



HAL
open science

Mathématiques en France, Mathématiques en Allemagne à la fin du XIXe siècle : témoignage du mathématicien belge Alphonse Demoulin.

Hervé Le Ferrand

► **To cite this version:**

Hervé Le Ferrand. Mathématiques en France, Mathématiques en Allemagne à la fin du XIXe siècle : témoignage du mathématicien belge Alphonse Demoulin.. 2018. hal-01881416

HAL Id: hal-01881416

<https://hal.science/hal-01881416>

Preprint submitted on 25 Sep 2018

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.

Mathématiques en France, Mathématiques en
Allemagne à la fin du XIXe siècle : témoignage du
mathématicien belge Alphonse Demoulin.

travail en cours, Septembre 2018

Hervé Le Ferrand*

25 septembre 2018



FIGURE 1 – Alphonse Demoulin (source : Liber Memorialis, Université de Gand, 1960)

*courriel : leferran@u-bourgogne.fr

Résumé Nous publions les textes de deux lettres d'Alphonse Demoulin, alors jeune étudiant, adressées à son professeur Paul Mansion. Alphonse Demoulin effectue durant les années 1891-1893 deux séjours à l'étranger, un à Paris, un à Leipzig. Dans ces deux lettres, il livre son vécu et ses impressions sur les enseignements qu'il suit.

Table des matières

1	Introduction	3
2	Mathématiques à la Sorbonne	4
3	Mathématiques à Leipzig	8
4	Conclusion	11

1 Introduction

Alphonse Demoulin (1869-1947) est un élève du mathématicien belge Paul Mansion (1844-1919)¹ à l'Ecole Normale des sciences qui dépend de l'Université de Gand [2] et d'un autre professeur de l'Université de Gand, Junius Massau²(1852-1909).



FIGURE 2 – Paul Mansion (source : Mac Tutor)

En 1889, il devient professeur agrégé de l'Enseignement-belge-moyen du degré supérieur. Nous ne savons pas si Alphonse Demoulin a ensuite soutenu une thèse. En effet, il est lauréat du Concours universitaire pour l'année 1890-1891 pour son travail intitulé *Mémoire sur l'application d'une méthode vectorielle à l'étude de divers systèmes de droites (complexes, congruences, surfaces réglées)*[6]. Ce mémoire semble³ avoir été soutenu en Décembre 1891. Ce travail a-t-il été considéré comme une thèse? Quoi qu'il en soit, grâce à une bourse du gouvernement belge, il poursuit ses études à la Faculté des Sciences de Paris durant l'année universitaire 1891-1892. Il retourne étudier à Paris lors du « semestre d'hiver 1892-1893 »[4] au Collège de France. Puis en 1893 il effectue durant le « semestre d'été » un séjour à l'Université de Leipzig, dans l'Institut de Mathématiques animé par le mathématicien norvégien Sophus Lie (1842-1899).

1. En 1927, Alphonse Demoulin prononce l'éloge de Paul Mansion devant la Classe des Sciences de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique[7].

2. On trouvera des éléments biographiques et l'étude des travaux de Massau dans [11].

3. Voir la lettre de Demoulin adressée à Mansion en Novembre 1891.

A son retour d'Allemagne, en 1893, Alphonse Demoulin commence à enseigner à l'Université de Gand. Il y fera toute sa carrière⁴.

Alphonse Demoulin devient un mathématicien de tout premier ordre⁵. Les travaux mathématiques d'Alphonse Demoulin se situent essentiellement dans le domaine de la Géométrie Différentielle⁶. Il est récompensé à plusieurs reprises par l'Académie des Sciences de Paris : il reçoit le prix du baron de Joest en 1906, le prix Bordin en 1911⁷ et le prix Poncelet en 1945. En Belgique, il se voit décerner en 1919 le prix décennal des mathématiques pures pour la période 1904-1913.

