Plan d'un cours d'histoire des mathématiques

Stefan Neuwirth

> Da in jeder naturlehre nur so viel eigentliche wissenschaft angetroffen wird, als sich darin erkenntnisz a priori befindet, so wird naturlehre nur so viel eigentliche wissenschaft enthalten, als mathematik in ihr angewandt werden kann. Kant 8, 445.
>
> Man erinnere sich der signatur der dinge, der chiromantie, der punctirkunst, selbst des höllenzwangs ; alle dieses unwesen nimmt seinen wüsten schein von der klarsten aller wissenschaften (d. mathematik.) Göthe II 3, 159 W.

1 La mathématisation du réel

Lecture de [Gal32, pages 218–222] à la lumière de [Isr96, chapitre 8].
Une sphère touche-t-elle un plan en un seul point ?

2 Définition des mathématiques

La mathématique, ou les Mathématiques ?
Science abstraite ou concrète ?
La mathématique fait des jugements synthétiques a priori : [Kan81, Introduction], [Kan83].
Voici des définitions extraites de dictionnaires.

mathématique est emprunté (XIII^e s., *matematique*) au latin *mathematicus,* adjectif qui s'employait aussi substantivement pour désigner soit la science, soit son sujet. Le latin l'a repris au grec *mathematikos* "qui désire apprendre, scientifique" et spécialement "qui concerne les mathématiques", substantivé dans *ê mathematikê (tekhnê)* comme nom de science. Ce mot est dérivé de *mathêma* "ce qui est enseigné", employé au pluriel pour "connaissances", par opposition à *mathêsis,* qui met l'accent sur le fait d'apprendre. L'un et l'autre sont dérivés de *manthanein,* verbe passé de sa signification première, "apprendre par l'expérience, apprendre à connaître, à faire", au sens plus abstrait de "comprendre". Le verbe, d'origine incertaine, est peut-être indoeuropéen : il a été rapproché de mots assez éloignés par le sens, comme l'albanais *mund* "pouvoir, vaincre", le lituanien *mañdras,* "vif", l'ancien haut allemand *mendī* "joie". (Dictionnaire historique de la langue française, 1998)

mathématique science qui a pour objet les propriétés de la grandeur en tant qu'elle est calculable ou mesurable. (Larousse universel, 1923)

mathématiques science qui a pour objet l'étude des grandeurs, de leur comparaison et de leur mesure. (Dictionnaire du français contemporain, 1980)

matemàtica scienza che si occupa dei numeri e delle misure. Si divide in vari rami, per cui talvolta si designa col plurale *le matematiche* per indicarne il complesso. (Dizionario della lingua italiana, 1983)

mathematics [French, from Latin, from Greek *mathēmatikē,* belonging to learning or science : *manthanein,* to learn], the branch of science which has to do with number, quantity, and size. (The royal english dictionary and word treasury, 1937)

mathématiques ensemble des sciences qui ont pour objet la quantité et l'ordre. ⇒ **algèbre, analyse, arithmétique, calcul** différentiel, intégral, **géométrie, mécanique,** etc. — Mathématiques modernes, théorie des ensembles. (Le Robert micro, 1998)

Mathematik Wissenschaft, welche sich mit der Untersuchung von Raum- und Zahlengrößen befaßt, Größenlehre. **Reine Mathematik** (Arithmetik und Geometrie) und **angewandte Mathematik** (Mechanik, Astronomie, Chronologie, Geodäsie) ; **technische Mathematik** (praktische Arithmetik, praktische Geometrie, praktische Mechanik, bürgerliche Baukunst).
(Beckmanns Welt-Lexikon, ≈ 1930)

mathematics the science of number and space, and of all their relations. [French *mathématiques*—Latin *mathematica*—Greek *mathēmatikē* (*epistēmē,* skill, knowledge), relating to learning or science—*mathēma—manthanō,* to learn.] (Chambers's etymological dictionary, 1912)

