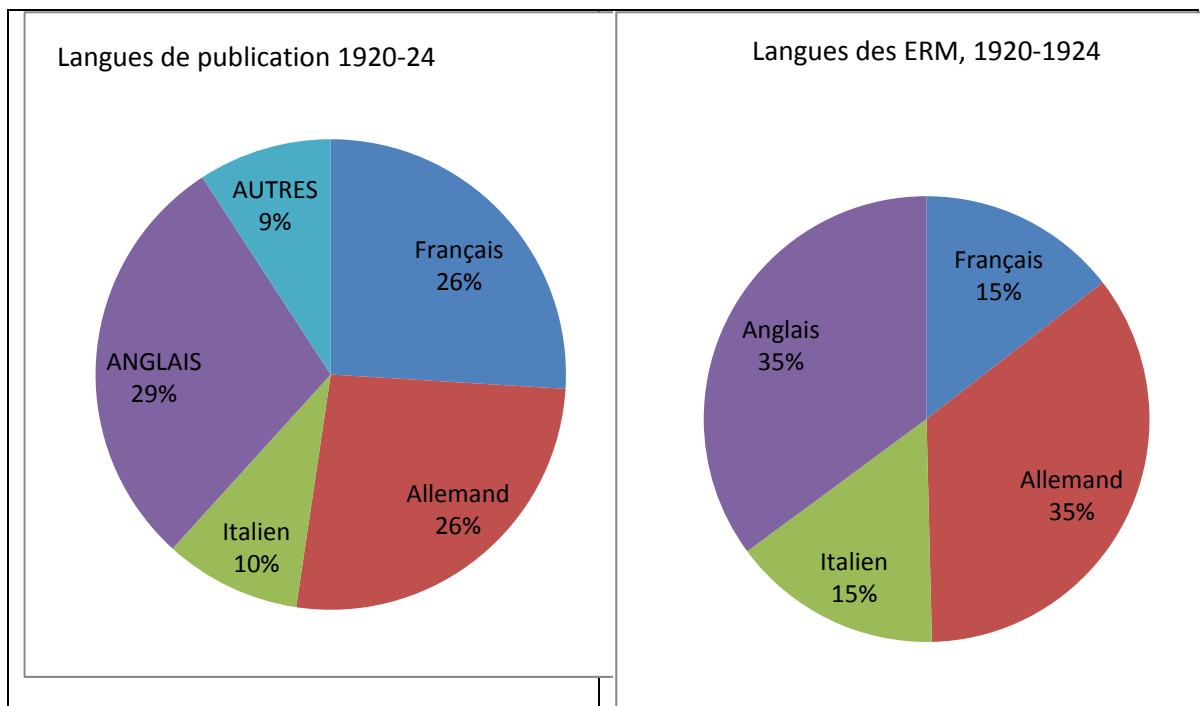
<sup>20</sup> Pour les « logiques nouvelles » et les « matrices infinies », voir Zawirski, 1932. Pour le calcul des matrices dans les algèbres de Boole, voir Neumann, 1933. A propos de la « tautologie » et de la « méthode matricielle », Lazerowitz, 1937 et les nombreux travaux logiques qui se développent à Varsovie. Les matrices sont également présentes dans les conséquences logiques tirées des « relations d’incertitude de Heisenberg », voir Février, 1937.

<sup>21</sup> Fantappiè, 1928 ; Martis, 1928 ; Poly, 1928 ; Lappo-Danilevski, 1929 & 1935, Takahashi, 1932, Pelosi, 1932, Nakano, 1934, Schwerdtfeger, 1935.

<sup>22</sup> Voir Hogben 1933, au sujet de la « notation des matrices » pour les « populations mendéliennes ».

(<sup>23</sup>), les équations de Maxwell (<sup>24</sup>), la psychologie (1934) (<sup>25</sup>), la mécanique des systèmes élastiques (<sup>26</sup>), la cristallographie (1935) (<sup>27</sup>), l'ingénierie (1937) (<sup>28</sup>), la biologie, la chimie (<sup>29</sup>), les « fondements des mathématiques et la théorie des ensembles » (1937) ou encore la chronologie (1939) (<sup>30</sup>).

- **Titres, langues et lieux de publications.**



<sup>23</sup> Copeland, 1933.

<sup>24</sup> Voir Kwal, 1934. Les « opérateurs matriciels » en référence à la « théorie des électrons » de Dirac sont ici utilisés comme généralisation de l'usage des quaternions pour ces questions dans les travaux de langue anglaise depuis la fin du XIXe siècle. A propos de l'« application des quaternions » dans la « physique moderne et de la « représentation matricielle des quaternions », voir Kwal, 1935 et Petiau, 1937.

<sup>25</sup> Voir l'« essai sur les principes des algorithmes primitifs » de Warrain, 1934.

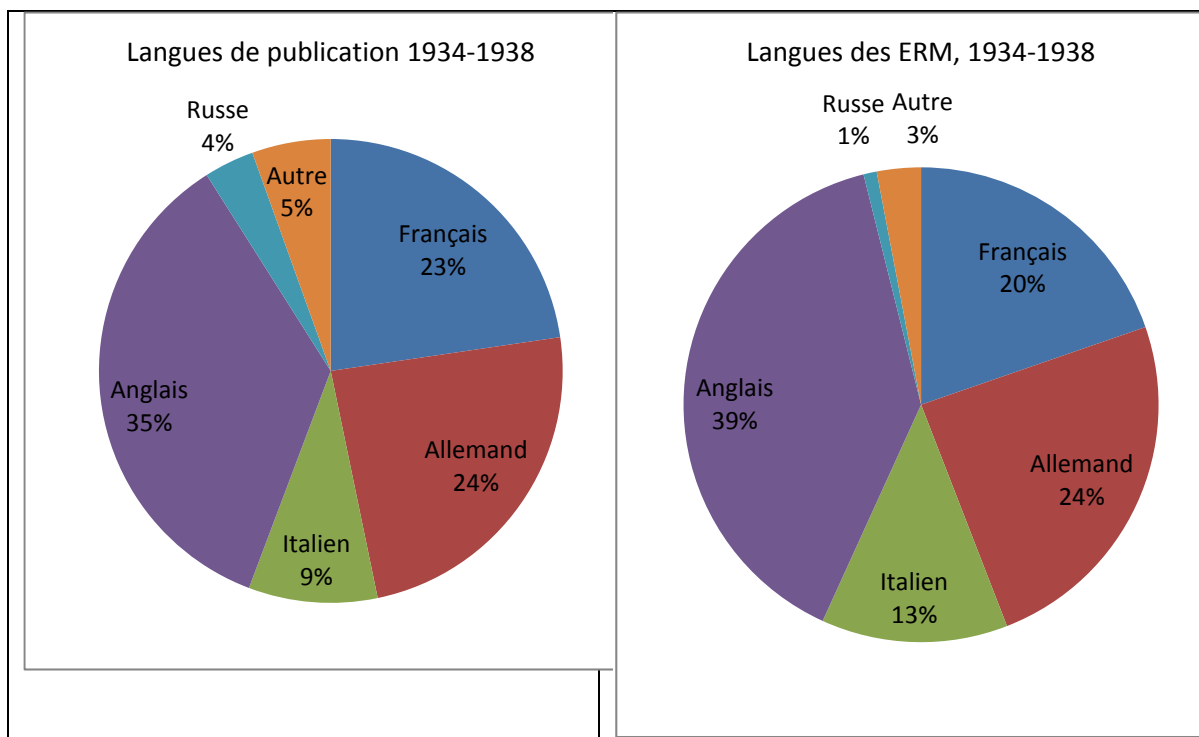
<sup>26</sup> Voir les matrices oscillatoires de Gantmacher 1935.

<sup>27</sup> A propos de développements sur les groupes cristallographiques dans le cadre des matrices, voir Seitz, 1935.

<sup>28</sup> Pour un exposé des usages de matrices pour les ingénieurs, voir Pipes, 1937.

<sup>29</sup> Barbensi, 1937.

<sup>30</sup> Voir les « nouvelles formules, très simples, très rapides » pour la « détermination de la date de Pâques » du frère Namase-Marie, 1939.

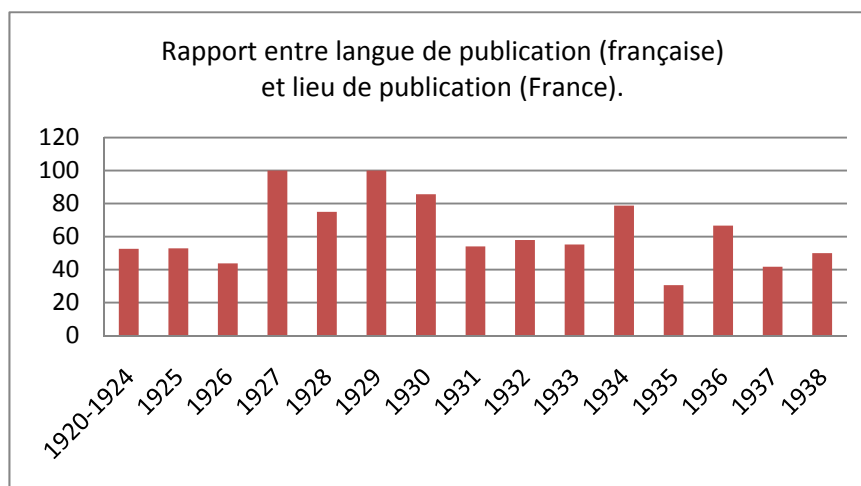


Une comparaison des répartitions des langues dans lesquelles on publie dans les cinq premières et cinq dernières années de notre période met en évidence une évolution notable. Au début de la période, les langues allemande, italienne et anglaise sont surreprésentées dans les *ERM* à l'opposé des publications de langue française dont la proportion s'avère de plus surévaluée par les recensions du *Jahrbuch* qui introduisent le *t. m.* pour commenter des travaux qui n'emploient originellement pas ce terme <sup>(31)</sup>. A l'opposé de ce déséquilibre manifeste, dans les années 1934-1938 les parts des différentes langues dans les *ERM* rejoignent leurs proportions dans les publications globales. Le recours à un changement d'échelle confirme cette dynamique. Sur la période 1900-1920 d'une part, l'usage du *t. m.* est prédominant dans les publications de langues anglaise, allemande et italienne dans des proportions semblables à celles de 1920 à 1924 ; sur la période 1940-1960, d'autre part, cet usage s'équilibre dans les différentes langues occidentales. Une étude plus locale, sur l'intervalle [1925 ; 1933] permet de mettre en évidence des modalités de cette évolution. Nous développerons plus loin le cas des publications de langues allemande et italienne qui, au début de la période sont concentrées, pour les premières en « théorie des formes », « théorie des groupes » et « équations différentielles » et, pour les secondes en « géométrie analytique et synthétique » puis, à partir de 1926, dans les rubriques, « géométrie algébrique » et « vecteurs » nouvellement créées <sup>(32)</sup>. Ces entrées suivent ensuite l'évolution générale décrite dans le paragraphe précédent.

<sup>31</sup> Tel est notamment le cas, depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, des recensions portant sur les travaux de Cartan. Les cas des publications de langue japonaises ou russes nécessiteraient des études spécifiques. Voir les usages des matrices dans la « théorie des déplacements », Morinaga, 1934 ; Nakano, 1934 ; Kawaguchi, 1934.

<sup>32</sup> Nous ne pouvons qu'évoquer ici les nombreuses publications de langue Italienne qui emploient depuis le XIX<sup>e</sup> siècle le *t. m.* dans des entrées de géométrie algébrique, voir le traité de Segre, 1920. Voir aussi Cherubino, 1923, à propos des « matrices de Riemann » sur les variétés en relation avec les fonctions thêta et abéliennes. A propos des « écoles algébriques » Italiennes, voir Brigaglia, 2001, Brigaglia et Ciliberto, 2004 et Martini, 2004.

Examinons plus avant le cas des publications de langue française. La proportion de ces entrées subit une augmentation brusque à la création du chapitre *CDM* avec l'apparition d'entrées portant sur des sujets divers comme la combinatoire, les jeux ou « l'arithmétique amusante » mais qui n'emploient pas elles même le *t. m.* (<sup>33</sup>). Entre 1926 et 1934 cette proportion décroît à mesure que décroît la part du chapitre *CDM*. De 1934 à 1938, la proportion des entrées en langue française connaît une croissance continue de 14% à 23%. Cette évolution peut être mise en regard d'une analyse des lieux de publications.



Avant 1926, les auteurs publiant en France emploient rarement le *t. m.* à la différence d'auteurs publiant en Belgique, Suisse, Russie, Italie, Pologne, Tchécoslovaquie ou Roumanie. La période 1927-1931 manifeste un accroissement important de la part des entrées publiées en France par rapport à la période précédente. A partir de 1926 apparaissent en France des publications consacrées à la théorie quantique et à la mécanique des matrices et (<sup>34</sup>), à partir de 1927 l'usage du *t. m.* s'accroît dans des domaines de plus en plus variés ainsi que dans les titres de publications. A partir de 1930 les auteurs de langue française contribuent à leur tour à la diversification de l'usage du *t. m.* comme le manifeste le cas de la théorie des probabilités (<sup>35</sup>), domaine dans lequel ces auteurs introduisent un nouvel usage des matrices qui se répand ensuite au sein d'autres langues de publications.

Suivons à présent le cas, en quelque sorte inverse, des *ERM* de langue anglaise dont la proportion relative est très élevée au début de notre période et décroît légèrement à mesure que l'usage des matrices se répand. Les entrées publiées aux Etats-Unis sont largement majoritaires sur toute la période et leur évolution diffère des autres publications de langue anglaise qui suivent globalement la dynamique générale décrite précédemment. Dès le début de notre période, ces entrées se distinguent en adoptant le *t. m.* dans leurs titres et dans une grande variété de rubriques comme la topologie ou la théorie des fonctions réelles présentes dès le début de la période (<sup>36</sup>), les équations

<sup>33</sup> Voir par exemple, Huber-Stoekar, 1937, sur l' « échiquier du diable » ; Devisme, 1937, pour une « contribution à l'étude du problème de timbres poste » ; Schreier, 1932 sur les systèmes d'élimination dans les tournois, Kraitchik, 1926 sur le « problème des reines » ou les actes des congrès internationaux de « récréations mathématiques ».

<sup>34</sup> Voir Brillouin, 1926 ; Bloch, 1930 ; Bauer, 1933 ; Broglie, 1934.