Nous présentons ci-dessous deux lettres qu'Alphonse Demoulin adresse à Paul Mansion les 16 Novembre 1891 et 24 Juin 1893. Ces deux documents font partie de la correspondance scientifique de Paul Mansion conservée à la Bibliothèque Royale de Belgique à Bruxelles. Nous renvoyons dans le corps des textes à des notes de bas de page. Certains mots, noms ou passages n'ont pu être déchiffrés, nous mettons alors le texte en rouge. C'est donc un jeune étudiant avec une formation solide et ayant déjà obtenu quelques résultats mathématiques qui arrive à Paris à l'automne 1891⁸. Ceci ajoute à son témoignage une force particulière. On s'apercevra d'ailleurs que l'étudiant Demoulin a gagné en maturité entre 1891 et 1893.

2 Mathématiques à la Sorbonne

Alphonse Demoulin livre ses toutes premières impressions sur les enseignements qu'il suit à la Faculté des Sciences de Paris. Alphonse Demoulin suit des cours des différents niveaux proposés à cette époque : des cours en vue de la licence, des cours de préparation à l'agrégation et des « enseignements avancés ». Alphonse Demoulin souligne que tous les cours auxquels il assiste, et quelles que soient les « matières », les sujets devrions-nous dire, ont un point commun, les équations différentielles.

Le choix de venir à Paris suivre des études de mathématiques semble naturel en cette fin du XIXe siècle pour un étudiant, qui plus est francophone, compte-tenu de la notoriété et de l'excellence de l'école mathématique française, notamment en Analyse (voir à ce sujet l'ouvrage d'Hélène Gispert [8]). De plus, Paul Mansion était en contact avec plusieurs mathématiciens français, notamment avec Gaston Darboux (1842-1917)⁹.

Texte de la lettre de Alphonse Demoulin à Paul Mansion datée du 16 Novembre 1891.

4. Alphonse Demoulin arrête cependant ses enseignements en 1936 quand l'Université de Gand devient flamande [2].

5. Jean Mawhin souligne dans [9] toute la portée que donnait Elie Cartan (1869-1951) aux recherches de Demoulin.

6. On lira toujours dans [9] un aperçu des travaux de Demoulin.

7. Le sujet proposé était : « *perfectionner en un point important la théorie des systèmes triples de surfaces orthogonales* ».

8. C'est aussi à cette période que Maria Sklodowska (1867-1934) débute ses études à la Faculté des Sciences de Paris.

9. Il y a plusieurs lettres de Darboux dans la correspondance Mansion dont une adressée en Octobre

Paris, 16 Novembre 1891

Monsieur le Professeur,

Les cours de la Sorbonne ont commencé le lundi 9 Novembre et je suis, depuis cette date installé à Paris, à l'Hôtel du Mont-Blanc, Rue de Seine¹⁰, 63, non loin de l'Institut.

Je suis assidûment les cours d'Analyse, de géométrie supérieure, de physique mathématique et de mécanique céleste. Le cours de mécanique physique de M. Boussinesq¹¹, auquel je compte également assister, ne commencera que demain mardi 17 Novembre.

Quelques détails au sujet de ces cours vous intéresseront peut-être.

Le cours de M. Picard¹² est suivi par 70 auditeurs environ. C'est un cours conduisant à la licence ; cependant le professeur semble peu s'inquiéter de savoir s'il n'y a pas de solution de continuité entre les matières vues en mathématiques spéciales et les questions qu'il traite. Le cours de cette année sera consacré à la théorie des équations différentielles. Je n'aurais pu désirer mieux. Pour la 1ère leçon, après avoir rappelé la définition de l'intégrale définie, M. Picard a montré comment il faut entendre la formule

$$\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a), \quad F'(x) = f(x),$$

lorsque la fonction $F(x)$ est multiforme (cela se trouve dans Jordan, tome II). Appliquant les considérations à l'intégrale

$$\int_a^b \frac{f'(x)dx}{1 + f^2(x)},$$

il a introduit la notion de l'indice d'une fonction entre deux quantités a et b ¹³. Il a montré ensuite comment cet indice peut être calculé lorsque $f(x)$ est le quotient de deux fonctions entières. La formule qu'il a obtenue permet, comme il l'a fait observer, de démontrer le théorème de Sturm. Dans la 2de leçon, M. Picard a abordé la théorie des intégrales curvilignes $\int(Pdx + Qdx)$ et a fait l'application à la détermination du nombre de racines communes que deux équation $f(x, y) = 0$, $\varphi(x, y) = 0$ possèdent à l'intérieur d'un contour donné (voir NAM, 1889¹⁴). Dans sa 3e leçon, après avoir terminé la théorie des

1891.