Mathematik Wissenschaft von Wesen und gesetzmäßigen Beziehungen der reinen Größen (Zahlen) und räumlichen Gebilde. Die Gesetze der Zahlen behandeln Arithmetik, Algebra, Zahlentheorie, Mengenlehre und die Teile der höheren Analysis : Differential- und Integralrechnung, Funktionentheorie. Räumliche Gebilde behandelt die Geometrie. Die Mathematik ist notwendige Grundlage der exakten Wissenschaften (Astronomie, Chemie, Geodäsie, Physik), deren Gesetze Beziehungen zwischen gemessenen Größen (Zeit, Länge, Masse und so weiter) sind. (Knaurs Konversations-Lexikon, 1934)

mathématiques science qui étudie par le moyen du raisonnement déductif les propriétés d'êtres abstraits (nombres, figures géométriques, fonctions, espaces, etc.) ainsi que les relations qui s'établissent entre eux. (Grand dictionnaire encyclopédique Larousse, 1984)

matemàtica scienza che studia con metodo deduttivo le proprietà di enti astratti (numeri, figure geometriche, funzioni ecc.) e le loro relazioni. Si distinguono un'indagine teorica (*matematica pura*) e un'applicazione pratica alla natura e ad altre scienze (*matematica applicata.*)
(Dizionario enciclopedico Melzi, 1994)

matemàtica scienza che si avvale di metodi ipotetico-deduttivi all'interno di un sistema derivato da un insieme coerente di assiomi per lo studio di enti (la cui natura è teoricamente irrevelante) specialmente di natura geometrica o numerica. (Enciclopedia Zanichelli, 2000)

mathematics the science of structure, order, and relation that has evolved from elemental practices of counting, measuring, and describing the shapes of objects. It deals with logical reasoning and quantitative calculation, and its development has involved an increasing degree of idealization and abstraction of its subject matter. Since the 17th century, mathematics has been an indispensable adjunct to the physical sciences and technology, and in more recent times it has assumed a similar role in the quantitative aspects of the life sciences. (Encyclopædia britannica, 2003)

mathematics originally, the collective name for geometry, arithmetic, and certain physical sciences (as astronomy and optics) involving geometrical reasoning. In modern use, applied, (*a*) in a strict sense, to the abstract science which investigates deductively the conclusions implicit in the elementary conceptions of spatial and numerical relations, and which includes as its main divisions geometry, arithmetic, and algebra ; and (*b*) in a wider sense, so as to include those branches of physical or other research which consist in the application of this abstract science to concrete data. When the word is used in its wider sense, the abstract science is distinguished as pure mathematics, and its concrete applications (*exempli gratia* in astronomy, various branches of physics, the theory of probabilities) as applied or mixed mathematics. (The Oxford english dictionary, 1989)

mathématiques Langage et méthode qui forment la base des sciences "exactes" ; ses objets sont les nombres, les grandeurs et les figures. Les mathématiques ont subi une longue évolution. Compartimentées et articulées initialement autour de l'arithmétique et de la géométrie, elles se sont transformées et enrichies, et ont créé avec la logique et la théorie des ensembles une formulation de la pensée rationnelle, en y apportant la rigueur propre au raisonnement mathématique. Mathématiques modernes : méthode d'enseignement des mathématiques qui s'appuie sur les fondements structurels, non historiques ni pratiques des mathématiques, et qui est plus proche du mode de fonctionnement de l'intellect, selon les psychologues actuels. Les mathématiques modernes accordent une place importante à la théorie des groupes. Elles utilisent de nombreux symboles issus de la théorie des ensembles ; ce langage nouveau, qui rend les mathématiques plus hermétiques aux non-initiés, a ainsi alimenté la controverse actuelle sur le mode de sélection par les mathématiques et a, par ailleurs, conduit à des échecs pédagogiques, quand il a été imposé de façon excessive.
(Dictionnaire Hachette multimédia, 2004)

2.1 Étymologie grecque et arabe

Le mot désigne en grec ce qui est enseigné.
En arabe, le mot se rapporte à l'exercice et à la distraction de l'esprit.
Donc l'étymologie du mot ne permet pas d'attribuer un objet aux sciences mathématiques.