<sup>35</sup> Voir Mazliak, 2007. A propos des « matrices stochastiques » et des « chaînes de Markoff », voir Hostinský, 1931 ; Fréchet, 1931 ; Moïsil, 1932. Ostenc, 1933 ; Doebelin, 1936 ; Fréchet et Borel, 1938.

<sup>36</sup> Voir Veblen 1923, p. iii. pour le statut central conféré aux « matrices de Poincaré » dans des travaux de topologie en hommage aux travaux d'un auteur n'employant pas ce terme (actes d'un colloque organisé à Harvard en 1916 par l'*American Mathematical Society*). Les matrices sont particulièrement présentes dans les actes des colloques américains depuis leur fondation en 1896 qui coïncide avec une dimension « nationale » donnée à l'A.M.S. en 1894. Ces colloques,

intégrales (1925), équations algébriques (1926), courants électriques (1925), l'optique et l'hydrodynamique (1928) et la logique (1931) (<sup>37</sup>). Les effets de l'apparition des théories quantiques sont accentués chez les auteurs publiant aux Etats-Unis et s'avèrent directement corrélé à un accroissement de l'usage du *t. m.* dans les titres de publications qui perdurera après le déclin relatif des entrées de théories quantiques (<sup>38</sup>). De 1929 à 1935, ces auteurs semblent à l'origine d'une évolution radicale du contenu des publications du chapitre *CDM* dont la part des publications consacrées aux jeux, aux déterminants ou, à la combinatoire décroît au profit de nouveaux sujets d'études sur les « matrices » (<sup>39</sup>). Parallèlement, l'investissement que font ces auteurs du *t. m.* dans les titres de la rubrique « algèbre abstraite, groupes, anneaux, corps » reste quasiment exclusif jusqu'en 1935 où cet usage s'accroît chez des auteurs publiant en Allemagne (<sup>40</sup>). Comme nous l'avons vu, cette évolution parallèle dans la reconnaissance d'un sujet spécifique portant sur les « matrices » en relation avec l'« algèbre abstraite » sera entérinée par la nouvelle classification de 1939 dans laquelle la sous section « matrices » sera insérée dans le nouveau chapitre « algèbre linéaire » et distinguée des « déterminants » (<sup>41</sup>). Nous abordons dans le corps de l'article la manière dont cet usage peut s'analyser comme un fait culturel propre à la constitution d'une

---

constitués de cours donnés par des spécialistes, ont pour objectif de répandre au niveau national les développements les plus récents. Voir aussi Alexander, 1933 (théorie des nœuds), König, 1936 (topologie combinatoire), Whitney, 1937 (problème des quatre couleurs).

<sup>37</sup> Voir l'usage du *t. m.* en logique chez Foster, 1931 en référence à Peirce, 1870 et Schröder, 1895.

<sup>38</sup> Voir Wiener, 1928 ; Ruark, 1930.

<sup>39</sup> De 1929 à 1931, 60% des *ERT* du chapitre *CDM* sont publiées aux Etats-Unis, et, de 1929 à 1935, entre 75% à 100% des *ERT* du chapitre « théorie des groupes, algèbre abstraite ». Si l'usage du *t. m.* dans les titres de publications du chapitre *CDM* culmine à 18 % avant 1928 (essentiellement du fait d'auteurs publiant aux Etats-Unis ou en Italie), cette proportion passe à 24 % en 1930 et 47% en 1931 du seul fait des entrées publiées aux U.S.A. A partir de 1932, la proportion passe à 75% et l'usage du *t. m.* dans les titres des entrées de ce chapitre se répand progressivement dans des travaux publiés, dans l'ordre d'apparition, en Italie, au Japon, en URSS, Hollande, Pologne, Belgique, Roumanie, Hongrie, puis en France. A partir de 1937, la proportion des auteurs publiant aux Etats-Unis passe sous la barre des 30% du nombre total des *ERT* du chapitre *CDM*.

<sup>40</sup> La parution, en 1927, d'une version révisée en langue allemande d'un traité de Dickson sur les algèbres associatives et la recension que fait Hasse de cette publication illustrent les influences complexes et réciproques qui amènent de nouvelles lectures de travaux publiés aux Etats-Unis et que Noether, Brauer, Hasse ou Artin réinterprètent dans le cadre des théories des entiers algébriques, des idéaux et anneaux, des représentations de groupes ou des corps de nombres  $p$ -adiques. Cette circulation des textes est à l'origine d'unifications entre approches auparavant différentes. Ainsi Noether fusionne, en 1929, les théories des représentations et des algèbres puis développe des relations entre algèbres non commutatives, algèbres commutatives et théorie des nombres.

Fenster et Schwermer, 2007 ont décrit la complexité de ces relations par l'étude de la correspondance de deux acteurs dans le cadre de l'un des principaux résultats d'algèbre linéaire de la période, le théorème selon lequel toute algèbre de degré fini à division normale sur un corps de nombres algébriques est cyclique. Voir notamment la manière dont l'exposé de Hasse sur le théorème principal de structure des algèbres semi-simple sur des corps de nombres algébriques attribue des éléments algébriques de sa démonstration à Noether et Brauer et des énoncés de cas particuliers à Dickson, Wedderburn et Albert. Le développement des communications entre « écoles de recherches » a été mis en relation avec les développements des recherches sur les structures sous tendant les objets algébriques dans Parshall, 2004. Voir aussi les exemples des développements de Noether, Brauer, Hasse et Artin relatifs à la théorie de structure des algèbres de Wedderburn ou les travaux de Jacobson sur les radicaux des anneaux de dimension infinie.

<sup>41</sup> Jusque dans les années trente, l'usage spécifique des matrices qui se manifeste chez des auteurs proches de l'école de Chicago cohabitent avec un usage plus classique mettant l'accent sur les déterminants et traitant souvent de problèmes d'enseignement. Voir Lowry, 1926 ; Richardson, 1926 ; Barter, 1927. Comparer à Lecat, 1929 ou Iliovici, 1927.

communauté mathématique américaine <sup>(42)</sup> et qui présente un héritage de certaines problématiques sur les formes universelles développées par l'école algébrique anglaise. La métaphore employée par Mac Duffee, dans son traité sur la théorie des matrices, selon laquelle les déterminants sont aux matrices comme le sourire félin au chat de Cheshire, est à ce titre à comparer à la citation de Dogson donnée dans le corps du texte

It was Cayley who seems first to have noticed that "the idea of matrix precedes that of determinant." More absolutely, we can say that the relation of determinant to matrix is that of the absolute value of a complex number to the complex number itself, and it is no more possible to define determinant without the previous concept of matrix or its equivalent than it is to have the feline grin without the Cheshire cat.

In fact, the importance of the concept of determinant has been, and currently is, vastly over-estimated. <sup>(43)</sup>.

#### - La théorie des matrices canoniques comme sujet d'étude.

L'examen des titres des entrées publiées entre 1915 et 1935 met en évidence l'émergence d'un sujet d'étude sur les « matrices canoniques » se reconnaissant une origine dans les problématiques pédagogiques de Lattès, 1914 (voir le corps du texte) <sup>(44)</sup>. A partir des années 1930 on trouve ainsi des publications relatives aux matrices pour des problématiques relevant de préoccupations

---

<sup>42</sup> Voir Gibbs 1886. Taber 1890. Chapman 1891. Mac Farlan 1891. Metzler 1892. Moore, 1892. Parshall, 2004 identifie l'« école de recherche mathématique » de Chicago en montrant la continuité d'un « programme en algèbre », de Moore à Albert et en analysant les rôles des « leaders » successifs et les orientations donnés par ceux-ci. Ces orientations « abstraite » et « structurale » se caractérisent d'abord par l'importance donnée à la théorie des groupes, objet de l'enseignement de Bolza dès 1893, des recherches théoriques de Moore sur les groupes simples et des travaux de Maschke sur les groupes finis linéaires. Lorsque Dickson sera aux commandes, l'attention se déplacera des groupes aux algèbres. Voir Fenster, 1997 & 1998.

Nous évoquons dans le corps du texte le rôle que joue l'usage du terme matrice comme pratique académique fondatrice de la présence de mathématiques au sein d'institutions britanniques puis américaines, comme l'université John Hopkins à la constitution de laquelle participe Sylvester. Les matrices sont également très présentes dès la création par ce même acteur du premier journal américain de dimension internationale. Une ambition d'universalité s'affirme également dans les travaux de B. Peirce à Harvard qui introduisent des concepts pour la détermination systématique de tables de multiplications d'« algèbres associatives linéaires » et épousent la philosophie de Hamilton selon laquelle des interprétations géométriques ou mécaniques ne sont pas des prérequis imposés au développement d'algèbres de dimensions arbitraires. En 1891, l'édition du traité *Linear Associative Algebra* que réalise l'un de ses fils, Charles Sanders Peirce, manifeste plus généralement un idéal d'universalité des mathématiques. Celles-ci sont envisagées comme vouées à s'étendre bien au-delà du domaine des quantités, et jusqu'à la sphère morale car, en une généralisation de la philosophie de Boole, à toute « forme matérielle » correspond une « forme de pensée ». Cette philosophie, selon laquelle la pensée humaine s'avère aussi large que l'univers physique dans laquelle elle s'exerce, accorde un rôle essentiel aux « formes externes » de la pensée comme les « symboles » de l'algèbre envisagés comme un langage tandis que les méthodes d'emploi de ces symboles constituent un « art » et leurs interprétations des « applications scientifiques ». Le traité de Peirce développe ainsi un alphabet, un vocabulaire, une grammaire et vise la « classification naturelle » des espèces d'algèbres linéaires. Lors de l'édition de ce traité au sein de l'*American Journal of Mathematics*, C. S. Peirce ajoute des notes et commentaires critiques exposant ses propres recherches sur la « logique des relations » par l'intermédiaire de l'introduction de la notation matricielle pour représenter des relations duales en logique. Des auteurs engagés dans le développement des mathématiques dans les universités américaines, comme Taber 1889 de l'université de Clark, verront là l'acte fondateur de la reconnaissance du caractère élémentaire des matrices au sein de la théorie des algèbres associatives.

<sup>43</sup> Mac Duffee, 1941, p. v.

<sup>44</sup> Par rapport aux méthodes rationnelles de réduction canonique déjà élaborées par Landsberg et Burnside, Lattès défend l'originalité de son approche par son caractère théorique qui donne à la forme rationnelle un statut de forme canonique à part entière, susceptible de refonder toute une culture commune. Le mémoire de Lattès est mis en concurrence avec un traité d'Hilton paru la même année. Hilton, 1914.

d'enseignement comme de la recherche la plus avancée <sup>(45)</sup>. La recherche de formes canoniques devient le sujet central d'une nouvelle théorie par opposition au rôle donné aux calculs d'invariants par la théorie des formes bilinéaires <sup>(46)</sup>. Elle regroupe des travaux élaborant des procédés rationnels de décomposition d'une matrice « en chaînes » de « matrices compagnons » d'une part <sup>(47)</sup>, et des procédés non rationnels de réduction à une suite de formes « canoniques classiques » appelées également « matrices de Jordan » <sup>(48)</sup>. On distingue entre preuve d'existence et preuve constructive, on cherche à reconnaître par une méthode effective si une chaîne de réduction peut être obtenue ou non par une suite finie d'étapes. Ces problématiques rencontrent progressivement d'autres usages du *t. m.* avec la généralisation des résultats obtenus pour des matrices à coefficients entiers aux anneaux principaux de l'algèbre abstraite <sup>(49)</sup>, l'utilisation de la décomposition matricielle pour les théories des représentations de groupes abéliens <sup>(50)</sup>, des modules de types finis <sup>(51)</sup>, des algèbres associatives <sup>(52)</sup> ou de mécanique quantique <sup>(53)</sup>. Ces rencontres se manifestent notamment dans les très nombreuses résolutions apportées au problème de la détermination des matrices commutant à une matrice donnée <sup>(54)</sup>. La théorisation en terme de décomposition d'un espace sous l'action d'un opérateur prend une importance croissante dans les années vingt avec le développement de problématiques liées à la dimension infinie <sup>(55)</sup>. Ces problématiques accélèrent la marginalisation d'invariants polynomiaux obtenus par des calculs de déterminants <sup>(56)</sup>. Paradoxalement, cette postérité portée par la théorie des opérateurs annonce la fin d'un âge d'or pour la représentation matricielle. Le caractère unificateur de la théorie des matrices canoniques des années trente ne doit pas être perçu comme la manifestation d'un progrès irréversible et il n'est pas intemporel. Dans les années 1940-1950, la tresse est démêlée et certaines notions qui participaient d'une même théorie en 1930 seront à nouveau perçues comme distinctes <sup>(57)</sup>.

---

<sup>45</sup> Ainsi Ilovici publie-t-il sur les matrices en 1927 dans les *Nouvelles annales* à propos de questions élémentaires tandis que, en 1926, Léon Brillouin publie un article intitulé « Les spectres de rotation, dans la nouvelle mécanique des quanta, avec le calcul des matrices » où les problématiques de réductions canoniques sont liées aux développements récents d'Heisenberg, Born et Jordan. En France, avant le développement de la théorie quantique, à la suite des nombreuses publications d'Autonne dans les *Nouvelles annales*, on utilise le terme matrices davantage dans des publications à visées d'enseignement. Voir, par exemple Godeaux, 1914 ou Byck, 1925. Cette tendance s'inverse à partir de 1926.

<sup>46</sup> Mac Duffee, 1933 et 1941. Turnbull et Aitken, 1932. Wedderburn, 1931.

<sup>47</sup> Kowalewski, 1916 ; Loewy, 1917 ; Krull, 1921 , Dickson, 1926 ; Polya, 1928 ; Bennett, 1931 ; Rutherford, 1932 ; Ingraham, 1933 ; Mac Duffy, 1933 ; Gantmacher, 1935 ; Cavalluci, 1937.

<sup>48</sup> Burgess, 1916 ; Voghera, 1928 ; Aitken, 1928 ; Wellstein, 1930 ; Bell, 1930 ; Smale, 1930 ; Turnbull, 1931 ; Menge, 1932 ; Amante, 1933 ; Cherubino, 1936 ; Cramlet, 1938.

<sup>49</sup> Wedderburn, 1931 ; Mac Duffee, 1933 ; Ingraham et Wolf, 1937.

<sup>50</sup> Châtelet, 1922, 1923 ; de Séguier, 1925.