10. Cette rue se situe dans le 6ième arrondissement.

11. Joseph Boussinesq (1842-1929).

12. Emile Picard (1856-1941).

13. Voir le *Traité d'Analyse* d'Emile Picard, tome II (1893) pages 185-187.

14. Article d'Emile Picard : Sur le nombre de racines communes à plusieurs équations simultanées, *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 3e série, tome 8 (1889), p. 5-13.

intégrales curvilignes, il a abordé la théorie des fonctions analytiques d'une variable complexe. La condition de monogénéité établie, il a démontré immédiatement le théorème de Cauchy relatif à une intégrale le long d'un contour fermé.

Voici une chose qui m'a beaucoup frappé : pour désigner

$$\int f(x)dx,$$

tous les professeurs de la Sorbonne disent « somme de $f(x)dx$ ». Ceci me semble une faute, attendu que $\int f(x)dx$ n'est pas une somme mais une limite de somme.

M. Darboux¹⁵ (dont le cours est suivi par les candidats à l'agrégation ainsi que par M. P, l'auteur de la géométrie analytique, et par M. Raffy¹⁶, maître de conférences à la Sorbonne¹⁷ ; 40 auditeurs) a commencé son cours par l'étude d'un mouvement d'un solide autour d'un point fixe. Il a montré la relation qui existe entre cette étude et celle d'une substitution linéaire. La suite du cours sera consacrée à l'étude des lignes tracées sur les surfaces, sujet bien intéressant.

A la 1^{ère} leçon de M. Poincaré¹⁸, il y avait 36 auditeurs, à la 3^e leçon, qui a eu lieu ce matin, il y en avait 9. Comme vous le voyez, la chute est considérable. C'est pour moi un véritable bonheur d'assister aux leçons de cet homme de génie. Un air de supériorité se dégage de toute sa personne quand on le voit, le front presque constamment penché vers la terre, en continuel mouvement de va et vient devant la planche noire, on sent que chez cet homme le cerveau est toujours en action et qu'à tout instant il fait abstraction du monde extérieur afin de pouvoir concentrer toute son attention sur les sujets qui font l'objet de ses constantes préoccupations. M. Poincaré fera cette année (ou plutôt pour tout le 1^{er} semestre) un cours sur diverses questions d'optique. Dans une 1^{ère} leçon, il a établi rapidement les équations du mouvement d'une molécule d'éther dans la théorie élastique. Dans la 2^e, il a rappelé les formules de la théorie électromagnétique de la lumière (*Elect et Optique*, tome I¹⁹). Si je n'avais pas étudié ce livre²⁰ au mois de Mars passé, il m'aurait été bien difficile

15. Gaston Darboux est aussi à ce moment le doyen de la Faculté des Sciences de Paris.

16. Louis Raffy (1855-1910).

17. Il est nommé professeur dans cette même université en 1904 sur la chaire Applications de l'Analyse à la Géométrie.

18. Henri Poincaré (1854-1912).

19. Il s'agit de l'ouvrage de Poincaré : *Electricité et Optique, La Lumière et les Théories Electrodynamiques*, leçons professées à la Sorbonne en 1888, 1890 et 1899, deuxième édition, revue et complétée, Gauthier-Villars, Paris, 1901.

20. Demoulin s'est manifestement préparé pour suivre le cours exigeant de Poincaré. A-t-il reçu des conseils particuliers de Mansion et de Massau ?

de continuer à suivre le cours. Dans la leçon d'aujourd'hui, il a comparé les deux théories et, de cette comparaison, il a conclu qu'il était possible de les concilier de deux manières différentes, soit en supposant les vibrations *pp0*²¹ au plan de *pol*²² (Fresnel), soit en les supposant *pilles*²³ à ce plan (Neumann). Au second semestre, M. Poincaré traitera des tourbillons hydrodynamiques et de leurs rapports avec l'électrodynamique.

Le cours de mécanique céleste est consacré à la théorie de la lune, il est suivi par une dizaine d'auditeurs.

En fait de mécanique physique, M. Boussinesq donnera la théorie de l'élasticité.