2.2 L'objet des mathématiques

Table des matières et introduction de [GBM66].
– Les grandeurs
– Les constructions géométriques
– Les relations entre objets dont la nature est abstraite
– Les énoncés
– Le raisonnement déductif.

3 Origine des mathématiques

3.1 Savoir compter

3.2 Savoir prédire

3.3 L'explication d'Aristote

Ni pour le plaisir ni pour les nécessités, un art dégagé des sensations communes : [Ari86, 981b, 13–24].

3.4 L'explication d'Hérodote

La fiscalité [Hér97, II, 109].

4 Pythagore

On peut regarder [Sza94, pp. 115–116, 122].

4.1 Délimiter l'espace et le temps par le nombre

Usage du gnomon comme dans les schémas de [Cas25, p. 32].
Fragments de Philolaos dans [DDP88].

4.2 Tout est nombre en musique

Les ondes. Les harmoniques.

5 La découverte des nombres irrationnels

Le raisonnement d'Hippase comme imaginé dans [Fri45] et repris dans [Cav98].
Étude de la proposition 10.1 des *Éléments* d'Euclide.

6 Les paradoxes de Zénon

Étude des fragments de Zénon dans [DDP88, pp. 291–292]. L'actualité des paradoxes de Zénon se vérifie dans [Wey18] et dans [Ber34, *La perception du changement*].

6.1 La dichotomie : quelle est la substance du monde ?

De quoi est composé un segment de droite ?

6.2 La flèche : comment concevoir le mouvement ?

L'immobilité des images d'un film, 24 fois par seconde.

7 Parménide

7.1 Le poème

On peut le trouver dans [DDP88, pp. 255–271].

7.2 Les trois voies

8 Les *Éléments* d'Euclide

On peut concevoir les *Éléments* d'Euclide comme une réponse à la découverte des irrationnels et aux paradoxes de l'infini de Zénon : on peut faire des mathématiques sans *savoir* ce qu'est l'espace.

8.1 Étymologie du mot *théorie*

(Platon.)

8.2 Le raisonnement déductif

On peut regarder [Sza94, pp. 246–249, 264–265].

8.3 Les définitions

Voici des définitions du point extraites de dictionnaires.

point est issu (av. 1100) du latin *punctum*, dérivé du supin (*punctum*) de pungere (→ poindre) et qui, à partir du sens de base de "piqûre, action de piquer", a développé de nombreuses acceptions particulières concrètes et abstraites. [...] En géométrie, *punctum* correspond au concept fondamental de la plus petite portion d'espace concevable, lié à l'idée de situation et d'analyse spatiales. [...] L'autre sens de base, "endroit fixe et déterminé", est une extension spatiale (1176–1181) du précédent : lieu, zone aussi minuscule qu'une piqûre. Il est réalisé dans plusieurs spécialisations didactiques avec l'idée plus théorique, déjà assumée par le latin *punctum*, de "lieu sans étendue, défini par ses seules coordonnées" (v. 1265) [...] (Dictionnaire historique de la langue française, 1998)

point géométrique rencontre de deux lignes. (Larousse universel, 1923)

point en mathématiques, lieu idéal dans l'espace, n'ayant aucune étendue : *Point d'intersection de deux droites.* (Dictionnaire du français contemporain, 1980)

punto il più semplice degli enti (essendo gli altri due la linea e il piano), privo di estensione e pertanto di forma : *due retti che si intersecano in un piano, determinano un p. ; la retta è formata da una serie di punti.* Il punto geometrico è atto a individuare le posizioni nello spazio ; il termine assume pertanto particolari qualificazioni in varie scienze. (Dizionario della lingua italiana, 1983)

point that which has position but neither length, breadth, nor thickness ; the smallest amount of space or time. (The royal english dictionary and word treasury, 1937)

point Intersection de deux droites, n'ayant aucune surface propre et généralement désigné par une lettre. *Les points A, B, C.* (Le Robert micro, 1998)

točka geometrijski element bez dimenzija. (Rječnik hrvatskoga jezika, 2000)