<sup>51</sup> Krull, 1926 ; Van der Waerden, 1931.

<sup>52</sup> Dickson, 1926.

<sup>53</sup> L'apparition des théories quantiques donne une nouvelle actualité à l'algèbre non commutative. Weyl, 1927 ; Wintner, 1927 ; Fantappié, 1928 ; Van der Waerden, 1932 ; Bauer 1933 ; Albert, 1934 ; Schwerdtfeger, 1935.

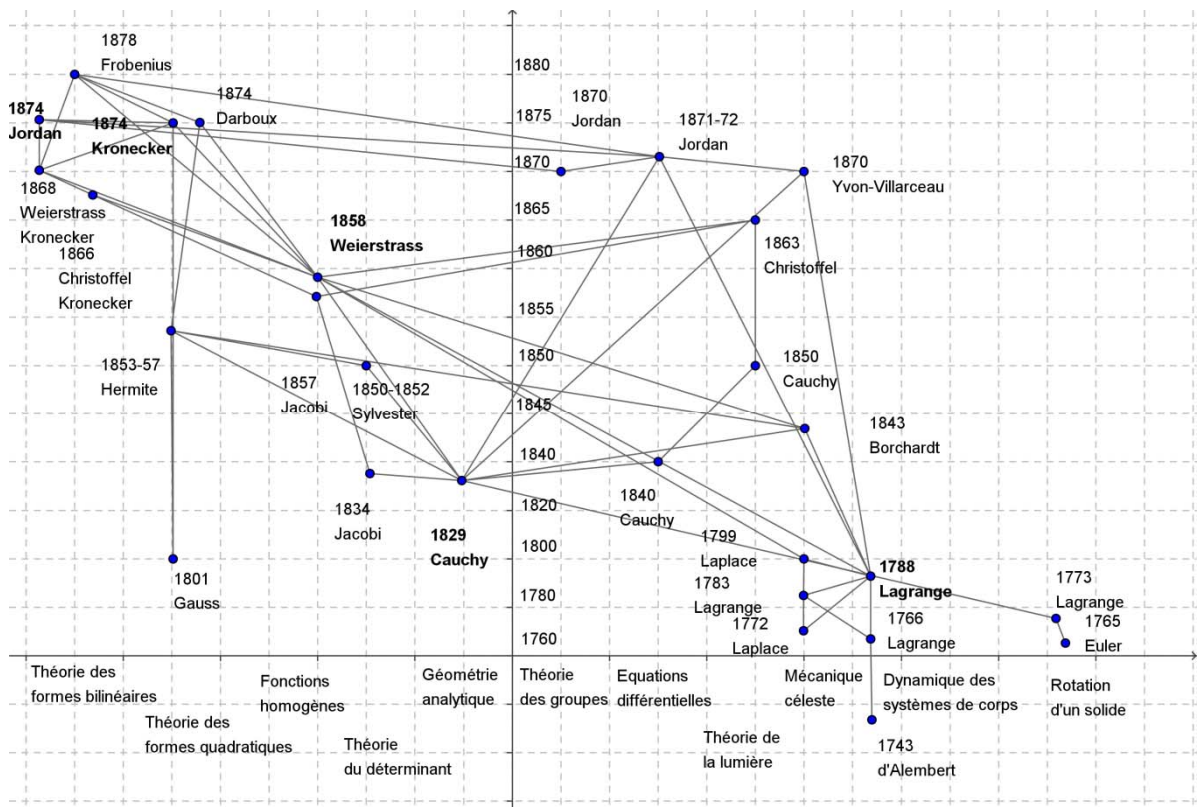
<sup>54</sup> Kravčuk, 1924 ; Shoda, 1929 ; Bell, 1930 ; Rutherford, 1932 ; Williamson, 1934 ; Hopkins, 1934. Le problème de la détermination de l'ensemble des matrices commutant avec une matrice donnée était le problème principal associé à la terminologie « matrice » depuis les travaux de Sylvester et Weyr des années 1880 et était associé à celui de l'expression de fonctions rationnelles de matrices. Ce problème, traité dans un très grand nombre de publications entre 1880 et 1930 sont à l'origine de l'élaboration des principales notions de la théorie des matrices.

<sup>55</sup> Stone, 1932. Banach, 1932. Thomas, 1931. Gomes, 1933. Cooke, 1933. Schmidt, 1935., Levi-Civita, 1928. Davis, 1936.

<sup>56</sup> La thèse de Krull, publiée en 1921, est le premier traité consacré à la décomposition rationnelle des matrices. Voir aussi Ingraham, 1932, p. 814.

<sup>57</sup> On distingue notamment entre l'algèbre linéaire en dimension finie et la théorie des opérateurs, entre ce qui tient d'une approche arithmétique valable dans anneau principal (théorie arithmétique des invariants de similitudes) et ce qui tient d'une approche algébrique dans un corps algébriquement clos (décomposition de Jordan d'un endomorphisme), entre la géométrie vectorielle (décomposition en sous espaces caractéristiques) et la géométrie euclidienne (matrices orthogonales).





## BIBLIOGRAPHIE.

- Albert (A. Adrian), 1934, « On a certain algebra of quantum mechanics », *Ann. of Math.*, (2) 35, p. 65-73.
- 1935, « On the construction of Riemann matrices », *Ann. of Math.* (2) 36, p. 376-394.
- 1937, *Modern higher algebra*. Univ. of Chicago Press.
- Albert (A. Adrian) et Hasse (Helmut), 1932 « A Determination of All Normal Division Algebras Over an Algebraic Number Field », *Transactions of the American Mathematical Society* 34, p. 722–726.
- Aitken (Alexander Craig), 1928, « Note on the elementary divisors of some related matrices », *Proc. Edimb. Math. Soc.* (2) 1, p. 166-168.
- 1934, « On the canonical form of the singular matrix pencil ». *Quarterly Journ.* 4, p. 241-245.
- Aitken (Alexander Craig) et Turnbull (Herbert Westren), 1932 *An introduction to the theory of Canonical Matrices*, Londres, Glasgow, Blame & Son.
- Alexander (James W.), 1933 « A matrix knot invariant », *Proceedings USA Academy*, 19, p. 272-275.
- Amante (Salvatore), 1933 « Sulla riduzione a forma canonica di una classe speciale di matrici », *Rendiconti Accad. d. L. Roma* (6) 17, p. 31-36, 431-436.
- Andoyer (Henri), 1900 *Leçons sur la théorie des formes et la géométrie analytique supérieure. Tome I*. Paris, Gauthier-Villars.
- Artin (Emil), 1927a, « Über einen Satz von Herrn J. H. MaclaganWedderburn », *Abhandlungen Mathematisches Seminar, Universität Hamburg*, 5, p. 245–250.
- 1927b, « Zur theorie der hypercomplexen Zahlen », *Abhandlungen aus dem mathematischen Seminar der Hamburgeischen Universität*, 5, p. 215-260.
- 1950, « The influence of J. H. M. Wedderburn on the Development of Modern Algebra », *Bulletin of the American Mathematical Society*, 56, p. 65–72.
- Autonne (Léon), 1903, « Sur la canonisation des formes bilinéaires », *Nouv. Ann.* (4) 3, p.57-64.
- 1905, *Sur les formes mixtes*. Lyon, A.Rey / Paris, Gauthier-Villars.
- 1909, *Sur les groupes de matrices linéaires non invertibles*, Ann. Univ. Lyon I fasc. 25.
- 1910 *Sur les matrices linéaires échangeables à une matrice donnée*, Paris, Gauthier-Villars.
- Babbage (Charles), 1817, « Observations on the Analogy which subsists between the Calculus of Functions and other branches of Analysis », *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 107, p. 197-216.
- Baker (Henry F.), 1902, « Further application of matrix notation to integration problems », *Lond. M. S. Proc.*, 34, p. 347-360.
- Bailey (Victor A.), 1933, « Non continuous interaction between hosts and parasites », *Proceedings Cambridge*, 29, p. 487-491.
- Banach (Stefan), 1932, *Théorie des opérateurs linéaires*, Varsovie.
- Barbensi (G.), 1937, *Elementi di matematica generale ad uso dei biologi e dei chimici*, Firenze, L. Nicolai.
- Bauer (Edmond), 1933, *Introduction à la théorie des groupes et à ses applications à la physique quantique*, Paris, Les presses universitaires de France. *Annales Institut Henri Poincaré*, 4, p. 1-170.
- Bečvář (Jindřich), 1995, *Eduard Weyr 1852--1903*. Prague, Prometheus, *Dějiny Matematiky /History of Mathematics* 2.
- Belhoste (Bruno), 1998, « Pour une réévaluation du rôle de l'enseignement dans l'histoire des mathématiques », *Revue d'histoire des mathématiques*, 4, p. 289-304.
- Bell (Eric T.), 1927, *Algebraic arithmetic*. New York, American Math. Society (Colloquium Publications, Vol. VII).
- 1930, « A type of commutative matrices », *Bull. Calcutta Math.Soc.*, 22, p.53-60.

- 1931, *The queen of the sciences*. New York, G. E. Stechert (A century of progress series).
- Bennett (Albert A.), 1921, « Some algebraic analogies in matrix theory », *Annals of Math.*, (2) 23, p. 91-96.
- 1925, « The notion "matrix of a determinant" ». *Amer. Math. Monthly*, 32, p. 182-185.
- 1931, « Construction of a rational canonical form for a linear transformation », *Amer. Math. Monthly*, 38, p. 377-383.
- Bernkopf (Michael), 1967, « A History of Infinite Matrices », *Arch. Hist. Exact Sci.* 4, p. 308-358.
- Bianchi (Luigi), 1923, *Lezioni sulla teoria dei numeri algebrici*, Bologna, Zanichelli.
- Bieberbach (Ludwig), 1930, *Analytische Geometrie*, Leipzig, B. G. Teubner.
- Birkhoff (Garrett), 1916, « Infinite products of analytic matrices », *American M. S. Bull.*, 22, p. 271.
- 1937, « On the combination of subalgebras, Representability of Lie algebras and Lie groups by matrices », *Ann. Math., Princeton*, (2) 38, p.526-532.
- 1938, « Fifty Years of American Mathematics », dans Archibald (Raymond C.), *Semicentennial Addresses of the American Mathematical Society 1888–1938*, New York, American Mathematical Society, p. 270-315.
- Birtwistle (George), 1928, *The new quantum mechanics*. Cambridge, University Press.
- Blichfeldt (Hans F.), 1917, *Finite collineation groups with an introduction to the theory of operators and substitution groups*, Chicago, The University of Chicago Press.
- Bloch (Eugène), 1930, *L'ancienne et la nouvelle théorie des quanta*, Paris, Hermann.
- Bliss (Gilbert), 1914, « A note on symmetrical matrices », *Amer. M. S. Bull.* (2) 20, p. 453-454.
- Bôcher (Maxime), 1907, *Introduction to higher algebra*. New York, The Macmillan Co.
- Boole (George), 1841, « Exposition of a general theory of linear transformation », *Cambridge Mathematical Journal* 3, p. 1-20.
- Borchardt (Carl), 1846, « Neue Eigenschaft der Gleichung, mit deren Hülfe man die saecularen Störungen der Planeten bestimmt », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 12, p. 38-45.
- Borel (Émile), 1933, *Traité du calcul des probabilités et de ses applications*. Paris, Gauthier-Villars, 1933.
- Born (Max), 1926, *Probleme der Atomdynamik*. Berlin, J. Springer.
- Born (Max) et Jordan (Paul), 1925, « Zur Quantenmechanik », *Zeitschr. fur Physik*, 34, p. 858-888.
- 1930 *Elementare Quantenmechanik*, Berlin.
- Born (Max) Heisenberg (...), Jordan (Paul), 1926 « Zur Quantenmechanik II », *Zeitschr fur physik* 35, p. 577-615.
- Bourbaki (Nicolas), 1960, *Eléments d'histoire des mathématiques*, Paris, Hermann.
- Brauer (Richard), 1929, « Über Systeme hyperkomplexer Zahlen », *Mathematische Zeitschrift* 30, p. 79–107.
- Brauer (Richard), Hasse (Helmut) et Noether (Emmy), 1932, « Beweis eines Hauptsatzes in der Theorie der Algebren », *Journal f. d. reine u. angewandte Mathematik* 167, p. 399–404.
- Brechenmacher (Frédéric), 2006a *Histoire du théorème de Jordan de la décomposition matricielle (1870-1930)*, Thèse de doctorat, Ecole des Hautes Etudes en Sciences sociales, Paris.
- 2006b, « Regards croisés sur Camille Jordan », *Matapli*, 78, p. 57-67.
- 2006c, « A controversy and the writing of a history: the discussion of "small oscillations" (1760-1860) from the standpoint of the controversy between Jordan and Kronecker (1874) », *Bulletin of the Belgian Mathematical Society*, 13, p. 941-944.

