



HAL
open science

Les débats autour des applications des mathématiques dans les réformes de l'enseignement secondaire au début du 20 e siècle

Philippe Nabonnand

► To cite this version:

Philippe Nabonnand. Les débats autour des applications des mathématiques dans les réformes de l'enseignement secondaire au début du 20 e siècle. D. Coray, F. Furinghetti, H. Gispert, B.R. Hodgson, G. Schubring. One Hundred Years of L'Enseignement Mathématique, Moments of Mathematics Education in the Twentieth Century, Monographie de l'Enseignement mathématique, 39 (2003), 231-251, 39, L'Enseignement mathématique, pp.231-251, 2003, Monographie de l'Enseignement mathématique, 2-940264-06-6. hal-01086090

HAL Id: hal-01086090

<https://hal.science/hal-01086090>

Submitted on 21 Nov 2014

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.

Les débats autour des applications des mathématiques dans les réformes de l'enseignement secondaire au début du 20^e siècle

Philippe Nabonnand
Archives Henri Poincaré*

Introduction

Publier des contributions traitant des questions de réforme de l'enseignement des mathématiques et présenter des panoramas décrivant l'histoire et l'organisation de l'enseignement des mathématiques dans différents pays figurent, au moment de sa création en 1899, parmi les principaux objectifs de la revue *L'enseignement mathématique*. De nombreuses contributions à cette revue évoquent donc le contexte international de réforme de tous les ordres d'enseignement au début du 20^e siècle et plus particulièrement se font l'écho des débats et des interrogations sur les questions de l'enseignement des mathématiques. En devenant à partir de 1908 l'organe officiel de la Commission internationale de l'Enseignement mathématique (CIEM), *L'Enseignement mathématique* organisera et suscitera au moins jusqu'en 1914 la discussion sur les questions de pédagogie, de didactique, de définitions des *curricula* et d'organisation de l'enseignement des mathématiques.

La plupart des auteurs de *L'Enseignement Mathématique* sont des partisans et même pour beaucoup des propagandistes de l'esprit de réforme. Bien entendu, la situation reste très variée d'un pays à l'autre et les volontés réformatrices s'expriment différemment en fonction des conjonctures nationales. Néanmoins, les nations se considérant alors comme 'civilisées'¹ sont toutes traversées au début du 20^e siècle par un puissant courant de réforme de l'enseignement, en particulier de celui des mathématiques.

Partout les mêmes problèmes se posent, et presque dans les mêmes termes, partout aussi l'on envisage à peu près les mêmes solutions. S'il y a entre les solutions adoptées ici et là des différences, qui tiennent évidemment au génie propre de chaque nation, il y a plus de ressemblances, plus de points communs entre elles qu'on ne serait tenté de le supposer au premier abord.² [Darboux, 1914, 192-193]

* LPHS-Archives Henri Poincaré, UMR-CNRS 7117, Université de Nancy 2, 23 Bd Albert 1^{er}, B.P. 3397, F-54015 Nancy Cedex

Courrier électronique : Philippe.Nabonnand@univ-nancy2.fr

¹ En 1914, la conférence internationale de l'enseignement mathématique de Paris réunit des délégués d'Allemagne, Autriche, Belgique, Espagne, Etats-Unis, France, Hollande, Hongrie, Iles Britanniques, Italie, Roumanie, Russie, Serbie, Suède et Suisse.

² Gaston Darboux poursuivait son discours avec peut-être un peu d'optimisme en 1914 :

Une des raisons le plus souvent invoquée pour justifier la nécessité de ces réformes est l'exigence de former des techniciens et des ingénieurs pour les besoins de l'industrie alors en pleine expansion. Alors que l'on assiste depuis la seconde moitié du 19^e siècle à l'émergence d'un enseignement technique et professionnel au niveau secondaire et supérieur, la question de la formation mathématique dispensée par ces établissements et en particulier celle de la place à accorder aux mathématiques appliquées et/ou applications des mathématiques deviennent alors cruciales. L'enseignement général n'est pas épargné par la volonté de réforme, ni par la question des applications. Comme le souligne Carlo Bourlet³, le développement des sciences et la croissance des connaissances scientifiques sont une autre des raisons majeures avancées par les promoteurs des réformes.

L'enseignement des mathématiques, dans nos lycées, collèges et gymnases de tous pays, passe actuellement par ce que d'aucuns nomment une crise et qui n'est, en somme, qu'une fièvre de croissance, un malaise né de la rapidité même de l'évolution du savoir humain. [Bourlet, 1910, 373]

Pour la plupart des réformateurs, les nouveaux programmes doivent insister sur l'unité de la science. En conséquence, on ne peut plus dans tous les ordres d'enseignement se contenter d'un enseignement abstrait mais au contraire accorder un rôle essentiel à l'expérience pour la présentation et la compréhension des théories mathématiques ainsi qu'aux applications de celles-ci aux autres disciplines mathématiques.

Le but essentiel de cet article est de tenter de comprendre, à partir des contributions parues dans *L'Enseignement mathématique*, quelle place occupe les applications des mathématiques dans les nouveaux plans d'étude qui apparaissent au début du 20^e siècle ; les réformateurs plaident-ils pour l'apparition de nouveaux chapitres de mathématiques appliquées dans les *curricula* de mathématiques ou/et prônent-ils un enseignement des mathématiques moins abstrait et plus ouvert sur les applications des mathématiques ?

I. Quel contexte ?

I.1. Un contexte, diversement analysé, de développement de l'enseignement scientifique dans l'enseignement secondaire.