Punkt Gebilde im Raume (in der Fläche) ohne jede Ausdehnung.
(Beckmanns Welt-Lexikon, $\approx$ 1930)

point that which has neither length, breadth, nor thickness.
(Chambers's etymological dictionary, 1912)

point élément d'espace, de dimension très réduite, qui est ou qui peut être figuré par l'intersection de deux droites : *Par deux points distincts ne peut passer qu'une seule droite. En un point quelconque de la feuille.* (Grand dictionnaire encyclopédique Larousse, 1984)

point figure géométrique sans dimension ; intersection de deux lignes. (Petit Larousse, 1992)

pùnto uno degli enti fondamentali della geometria, unitamente alla retta e al piano. Nella definizione euclidea, il *p.* è definito come ciò che non ha parti. A questa definizione intuitiva si preferisce oggi sostituire un'impostazione assiomatica, per cui gli enti geometrici fondamentali sono implicitamente definiti dal soddisfare un sistema di assiomi. (Dizionario enciclopedico Melzi, 1994)

pùnto Concetto geometrico primitivo, insieme alla retta e al piano, intuitivamente legato al concetto di *posizione* nello spazio, non scomponibile e privo di dimensioni. Negli *Elementi* di Euclide, esso è implicitamente definito dai postulati del piano. Il concetto viene esteso, nella matematica moderna, a indicare l'ente fondamentale in spazi di varia natura (es. un vettore in uno spazio vettoriale, una funzione in uno spazio funzionale, ecc.) (Enciclopedia Zanichelli, 2000)

point (1) a geometric element of which it is postulated that at least two exist and that two suffice to determine a line (2) a geometric element determined by an ordered set of coordinates.
(Encyclopædia britannica, 2003)

point la plus petite portion d'étendue qu'il soit possible de concevoir, ou bien que l'on conçoit comme n'ayant aucune étendue. (Dictionnaire encyclopédique Quillet, 1934)

Punkt mathematisch, ein ausdehnungsloser, untheilbarer ort im raum, der anfangs- und endpunkt einer linie oder jede beliebige stelle auf derselben oder auf einer fläche ; die stelle wo eine linie die andere berührt oder wo zwei linien sich schneiden, wo eine linie eine fläche schneidet u.s.w. *wie in der mathematik alle untheilbaren puncte einander ähnlich angenommen werden* (Wolff). *bemühung, die menschen zu entkörpern, um sie in die klasse der mathematischen punkte...zu erhöhen* (Wieland).
(Deutsches Wörterbuch, 1889)

8.4 Les axiomes

8.5 Les postulats

Lire un extrait de [Sza94, p. 281] et de [Giu99].

8.6 Les propositions

Étude des propositions 1.6 ou 3.2 des *Éléments* d'Euclide.

9 Les géométries non euclidiennes

Présentation de la philosophie de l'espace développée par Newton [New87] et Kant [Kan81]. Regarder aussi [Gra99].

9.1 Histoire

Voir [Gui78], [Cha90] et [Pon86]. Le problème des parallèles dans les mathématiques arabes : exemple du *Livre expliquant les postulats d'Euclide dans les Éléments* d'Ibn al-Hayṯam [Yus61, Jao86]. Étude des trois premières propositions de [Sac33]. Pour les enjeux philosophiques, voir [Cas07].

9.2 La géométrie hyperbolique : deux parallèles-limite

Lobatchevski [Lob40] et Bolyai [Bol32]. Pour un exposé mathématique, voici deux livres pédagogiques : [Gre73] et [Kul56]. Un exposé axiomatique rigoureux est proposé par [BS55].

9.3 La géométrie sphérique : aucune parallèle

(Riemann.)