Comme vous le voyez, les matières traitées dans les différents cours sont des plus attrayantes et, si j'avais été appelé à les désigner, je n'aurais pas choisi autrement.

Depuis une semaine que je suis à Paris, j'ai déjà appris beaucoup de choses. Une remarque se dégage sur l'ensemble des cours, c'est que tous ont fait un usage continuuel d'équations différentielles, en sorte que suivre un cours de physique mathématique ou de mécanique céleste est aussi avantageux au point de vue de l'analyse qu'à celui des matières traitées.

Conformément à nos conventions, je vous rappelle votre promesse d'une lettre d'introduction auprès de M. Picard. Celui-ci pourra me faire obtenir l'autorisation de fréquenter la bibliothèque de la Sorbonne et celle de l'Institut. Je vous ai donné mon adresse plus haut. Dès que j'aurai reçu la lettre en question, je me présenterai à M. Picard.

En résumé, j'ai beaucoup d'occupations, d'autant plus que je vais commencer à revoir mon mémoire du concours universitaire²⁴ que je serai (je l'espère) appelé à défendre aux vacances de Noël.

J'irai sans nul doute vous voir à Gand à cette époque.

Je vous prie, Monsieur le Professeur, d'agréer l'hommage de mes sentiments respectueux.

A Demoulin

Rue de Seine, 63, Paris.

21. Perpendiculaires.

22. Plan de polarisation

23. Parallèles.

24. Il s'agit du mémoire intitulé *Mémoire sur l'application d'une méthode vectorielle à l'étude de divers systèmes de droites (complexes, congruences, surfaces réglées)*.

3 Mathématiques à Leipzig

Il n'est pas surprenant de voir Alphonse Demoulin partir pour Leipzig. En effet, Paul Mansion, son mentor à Gand, a d'une part lui-même effectué un séjour en Allemagne. Il passe en effet un semestre à l'Université de Goettingue au contact de Alfred Clebsch (1833-1872) et Ernst Schering (1833-1897). D'autre part, en 1873, Paul Mansion remporte un prix de l'Académie des Sciences de Belgique dont le sujet est : *résumer et simplifier la théorie des équations aux dérivées partielles des deux premiers ordres*, puis publie en 1875 chez Gauthier-Villars, *Théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre*, ouvrage dans lequel Mansion fait souvent référence aux travaux de Lie. Paul Mansion conclut d'ailleurs de l'introduction de son livre par :

Enfin, dans un court appendice, nous donnons, au moyen des idées de Lie lui-même, un aperçu synthétique des méthodes principales, qui permet au lecteur d'entrevoir leur fusion prochaine, entre les mains du géomètre norvégien.

Signalons aussi que la correspondance de Mansion contient plusieurs lettres de Sophus Lie²⁵.

Quand Alphonse Demoulin arrive à Leipzig cela fait sept ans que Sophus Lie s'est installé avec sa famille dans cette ville de Saxe. On trouve dans l'ouvrage de Arild Stubhaug, *Sophus Lie, une pensée audacieuse* [10], une description de la vie et du travail de Sophus Lie à Leipzig durant les douze années qu'a duré son séjour. On pourra d'ailleurs comparer les impressions de Demoulin sur les collaborateurs ou collègues de Lie avec celles rapportées par Arild Stubhaug. Concernant l'organisation des enseignements (et de la recherche), Alphonse Demoulin est très impressionné par la structure d'Institut qui réunit sur un même lieu, salles de cours et de recherche, et bibliothèque avec un accès aux journaux de mathématiques. Le cours de Sophus Lie est un cours que l'on qualifierait d'« interactif », une suite de séminaires donnés par le savant.

Texte de la lettre de Alphonse Demoulin à Paul Mansion datée du 24 Juin 1893.

Leipzig, 24 Juin 1893

Mon cher Monsieur Mansion,

Il y a déjà plus d'un mois que je veux vous écrire, mais chaque jour une chose ou une autre m'empêche de mettre ce projet à exécution.

Parti de Bruxelles le 22 Avril, je me suis rendu à Leipzig en passant par Paris, Nancy, Strasbourg, Heidelberg, Franckfort. Je me suis arrêté dans ces différentes villes dont toutes, excepté Franckfort, sont des centres universitaires.