- 2006d, *Les matrices : formes de représentations et pratiques opératoires (1850-1930)*, Paris, Site expert des Ecoles Normales Supérieures et du Ministère de l'Éducation Nationale, <http://www.dma.ens.fr/culturemath/>.
- 2007, « L'identité algébrique d'une pratique portée par la discussion sur l'équation à l'aide de laquelle on détermine les inégalités séculaires des planètes (1766-1874) », *Sciences et techniques en perspective*, Ile série, fasc. 1, p. 5-85.
- 2008, « La controverse de 1874 entre Camille Jordan et Leopold Kronecker », *Revue d'Histoire des Mathématiques*, tome 13, fasc.2, p. 187-257.
- 200 ?, « Perspectives sur l'histoire de l'algèbre linéaire », à paraître en 2009.
- Brigaglia (Aldo), 2001, « The creation and persistence of national schools: The case of Italian algebraic geometry », dans Bottazzini (Umberto), Dahan (Amy) (éds.), *Changing Images in Mathematics*. London, Routledge, p. 187–206.
- Brigaglia (Aldo) et Ciliberto (Ciro), 2004, « Remarks on the relations between the Italian and American schools of algebraic geometry in the first decades of the 20th century », *Historia Mathematica*, 31, p. 310–319
- Brioschi (Francesco), 1857, « Notes sur deux théorèmes de géométrie », *Quarterly Journal of Pure and Applied Mathematics*, I, p. 368-369.
- 1859, « Sur la résolution par radicaux des équations dont le degré est une puissance d'un nombre premier », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, XLVIII, p. 182-186.
- Brillouin (Léon), 1926, « Les spectres de rotation dans la nouvelle mécanique des quanta, avec le calcul des matrices », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 182, p. 374-376.
- 1936, « La théorie des matrices et la propagation des ondes », *J. Phys. Radium*, (7) 7, p. 401-410.
- Brogie (Louis de), 1934 *L'électron magnétique (théorie de Dirac)*. Paris, Hermann et Cie.
- Brodskij (M.), 1913, *Triangular and Jordan representations of linear operators*, Danskin, J. (trad. du russe Providence. 1971).
- Bromwich (T.J.), 1901a, « Canonical reduction of linear substitutions and bilinear forms with a dynamical application », *Proc. London Math. Soc.*, 32, p. 79-118, 321-352.
- 1901b, « Note on Weierstrass's reduction of a family of bilinear forms », *Proc. London Math. Soc.*, 32, p. 158-163.
- Brunel (George), 1888, « Sur les racines des matrices zéroïdales », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 106, p. 467-470.
- Buchheim (A.), 1884, « Proof of Professor Sylvester's "Third law of motion" », *Phil Mag.*, (5) 18, p. 459-460.
- 1885a, « On the theory of matrices », *Proc. London Math. Soc.* 16, p. 63-82.
- 1885b, « A theorem on matrices », *Mess. of Math.*, 14, p. 167-168.
- 1886, « An extension of a theorem of Professor Sylvester's relating to matrices », *Phil. mag.*, (5) 22, p. 173-174.
- 1887, « On a theorem of Prof. Klein's relating to symmetric matrices », *Mess. of Math.*, (2) XVII., 79.
- Buhl (Adolphe), 1934, *Gravifiques groupes, mécaniques*. Paris, Gauthier-Villars.
- Bukreev (Boris), 1907, *Elemente der Determinantentheorie*. Kiew, Sep. aus Kiew Univ. Nr. 3, 4, 5.
- Burgess (Horace T), 1916, « On the matrix equation  $BX=X$  », *Amer. Math. Monthly*, 23, p. 152-155.
- Burnside (William), 1899, « On the Reduction of Linear Substitution to its Canonical Form », *Proc. London math. soc.*, 30, p. 180-194.
- Byck (Marie), 1925, « Sur les déterminants dont les éléments sont des déterminants », *Enseignement*, 24, p. 101-105.
- Caratheodory (Constantin.), 1935, *Variationsrechnung und partielle differentialgleichungen erster ordnung*. Leipzig, B. G. Teubner.

Cartan (Élie), 1894, *Sur la structure des groupes simples finis et continus*, Thèse, Paris, 1894.

1898, « Les groupes bilinéaires et les systèmes de nombres complexes », *Ann. fac. Sc. Toulouse*, 12B, 1-99.

1908, « Nombres complexes, exposé d'après l'article allemand de E. Study », *Encyclopédie des Sciences mathématiques pures et appliquées*, Tome 1, vol. 1, p. 329-468. Paris, Gauthier-Villars; Leipzig, B.G. Teubner.

1933, *Les espaces métriques fondés sur la notion d'aire*. Paris, Hermann .

1937, *Leçons sur la théorie des espaces à connexion projective*. Paris, Gauthier-Villars.

Cayley (Arthur), 1846 « Mémoire sur les les Hyperdéterminants (Traduction d'un Mémoire anglais inséré dans le 'Cambridge Mathematical Journal' Avec Quelques Additions de l'Auteur) », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 30, p. 1-37.

1855a, « Sur la Transformation d'une Fonction quadratique en elle-même par des Substitutions linéaires », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 50, p. 288-99.

1855b, « Remarque sur le Notation des Fonctions algébriques », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 50, p. 282-85.

1855c, « Recherches sur les matrices dont les termes sont des fonctions linéaires d'une seule indéterminée », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 50, p. 313-317.

1858, « A Memoir on the Theory of Matrices », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 148, p. 17-37.

1866 « A supplementary memoir on the theory of matrices », *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, CIVI, p. 25-35.

1874, « On the extraction of the square root of a matrice of the third order », *Proc. of Edinb.*, VII, p. 675-682..

1880, « On the matrix  $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$  and in connection therewith the function  $\frac{ax+b}{cx+d}$  », *Mess. of Math.* 9, p. 104-10.

1885, «On the matrical equation  $qQ-Qq=0$  », *Messenger of Mathematics*, XIV, p. 176-178.

Cauchy (Augustin L.), 1829 « Sur l'équation à l'aide de laquelle on détermine les inégalités séculaires du mouvement des planètes », *Exercices de mathématiques*, 4, in 1882-1974, *Œuvres complètes d'Augustin Cauchy*, Paris, Gauthier-Villars et fils, (2) 9, p. 174-195.

Cavallucci (Leopoldo), 1937, « Riduzione di una matrice alla forma canonica nel suo campo di razionalità », *Rend. Sem. mat Univ. Padova*, 8, p. 92-109.

Cecioni (Francesco), 1910, « Sopra alcune operazioni algebriche sulle matrici », *Pisa Ann.*, 11, p. 140.

Chapman (C. H.), 1891 « On the matrix which represents a vector », *American J.*, XIII, p. 363-380.

Châtelet (Albert), 1911, « Sur certains ensembles de tableaux et leur application à la théorie des nombres », *Ann. Ec. Norm.* XXVIII, p. 105-202.

1913, *Leçons de théorie des nombres*. Paris, Gauthier Villars.

1922, "Groupes abéliens finis," *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 175, p. 85-87.

1925, *Les groupes abéliens finis et les modules de points entiers*. Paris, Gauthier-Villars.

Cherubino (Salvatore), 1923, « Sulle varietà abeliane reali e sulle matrici di Riemann reali », *Batt. G.*, 61, p. 47-68.

1929, « Alcune osservazioni sulle matrici rettangolari e loro utilità per la decomposizione di una forma quadratica in somma di quadrati », *Rendiconti Istituto Lombardo*, (2) 62, p. 623-649.

1936a, « Le matrici canonizzanti », *Boll. Un. mat. Ital.*, 15, p. 105-108.

- 1936b, « Sulla riduzione delle matrici a forma canonica », *Atti Accad. naz. Lincei, Rend., Cl. Sci. fis. mat. nat.*, (6) 23, p. 478-482, 647-653.
- 1940, *Lezioni di geometria analitica con elementi di proiettiva. Vol. 1. Coordinate nel piano e nello spazio. Elementi di calcolo di matrici*. Roma, Albrighi, Segati & Co.
- Chevalley (Claude), 1936, *L'arithmétique dans les algèbres de matrices*. Paris, Exposés mathématiques XIV.
- Chrystal (George), 1884, « Application of matrices to prove a theorem in spherical geometry », *Edinb. Math. Soc. Proc.*, II, p. 45-47.
- Clebsch (Alfred), 1863, « Über eine Classe von Gleichungen, welche nur reelle Wurzeln besitzen », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 62, p. 232-245.
- 1876 *Vorlesungen über Geometrie, von Alfred Clebsch. Bearbeitet und herausgegeben von dr. Ferdinand Lindemann, mit einem vorworte von Felix Klein*. Leipzig, B.G. Teubner.
- Clifford (William), 1875, « A Fragment on Matrices », dans Robert Tucker, , 1882, *Mathematical papers, by William Kingdon Clifford*. London, Macmillan and co., p. 337-384.
- Cooke (Richard G.), 1933, « On the transformation of some classes of infinite matrices into diagonal matrices », *Journal L. M. S.*, 8, p. 167-175.
- Conway (Arthur W.), 1931, « The influence of the work of Sir William Rowan Hamilton on modern mathematical thought », *Proceedings Royal Dublin Soc.*, 20, p. 125-128.
- Copeland (Arthur H.), 1933, « A matrix theory of measurement », *M. Z.*, 37, p. 542-555.
- Corry (Leo), 1996, *Modern Algebra and the Rise of Mathematical Structures*, Basel et Boston, Birkhäuser Verlag.
- Cramlet (Clyde M.), 1938, « On the reduction of a representation to a classical canonical form », *Amer. math. monthly*, 45, p. 178-180.
- Cremona (Luigi), 1862, *Introduzione a una Teoria Geometrica delle Curve piane*. Bologne, 1862.
- Crilly (Tony), 1978, « Cayley's anticipation of a generalised Cayley-Hamilton theorem », *Historia Mathematica*, 5, p. 211-219.
- 1986, « The rise of Cayley's invariant theory », *Historia Mathematica*, 13, p. 241-255.
- 1988, « The Decline of Cayley's invariant theory », *Historia Mathematica*, 15, p. 33-348.
- 1999, « Arthur Cayley as Sadleirian Professor: A Glimpse of Mathematics Teaching at 19th-Century Cambridge », *Historia Mathematica*, 26, 2, p. 125-160.
- 2004, « The Cambridge Mathematical Journal and its descendants: the linchpin of a research community in the early and mid-Victorian Age », *Historia Mathematica*, 31, p. 455-497.
- 2006, *Arthur Cayley: Mathematician Laureate of the Victorian Age*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Cullis (Cuthbert.E.), 1913, *Matrices and determinoids, vol 1*. Cambridge.
- Curtis (Charles W.), 1999, *Pioneers of representation theory : Frobenius, Burnside, Schur and Brauer*. Providence, Rhode Island.
- DARBOUX (Gaston), 1874, « Mémoire sur la théorie algébrique des formes quadratiques », *Journal de mathématiques pures et appliquées*, XIX, p.347-396.
- Davis (Harold), 1936, *The theory of linear operators. From the standpoint of differential equations of infinite order*. Bloomington, The Principia Press, 1936.
- Delsarte (Jean), 1932, « Sur une équation matricielle », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 194, p. 514-516.

De Morgan (Augustus), 1837-49, « On the Foundations of Algebra », *Trans. Of the Camb. Phil. Soc.*, 7, p. 173-87, 287-300, 8, p. 139-42, 241-54, 1844-49.

Deruyts (Jacques), 1892, « Sur les relations qui existent entre certains déterminants », *Belg. Bull.*, XXIII, p. 507-521.

Deuring (Max), 1935, *Algebren*, *Ergebnisse der Math.* 4, Nr. 1.

Devisme (Jacques), 1937, « Contribution à l'étude du problème des timbres-poste », *Sphinx*, Bruxelles, 7, p. 202-203. C.-R. deuxième Congr. internat. Récréation math., Paris 1937, p. 55-56.

Dhombres (Jean), 2004, « Vicissitudes in Internationalisation : International Networks in Mathematics up until the 1920s », dans Charle (C.), Schriewer (J.), Wagner (P.) (ed.), 2004, *Transational Intellectual Networks, Forms of Academic Knowledge and the Search for Cultural Identities*. Frankfurt/New York, Campus Verlag, p. 81-114.

2002, « Réflexions intempestives sur l'enseignement et l'histoire : la composition des fonctions », *Histoire de l'enseignement des mathématiques*, *Bulletin de l'APMEP*, 439, p. 200-222.

1998 « Une histoire de l'objectivité scientifique et le concept de postérité », in Guesnerie (R.) et Hartog (F.), 1998, *Des sciences et des techniques : un débat*. Paris, Editions de l'EHESS, Armand Colin, p. 127-148.

Dickson (Leonard E), 1900, « Canonical Form of a linear Homogeneous Substitution in a Galois Field », *Amer. J. Math.*, 22, p. 121-137.

1901, *Linear groups with an exposition of the Galois field theory*. Leipzig, Teubner.

1902, « A matrix defined by the quaternion group », *Amer. Math. Monthly*, 9, p. 243-248.

1907, « Modular theory of group-matrices », *American M. S. Trans.*, 8, p. 389-398.

1912, « Linear algebras », *Transactions of the American Mathematical Society*, 13, p. 59-73.

1913, « On the rank of a symmetrical matrix », *Annals of Math.*, (2) 15, p. 27-28.

1923, *Algebras and Their Arithmetics*. Chicago, University of Chicago Press.

1924, « A new theory of linear transformations and pairs of bilinear forms », *Proceedings of the international mathematical congress*, Toronto, University of Toronto Press, p. 361-363.

1926, *Modern algebraic theories*. Sanborn, Chicago.

1927, *Algebren und ihre Zahlentheorie*. Übersetzt von J. J. Burckhardt und E. Schubarth. Mit einem Kapitel über Idealtheorie von A. Speiser. Zürich, Orell Füssli.

Dieudonne (Jean), 1946, « Sur la réduction canonique des couples de matrices », *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 74, p. 130-146.

1978, *Abrégé d'histoire des mathématiques*. Paris, Hermann.

Dirac (Paul A.), 1930, *Quantum Mechanics*. Oxford.

Dogson (Charles), 1867, *An elementary treatise on determinants : with their application to simultaneous linear equations and algebraical geometry*, London, Macmillan and Co.

Doebelin (Wolfgang), 1936, « Sur les chaînes de Markoff », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 203, p. 1210-1211.

1938 « Sur l'équation matricielle  $A^{t+s} = A^t \setminus A^s$  et ses applications aux probabilités en chaîne », *Bull. Sci. math.*, (2) 62, p. 21-32.

Drach (Jules) et Meyer (Wilhelm F.), 1907, « Théorie algébrique des formes bilinéaires », *Encyclopédie des sciences mathématiques*, I 2, p. 426-487, Paris, Gauthier-Villars, Leipzig, B.G. Teubner.