La plupart des intervenants s'accordent à souligner l'importance des évolutions subies par l'enseignement secondaire. Chacun reconnaît que les progrès de la science et de l'industrie au 19^e siècle doivent se traduire dans les plans de formation et les programmes. Pour certains, il

« Malgré les apparences, qui sont quelquefois contraires, les nations se rapprochent de plus en plus les unes des autres, elles tendent de plus en plus à former une humanité civilisée, un concert des peuples dans lequel chacun doit s'attacher à exécuter sa partie de manière à concourir à l'harmonie de l'ensemble et au bien de tous. »

ne s'agit que d'adapter l'enseignement secondaire à une nouvelle définition de la notion de culture générale. La mission de l'enseignement secondaire reste, pour ces derniers, essentiellement éducative. Par contre, pour d'autres, les réformes doivent intégrer une nouvelle visée de l'enseignement : former des usagers des sciences au service de l'industrie. De plus, les missions peuvent se décliner différemment selon les ordres d'enseignement. Il faut rappeler que si l'objectif de l'enseignement secondaire classique et moderne est de dispenser aux élèves une culture, celui de l'enseignement professionnel et technique est avant tout de former à un métier. La question de la formation scientifique se pose donc radicalement de manière différente selon les ordres d'enseignement : les débats autour de l'évolution de la notion de culture générale et des rapports entre culture classique et scientifique concernent essentiellement l'enseignement secondaire et moderne. Les *curricula* scientifiques des établissements techniques sont la plupart du temps subordonnés aux exigences de la formation pratique et technique.

Ainsi, au congrès de Bruxelles de la CIEM (1910), A. Matthias⁴ souligne le bouleversement que sont en train de connaître les *curricula* dans son pays. Les sciences, depuis le début du 20^e siècle ne sont plus cantonnées à un rôle marginal dans le plan de formation. Au contraire, dispenser une véritable culture scientifique devient une des missions de l'enseignement (en particulier secondaire) :

Le véritable rôle des sciences dans l'enseignement moyen a été longtemps méconnu sous l'influence prépondérante des études classiques. Aujourd'hui on reconnaît leur valeur éducative. [CIEM 1910, 387]

De même, E. Beke⁵, dans son rapport général sur *les résultats obtenus dans l'introduction du calcul différentiel et intégral dans les classes supérieures des établissements secondaires* [1914], considère que les causes profondes du mouvement de réforme de l'enseignement sont à chercher dans « la transformation, survenue au 20^e siècle, des idées sur la culture générale et dans les efforts de l'enseignement secondaire tendant à suivre la transformation de ces idées » et non pas dans les lacunes de l'enseignement ou l'insuffisance de ses résultats.

Pour d'autres, le rééquilibrage des programmes en faveur de l'enseignement des sciences ne peut qu'entraîner une évolution radicale des objectifs de l'enseignement secondaire. Ainsi, Carlo Bourlet, dans sa conférence de 1910 sur *la pénétration réciproque des mathématiques pures et des mathématiques appliquées dans l'enseignement secondaire*, prône la priorité du rôle social de l'école sur celui plus traditionnel de formation des individus.

³ Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers (Paris), délégué français à la CIEM.

⁴ Représentant du ministère prussien de l'instruction publique à la réunion de Bruxelles de la CIEM (1910).

⁵ Professeur à l'université de Budapest, délégué hongrois à la CIEM.

Notre rôle [celui des enseignants] est terriblement lourd, il est capital puisqu'il s'agit de rendre possible et d'accélérer les progrès de l'Humanité toute entière. Ainsi conçu, de ce point de vue général, notre devoir nous apparaît sous un nouvel aspect. Il ne s'agit plus de l'individu, mais de la société ; et, lorsque nous recherchons la solution d'un problème d'enseignement, nous devons choisir une méthode non pas suivant sa valeur éducative pour l'élève isolé, mais uniquement suivant sa puissance vulgarisatrice pour la masse. [Bourlet 1910, 374]

Pour Bourlet, la valeur d'un enseignement ne se mesure plus seulement à l'aune d'une quelconque valeur formatrice mais aussi à son utilité.

Un enseignement moderne ne saurait se contenter de cultiver les facultés de l'esprit, il doit savoir le meubler de faits, nombreux et précis. Nous n'avons pas à former des philosophes qui vivront en savants ermites, mais des hommes d'action qui devront contribuer, pour leur part, au progrès. [Bourlet 1910, 374]

Dans sa conférence sur *l'adaptation de l'enseignement secondaire au progrès de science*, Emile Borel, pourtant partisan des réformes⁶, est nettement moins enthousiaste devant les évolutions utilitaristes de l'enseignement qu'il considère cependant comme inévitables. Selon Borel, la conception de l'enseignement secondaire, selon laquelle « il s'agit avant tout de former des hommes cultivés, possédant cette 'culture générale' si difficile à définir dogmatiquement, mais dont l'idée est cependant fort claire » [Borel 1914, 199], est remise en cause par les partisans d'un enseignement strictement utilitaire. Borel, tout en défendant « une évolution lente, sage et prudente » souligne d'ailleurs les dangers qu'il y aurait à suivre une tendance trop utilitariste et à suivre de trop près les modes passagères.

1.2 Une crise de l'enseignement des mathématiques qui appelle des réformes profondes.

Les mathématiques étant reconnues comme l'instrument indispensable à l'étude des phénomènes naturels et économiques, le rôle formateur des mathématiques est réévalué. Les mathématiciens et les enseignants de mathématiques de tous pays, accomplissent en quelques années une véritable révolution culturelle. Les nouveaux programmes et les nouvelles instructions insistent sur la nécessité d'un enseignement qui s'inscrivent dans la vie pratique et offrent de nombreuses applications. L'élève doit se rendre compte des liens nombreux qui existent entre les sciences mathématiques et la vie pratique. Il faut agir sur le développement de la pensée non pas par des connaissances isolées, mais par des connaissances qui soient en relation étroite avec l'activité journalière et les idées usuelles. Pour réaliser cet objectif, les réformateurs en général insistent sur 4 points : 1) tenir compte des domaines de la vie pratique, en particulier développer l'intérêt pour les questions économiques, 2) développer la