Arrivé le 2 Mai à Leipzig, je me suis tout de suite présenté chez Monsieur Lie qui m'a reçu d'une façon charmante. Il m'a demandé de vos nouvelles, des détails sur votre personne, votre âge, etc. ; enfin, il a montré qu'il s'intéressait beaucoup à vous. En outre, il m'a prié de vous faire ses compliments au cas où je vous écrirais ; voilà qui est fait.

25. Les lettres, en allemand, ne portent pas de dates.



FIGURE 3 – Sophus Lie (source : Mac Tutor)

Je vais à mon tour vous donner quelques renseignements sur M. Lie. C'est un vrai colosse, il est grand (une tête de plus que moi) et fort. Comme vous me l'aviez dit, il a été malade il y a quelques années²⁶, il ne pouvait dormir ; à présent, cela est passé et il se porte très bien.

L'enseignement des mathématiques, tout au moins l'enseignement de M. Lie, est fort bien organisé à l'Université de Leipzig, grâce à un organisme qui n'existe pas chez nous : l'Institut mathématique. C'est un local composé de cinq places, l'une d'elles est un auditoire, les autres contiennent environ deux mille livres de mathématiques et tous les périodiques importants depuis leur origine. Chacun des membres de l'Institut mathématique a une clé qu'il paie 12 marks, de sorte qu'il peut fréquenter le local à toute heure du jour. Quatre fois par semaine, M. Lie fait une leçon de 9h à 10h sur les applications de la théorie des groupes. Nous sommes pour le moment 5 auditeurs : deux américains, un norvégien²⁷, un allemand et moi. Le norvégien va retrouver son pays dans quelques jours, de sorte que nous ne serons plus que quatre. Dans ces conditions et grâce surtout au caractère communicatif de M. Lie les leçons sont de véritables conversations. M. Lie tient absolument à nous voir faire des

26. Sophus Lie souffre d'une dépression nerveuse à l'automne 1889. Il fut alors hospitalisé loin de sa famille jusqu'à l'été 1890. Il poursuivit néanmoins ses recherches en mathématiques [10].

27. D'après le chapitre sur les « élèves norvégiens » de Sophus Lie [10], cet étudiant pourrait être Alf Guldberg qui enseignera en Norvège dans différentes écoles d'ingénieurs et qui donnera aussi des enseignements à destinations de futurs actuaires.

progrès dans la théorie des groupes, aussi se tient-il à notre disposition après la leçon pour répondre à toute demande de renseignement concernant ses recherches. De cette façon il y a moyen de faire de rapides progrès. Depuis que je suis ici, j'ai déjà acquis un grand nombre de notions, ce qui est la chose capitale dans la théorie des groupes; j'admire celle-ci tous les jours davantage et je crois bien que c'est à elle qu'appartient l'avenir. Mon enthousiasme pour la Gruppentheorie n'égale pas toutefois celui de M. Lie, lequel est illimité.

Parmi les autres professeurs de Leipzig, je vous citerai Mayer²⁸, Scheibner²⁹, Neumann³⁰ et Engel³¹; puis le privat docent³² Scheffers³³. J'ai assisté à une leçon de Mayer sur les équations différentielles, il est d'une monotonie désespérante. Quant à Neumann et Scheibner je ne les connais pas; Neumann a paraît-il un détestable caractère et quand on se présente chez lui on n'est pas sûr d'être reçu. Restent Engel et Scheffers, tous deux se sont voués à la théorie des groupes et sont dans la main de Lie des sujets dociles.

Engel fait un cours sur les transformations de contact et les équations aux dér. partielles, 1h 1/2 par semaine. Je suis ce cours mais il ne m'intéresse pas pour deux raisons: 1) Engel n'est pas un bon professeur 2) je ne comprends pas bien son allemand. J'apprends bien plus en lisant Goursat qu'en assistant aux leçons d'Engel. Ce dernier ne me semble pas bien fort; au contraire Scheffers est beaucoup plus éveillé!

J'ai déjà fait assez de progrès en allemand. Je comprends presque l'allemand de Lie, lequel n'est pas aussi compliqué³⁴ que l'allemand des indigènes. Je me rends compte de mes progrès à la lecture des livres allemands, que je comprends assez bien (livres mathématiques bien entendu).