Durand-Richard (Marie Josée), 1990, « La Genèse de l'Algèbre Symbolique : Une Influence Possible de J. Locke », *Revue d'Histoire des Sciences*, 1990, XLIII, n° 2-3, p. 129-180

- 1996, « L'École algébrique anglaise : les conditions conceptuelles et institutionnelles d'un calcul symbolique comme fondement de la connaissance », dans Goldstein (C. ), Gray (J.) & Ritter (J.) (éds), 1996, *L'Europe mathématique. Mythes, histoires, identités*, Paris, Maison des sciences de l'homme, p. 445-477.
- 2008 *L'analogie dans la démarche scientifique*. Paris, l'Harmattan.
- Ernesto Timerding (Heinrich) et Epstein (Paul), 1922, *Repertorium der höheren Mathematik*. Leipzig, B. G. Teubner.
- Evans (James) et Thorndike (Alan S.) (éds.), 2007, *Quantum mechanics at the crossroads. New perspectives from history, philosophy and physics*. The Frontiers Collection, Berlin, Springer.
- Fantappiè (Luigi), 1928a, « Gli operatori funzionali e il calcolo delle matrici infinite nella teoria dei quanti », *Rendiconti Accad. d. L. Roma*, (6) 8, p. 645-650.
- 1928b « Le calcul des matrices », *C. R.*, 186, p. 619-621.
- Fenster (Della D.), 1997, « Mentoring in Mathematics : The Case of Leonard Eugene Dickson », *Historia Mathematica*, 24, p. 7-24.
- 1998, « Leonard Eugene Dickson and his Work in the Arithmetics of Algebras », *Archive for History of Exact Sciences*, 52, p. 119-159.
- Fenster (Della D.) et Schwermer (Joachim), 2005, « A Delicate Collaboration: Adrian Albert and Helmut Hasse and the Principal Theorem in Division Algebras in the Early 1930's », *Arch. Hist. Exact. Sci.* 59, p. 349-379.
- Fenster (Della D.) et Parshall (Karen), 1994, « A profile of the American mathematical research community 1891–1906 », dans Knobloch (Eberhard) et Rowe (David) (éds.), 1994, *The History of Modern Mathematics*, vol. 3 : *Images, Ideas and Communities*, Academic Press, Boston, San Diego, etc., p. 179–227.
- Février (P.), 1937, « Les relations d'incertitude de Heisenberg et la logique », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 204, p. 481-483.
- Folta (Jaroslav) et Nový (Luboš), 1965, « Sur la question des méthodes quantitatives dans l'histoire des mathématiques », *Acta historiae rerum naturalium nec non technicarum*. 1, p. 3–35.
- Forsyth (Andrew R.), 1884, « Proof of a theorem by Cayley in regard to matrices », *Mess. of Math.*, 13, p. 139-142.
- 1930, *Geometry of four dimensions*. Cambridge, University Press.
- Foster (Alfred L.), 1931, « Formal logic in finite terms », *Annals of Math.*, (2) 32, p. 407-430.
- Fréchet (Maurice) et Borel (Émile), 1938, *Traité du calcul des probabilités et de ses applications*, Paris, Gauthier-Villars.
- Frank (J.) et Jordan (Paul.), 1926, *Anregung von Quantensprüngen durch Stösse*, Berlin, Springer.
- Frank (Philipp.), Mises (R.), 1935, *Die differential- und integralgleichungen der mechanik und physik*. Braunschweig, Friedr. Vieweg & sohn.
- Franklin (Philip), 1925, « The electric currents in a network », *Journ. of Math. Massachusetts*, 4, p. 97-102.
- Frazer (R. A.), Duncan (W. J.) et Collar (A. R.), 1938, *Elementary matrices and some applications to dynamics and differential equations*, Cambridge, University press.
- Frenkel (Jacov), 1932, *Wave mechanics : I elementary theory*, Oxford, Clarendon press.
- Fricke (Robert), 1924, *Lehrbuch der Algebra, verfasst mit benutzung von H. Webers gleichnamigem buche*. Braunschweig, Vieweg u. Sohn.
- Frobenius (Ferdinand), 1878, « Ueber lineare Substitutionen und bilineare Formen », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 84, p. 343-405.
- 1879, « Theorie der linearen Formen mit ganzen coefficienten », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 86, p. 482-544.
- 1896a, « Ueber vertauschbare Matrizen », *S'ber. Akad. d. Wiss. Berlin*, p. 601-14.



- 1896b, « Ueber Gruppencharaktere », *S'ber. Akad. d. Wiss. Berlin*, p. 985-1021.
- 1897, « Ueber die Darstellung der endlichen Gruppen durch lineare Substitutionen », *S'ber. Akad. d. Wiss. Berlin*, p. 994-1015.
- 1903, « Theorie der hyperkomplexen Grössen », *Berl. Ber.*, p. 504-537, 634-645.
- 1910, « Ueber die mit einer Matrix vertauschbaren Matrizen », *S'ber. Akad. d. Wiss. Berlin*, p. 3-15.
- 1911 « Ueber den rang einer Matrix », *S'ber. Akad. d. Wiss. Berlin*, p. 20-29, 128-129.
- Fujiwara (Matsusaburo), 1932, *Algebra bd. I*, Tokio.
- Gandon (Sébastien), 2004, « Russel et l'*Universal Algebra* de Whitehead : la géométrie projective entre ordre et incidence (1898-1903) », *Revue d'histoire des mathématiques*, 10, p. 187-256.
- Gantmacher (Felix), 1935, « The geometric theory of elementary divisors according to Krull », *Trans. Univ. Odessa. Math.*, 1, p. 89-108.
- 1959 *The theory of matrices*. New York, Chelsea.
- Gauss (Carl.Friedrich), 1801, *Disquisitiones arithmeticae*, Leipzig, Fleischer.
- Gibbs (J. Willard), « On multiple algebra », *Am. Ass.*, XXXV.
- Gini (Corrado), 1933, « Sur une méthode pour déterminer le nombre moyen des enfants légitimes par mariage », *Revue Inst. internar. Statistique*, 1 Nr. 1, p. 56-60.
- Gispert-Chambaz (Hélène), 1991, *La France mathématique. La société mathématique de France (1870-1914)*, Paris, Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences, N.34.
- Gispert (Hélène) et Tobies, (R.), 1996, « A comparative study on the French and German Mathematical Societies before 1914 » Goldstein (C.), Gray (J.) et Ritter (J.), 1996, *L'Europe mathématique*. Paris, Editions de la Maison des sciences de l'homme, p. 391-433.
- Godeaux (Lucien), 1915, « Sur l'emploi de certaines matrices de formes dans la résolution de problèmes de géométrie », *Ens. math.*, 17, p. 32-40.
- Goldstein (Catherine), 1989, « L'un est l'autre : pour une histoire du cercle », dans Serres, 1989 (éd.), *Éléments d'histoire des sciences*, Paris, Larousse, 1989, p.199-235.
- 1995, *Un théorème de Fermat et ses lecteurs*, Saint-Denis ,PUV (Histoires de science).
- 1997, « Sur quelques pratiques de l'information mathématique », *Solaris*, 4, p. 12210.
- 1999, « Sur la question des méthodes quantitatives en histoire des mathématiques : le cas de la théorie des nombres en France (1870-1914) », *Acta historiae rerum naturalium nec non technicarum*, 3, 28, p. 187—214.
- Goldstein (Catherine), Gray (Jeremy) et Ritter (Jim) (dir.), 1996, *L'Europe mathématique : Mythes, histoires, identités -- Mathematical Europe: Myth, History, Identity*, Paris, Editions de la Maison des sciences de l'homme.
- Goldstein (Catherine), Schappacher (Norbert) et Schwermer (Joachim ) (Eds.), 2007, *The Shaping of Arithmetic after C.F. Gauss's Disquisitiones Arithmeticae*, Heidelberg, Berlin, etc., Springer.
- Gomes (Ruy L.), 1933, « Opérateurs linéaires. Matrices limitées », *Rendiconti Acad. d. L. Roma*, (6) 17, p. 41-45.
- Grassman (Hermann), 1862, *Ausdehnungslehre*, Berlin.
- Grattan-Guinness (Ivor) et Ledermann (Walter), 1994, « Matrix theory », dans Grattan-Guinness (Ivor), 1994, *Companion Encyclopedia of the History and Philosophy of Mathematical Sciences*. London, p. 775-786.
- Gray (Jeremy), 2000, *Linear differential equations and group theory from Riemann to Poincaré*. 2de ed. Boston , Birkhäuser.
- Haas (Arthur), 1928, *Materiewellen und quantenmechanik*. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft.
- Hamilton (William R.), 1853, *Lectures on quaternions*, Dublin.

- Hasse (Helmut), 1924, "Symmetrische Matrizen im Körper der rationalen Zahlen," *Journal f. d. reine u. angewandte Mathematik*, 153, p. 12–43.
- 1928, « Review of *Algebren und ihre Zahlentheorie* », *Jahresbericht der DMV*, 37, 2. Abt., p. 90–97.
- 1932 « Strukturtheorie der halbeinfachen Algebren über algebraischen Zahlkörpern », dans Saxer(Walter), 1932, *Verhandlungen des Internationalen Mathematiker Kongresses Zürich 1932*, II. Band, Sektions-Vorträge, p. 18–19.
- Haubrich (Ralf), 1998, « Frobenius, Schur, and the Berlin algebraic tradition », dans Begehr (Heinrich) et al., 1998, *Mathematics in Berlin*. Berlin, Birkhäuser, p. 83-96.
- Haupt (Otto), 1929, *Einführung in die Algebra*. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft.
- Hawkins (Thomas), 1971, « The Origins of the Theory of Groups Characters », *Arch. His. Ex. Sci.*, 7, No. 2, p. 142-70.
- 1972, « Hypercomplex numbers, Lie groups, and the creation of group representation theory », *Arch. History for Exact Sci.*, 8, p. 243-287.
- 1975a, « Cauchy and the spectral Theory of Matrices », *Historia Mathematica*, 2, p. 1-20.
- 1975b, « The theory of Matrices in the 19<sup>th</sup> Century », *Proceedings of the International Congress of Mathematicians : Vancouver*, 2, p. 561-70.
- 1977a, « Another Look at Cayley and the Theory of Matrices », *Arch. int. hist. sci.*, 26, p. 87-112.
- 1977, « Weierstrass and the Theory of Matrices », *Archive for History of Exact Sciences*, 17, p. 119-163.
- 1996, « From general relativity to group representations. The background to Weyl's Papers of 1925-26 », *SMF congrès de Nice*, p. 69-99.
- 2000, *Emergence of the theory of Lie groups an essay in the history of mathematics, 1869-1926*. New York, Berlin, Barcelone, Springer.
- Hawkes (Herbert E.), 1905, « On quaternions Number Systems », *Math. An.*, 60, p. 437.
- 1910, « The reduction of families of bilinear forms », *Amer. Journ.*, 32, p. 101-114.
- Hebroni (Pessach), 1938, « Sur les matrices continuisées à deux termes et leur application aux équations intégral-différentielles linéaires », *C. r. Acad. sci. Paris*, 207, p. 1371-1373.
- Hecke (Erich), 1935, *Die Primzahlen in der Theorie der elliptischen Modulfunktionen*. Meddelelser København 13, Nr. 10, 16.
- Heisenberg (Werner), Schrödinger (Erwin) et Dirac (Paul. A.), 1934 *Die moderne Atomtheorie. Die bei der Entgegennahme des Nobelpreises 1933 in Stockholm gehaltenen Vorträge*. Leipzig, Hirzel.
- Hellinger (Ernst), Toeplitz (Otto), 1906, « Grundlagen für eine Theorie der unendlichen Matrizen », *Gött. Nachr.*, p. 351-355.
- 1910, « Grundlagen für eine Theorie der unendlichen Matrizen », *Math. Ann.*, 69, p. 289-330.
- Hensel (Kurt), 1904, « Theorie der Körper von Matrizen », *Jl. f. Math.*, 127, p. 116-166.
- Hensel (Kurt) et Landberg (Georg), 1902, *Theorie der algebraischen Funktionen einer Variablen und ihre Anwendung auf algebraische Kurven und Abelsche Integrale*. Leipzig, B. G. Teubner.
- 1913, *Zahlentheorie*. Berlin, Leipzig, G. J. Göschen'sche Verlagshandlung.
- Hermite (Charles), 1857, « Sur l'invariabilité du nombre des carrés positifs et des carrés négatifs dans la transformation des polynômes homogènes du second degré », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 53, p. 271-274.
- Herschel (John), 1820, *Examples of the Calculus of the Finite Differences*, Cambridge.
- Hilbert (David), 1899, *Grundlagen der Geometrie*. Teubner, Leipzig, 1899.
- Hilton (Harold H.), 1909, « On the canonical form of a linear substitution », *Mess. of Math.*, 39, p. 24-26.

- 1912, « Substitutions permutable with a canonical substitution », *Mess. of Math.*, 41, p. 110-118.
- Hitchcock (Frank L.), 1922, « A solution of the linear matrix equation by double multiplication », *Nat. Acad. Proc.*, 8, p. 78-83.
- Hogben (Lancelot), 1933, « A matrix notation for Mendelian populations », *Proceedings Royal Soc. Edinburgh*, 53, p. 7-25.
- Hopkins (Charles), 1934, « An elementary proof of the theorem that the most general matrix commutative with a given  $n$ -rowed square matrix involves at least  $n$  arbitrary parameters », *Tôhoku Math. Journ.*, 39, p. 358-360.
- Hostinský (Bohuslav), 1931, *Méthodes générales du calcul des probabilités*. Paris, Mémorial sc. math., fasc. 52.
- Huber-Stoekar (E.), 1937, « L'échiquier du diable », C.-R. deuxième Congr. internat. Récréation math., Paris, p. 64-68.
- Hurwitz (Adolf), 1919, *Vorlesungen über die Zahlentheorie der Quaternionen*. Berlin, Springer.
- Ingraham (Mark H.), 1926, « The infinite case of the equivalence of linear associative algebras to matrix algebras », *Bulletin A. M. S.*, 32, p. 589.
- 1933, « On the reduction of a matrix to its rational canonical form ». *Bull. Amer. Math. Soc.*, 39, p. 379-382.
- Ingraham (Mark H.) et Wolf (Margarete C.), 1937, « Relative linear sets and similarity of matrices whose elements belong to a division algebra », *Trans. Amer. Math. Soc.*, 42, p. 16-31.
- Ito (Makoto.), 1932, « A geometrical study of the characteristic equation », *Tôhoku Math. Journal*, 35, p. 294-303
- Jensen (Hans), 1939, *Herleitung einiger ergebnisse der ausgleichsrechnung mit hilfe von matrizen*. København, Geodaetisk inst.
- Jordan (Camille), 1870, *Traité des substitutions et des équations algébriques*. Paris.
- 1872, « Sur les oscillations infiniment petites des systèmes matériels », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 74, p. 1395-1399.
- 1873, « Sur les polynômes bilinéaires », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 77, p. 1487-1491.
- 1874, « Mémoire sur les formes bilinéaires », *Journal de mathématiques pures et appliquées*, (2) 19, p. 35-54.
- 1906, « Réduction d'un réseau de formes quadratiques ou bilinéaires », *Jl. de math. pures et appl.* (6), t. II, p. 403-438 et t. III., p. 5-51.
- Jordan (Paul), 1936, *Anschauliche Quantentheorie. Eine Einführung in die moderne Auffassung der Quantenerscheinungen*. Berlin, Springer.
- Julia (Gaston) et Dufresnoy (J.), 1936, *Introduction mathématique aux théories quantiques*. Paris, Gauthier-Villars (Cahiers scientifiques, Fasc. XVI).
- Kawaguchi (Akitsugu), 1934, « The foundation of the theory of displacements. III », *Proceedings Acad. Tokyo*, 10, p. 133-136.
- Klein (Felix) et Courant (Richard), 1926, *Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert. I*. Berlin, Springer (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen Bd. 24).
- Knobloch (Eberhard), 1994, « From Gauss to Weierstrass : determinant theory and its historical evaluations », dans *The intersection of history and mathematics*, Basel, p. 51-66.
- König (Dénes), 1936, *Theorie der endlichen und unendlichen Graphen. Kombinatorische Topologie der Streckenkomplexe*. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft (Mathematik in Monographien, Bd. 16).
- Kotchine (N.), 1937, « Sur la décomposition d'une matrice à définition rationnelle », *Rec. math., Moscou*, (2) 2, p. 901-922.
- Köthe (Gottfried) et Toeplitz (Otto), 1934, « Lineare Räume mit unendlichvielen Koordinaten und Ringe unendlicher Matrizen », *J. f. M.*, 171, p. 193-226.