conception de l'espace en présentant la géométrie de manière plus intuitive⁷ et en centrant l'étude de la géométrie sur celle de transformation géométrique⁸, 3) utiliser les représentations graphiques, et 4) introduire les éléments du calcul infinitésimal avec les applications. Il faut aussi noter que le souci d'assurer une formation mathématique plus appliquée est le signe de la crainte de voir l'enseignement des mathématiques assuré directement par les utilisateurs (professeur de physique, de technologie, ...). Cette inquiétude est particulièrement sensible en Allemagne. Ainsi, H. E. Timerding⁹ fait état au congrès de Milan de la CIEM (1911), d'une « grande tendance *amathématique* ou *antimathématique* » en Allemagne. Il donne ainsi l'exemple d'une école forestière « où l'on a supprimé le poste de professeur de mathématiques et transmis l'enseignement mathématique à des professeurs sortant de la carrière forestière elle-même » [CIEM 1911, 485].

De même, C. Godfrey,¹⁰ au congrès international des mathématiciens de Rome [Godfrey 1908], dans sa description du processus de réformes en Angleterre, insiste sur l'importance des utilisateurs des mathématiques, en l'occurrence les ingénieurs. En effet, selon Godfrey, malgré la prise de conscience de certains enseignants, l'institution ne put se réformer elle-même et « l'impulsion nécessaire vint des ingénieurs ». Ces derniers se sont rendu compte de la nécessité d'une meilleure formation scientifique pour leur corps et affirment « qu'on ne peut pas savoir trop de mathématiques pourvu que ce soit de bonnes mathématiques ». Avec la création au sein de l'université de Cambridge d'une section d'ingénieurs, l'enseignement des mathématiques « sans base pratique » est en question.

Ce mouvement amena la formation de divers comités qui comparèrent les opinions des hommes du métier et des maîtres d'école et trouvèrent que l'accord était possible sur la plupart des points. Les professeurs reconnurent que des sujets utiles pouvaient être aussi éducatifs que les futilités conventionnelles qui avaient fini par s'identifier avec les mathématiques enseignées dans les écoles. De même que les mathématiques supérieures pures gagnent en intérêt par un contact plus intime avec les problèmes posés par les physiciens et deviennent en revanche irréelles et sans but quand elles sont séparées de leurs applications, de même les mathématiques élémentaires ont trouvé leur salut dans l'introduction des applications sans nombre fournies par la vie industrielle moderne. [Godfrey 1908, 462]

⁶ Borel prononce le 3 mars 1904 une conférence dans laquelle il prône, entre autre, une orientation plus pratique des exercices de mathématiques et défend une conception à la fois théorique et pratique de l'éducation mathématique [Borel 1904].

⁷ Certains réformateurs proposent de présenter et même de démontrer expérimentalement les théorèmes de géométrie.

⁸ Pour plus de précisions, on peut consulter l'article de R. Bkouche dans ce volume ou [Bkouche 1991].

⁹ Professeur à l'École technique supérieure de Braunschweig, membre de la sous-commission allemande de la CIEM.

¹⁰ Directeur du R. N. College, Osborne.

Les nouveaux programmes d'arithmétique intègrent ainsi l'usage des tables de logarithmes à 4 décimales plus pratiques et « pouvant être enseignées dès l'âge de 14 ans ». Quelques écoles ont même prévu un cours de travaux expérimentaux simples dans un laboratoire (pour les élèves de 13 à 15 ans) et faisant explicitement partie du cours de mathématiques [Godfrey 1908, 464]. De même, l'enseignement de la géométrie comporte une part expérimentale, l'enseignement de la trigonométrie est essentiellement numérique (usage de table, résolution de problèmes pratiques basés sur des observations faites par les élèves avec un théodolite simplifié) [Godfrey 1908, 472]. Quant à la mécanique, l'enseignement de la statique est fondé sur un cours expérimental. Par contre, l'enseignement de la dynamique reste théorique car « il n'est pas facile d'organiser des travaux expérimentaux sur ce sujet ». Il en résulte des difficultés pour une grande part des élèves concernant cette partie. La conclusion de Godfrey est que la trigonométrie et la statique formeront peut-être pendant un certain temps la limite des études mathématiques de la plupart des jeunes gens d'une école publique.

Dans une note de 1909 du '*Board of Education*'¹¹ [Bruce 1909] concernant l'enseignement de la géométrie dans l'enseignement secondaire, il est indiqué qu'« il est maintenant usuel d'adjoindre plus ou moins de travail graphique à l'algèbre » et qu'ainsi « on fait entrer un élément de réalité dans un sujet très abstrait et irréel, ce qui ne peut avoir que de bons résultats ». Des exemples de résolutions graphiques d'équations du second degré, et de représentation de fonctions du second degré sont décrits. Un premier intérêt (pratique) d'une telle méthode est d'entraîner au calcul numérique ainsi qu'à « l'exactitude dans les mesures et le dessin ». D'autre part, des élèves plus avancés pourront étendre ces techniques aux équations de degré 3 et pourront « se rendre compte de la puissance de la méthode qu'ils ont entre les mains ». Le second intérêt (pédagogique) est qu'avec ces méthodes, « les élèves se rendront ainsi évidemment maîtres des notions essentielles de l'algèbre ». Cependant, il ne faut pas sacrifier la rigueur de l'exposé de l'algèbre et le travail graphique « ne doit pas être un but, mais un moyen ».

En Allemagne, le courant réformateur est particulièrement actif et organisé autour de la personnalité de Félix Klein qui depuis fort longtemps prônait une modernisation des enseignements de mathématiques et une prise en compte plus importante des mathématiques appliquées¹². Les propositions de Méran (1905) et de Stuttgart (1906) définissent le

¹¹ Bureau du gouvernement britannique qui s'occupe des questions d'enseignement public (au sens français du terme). Le *Board of Education* avait pris en charge l'organisation et les travaux de la sous-commission britannique de CIEM.