9.4 Modèles

Beltrami [Bel69] a proposé deux modèles de la géométrie hyperbolique : le premier conçoit les droites comme les cordes d'un cercle ; le deuxième réalise de petites portions du plan hyperbolique comme des surfaces de l'espace à trois dimensions dont la courbure est constante et négative.

9.5 Évolution de la notion d'axiomatique

Legendre, Gergonne, Pasch, Padoa.

10 Les *Fondements de la géometrie* de David Hilbert

10.1 La polémique avec Gottlob Frege

Lecture d'extraits de [Dub92].

- Les définitions
- Axiomatique matérielle vs. axiomatique formelle : les objets mathématiques réfèrent-ils à des objets matériels ?

10.2 La méthode axiomatique

L'introduction de [Hil62] donne les trois enjeux des *Fondements de la géometrie* :

- l'indépendance des axiomes
- la non-contradiction et
- la complétude du système axiomatique

Voici deux textes supplémentaires : [Hil17] et [Bou48].

Le deuxième souligne l'importance de la notion de structure, mais distingue aussi l'activité mathématique de l'axiomatique.

La naissance de Nicolas Bourbaki est relatée dans [Wei91].

11 Henri Poincaré et la logistique

11.1 La construction axiomatique des entiers naturels

On présente un extrait d'un cours de Jacques Stern et quelques lignes de [Bou54] qui décrivent $\emptyset$ et 1.

11.2 Critique

On cite un extrait de [Poi05].

Bibliographie

[Ari86] ARISTOTE – *La métaphysique*, Vrin, Paris, 1986, traduction et commentaire de Jules Tricot, disponible à la BU Lettres.

[Bel69] E. BELTRAMI – « Saggio di interpretazione della geometria non-euclidea », *Giornale di Matematiche di Battaglini* **6** (1869), p. 285–315, traduction de Jules Hoüel : *Essai d'interprétation de la géométrie non euclidienne*, Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure 6 (1869), pages 251–288, http://www.numdam.org/item?id=ASENS_1869_1_6___251_0.

[Ber34] H. BERGSON – *La pensée et le mouvant*, F. Alcan, Paris, 1934, disponible à la BU Belfort.

[Bol32] J. BOLYAI – *Appendix scientiam spatii absolute veram exhibens : a veritate aut falsitate axiomatis XI Euclidei (a priori haud unquam decidenda) independentem : adjecta ad casum falsitatis, quadratura circuli geometrica*, J. et S. Kali, Maros Vasarhelyi (Târgu Mureş), 1832, traduction de Jules Hoüel : *La science absolue de l'espace indépendante de la vérité ou de la fausseté de l'axiome XI d'Euclide ; suivie de la quadrature géométrique du cercle, dans le cas de la fausseté de l'axiome XI*, Société des Sciences physiques et naturelles, Bordeaux, 1867, disponible à la BU Sciences.

[Bou48] N. BOURBAKI – « L'architecture des mathématiques », Les grands courants de la pensée mathématique (F. Le Lionnais, éd.), Cahiers du Sud, Marseille, 1948, p. 35–47.

[Bou54] — , « Éléments de mathématique 17. Première partie : Les structures fondamentales de l'analyse. Livre 1 : Théorie des ensembles », ch. 1 : Description de la mathématique formelle, Hermann, Paris, 1954.

[BS55] K. BORSUK et W. SZMIELEW – *Podstawy geometrii*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Varsovie, 1955, traduction de Erwin Marquit : *Foundations of geometry : Euclidean and Bolyai-Lobachevskian geometry ; projective geometry*, North-Holland, Amsterdam, 1960, disponible à la bibliothèque de mathématiques.

[Cas07] E. CASSIRER – *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit, 4. Bd. : Von Hegels Tod bis zur Gegenwart (1832-1932)*, B. Cassirer, Berlin, 1907, traduction de Jean Carro et Joël Gaubert, Pierre Osmo, Isabelle Thomas-Fogiel : *Le problème de la connaissance dans la philosophie et la science des temps modernes. IV, De la mort de Hegel à l'époque présente*, Cerf, Paris, 1995, disponible à la BU Lettres.