Kowalewski (Gerhard), 1916, « Natürliche Normalformen linearer Transformationen », *Ber. Verh. sächs. Akad. Leipzig*, 68, p. 325-335.

1925, *Einführung in die Determinantentheorie einschliesslich der Fredholmschen Determinanten*. 2. Berlin, de Gruyter & Co.

1937, *Magische Quadrate und magische Parkette*. Leipzig, K. F. Koehler.

Kraitchik (M.), 1926, *Le problème des reines*. I, II. Bruxelles, Imprimerie Flament.

Kravčuk (Mikhail), 1924, *Quadratische Formen und lineare Transformationen*. Kiev, Mem. Ac. Sc. 1, 3, 59 (Ukr., mit franz. Res.).

1927, « Ueber vertauschbare Matrizen », *Rend. Circ. Mat. Palermo*, 51, p. 126-130.

Kreis (Henri), 1909, *Einige Anwendungen der Matricestheorie*. Progr. Gymn. u. Industrieschule in Winterthur, 1909/10.

Krull (Wolfgang), 1921, *Ueber Begleitmatrizen und Elementarteilertheorie*. Freiburg.

1926, *Theorie und Anwendung der verallgemeinerten Abelschen Gruppen*. Heidelberg, Sitzungsberichte Heidelberg.

Kronecker (Leopold), 1874, « Ueber Schaaren von quadratischen und bilinearen Formen », *Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, p. 59-76.

1890, « Algebraische Reduction der Scharen bilinearer Formen », *Berl. Ber.*, p. 1225-1237.

Kumamoto (A.), 1888, « Zur Theorie der "Matrices" », *Tokio Math. Ges. III.*, p. 153-161.

Kwal (Bernard), 1934a, « La théorie des équations de Maxwell et le calcul des opérateurs matriciels », *Journ. de Phys., Radium* (7) 5, p. 445-448.

1934b, « Sur un système de matrices réelles qui intervient dans la théorie de l'électron magnétique lorsqu'on se place dans l'espace temps de la relativité restreinte », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 198, p. 1582-1584.

1935, « Sur la représentation matricielle des quaternions », *Bull. Sc. math.*, 59, p. 328-332.

Lacki (Jan), 2000, « The Early Axiomatizations of Quantum Mechanics : Jordan, von Neumann and the Continuation of the Hilbert Program », *Arch. Hist. Exact. Sci.*, 24, p. 279-318.

Lagrange (Joseph-Louis), 1788, *Mécanique analytique*. 2<sup>de</sup> ed, Paris, 1811-1815.

Laguerre (Edmond), 1867, « Sur le calcul des systèmes linaires », *Jour. Ec. Pol.*, LXII, p. 221-267.

Laisant (Charles A.), 1881, *Introduction à la méthode des quaternions*. Paris, 1881.

Laplace (Pierre-Simon de), 1775, « Mémoire sur les solutions particulières des équations différentielles et sur les inégalités séculaires des planètes », *Memoires de l'Académie des sciences de Paris*, Partie I, p. 325-366.

Lappo-Danilevski (J. A.), 1929, « Problème fondamental de la théorie des fonctions dans la classe des matrices, satisfaisant à des systèmes d'équations différentielles à coefficients rationnels », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 188, p. 982-984.

1934, « Mémoires sur la théorie des systèmes des équations différentielles linéaires. I: Théorie générale des fonctions des matrices », *Trav. Inst. Stekloff*, 6, p. 1-151.

1935, « Mémoires sur la théorie des systèmes des équations différentielles linéaires. V: Théorie des matrices satisfaisantes à des systèmes d'équations différentielles à coefficients rationnels arbitraires », *Trav. Inst. Stekloff*, 7, p. 32-99.

Lascar (Jacques), 1998, « Perspective historique sur les rapports entre la théorie des modèles et l'algèbre. Un point de vue tendancieux », *Revue d'histoire des mathématiques*, 4, p. 237-260.

Lattes (S.), 1912, « Sur la réduction des substitutions linéaires », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 155, p. 1482-1484.

1914, « Sur une forme canonique des substitutions linéaires », *Ann. Toulouse*, (3) 6, p. 1-84.

Laurent (Hermann), 1896, « Exposé d'une théorie nouvelle des substitutions linéaires », *Nouv. Annales*, (3), 15, p. 345-365.

1897 « Applications de la théorie des substitutions linéaires à l'étude des groupes », *Nouv. Annales*, (3) 16, p. 149-168.

Lazerowitz (M.), 1937, « Tautologies and the matrix method », *Mind*, 46, p. 191-205.

Lecat (Maurice), 1910, *Leçons sur la théorie des déterminants à n dimensions avec applications à l'algèbre, à la géométrie, etc.* Gand, Hoste.

1925, « Permanent composé des déterminants d'une matrice », *Messenger*, 54, p. 172-173.

Levi-Civita (Tullio) et Duschek (Adalbert), 1928, *Der absolute Differentialkalkül und seine Anwendungen in Geometrie und Physik.* Berlin, Springer.

Levinson (H. C.) et Zeisler (E. B.), 1929, *The law of gravitation in relativity.* Chicago, The University of Chicago Press.

Lewis (Clarence) et Langford (Cooper), 1932, *Symbolic logic.* New York, London, The Century Co.

Lie (Sophus), 1876, « Theorie der Transformationsgruppen. Erste Abhandlung », *Archiv für Math*, 1, p. 19-67.

Lipschitz (Rudolf), 1880, « Principes d'un calcul algébrique qui contient comme espèces particulières le calcul des quantités imaginaires et des quaternions », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 91, p. 619-621.

Littlewood (Dudley E.), 1940, *The theory of group characters and matrix representations of groups.* Oxford, Clarendon Press, London, Oxford Univ. Press.

Loewy (Alfred), 1896, « Sur les formes quadratiques définies à indéterminées conjuguées de M. Hermite », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 123, p. 168-170.

1917, « Die Begleitmatrix eines linearen homogenen Differentialausdruckes », *Nachr.*, p. 255-263.

1918, « Ueber einen fundamentalsatz für Matrizen oder lineare homogene Differentialsysteme », *Sitzb. Heidel. Akad.*

1935, « Über ein Integralsystem mit Stieltjesschen Integralen, seine anschauliche Interpretation und den Infinitesimalkalkül für Matrizen », *Compositio math.*, 2, p. 417-423.

Lohan (Ralf), 1933, « Das Entwicklungsverfahren zum Ausgleichen geodätischer Netze nach Boltz im Matrizenkalkül », *Z. f. angew. Math.*, 13, p. 59-60.

Lowry (H. V.), 1926, « A curious determinant », *Math. Gazette*, 13, p. 27-28.

McCoy (Neal H.), 1935, « On the rational canonical form of a function of a matrix », *Amer. Journ. of Math.*, 57, p. 491-502.

Mac Duffee (Cyrus C.), 1928, « A correspondence between matrices and quadratic ideals », *Annals of Math.*, 29, p. 199-214.

1929, « On the independence of the first and second matrices of an algebra », *Bull. Amer. Math. Soc.*, 31, p. 71-90.

1931, « The discriminant matrix of a semi-simple algebra », *Trans. Amer. Math. Soc.*, 33, p. 425-432.

1933, *The Theory of Matrices*, New-York, Chelsea.

1936, « On a fundamental theorem in matrix theory », *Amer. J. Math.*, 58, p., 504-506.

1940, *An Introduction to Abstract Algebra.* Dover, New York.

1943, *Vectors and Matrices.* Menasha, Wisconsin, The Mathematical Association of America, The collegiate Press.

- Mac Lane (Saunders), 1975, « History of abstract algebra: origin, rise and decline of a movement », *Texas Tech University, Mathematics Series*, no. 13.
- Macfarlane (Alex), 1891, « Principles of the algebra of physics », *American Assoc. for the advancement of science Proc.* XL, p. 65-117.
- Martini (Laura), 2004, « Algebraic research schools in Italy at the turn of the twentieth century : the cases of Rome, Palermo and Pisa », *Hist. Math.*, 31, No. 3, p. 296-309.
- Madelung (Erwin), 1922, *Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers*. Berlin, Springer.
- Marshall (J. B.), 1939, « On the extension of Fermat's theorem to matrices of order  $n$  », *Proc. Edinburgh math. Soc.*, (2) 6, p. 85-91.
- Maschke (Heinrich), 1898, « Die Reduction linearer homogener Substitutionen von enlicher Periode auf ihre kanonische Form », *Math. Ann.*, 50, p. 220.
- Mazliak (Laurent), 2007, « On the exchanges between Wolfgang Doeblin and Bohuslav Hostinský », *Revue d'histoire des mathématiques*, 15, p. 155-180.
- Mehrtens (H.), Bos (H.) et Schnieder (I.) (éds.), 1981, *Social history of Nineteenth Century Mathematics*. Bâle, Boston, Berlin, Birkhäuser.
- Menn (Fritz), 1934, *Die konvergenzfreien linearen Räume endlicher Stufe und die dazugehörigen Matrizenringe*. Münster, Westf. Diss.
- Menge (Walter O.), 1931, « Reduction of linear transformations to canonical forms ». *Bulletin A. M. S.*, 37.  
 1933 « Construction of transformations to canonical forms », *Amer. J. Math.*, 55, p. 671-682.
- Metzler (William H.), 1892, « On the Roots of Matrices », *Amer. J. Math.*, p. 326-377.  
 1893, « Matrices which represent vectors », *Boston Tech. Quart.* 6.  
 1914, « On the rank of a matrix », *Annals of Math.*, (2) 15, p. 161-165.
- Miller (George A.), 1916, « Finite groups represented by special matrices », *American M. S. Bull.*, 22, p. 291-292.  
 1930, « On the history of determinants », *Amer. Math. Monthly*, 37, p. 216-219.
- Ming (Nai-Ta), 1939, *Indexmethode zur Entwicklung der Determinanten für höhere Ordnung und zur Berechnung der Inversen Matrix (mit einer Tabelle von 1. bis 6. Ordnung der Determinanten)*. Leipzig, Robert Noske.
- Minkowski (Hermann), 1910, *Geometrie der Zahlen*. Leipzig, Teubner.
- Molien (Theodor), 1893, « Über Systeme höherer complexer Zahlen », *Math. Ann.*, 41, p. 83-156  
 1897, « Eine Bemerkung zur Theorie der homogenen substitutionsgruppe », *S'ber. Naturforscher-Ges. Univ. Jurjeff (Dorpat)*, 11, p. 259-74.
- Moisil (Grigore C.), 1932a, « Sur les sauts de probabilité dans les évolutions stochastiques », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 195, p. 507-509.  
 1932b, « Sur l'intégration des matrices », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 195, p. 456-458.
- Moore (Eliakim H.), 1892, « A doubly-infinite system of simple groups », *Mathematical Papers Read at the International Mathematical Congress Held in Connection with the World's Columbian Exposition*, Chicago, p. 208-242.  
 1893, « An universal invariant for Finite Groups of linear Substitutions: with applications in the Theory of the Canonical Form of a linear Substitution of Finite Period », *Math. Ann.*, 50, p. 213, 219.  
 1916, « On properly positive Hermitian matrices », *American M. S. Bull.*, 23, p. 66-67.  
 1922, « On the determinant of an Hermitian matrix of quaternionic elements », *American M. S. Bull.*, 28, p. 161.