¹² Sur le mouvement de réforme de l'enseignement des mathématiques en Allemagne, on peut consulter en particulier [Schubring 1989], [Tobies 1989] ou l'article de G. Schubring dans ce volume.

renforcement de l'intuition de l'espace en fondant l'enseignement de la géométrie sur la notion de transformation géométrique et le développement de l'idée de fonction comme objectifs principaux de l'enseignement des mathématiques des écoles supérieures.

Pour parvenir à ce but, il faut 1) ordonner l'enseignement de façon à mieux l'adapter au développement naturel de l'esprit, 2) développer autant que possible cette faculté d'observation mathématique des phénomènes qui nous entourent par un choix approprié d'applications, 3) arriver peu à peu à la conception de l'unité de la science en concentrant tout l'enseignement autour de la notion de fonction, aussi bien au point de vue algébrique qu'au point de vue géométrique. [EM 1911a, 67] Ces propositions sont appliquées plus ou moins officiellement dans la plupart des états allemands à partir de 1908. De plus, en Prusse, il est accordé aux trois genres d'écoles (*Gymnasien*, *Realgymnasien* et *Oberrealschulen*) l'égalité « en ce qui concerne les droits qu'elles accordent », traduisant ainsi institutionnellement un certain rééquilibrage entre les formations classiques et modernes ainsi qu'entre enseignement général et enseignement à vocation plus technique.

La réforme de 1902 en France accorde aux sciences une place beaucoup plus importante dans les filières classiques et modernes de l'enseignement secondaire. Les nouveaux programmes accordent aux formations scientifique et littéraire la même importance ; la volonté affichée par le ministère est de promouvoir une culture scientifique au même titre qu'une culture littéraire¹³.

Les lettres sont et resteront comme par le passé, des institutrices éprouvées qu'il serait impossible de suppléer dans leur domaine. Mais dans le domaine qui est celui des sciences positives, on attend des sciences plus d'effets que par le passé, pour la formation des esprits. [L. Liard (1904), cité par Beke, 1914, 245-246]

Pour Gaston Darboux, à qui fut confiée la présidence de la commission de révision des programmes scientifiques, les principaux acquis en mathématiques de la réforme de 1902 se résument aux quatre points suivants :

1° l'introduction dans l'enseignement élémentaire du Calcul des dérivées et même de notion de Calcul intégral ; 2° l'emploi systématique dans la géométrie des méthodes de transformation qui simplifient l'étude et apportent un principe de classification ; 3° le développement donné aux applications qui sont posées par la pratique, à l'exclusion de ces problèmes qui n'ont aucune racine dans la réalité ; 4° le développement aussi complet que possible de l'initiative personnelle chez tous les élèves qui prennent part à l'enseignement et une préoccupation incessante d'une bonne formation de l'esprit. [Darboux 1914, 197]

¹³ Pour plus de précisions sur la réforme de 1902 en France, on peut consulter les ouvrages de B. Belhoste [1995], N. Hulin [2000] et de Belhoste, Gispert, Hulin [1996].

Partout en Europe¹⁴, se pose la question de réformer l'enseignement des mathématiques dans un sens plus pratique, ce qui se traduit le plus souvent par la volonté de fonder à partir de l'expérience quotidienne l'enseignement de la géométrie et celle d'introduire dans les cursus le calcul différentiel et intégral, reconnu comme l'outil essentiel des applications des mathématiques dans les autres sciences.

II. Les applications dans les discussions autour de l'enseignement des mathématiques.

Dans sa déclaration d'intention [CIEM 1908, 445-458], la CIEM se donne comme objectif « de faire une enquête et publier un rapport général sur les tendances actuelles de l'enseignement mathématique dans les divers pays » [CIEM 1908, 450]. Cet état des lieux concerne l'enseignement de la première initiation à l'enseignement supérieur, et aussi bien l'enseignement général que l'enseignement technique ou professionnel. Même si elle n'est pas cantonnée à cet ordre d'enseignement, la question des mathématiques appliquées est ressentie par les auteurs de *l'Enseignement Mathématique* comme beaucoup plus cruciale lorsqu'il s'agit des formations techniques, en raison en particulier de leur relative nouveauté et donc d'une moindre pesanteur des traditions.

En raison de l'importance croissante que prennent ces écoles [les écoles techniques ou professionnelles] et des exigences nouvelles qu'on ne cesse de montrer vis à vis de l'enseignement mathématique, il y avait lieu d'accorder dans cette enquête une large place aux mathématiques appliquées [CIEM 1908, 452]

II. 1 A quoi servent les mathématiques dans une formation ?

Les partisans les plus résolus des réformes, tout en insistant sur la valeur utilitaire des mathématiques, ne cèdent en rien aux opposants ou aux réticents¹⁵ quant à la valeur éducative et disciplinaire de celles-ci. Certes, les positions sont plus ou moins nuancées selon le type de formations et le statut de « branche principale » ou « branche secondaire » des mathématiques dans celles-ci. De plus, les discours sur la mission culturelle de l'enseignement concernent essentiellement l'enseignement secondaire classique et moderne. Néanmoins, les réformateurs vont s'attacher à montrer que l'ouverture des *curricula* aux applications et la disparition des programmes de mathématiques d'un certain nombre de notions et de méthodes comme certaines virtuosités purement calculatoires de géométrie analytique ou d'arithmétique au profit de l'introduction du calcul différentiel et intégral ne constituent en rien un

¹⁴ Le mouvement de développement des enseignements de mathématiques à la fin du 19^e siècle n'affecte pas l'Italie où il subit un recul devenant même optionnel dans certaines filières [EM 1912c, 253].