[Cas25] — , « Die Philosophie der Griechen von den Anfängen bis Platon », Lehrbuch der Philosophie (M. Dessoir, éd.), Ullstein, Berlin, 1925, p. 7–139.

[Cav98] M. CAVEING – *La constitution du type mathématique de l'idéalité dans la pensée grecque. Vol. 3 : L'irrationalité dans les mathématiques grecques jusqu'à Euclide*, Presses Universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, 1998, disponible à la bibliothèque de mathématiques.

[Cha90] J.-L. CHABERT – « Les géométries non euclidiennes », *Repères-IREM* **1** (1990), p. 69–91, disponible à la bibliothèque de l'IREM.

[DDP88] J.-P. DUMONT, D. DELATTRE et J.-L. POIRIER (éds.) – *Les présocratiques*, Gallimard, Paris, 1988, disponible à la BU Lettres.

[Dub92] J. DUBUCS – « Correspondance Frege/Hilbert (1900) », Logique et fondements des mathématiques (F. Rivenc et P. de Rouilhan, éds.), Payot, Paris, 1992, p. 215–235.

[Fri45] K. v. FRITZ – « The discovery of incommensurability by Hippasus of Metapontum », *Ann. of Math. (2)* **46** (1945), p. 242–264, http://dx.doi.org/10.2307/1969021.

[Gal32] G. Galilei – *Dialogo di Galileo Galilei Linceo matematico sopraordinario dello studio di Pisa : E filosofo, e matematico primario del serenissimo gr. duca di Toscana. Dove ne i congressi di quattro giornate si discorre sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico, e copernicano ; proponendo indeterminatamente le ragioni filosofiche, e naturali tanto per l'una, quanto per l'altra parte*, Gio. Batista Landini, Florence, 1632, traduction de René Fréreux avec le concours de François de Gandt : *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*, Seuil, Paris, 1992, disponible à la BU Sciences.

[GBM66] E. E. Grazda, M. Brenner et W. R. Minrath (éds.) – *Handbook of applied mathematics*, 4e éd., Van Nostrand, Princeton, 1966.

[Giu99] E. Giusti – *Ipotesi sulla natura degli oggetti matematici*, Bollati Boringhieri, Turin, 1999, traduction de Georges Barthélemy : *La naissance des objets mathématiques*, Ellipses, Paris, 2000, disponible à la BU Sciences.

[Gra99] G.-G. Granger – *La pensée de l'espace*, Odile Jacob, Paris, 1999, disponible à la BU Lettres.

[Gre73] M. J. Greenberg – *Euclidean and non-Euclidean geometries : development and history*, W. H. Freeman, San Francisco, 1973, disponible à la bibliothèque de mathématiques.

[Gui78] M. Guillaume – « Axiomatique et logique », Abrégé d'histoire des mathématiques 1700–1900. Tome II (J. Dieudonné, éd.), Hermann, Paris, 1978, disponible à la bibliothèque de mathématiques, p. 315–430.

[Hér97] Hérodote – *Histoires*, Belles lettres, Paris, 1997, traduction de Philippe-Ernest Legrand, disponible à la BU Lettres.

[Hil17] D. Hilbert – « Axiomatisches Denken », *Math. Ann.* **78** (1917), p. 405–415, traduction d'Arnold Raymond : *Pensée axiomatique*, Ens. math. 20 (1918), p. 122–136, http://retro.seals.ch/cntmng?type=pdf&aid=c1:14368.

[Hil62] — , *Grundlagen der Geometrie*, Teubner, 1899, 1962, traduction de L. Laugel : *Les principes fondamentaux de la géométrie*, Gauthier-Villars, Paris, 1900 ; de Paul Rossier : *Les fondements de la géométrie*, Dunod, Paris, 1971.