- Morinaga (Kakutaro), 1934, « An extension of parallel displacement by matrices », *Journal Hiroshima Univ.*, (A) 4, p. 127-140.
- Muir (Thomas), 1885, « New relations between bipartite functions and determinants with a proof of Cayley's theorem in matrices », *Proc. London Math. Soc.*, 16, p. 276-286.
- 1906, *The theory of determinants in the historical order of Development*. Londres, Macmillan and Co.
- 1925, « The theory of compound determinants from 1900 to 1920 », *Proceedings Royal Soc. Edinburgh*, 45, p. 187-212.
- 1929, « The literature of Cayleyan matrices », *Transactions Royal Soc. South Africa*, 18, p. 219-227.
- Murnaghan (Francis D.), 1938, *The theory of group representations*. Baltimore, The Johns Hopkins Press.
- 1931, « On the representation of a Lorentz transformation by means of two-rowed matrices », *Amer. Math. Monthly*, 38, p. 504-511.
- Murnaghan (Francis D.) et Wintner (Aurel), 1931a, « A canonical form for real matrices under orthogonal transformations », *Proceedings USA Academy*, 17, p. 417-420.
- Nakano (Hidegoro), 1934, « Über die Matrixfunktion », *Japanese Journ. of Math.*, 11, p. 9-13.
- Namase-Marie (Frère), 1939, « Sur la détermination de la date de Pâques. Démonstration générale de la formule de Gauss. Nouvelles formules, très simples, très rapides, en fonction du seul millésime. Tables pour calculer la date de Pâques par ces formules », *Ann. Soc. sci. Bruxelles*, 59, p. 225-256.
- Netto (Eugen), 1896, *Vorlesungen über Algebra*. Leipzig.
- 1910, *Die Determinanten*. Leipzig, Berlin, B. G. Teubner.
- 1915, *Grundlehren der Mathematik. 1. Teil, 2. Band: Algebra*. Leipzig, B. G. Teubner.
- Noether (Emmy), 1926, « Der Diskriminantensatz für die Ordnungen eines algebraischen Zahl- oder Funktionenkörpers », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 157, p. 82-104.
- 1929, « Hyperkomplexe Grössen und Darstellungstheorie », *Mathematische Zeitschrift*, 30, p. 641-692.
- 1932, « Hyperkomplexe Systeme in ihren Beziehungen zur kommutativen Algebra und Zahlentheorie », dans Saxer (Walter), 1932, *Verhandlungen des Internationalen Mathematiker Kongresses Zürich 1932*, I. Band, Zürich-Leipzig, Orell-Füssli, p. 189-194.
- Neumann (Bernhard), 1933, « Matrizenkalkül in der Booleschen Algebra », *Jahresbericht D. M. V.*, 42, p. 126-130.
- Novotný (Miroslav), 1953, « Le noyau abstrait de la construction de Weyr des nombres caractéristiques des matrices », *Publ. Fac. Sci. Univ. Masaryk*, p. 41-51.
- Nový (Lubos), 1968, « L'Ecole Algébrique Anglaise », *Revue de synthèse*, III° S., n°49-52, p. 211-222.
- Nicoletti (Onorato), 1907, « Sulla riduzione a forma canonica di una sostituzione lineare omogenea e di un fascio di forme bilineari », *Annali di Mat.*, (3) 14, p. 265-325.
- Oldenburger (Rufus), 1935, « Canonical triples of bilinear forms », *Tôhoku math. Journ.*, 41, p. 216-221.
- Oppenheimer (J. Robert), 1927, « Zur Quantentheorie der kontinuierlichen Spektren », *Z. f. Physik*, 41, p. 268-293.
- Ory (Herbert), 1928, « Sur l'équation  $x^n = a$  où  $a$  est un tableau carré du deuxième ordre », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 187, p. 1012-1014.
- Ostenc (Émile), 1933, « Sur les zéros des matrices stochastique », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 196, p. 150-151.
- Parshall (Karen H.), 1983, « In Pursuit of the Finite Division Algebra Theorem and Beyond : Joseph H.M. Wedderburn, Leonard E. Dickson, and Oswald Veblen », *Archives internationales d'Histoire des Sciences*, 33, p. 274-99.

- 1985, « Joseph H.M. Wedderburn and the Structure Theory of Algebras », *Archive for History of Exact Sciences*, 32, p. 223–349.
- 1988, « America's First School of Mathematical Research: James Joseph Sylvester at the John Hopkins University 1876–1883 », *Archive for History of Exact Sciences*, 38, p. 153–196.
- 1989, « Toward a History of Nineteenth-Century Invariant Theory », dans Rowe (D.) et McCleary (J.), 1989, *The History of Modern Mathematics*, Boston, Academic Press, Vol. 1, p. 157-206.
- 1991, « A Study in Group Theory : Leonard Eugene Dickson's *Linear Groups* », *The mathematical intelligencer*, 13, p. 7-11.
- 1998, *James Joseph Sylvester, life and work in letters*. Clarendon Press.
- 2004, « Defining a mathematical research school : the case of algebra at the University of Chicago, 1892-1945 », *Historia Mathematica*, 31, p. 263-278.
- 2006a, « The British development of the theory of invariants (1841–1895) », *British Society for the History of Mathematics Bulletin*, 21, p.186–199.
- 2006b, *James Joseph Sylvester: Jewish Mathematician in a Victorian World*. Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Parshall (Karen H.) et Rowe (David E.), 1994, *The Emergence of the American Mathematical Research Community (1876–1900) : J.J. Sylvester, Felix Klein, and E.H. Moore*. Providence, American Mathematical Society, Londre, Mathematical Society (AMS/LMS Series in the History of Mathematics, vol. 8).
- Parshall (Karen H.) et Seneta (Eugene), 1997, « Building an International Reputation: The Case of J.J. Sylvester (1814–1897) », *American Mathematical Monthly*, 104, p. 210–222.
- Pauli (Wolfgang), 1935, « Beiträge zur mathematischen Theorie der Diracschen Matrizen », *Zeeman-Festschr.*, p. 31-43.
- 1936, « Contributions mathématiques à la théorie des matrices de Dirac », *Ann. Inst. Henri Poincaré*, 6, p. 109-136.
- Peacock (George), 1830, *Treatise of algebra*. Cambridge, Deighton.
- Peirce (Benjamin), 1870, *Linear Associative Algebra*. Lithographié.
- Peirce (Charles S.), 1873, « Description of a Notation for the Logic of Relatives, Resulting from an Amplification of the Conceptions of Boole's Calculus of Logic », *Mem. Amer. Acad. Arts. and Sci.*, 9, p. 317-89.
- Pelosi (Luisa), 1932, « Sull'esponenziale di una matrice, la cui equazione caratteristica è binomia », *Atti Pontificia Accad.*, 85, p. 336-344.
- Perron (Oskar), 1906, « Zur Theorie der Matrizes », *Math. Ann.*, 64, p. 248-263.
- Persico (Enrico), 1936, *Fondamenti della meccanica atomica*. Bologna, N. Zanichelli.
- Petiau (Gerard), 1937, « Sur la représentation matricielle des équations de Maxwell », *C. r. Acad. sci. Paris*, 204, p. 1710-1713.
- Phillips (H. B.) et Moore (C. L. E.), 1912, « A geometric use of matrices », *Americ. Math. Soc. Bull.*, (2) 18, p. 490.
- Petr (K.) et Sobotka (J.), 1905, « Über das Leben und die Tätigkeit von *Eduard Weyr* », *Casopis*, 34, p. 457-516.
- Pycior (Helena M.), 1982 « Early Criticism of the Symbolical Approach to Algebra », *Historia Mathematica*, 9, p. 392-412.
- 1981, « George Peacock and the British Origins of Symbolical Algebra » *Historia Mathematica*, 8, p. 23-45.
- 1979, « Benjamin Peirce's 'Linear Associative Algebra' », *Isis*, 70, p. 537-51.
- Pincherle (Salvatore), 1899, « Mémoire sur le calcul fonctionnel distributif », *Math. Annalen*, 49, p. 325-383.
- Pipes (Louis A.), 1937, « Matrices in engineering », *Electr. Engineering*, p. 1177-1190.



- Plemelj (Jossip), 1901, « Ein Satz über vertauschbare Matrizen und seine Anwendung in der Theorie linearer Differentialgleichungen », *Monatsh. f. Math. u. Phys.*, 12, p. 82-96.
- Poincaré (Henri), 1884 « Sur les nombres complexes », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 99 (1884), 740-42.
- Polya (George), 1928, « Über die Funktionalgleichung der Exponentialfunktionen im Matrizenkalkül », *Berlin. Sitzb.* (1928) 96-99.
- Porcu-Tortrini (Ernesta), 1927, « Calcolo delle potenze delle matrici di secondo ordine mediante riduzione alla forma canonica », *Atti Pontificia Accad.*, 80, p. 277-281.
- Rados (Gustav), 1897, « Zur Theorie der adjungirten Substitutionen », *Math Ann.*, 48, p. 417-424.
- Ravut (L.), 1894, « Résolution des équations des deuxième, troisième et quatrième degrés en prenant pour point de départ l'équation identique de Cayley sur les matrices », *Assoc. Franç. Caen*. XXIII, p. 285-294.
- 1898 « Remarques sur une matrice », *Nouv. Ann.*, (3) 17, p. 118-120.
- Rasmussen (Anne), 1995, *L'internationale scientifique (1890-1914)*. Thèse de doctorat, Paris, EHESS.
- Raiford (Theodore E.), 1936, « Geometry as a basis for canonical forms », *Amer. math. Monthly*, 43, p. 82-89.
- Revel (Jacques), éd, 1996, *Jeux d'échelles: La micro-analyse à l'expérience*. Paris, Gallimard/Le Seuil.
- Riemann (Bernhard), 1857, « Zwei allgemeine Sätze über lineare Differentialgleichungen mit algebraischen Coefficienten », *Œuvres*, p. 379-389.
- Ruark (Arthur E.) et Harold (Clayton), 1930, *Atoms, molecules and quanta*, New York, Mc Graw-Hill Book Co.
- Romanovsky (V.), « Sur les zéros des matrices stochastiques », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 192, p. 266-269.
- Rose (Clarence E.), 1940, *Matrix and tensor algebra for engineers and chemists*. New York, Chemical Publishing Co.
- Röseler (Hans), 1933, *Normalformen von Matrizen gegenüber unitären Transformationen*. Darmstadt, Diss.
- Rosental (Claude), 2003, *La trame de l'évidence. Sociologie de la démonstration en logique*. Paris, PUF.
- Rusam (Friedrich), 1934, *Matrizenringe mit Koeffizienten aus endlichen Ringen ganzer Zahlen*. Erlangen, Diss.
- Rutherford (Daniel E.), 1932a « On the canonical form of a rational integral function of matrix », *Proc Akad. Wet. Amsterdam*, 35, p. 870-875.
- 1932b, « On the rational commutant of a square matrix », *Proceedings Amsterdam*, 35, p. 870-870
- Sauvage (Louis), 1891, « Théorie des diviseurs élémentaires et applications », *Annales de l'école Normale*, III 8, p. 285-340.
- Scheffers (Georg), 1891, « Zurückführung komplexer Zahlensysteme », *Math. Ann.*, 39, p. 292-390.
- Schlesinger (Ludwig) 1908, *Vorlesungen über lineare Differentialgleichungen*. Leipzig.
- 1929, « Über den Logarithmus einer Matrix », *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 161, p. 199-200.
- 1922, *Einführung in die Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen auf funktionentheoretischer Grundlage*. 3. Auflage. Berlin, W. de Gruyter.
- Schneider (Hans), 1977, « The concepts of irreducibility and full indecomposability of a matrix in the works of Frobenius, König and Markov », *Linear Algebra and Appl.*, 18 (2), p. 139-162.
- Scholz (Ehrard), 2006, « Introducing groups into quantum theory (1926-1930) », *Historia Mathematica*, 33, p. 440-490.
- Schluckebier (Marie-Luise), 1935, *Äquimodulare Matrizen*. Bonn, diss.

Schouten (Jan A.) et Struik (Dirk J.), 1935, *Einführung in die neueren Methoden der Differentialgeometrie*. Groningen, P. Noordhoff.

Schmidt (Harry), 1935, *Einführung in die Vektor- und Tensorrechnung unter besonderer Berücksichtigung ihrer physikalischen Bedeutung*. Leipzig, M. Jänecke.

Schreier (J.), 1932, « Sur les systèmes d'élimination dans les tournois », *Mathesis Polska*, 7, p. 154-160.

Schreier (Otto) et Sperner (Emanuel), 1932, *Vorlesungen über Matrizen*. Leipzig, B. G. Teubner.

1935, *Einführung in die analytische Geometrie und Algebra*. Leipzig, B. G. Teubner.

Schubring (Gert), 1996, « Changing cultural and epistemological views on mathematics and different institutional contexts in nineteenth century Europe », dans Goldstein (C.), Gray (J.) et Ritter (J.), 1996, *L'Europe mathématique*. Paris, éditions de la Maison des sciences de l'homme, p. 347-363.

Schur (Issai), 1901, *Über eine Klasse von Matrizen die sich einer gegebenen Matrix zuordnen lassen*. Berlin, diss.

1905, « Zur theorie der vertauschbaren Matrizen », *Crelle*, 130, p. 66-76.

1907 « Untersuchungen über die Darstellung der endlichen Gruppen durch gebrochene lineare Substitutionen », *Crelle*, 132, p. 85-137

1909 « Ueber die charakteristischen Wurzeln einer linearen Substitution mit einer Anwendung auf die Theorie der Integralgleichungen », *Math. Ann.*, 66, p. 488-510.

1927 « Über die rationalen Darstellungen der allgemeinen linearen Gruppe », *Berlin Stzb.*, p. 58-75.

1936 *Die algebraischen Grundlagen der Darstellungstheorie der Gruppen. Vorlesungen über Darstellungstheorie*. Zürich, Frey & Kratz.

Schwerdtfeger (Hans), 1934a, « Sur les racines caractéristiques des matrices de formes linéaires », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 199, p. 508-510.

1934b, « Remarques sur les matrices à formes linéaires », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 199, p. 1086-1089.

1935a, « Sur les fonctions de matrices », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 201, p. 414-416.

1935b, *Beiträge zum Matrizen-Kalkül und zur Theorie der Gruppenmatrix*. Bonn, diss.

1938, *Les fonctions de matrices. I. Les fonctions univalentes*. Paris, Hermann.

Scorza (Gaetano.), 1921a, « Le algebre di ordine qualunque e le matrici di Riemann », *Palermo Rend.*, 45, p. 1-204.

1921b, *Corpi numerici ed algebre*. Messina, Principato.

Schulz (Hans), 1933, « The standard error of the coefficient of elasticity of demand », *Journal Amer. Statistical Association*, 28, p. 64-69.

Seguier (J. A., de), 1902, « Sur la forme canonique des substitutions linéaires », *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 30, p. 247-252.

1907, « Sur la théorie des matrices », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 145, p. 1259.

1908, « Sur la théorie des matrices », *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 36, p. 20-40.

Segre (Corrado), 1884, « Sulla Teoria e sulla classificazione delle omografie in uno spazio lineare ad un numero qualunque di dimensioni », *Atti della R. Accademia dei Lincei, Memoire Seri terza*, XIX, p. 127-148.

1900, « Gli ordini delle varietà che annullano i determinanti dei diversi gradi estratti da una data matrice », *Rom. Acc. L. Rend.* (5), p. 253-260.

1921, « Mehrdimensionale Räume », *Encykl. d. math. Wiss.*, III C 7, p. 769-972.

Seitz (Frederick), 1935, « A matrix-algebraic development of the crystallographic groups », *Z. f. Kristallographie*, (A) 90, p. 289-313, 91, 336-366.