En résumé, je suis content d'être venu à Leipzig; je terminerai ainsi d'une façon fructueuse pour mes études mon séjour à l'étranger qui prend fin le 1er Août prochain. Je serai absolument libre et j'espère que l'on trouvera un moyen de me faire entrer à l'Université de Gand lors de la rentrée d'Octobre, soit en remplacement de M. Bergmans (ce qui simplifierait les choses), soit pour alléger la besogne de M. Dusausoï³⁵.

Si vous voyez Monsieur l'Abbé Renard, soyez assez bon pour lui présenter mes respects et pour lui dire que M. Zirkel m'a reçu d'une façon fort aimable.

28. Adolph Mayer (1839-1908).

29. Wilhelm Scheibner (1826-1908), thèse en 1853 intitulée *Ueber die Berechnung einer Gattung von Functionen, welche bei der Entwicklung der Störungsfunctionen erscheinen*.

30. Carl Gottfried Neumann (1832-1925)

31. Freidrich Engel (1861-1941).

32. Chargé de cours ou assistant, ici en l'occurrence de Sophus Lie.

33. Georges Wilhelm Scheffers (1866-1945).

34. Sophus Lie déplorait de ne pas maîtriser la langue allemande aussi bien qu'il l'aurait voulu [10].

35. Clément Dusausoï (1842-1928)

Je vous prie, mon cher Monsieur Mansion, d'agréer l'assurance de mes sentiments respectueux.

A Demoulin

Albertstrasse, 50, III, r(rechts)

4 Conclusion

La France et l'Allemagne sont deux grands pôles des mathématiques en cette fin du XIXe siècle. Pour la France, on devrait dire Paris. La situation est différente du côté allemand avec plusieurs pôles dont Leipzig. Il n'est donc pas suprenant de retrouver Alphonse Demoulin, étudiant brillant, à Paris puis à Leipzig. Ce témoignage de Demoulin nous renseigne à la fois sur les contenus des enseignements et sur la façon dont ils sont dispensés. Alphonse Demoulin est séduit par l'organisation de l'Institut de Mathématiques de Leipzig. A-t-il de son côté, devenu professeur à Gand, initié une telle organisation ?

Références

- [1] Notice biographique de Paul Mansion, in *Liber Memorialis*, Université de Gand, pages 196-216, 1913.
- [2] Biographie nationale publiée par l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique, tome 30, Bruxelles, 1958.
- [3] Bulletin des Sciences Mathématiques, Deuxième Série, Tome XXIII, année 1899, seconde partie, Gauthier-Villars, Paris.
- [4] Notice biographique d'Alphonse Demoulin, in *Liber Memorialis*, Université de Gand, pages 324-328, 1913.
- [5] Professorenkatalog der Universität Leipzig, *Catalogus Professorum Lipsiensium*, Herausgegeben vom Lehrstuhl für Neuere und Neueste Geschichte, Historisches Seminar der Universität Leipzig (<http://www.uni-leipzig.de/unigeschichte/professorenkatalog/leipzig/>).
- [6] Demoulin A., *Mémoire sur l'application d'une méthode vectorielle à l'étude de divers systèmes de droites (complexes, congruences, surfaces réglées)*, Bruxelles, Castaigne, Paris, Nony, 1894.
- [7] Demoulin A., *La vie et l'oeuvre de Paul Mansion, éloge fait le 16 Décembre 1927 devant la Classe de Sciences*, in *Annuaire de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, 1929, p. 79.
- [8] Gispert H., *La France mathématique de la IIIe République avant la Grande Guerre, La série T*, Société Mathématique de France, 2015.

- [9] Mawhin J., Les Mathématiques, in Histoire des sciences en Belgique 1815–2000. Première partie, R. Halleux, J. Vandersmissen, A. Despy-Meyer et G. Vanpaemel eds., Dexia-Renaissance du Livre, Bruxelles, 2001, pp 99–115.
- [10] Stubhaug A., Sophus Lie, Une pensée audacieuse, traduit par Marie-José Beaud et Patricia Chwat, Springer-Verlag France, 2006.
- [11] Tournès D., Junius Massau et l’intégration graphique, Revue d’histoire des mathématiques, 9, 2003, pages 181-252.