¹⁵ Les contributeurs de *l'Enseignement mathématique* et les participants aux diverses commissions de la CIEM sont pour l'essentiel des partisans des réformes. Le discours des opposants n'apparaît donc dans le corpus que nous nous sommes fixés, qu'indirectement, dans les réponses des partisans des réformes.

appauvrissement du contenu du cours de mathématiques et encore moins un affaiblissement de sa valeur formatrice.

Bourlet, qui défend la prééminence du rôle social de l'enseignement en général, prône bien entendu un enseignement essentiellement utilitariste :

[...] il ne nous est plus permis maintenant de présenter à nos élèves la science mathématique sous un aspect purement spéculatif et qu'il nous faut, coûte que coûte, plus encore pour rendre service à la société dans son ensemble, qu'à chacun de nos étudiants en particulier, nous efforcer de faire plier les abstractions mathématiques aux nécessités de la réalité. [Bourlet 1910, 374]

Selon Bourlet, le fait majeur au début du 20^e siècle est la prédominance de l'industrie parmi les activités humaines. La nécessité se fait jour de préparer « les jeunes gens [...] à connaître, à pratiquer et à faire progresser les sciences expérimentales où cette industrie puise ses forces ». Il faut donc écarter de l'enseignement des mathématiques tout ce qui n'aura pas une utilité plus ou moins directe dans les applications. Cependant, un tel programme ne conduit pas nécessairement à une baisse de contenu du cours de mathématiques car si l'« on fait un tableau complet des connaissances strictement indispensables à un ingénieur ordinaire, on s'aperçoit aussitôt que le champ ainsi borné est encore immense ». Parmi les évolutions nécessaires, l'enseignement de l'analyse en France a dû s'adapter aux sciences appliquées en introduisant par exemple la notion de fonction, « base de toute étude des phénomènes naturels, et de sa représentation graphique » dans des manuels de préparation au baccalauréat. Cette évolution fondamentale du programme d'analyse que constitue l'introduction dans les programmes des dernières années du lycée du calcul différentiel est due, selon Bourlet, à l'apparition d'enseignements de physique et de mécanique dans l'enseignement secondaire. Il conclut, en affirmant que « la limite entre les mathématiques pures et les mathématiques appliquées n'existe pas, car ces deux sciences, loin d'être séparées doivent sans cesse s'entraider et se compléter. »

De même, la réforme, qui s'opère en Allemagne dans les années 1908-1909, passe par une orientation plus pratique et plus appliquée des mathématiques et accorde à l'intuition et aux applications un rôle prépondérant. [EM 1910a, 63]. En 1912, dans un rapport sur les problèmes commerciaux et l'enseignement des mathématiques dans les écoles secondaires, Timerding reprend la discussion de l'objectif et de l'utilité de l'enseignement des mathématiques [EM 1912a, 60-63].

Tout l'enseignement dépend du but que l'on assigne à l'école. Les uns veulent que, par une gymnastique intellectuelle intense, elle habitue l'esprit à bien penser et craignent toutes les questions pratiques que compliquent trop les contingences de la vie pour qu'elles soient un bon aliment de la pensée pure. Les autres

se défiant des esprits trop logiques, désirent au contraire, que l'école inculque des connaissances précises à ses élèves et les mettent en contact avec la complexité des choses. [EM 1912a, 60]

Il ne choisit pas entre ces deux points de vue dont on a vu qu'ils dépendent essentiellement du public au quel on s'adresse ; par contre, il développe une idée intéressante : un enseignement délibérément appliqué comme celui de l'arithmétique politique (un mélange de théorie des probabilités appliquées, de mathématiques financières, de statistiques, de mathématiques appliquées aux assurances, ...) peut néanmoins satisfaire les exigences culturelles de l'enseignement secondaire général et est l'occasion de montrer que « les notions mathématiques ne sont pas arbitraires, mais qu'on y a été amené par la force des choses :

On retrouve le même type de préoccupation dans un rapport sur l'enseignement des mathématiques dans les *Realschulen* suédoises. Le but de l'enseignement des mathématiques dans ces établissements à vocation intermédiaire et de caractère technique doit être essentiellement pratique, ce qui nécessite des méthodes d'enseignement pratique. Mais, « la résolution d'un problème par une équation ne doit pas exclure systématiquement le raisonnement lorsqu'il peut être utile ». [EM1911e, 171]

En lisant ces déclarations, on pourrait penser que l'opposition entre les points de vue des tenants et des opposants des réformes est, en fait, des plus ténues. Pourtant, le fossé reste beaucoup plus profond qu'il n'apparaît dans le discours des réformateurs. En effet, les opposants aux réformes en exprimant leurs inquiétudes relatives au contenu et à l'affaiblissement de la valeur éducative du cours de mathématiques s'alarme surtout de la perte d'autonomie de cet enseignement. En effet, en insistant sur les applications des mathématiques et les liens de celles-ci avec les autres sciences, les réformes remettent en cause l'architecture de la formation mathématique dans l'enseignement secondaire (et supérieur) et soumettent l'enseignement purement disciplinaire des mathématiques à celui plus général d'une méthode scientifique [Perry 1909, 137].

Ainsi, les nouveaux programmes des mathématiques dans les établissements secondaires supérieurs en Allemagne vise explicitement à donner aux élèves :

Un coup d'œil scientifique sur la parenté des sujets mathématiques traités à l'école ; une certaine aptitude de la conception mathématique et son emploi à la résolution de problèmes particuliers ; enfin et surtout la pénétration de l'importance des mathématiques pour la connaissance exacte de la nature. [EM 1906, 58]

Avec de tels objectifs, l'élève est donc censé acquérir une formation en mathématique « non seulement précieuse en elle-même » mais qui sera utile dans l'exercice de sa profession, au moins pour ceux qui se destinent à une carrière scientifique ou technique. On retrouve le

même type de soucis pédagogiques dans les nouveaux programmes autrichiens publiés en 1909.