- Shoda (Kenjiro.), 1929, « Über die mit einer Matrix vertauschbaren Matrizen », *Math. zeits.*, 29, p. 696- 712.
- Sinaceur (Hourya), 1991, *Corps et modèles*, Paris, Vrin.
- Smale (Stephen), 1930, *Differential equations, dynamical systems and linear algebra*, New York.
- Spottiswoode (William), 1877, « On Hyperjacobian surfaces and curves », *Phil. Trans.*, CLXVII, p. 351-366.
- Soleillet (Paul), 1936, « Sur l'interprétation de la phase dans les matrices de la mécanique quantique », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 203, p. 1333-1335.
- Sono (S.), 1928, *Gruppentheorie*. Tokyo.
- Smith (Henry John S.), 1861, « On systems of linear indeterminate equations and congruences », *Philos. Trans.*, cli, p. 293-326.
- Stein (Johannes), 1914, *Beiträge zur Matrizenrechnung mit Anwendung auf die Relativitätstheorie*. Leipzig.
- Stephanos (Cyparissos), 1883, « Sur la théorie des quaternions », *Math. An.*, 22, p. 329.
- 1900, « Sur une extension du calcul des substitutions linéaires », *Journ. de Math.*, (5), 6, p. 73-128.
- Stieltjes (Thomas J.), 1890, « Sur la théorie des nombres. Étude bibliographique », *Toulouse Ann. IV.*, p. 1-103.
- Stone (Marshall H.), 1932, *Linear transformations in Hilbert space and their applications to analysis*. New York, American Mathematical Society (Amer. Math. Soc. Colloquium Publ. Vol. XV).
- Study (Eduard), 1889, « Über Systeme von complexe Zahlen », *Göttingen Nachr.*, p. 237-68.
- 1923, *Einleitung in die Theorie der Invarianten linearen Transformationen auf Grund der Vektorenrechnung. I. Teil*. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.
- Stuyvaert (Modeste), 1907, *Cinq études de géométrie analytique*. Liège, Mém. (3) 7.
- Sylvester (James Joseph), 1850, « On the intersections, contacts and other correlations of two conics expressed by indeterminate coordinates », *Cambridge and Dublin Mathematical Journal*, p. 262-282.
- 1851a, « Enumeration of the contacts of lines and surfaces of the second order ; on the relation between the minor determinants of linearly equivalent quadratic functions », *Phil. Mag.*, I, p. 116,295, 415, 1851.
- 1851b, « On the relations between the minor determinants of linearly equivalent quadratic functions », *Philosophical Magazine*, I. p. 295-305.
- 1852, « Sur une propriété nouvelle de l'équation qui sert à déterminer les inégalités séculaires des planètes », *Nouvelles Annales de Mathématiques*, p. 438-440.
- 1879, « Sur les déterminants composés ». *Borchardt J.*, LXXXVIII, p. 49-68.
- 1881, « On Tchebycheff's Theory of the Totality of the Prime Numbers Comprised With Given Limits », *American Journal of Mathematics* 4, p. 230-47.
- 1882a, « Sur les puissances et les racines de substitutions linéaires », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 94, p. 55-59.
- 1882b, « Sur les Racines des Matrices unitaires », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 94, p. 396-99.
- 1883a, « On the equation to the Secular Inequalities in the Planetary Theory », *Phil. Mag.*, 16, p. 267-69.
- 1883b, « Sur les quantités formant un groupe de nonions analogues aux quaternions de Hamilton », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 97, p. 1336-40.
- 1884a, « On the Three Laws of Motion in the World of Universal Algebra », *John Hopkins University Circulars*, 3, p. 33-34.

- 1884b, « On involutants and other allied species of invariants to matrix systems », *John Hopkins University Circulars*, 9-12, p. 34, 35.
- 1884c, « Lectures on principles of universal algebra », *American Journal of Mathematics*, VI, p. 270-286.
- 1904-12 *The Collected Mathematical Papers of James Joseph Sylvester*, Ed. H.F. Baker. 4 vol. Cambridge : University Press ; Reimpression ed., New York : Chelsea Publishing Co., 1973
- Taber (Henry), 1889, « On the Theory of Matrices », *American Journal of Mathematics*, 11, p. 337-95.
- 1891a, « On the matricial equation  $\varphi\Omega = \Omega\varphi$  », *Proc Amer. Acad. Boston*, 26, p. 64-66.
- 1891b, « On certain properties of symmetric, skew symmetric, and orthogonal matrices », *Lond. M. S. Proc.*, XXII, p. 449-469.
- 1893, « On a theorem of Sylvester's relating to non-degenerate matrices », *Proc. Amer. Acad. Boston*, 27, p. 46-55.
- Takahashi (Shin-ichi.), 1932, « Zum verallgemeinerten Infinitesimalrechnung der Matrizen », *Japanese Journ. of Math.*, 9, p. 27-46.
- Tait (Peter G.), 1867, *An elementary treatise on quaternions*, Oxford.
- Telkes (Eva), 1991, « Présentation de la Faculté des sciences et de son personnel, à Paris (1901-1939) », *Rev. hist. sci.*, 44, p. 451-475.
- Thomas (Tracy), 1931, *The elementary theory of tensors, with applications to geometry and mechanics*. New York, McGraw-Hill Book Co.; London, McGraw-Hill Publishing Co.
- Turnbull (Herbert W.), 1928, *The theory of determinants, matrices, and invariants*. London.
- 1934, « Diagonal matrices », *Proceedings Cambridge*, 29, p. 347-372.
- 1935 « On the reduction of singular matrix pencils », *Proc. Edinburgh Math. Soc.*, (2) 4, p. 67-76.
- Tyrda (J.), 1971, « On the origin of the theory of matrices », *Acta Historiae Rerum Naturalium necnon technicarum*, p.335-354.
- Ulm (Helmut), 1937, « Elementarteilerttheorie unendlicher Matrizen », *Math. Ann.*, 114, p. 493-505.
- Ullmo (Jean), 1929, « Sur les symboles mathématiques employés en physique théorique », *Bulletin sc. Math.*, (2) 53, p. 109-128.
- Vaidyanathaswami (R.), 1932, « On the canonical reduction of Hermitian forms », *Proceedings 19<sup>th</sup> Indian Congress Bangalore*, p. 135.
- Van der Waerden (Bartel L.), 1930 *Moderne Algebra*. Berlin, Springer.
- 1932, *Die gruppentheoretische Methode in der Quantenmechanik*. Berlin, Springer.
- 1977, *A history of algebra*. Berlin, Springer.
- Van Wettum (Th. B.), 1891, « De quaternion van Hamilton als matrix van Cayley », *Nieuw Archief*, XVII, p. 206-216.
- Veblen (Oswald), 1921 « On matrices whose elements are integers », *Annals of Math.*, (2) 23, p. 1-15.
- 1922, « The Cambridge Colloquium, 1916. Part II: O. Veblen. Analysis Situs », *Amer. Math. Soc., Colloquium Lectures*, vol. V, New York, Amer. Math. Soc. V.
- Véronnet (Alexandre) et Villat (Henri), 1933, *Le calcul vectoriel. Cours d'algèbre de mathématiques spéciales et de mathématiques générales*. Paris, Gauthier-Villars, 1933.
- Vitali (Giuseppe), 1929, *Geometria nello spazia hilbertiano*. Bologna, N. Zanichelli.
- Voghera (G.), 1928, « Sulla forma canonical delle matrici », *Boll. Un. mat. Ital.*, 7, p.32-34.

Vogt (H.), 1919, « Réduction à une forme normale d'un système d'équations différentielles simultanées linéaires à coefficients constants », *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 4<sup>e</sup> série, XIX, p. 201.

Volterra (Vito), 1889, « Delle variabili complesse negli iperspazi », *Rom. Acc. L. Rend.*, (4), p. 158-165, 291-299.

1914, « Osservazioni sui nuclei delle equazioni integrali », *Rom. Acc. L. Rend.*, p. 266-269.

1937, *Fluctuations dans la lutte pour la vie. Leurs lois fondamentales et de réciprocité*. Confér. Réunion. internat. Math., Paris.

Volterra (Vito) et Hostinsky (Bohuslav), 1938, *Opérations infinitésimales linéaires. Applications aux équations différentielles et fonctionnelles*. Paris, Gauthier-Villars.

Von Neumann (John), 1927, « Zur Theorie der Darstellungen kontinuierlicher Gruppen », *Sitzungsberichte Akad. Berlin*, p. 76-90.

1929, « Über analytische Eigenschaften von Gruppen linearer Transformationen und ihrer Darstellungen », *Math. Zeitschr.*, t. XXX, p. 3-42.

1932, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Berlin, Springer.

Voss (A.), 1890, « Über die mit einer bilinearen Form vertauschbaren Formen », *Münch. Ber.* 19, p. 283-300.

Warrain (Francis), 1934, *Essai sur les principes des algorithmes primitifs. Addition - Soustraction - Multiplication - Division - Puissances - Racines*. Paris, Hermann.

Warwick (Andrew), 1992 *Cambridge Mathematics and Cavendish Physics, Cunningham, Campbell and Einstein's Relativity, 1905-1911*. *Studies in History and Philosophy of Science*, 23, 4, 1992, p. 625-656 et 24, 1, 1993, p. 1-25.

Weber (Heinrich), 1898, *Lehrbuch der Algebra*. Brunswick.

Weber (Heinrich), Wellstein (Josef) et Epstein (Paul), 1922, *Enzyklopädie der Elementarmathematik. Ein Handbuch für Lehrer und Studierende*. Leipzig, B. G. Teubner.

Wedderburn (Joseph H. M.), 1907, « On hypercomplex number systems », *Proc. London Math. Soc.* 6, p. 77-118.

1913, « Note on the rank of a symmetrical matrix », *Annals of Math.*, (2) 15, p. 29.

1921, « On division algebras », *Transactions of the American Mathematical Society*, 22, p. 129-135.

1914, « On matrices whose coefficients are entire functions », *Amer. M. S. Bull.*, (2) 21, p. 69.

1915, « On matrices whose coefficients are functions of a single variable », *Trans. Amer. Math. Soc.*, 16, p. 328-322.

1926, « Note on matrices in a given field », *Annals of Math.*, 27, p. 245-248.

1934, *Lectures on Matrices*, New York, American Mathematical Society Colloquium Publications, vol. 17.

1938, « The canonical form of a matrix », *Ann. of Math.* 39, p. 178-180.

Wellstein, (Julius), 1909, « Die Dekomposition für Matrizen », *Gött. Nachr.*, p. 77-99

Weierstrass (Karl), 1858, « Über ein die homogenen Functionen zweiten Grades betreffendes Theorem », *Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, p. 207-220.

1868, « Zur Theorie der quadratischen und bilinearen Formen », *Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, p. 310-338,

Weil (André), 1934, « Une propriété caractéristique des groupes finis de substitutions », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 199, p. 180-182.

1935, « Über Matrizenringe auf Riemannschen Flächen und den Riemann-Rochschen Satz », *Abhandl. Hamburg*, 11, p. 110-115.

Weyl (Hermann), 1918, *Raum, Zeit, Materie*. Berlin, Vorlesung über allgemeine Relativitätstheorie.

- 1923, *Mathematische Analyse des Raumproblems*. Berlin, Springer.
- 1928, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*. Leipzig, Hirzel.
- 1937a, « Riemannsche Matrizen und Faktorensysteme », *C. R. Congr. internat. Math.*, Oslo, 2, p. 3.
- 1937b, « Note on matric algebras », *Ann. Math. Princeton*, (2) 38, p. 477-483.
- Weyr (Eduard), 1884a, « Sur la théorie des quaternions », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 98, p. 906-8, 1320-3.
- 1884b, « Über den Hauptsatz der Matrizentheorie », *Prag. Ber.*, p. 148-152.
- 1885a « Sur la théorie des matrices », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 100, p. 787-89.
- 1885b, « Répartition des matrices en espèces et formation de toutes les espèces », *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 100, p. 966-69.
- 1887a, « Notes sur la théorie des quantités complexes formées avec  $n$  unités principales », *Bull. sci. math.*, XVI, p. 205-215.
- 1887b, « Sur la réalisation des systèmes associatifs de quantités complexes à l'aide des matrices » *S'ber. d. K. Böhm. Ges.d. Wiss. Prag.*, p. 616-8.
- 1890, « Zur Theorie der bilinearen Formen », *Monatshefte für Mathematik und Physik*, 1, p. 161-235.
- Whitehead (Alfred), *A treatise on universal algebra*. Vol. I. Cambridge, The University Press; New York, The Macmillan Co.
- Whitney (Hassler), 1936, « Matrices of integers and combinatorial topology », *Bull Amer math. Soc.*, 42, p. 816.
- 1937, « A numerical equivalent of the four color map problem », *Mh. Math. Phys.*, 45, p. 207-213.
- Williamson (John), 1934, « Sets of semi-commutative matrices », *Proceedings Edinburgh Math. Soc.*, (2) 3, p. 179-188, 231-240.
- 1935, « The simultaneous reduction of two matrices to triangle form », *Amer. Journ. of Math.*, 57, p. 281-293.
- 1937, « On the normal forms of linear canonical transformations in dynamics », *Amer. J. Math.*, 59, p. 599-617.
- 1939, « The exponential representation of canonical matrices », *Amer. J. Math.*, 61, p. 897-911.
- Wiener (Norbert), 1928, « Coherency matrices and quantum theory », *Journal of Math. Massachusetts*, 7, p. 109-125.
- Wilkosz (Witold), 1937, « Les matrices dans la théorie des espaces vectoriels », *Ann. Soc. Polonaise Math.*, 15, p. 73-82.
- Wintner (Aurel), 1926, « Über gewisse Eigenschwingungen mit kontinuierlichem Spektrum », *Annalen d. Physik*, 81, p. 577-586, 846-854.
- 1928, « Über die Grundlagen des matrizenmechanischen Umdeutungsprinzips und über eine Spektraltheorie der Bohrschen fastperiodischen Funktionen », *Z. f. Physik*, 48, p. 149-161.
- 1929, *Spektraltheorie der unendlichen Matrizen*.
- Wittmeyer (Helmut), 1935, *Einfluss der Änderung einer Matrix auf die Lösung des zugehörigen Gleichungssystems, sowie auf die charakteristischen Zahlen und die Eigenvektoren*. Darmstadt, diss.
- Wolfson (Paul R.), 2008, « George Boole and the origins of invariant theory », *Historia Mathematica*, 35, p. 37-46.
- Zariski (Oscar), 1935, *Algebraic surfaces*. Ergebnisse d. Math. 3, Nr. 5.
- Zawirski (Zygmunt), 1932, « Les logiques nouvelles et le champ de leur application », *Revue de Métaphys. et de Morale*, 39, p. 503-519.
- Zyliński (E.), 1934, « Sur quelques espaces linéaires », *Bulletin Acad. Polonaise*, p. 208-211.