[Isr96] G. Israel – *La mathématisation du réel*, Seuil, Paris, 1996, disponible à la bibliothèque de mathématiques et à la BU Lettres.

[Jao86] K. Jaouiche – *La théorie des parallèles en pays d'Islam. Contribution à la préhistoire des géométries non-euclidiennes.*, Vrin, Paris, 1986, disponible à la bibliothèque de mathématiques.

[Kan81] I. Kant – *Kritik der reinen Vernunft*, Johann Friedrich Hartknoch, 1781, traduction d'Alain Renaut : *Critique de la raison pure*, Aubier, Paris, 1997, disponible à la BU Lettres.

[Kan83] — , *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik die als Wissenschaft wird auftreten können*, Johann Friedrich Hartknoch, 1783, traduction de Louis Guillermit : *Prolégomènes à toute métaphysique future qui pourra se présenter comme science*, Vrin, Paris, 1986, disponible à la BU Lettres.

[Kul56] S. Kulczycki – *Geometria nieeuklidesowa*, Państwow Wydawnictwo Naukowe, Varsovie, 1956, traduction de Stanisław Knapowski : *Non-Euclidean geometry*, Pergamon, New York, 1961, disponible à la bibliothèque de mathématiques.

[Lob40] N. Lobatchevski – *Geometrische Untersuchungen zur Theorie der Parallellinien*, G. Fincke, Berlin, 1840, traduction de Jules Hoüel : *Études géométriques sur la théorie des parallèles*, Gauthier-Villars, Paris, 1866, disponible à la BU Sciences.

[New87] I. Newton – *De philosophiæ naturalis principia mathematica*, Joseph Streater, Londres, 1687, traduction de la Marquise du Chastellet : *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, Desaint et Saillant, Paris, 1756, disponible à la bibliothèque d'étude ; de Marie-Françoise Biarnais, C. Bourgois, Paris, 1985.

[Poi05] H. Poincaré – « Les mathématiques et la logique », *Rev. de métaphys. et de morale* **13** (1905), p. 815–835, http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/Document/ConsulterElementNum?O=NUMP-492&Deb=815&Fin=835&E=PDF&ie=.pdf.

[Pon86] J.-C. Pont – *L'aventure des parallèles. histoire de la géométrie non euclidienne : précurseurs et attardés*, Peter Lang, Bern, 1986.

[Sac33] G. Saccheri – *Euclides ab omni nævo vindicatus sive conatus geometricus quo stabiliuntur prima ipsa universæ geometriæ principia*, Paolo Antonio Montano, Milan, 1733, traduction de George Bruce Halsted en anglais : *Euclid freed of every fleck or a geometric endeavor in which are established the foundation principles of universal geometry*, Open Court, Chicago, 1920, http://www.archive.org/details/giroeuclvindicat00saccrich.

[Sza94] Á. Szabó – *Die Entfaltung der griechischen Mathematik*, Bibliographisches Institut, Mannheim, 1994, traduction de Michel Federspiel : *L'aube des mathématiques grecques*, Vrin, Paris, 2000, disponible à la BU Sciences.

[Wei91] A. Weil – *Souvenirs d'apprentissage*, Birkhäuser, Basel, 1991.

[Wey18] H. Weyl – *Das Kontinuum. Kritische Untersuchungen über die Grundlagen der Analysis*, Veit & Co., Leipzig, 1918, traduction de Jean Largeault : *Le Continu et autres écrits*, Vrin, Paris, 1994, disponible à la BU Sciences.

[Yus61] A.-A. P. Yushkevich – *Istoriya matematiki v srednie veka*, Gosudarstv. Izdat. Fiz.-Mat. Lit., Moscou, 1961, traduction de la 3e partie par Maylis Cazenave et Khalil Jaouiche d'après la version allemande : *Les mathématiques arabes : VIIIe-XVe siècles*, Vrin, Paris, 1976, disponible à la bibliothèque de mathématiques.