Dans les conditions actuelles des écoles réales, l'enseignement mathématique a pour but la pratique des mathématiques élémentaires, y compris la notion de fonction, comme préparation aux écoles supérieures ; il ne doit pas avoir en vue une culture spéciale, mais contribuer au développement général de l'esprit par la science. [EM 1910b, 338]

Pour ce qui intéresse les mathématiques appliquées et plus généralement la notion d'application des mathématiques, ce programme se traduit par : 1) une simplification du champ d'étude par la liaison des branches ayant des relations les unes avec les autres et 2) une adaptation du programme de mathématiques aux branches correspondantes et aux applications de la vie réelle.

II. 2 Quelle rigueur pour un enseignement pratique ?

Une des principales inquiétudes quant aux réformes est qu'en s'ouvrant aux applications, l'enseignement des mathématiques perde toute rigueur. Traditionnellement, le rôle formateur essentiel des mathématiques est justement de faire acquérir aux élèves la méthode logique et l'esprit de rigueur. Ceux qui défendent un enseignement fondé sur les applications considèrent que le rôle formateur des mathématiques réside aussi dans l'acquisition d'une méthode scientifique dans laquelle les mathématiques ont toute leur place.

A. N. Whitehead [1912, 105-113] qui évoque cette crainte d'une perte de la rigueur dans l'enseignement mathématique, distingue deux catégories de publics dans l'enseignement élémentaire : ceux qui désirent limiter leur formation mathématique et ceux qui au contraire ont besoin d'une éducation mathématique plus conséquente pour leur carrière professionnelle future. Pour les premiers, selon Whitehead, l'enseignement mathématique même si il doit rester à un niveau élémentaire doit viser deux objectifs : développer la faculté d'abstraction et développer la faculté de raisonnement logique. Aussi, l'enseignement des mathématiques doit être d'une rigueur logique sans concession. Cependant, il ne faut pas oublier que la précision logique est un but et non point le point de départ de l'enseignement et donc celle-ci doit être obtenue « par approximations successives ». Concernant la seconde catégorie d'élèves, il considère comme une erreur profonde l'opinion (largement majoritaire à ses yeux) qu'il soit possible d'enseigner les mathématiques avancées du seul point de vue de l'utilité pour les physiciens ou ingénieurs sans s'intéresser à la logique et la théorie. Il est important pour les physiciens et ingénieurs d'avoir un esprit entraîné mathématiquement (*mathematically trained mind*) et on ne peut pas se contenter d'une connaissance quasiment mécanique en vue des

applications. Whitehead concède que l'on peut introduire les notations et les premières notions du seul point de vue des applications mais l'éducation mathématique des scientifiques appliqués doit consister à rendre ces notions précises et à donner des démonstrations précises. Veronese défend une position analogue au congrès de Milan de la CIEM (1911). Une des questions soumises à la discussion du congrès était : Dans quelle mesure peut-on tenir compte, dans les écoles moyennes (lycées, collèges, gymnase, écoles réales, etc.) de l'exposé systématique des mathématiques ? La discussion tourne autour d'une opposition entre un enseignement déductif, supposé rigoureux, et un enseignement intuitif expérimental, plus laxiste. Pour Veronese en raison du rôle éducatif des mathématiques, le rôle d'un enseignement de type intuitif et expérimental doit être réduit à préparer un enseignement axé sur la seule déduction, au moins pour les écoles qui préparent à l'enseignement supérieur. En particulier, « si l'industrialisme ou l'utilitarisme matériel avait [...] des influences prépondérantes dans l'enseignement des écoles moyennes, les mathématiciens devraient les combattre. » [CIEM 1911, 465]¹⁶.

Même Bourlet, dont on a vu l'engagement militant pour un enseignement plus pratique et plus appliqué des mathématiques, affirme qu'il ne faut « rien sacrifier des qualités de rigueur, de logique et de précision qui sont l'apanage des mathématiques ». De même, Timerding, qui ne veut surtout pas aller à l'encontre de la tendance expérimentale qui se développe dans l'enseignement de la physique en Allemagne et qui prône un enseignement des mathématiques qui, sans renoncer à ses buts propres, doit « tenir compte de la réalité et des applications », a le souci non seulement de la rigueur de cet enseignement mais aussi que ces exigences ne soit pas contredites lors des applications.

On ne doit pas, ici, rappeler l'élève à la rigueur et à l'exactitude, alors que là un laisser-aller commode dans l'expression et le raisonnement est non seulement permis, mais encore donné en exemple. [CIEM 1911, 496]

Pourtant, d'autres arguments se font entendre ; selon le même Timerding, les objectifs que l'on assigne à l'enseignement mathématique interrogent aussi la méthode de cet enseignement. En particulier, il se demande si il faut « observer toute la rigueur même dans un enseignement élémentaire où l'on ne veut traiter que les premiers principes dans un but pratique » ou au contraire si l'on ne peut pas se servir d'inductions partielles au lieu de la déduction « pour faciliter les études » ou même avoir recours à des méthodes expérimentales [CIEM 1911, 495].

¹⁶ Veronese nuance légèrement sa position en soulignant qu'il ne faut « pas faire de la rigueur excessive dans l'enseignement moyen ».

De la même manière, G. Scorza¹⁷, auteur d'un rapport sur l'enseignement des mathématiques dans les écoles et instituts techniques italiens (enseignement secondaire), regrette les « préoccupations excessives de prudence rigoriste » qui compliquent inutilement l'apprentissage. Au congrès de Milan, J.-W.-A. Young¹⁸ [1911] accorde, lui aussi, une importance principale aux approches de type pratique et considère que « les débuts devraient se faire d'une façon concrète, aussi bien dans l'enseignement secondaire en général que dans le travail d'une année particulière ou dans l'exposition d'un sujet spécial quelconque ; les procédés abstraits (abstraites relativement à la maturité et au degré d'avancement de l'élève) n'apparaissant que pour éviter de trop nombreuses répétitions concernant des exemples concrets essentiellement pareils. Selon Young, le but de l'enseignement de la classe n'est pas de faire des mathématiques abstraites, mais plutôt des mathématiques présentant par-ci, par là, des procédés abstraits.

II. 3 Quelle place pour les applications dans un cours de mathématiques ?

La question du contenu d'un cours de mathématiques appliquées dans l'enseignement secondaire n'est jamais directement explicitement abordée dans les débats de *l'Enseignement mathématique*. Une des raisons est qu'il n'y a pas d'accord sur la formation des utilisateurs de mathématiques : doit-on dispenser un cours de mathématiques générales centré autour d'un corpus de notions considérées comme utiles ou au contraire, un cours centré sur les seules applications pratiques ? Une solution est de tenter de concilier les deux objectifs :

Il faut que ce programme renferme des questions d'ordre réellement pratique et ne soit pas réduit à une pure gymnastique cérébrale, ce qui ne veut pas dire toutefois que le cours de mathématiques appliquées soit transformé en cours de physique expérimentale.

Un programme bien compris, qui initierait les auditeurs aux méthodes fondamentales de la physique et leur fournirait en même temps des résultats de nature mathématique en évitant de trop grandes difficultés analytiques, constituerait une excellente base d'action commune pour le mathématicien et le physicien. [EM 1912b, 73]

De même, H. Fehr soutient une position médiane et affirme qu'à côté des cours destinés aux mathématiciens et physiciens, il est nécessaire « qu'il y ait un cours dit de mathématiques générales portant sur les notions les plus utiles ». Il souligne que d'ailleurs les problèmes commencent avec la définition de ce que sont ces notions. Pédagogiquement, il insiste sur la nécessité de travaux pratiques qui « doivent montrer à l'étudiant, mieux qu'on ne peut le faire

¹⁷ Professeur à l'Institut technique de Palerme, délégué italien à la CIEM.

¹⁸ Professeur à l'Université de Chicago, délégué des Etats-Unis à la CIEM.

par des exemples dans un cours général, comment les mathématiques interviennent réellement dans les applications ». Il ajoute :

Il est désirable que les écoles supérieures apportent une attention toute spéciale au développement de cet enseignement pratique pour en faire un véritable laboratoire mathématique. [CIEM 1911, 494]

De plus, il faut distinguer les formations pour lesquelles les mathématiques sont une matière principale et celles où elles sont considérées plutôt comme une « branche accessoire, destinée à abrégé certains raisonnements et à formuler d'une façon particulièrement brève tout un ensemble de résultats ». Ainsi, P. Rollet¹⁹, dans son rapport sur l'enseignement technique secondaire en France, présente l'enseignement mathématique dans ce type de formation comme n'étant ni une fin, ni un but (au contraire des formations généralistes dispensées dans les collèges et lycées). Il y a donc lieu d'écarter toutes méthodes et démonstrations « qui ne concourent pas à la fin cherchée ou au but poursuivi » à savoir former des ouvriers, des contremaîtres ou des techniciens. Il est par contre vivement conseillé d'insister sur les liens avec les cours techniques et les applications.

Acceptant l'influence du milieu technique dans lequel ils vivent, les professeurs de mathématiques ont su caractériser nettement leur enseignement et lui donner son adaptation pratique, tout en ne perdant pas de vue le rôle éducatif qui reste le propre des mathématiques. [EM 1912d, 325]

Selon H. Grünbaum²⁰, dans son rapport sur l'enseignement mathématique dans les écoles professionnelles moyennes (pour l'industrie mécanique) allemandes [EM 1911c, 154-157], ces dernières assignent aux mathématiques le rôle de science accessoire (par opposition à celui de science éducative dans les lycées), destinée à résoudre des problèmes techniques. Dans ce type de formations, les applications sont le but suprême à poursuivre et l'enseignement des mathématiques, des sciences naturelles et des branches techniques s'y fait simultanément. Les faits mathématiques principaux doivent être énoncés et démontrés, en écartant systématiquement tous les sujets qui n'ont pas d'applications techniques, tels que la trigonométrie sphérique, la géométrie synthétique, etc. Le choix des sujets traités dans le cours doit se conformer au critère de l'application pratique.

A ce titre, les calculs les plus simples, les constructions géométriques les plus élémentaires doivent être exercées aussi bien que les parties soi-disant supérieures des mathématiques telles que les éléments du calcul infinitésimal, dont l'emploi est courant dans les publications techniques. [EM 1911c, 155]

¹⁹ Directeur de l'Ecole municipale professionnelle Diderot à Paris, membre de la sous-commission française de la CIEM, rédacteur du rapport de la CIEM sur l'enseignement technique en France.

²⁰ Collaborateur de la sous-commission allemande de la CIEM.

La géométrie descriptive, la mécanique et les méthodes graphiques constituent le programme de mathématiques appliquées.

De même, les nouveaux programmes autrichiens des écoles techniques insistent sur l'importance du calcul numérique et de la notion d'approximation, sur la possibilité de présenter graphiquement la fonction logarithmique et sur l'utilisation des tables numériques. Les instructions insistent sur l'importance des exercices et des problèmes qui doivent « toucher aux différentes branches de l'enseignement » et présenter des rapports avec la vie courante. [EM 1910b, 330-332]

Enfin, il faut tenir compte des traditions souvent nationales qui influent sur la conception générale du cours de mathématiques. Dans la conclusion de sa conférence déjà citée [1911], Bourlet précise que l'enseignement en France est traditionnellement généraliste et « oblige les élèves à recevoir une instruction générale très étendue ». Il poursuit en soulignant qu'en France, à la différence de l'Allemagne, « on ne concevrait pas un cours de mathématiques uniquement pour des chimistes fait dans l'esprit de la spécialisation étroite ».

Il ne faut pas négliger non plus que la question d'un enseignement de mathématiques appliquées est à la fois beaucoup plus cruciale et plus simple à résoudre pour les formations supérieures d'ingénieurs, de physiciens que dans l'enseignement secondaire même technique. En effet, personne ne remet en cause la nécessité d'un enseignement de mathématiques pour ces formations et tout le monde s'accorde avec les idées exposées par E. Possé [EM 1911f, 335-338] dans son rapport sur l'enseignement technique supérieur en Russie :

« L'étude des mathématiques n'est pas le but principal des ingénieurs, mais elle leur est indispensable comme étude auxiliaire, les Mathématiques étant la base de toutes les sciences techniques précises. [EM 1911f, 337]

Dans les formations techniques supérieures, le cours de mathématiques appliquées apparaît souvent comme un complément d'une formation générale antécédente. La formation des techniciens et ingénieurs, selon Jouglet²¹ dans une conférence sur l'organisation de l'enseignement technique dans les écoles d'arts et métiers [CIEM 1910, 401] doit comporter trois volets : a) la culture générale, b) la culture scientifique et c) la culture technique²². Dans cette perspective, l'enseignement mathématique est défini comme l'étude de compléments de mathématiques nécessaires à la poursuite des questions de mécanique et d'électricité. De la

²¹ Ingénieur des arts et métiers.

²² Jouglet présente l'organisation des enseignements dans les écoles des arts et métiers. Ces écoles constituent l'aristocratie des écoles techniques en France et revendiquent pour leurs meilleurs diplômés le titre d'ingénieur. La présentation des *curricula* en terme de culture est caractéristique d'une volonté de se démarquer des autres établissements d'enseignements moins prestigieux qui ont moins de revendications culturelles.

même manière, E. Czuber²³, dans sa description de l'enseignement des mathématiques pures à l'école technique supérieure de Vienne [EM 1911d, 164-166], assigne à cet enseignement (calcul infinitésimal et géométrie) de servir de base aux autres branches, de permettre à l'étudiant la lecture des livres techniques et de lui donner une indépendance mathématique suffisante. Cet enseignement est complété par un cours de mathématiques appliquées ; à cet égard, il faut signaler un exemple intéressant concernant cette école, celui du cours de technique d'assurance qui comprend, outre des conférences de mathématiques pures, le calcul des probabilités, la statistique mathématique et les mathématiques des assurances.

Concernant l'enseignement secondaire, les débats autour de l'idée d'une formation mathématique appliquée ou au moins tenant compte des applications se polariseront souvent autour de l'introduction de la notion de fonction et de l'initiation au calcul différentiel.

Bourlet précise que l'enseignement des lycées suffit pour donner aux jeunes gens les connaissances mathématiques (géométrie pure, analytique et descriptive, trigonométrie, algèbre, calcul différentiel et intégral) dont on peut avoir besoin dans le commerce, l'économie politique et même les constructions civiles et l'architecture.

Poske²⁴, dans une conférence sur l'enseignement de la physique [CIEM 1910, 392], pose très nettement la question de la formation mathématique des physiciens et affirme que les notions fondamentales du calcul infinitésimal doivent être fournies par l'enseignement mathématique. De même, la conclusion la plus importante du rapport de Timerding sur les mathématiques dans les traités de Physique [EM 1911b, 69-71] est « l'urgence d'introduire les notions de dérivée et d'intégrale dans le programme des mathématiques des collèges, et cela assez tôt pour qu'elles puissent être utilisées et appliquées concrètement dans les leçons de physique des classes supérieures ». Les mêmes arguments sont utilisés par le rapporteur sur l'enseignement mathématique en Suède qui souligne que « le plan d'études tend à donner à la notion de fonction la place de notion centrale fondamentale » et que « l'expérience ait démontré que la notion d'intégrale elle-même peut être enseignée à des élèves de capacités moyennes et qu'elle peut être pour eux d'un grand intérêt et d'une réelle utilité ». En particulier, l'introduction des notions fondamentales du calcul infinitésimal permet aux élèves qui se destinent aux études techniques supérieures, d'aborder celles-ci avec plus de facilité.

²³ Professeur à l'École technique supérieure de Vienne, délégué autrichien à la CIEM.

²⁴ Professeur à Berlin, membre de la sous-commission allemande de la CIEM.

Conclusion

Malgré la diversité de leurs discours, les réformateurs expriment de manière quasi unanime l'exigence de prendre en compte dans l'enseignement et en particulier dans celui des mathématiques les évolutions de la société et des demandes sociales vis à vis de l'enseignement. Cette exigence devrait, selon ces derniers, se traduire dans les programmes par une prise en compte plus importante des applications des mathématiques, à la fois parce qu'il faut former professionnellement des ouvriers spécialisés, des techniciens ou des ingénieurs mais aussi parce qu'il faut former des individus qui vont vivre en contact de plus en plus dans un monde industrialisé. De manière surprenante, à l'exception de quelques méthodes graphiques ou numériques, l'esprit de réforme ne suscite pas d'évolutions radicales des programmes vers les applications, ni même d'accord ou de réflexions pour en dégager. La volonté de faire évoluer les *curricula* de mathématiques dans un sens plus pratique s'exprime certes par la prise en compte des besoins mathématiques des autres disciplines scientifiques mais l'introduction du calcul différentiel et intégral dès l'enseignement secondaire supérieur est la marque essentielle de l'évolution des esprits concernant le rôle formateur des mathématiques.

Si l'on ne peut nier la volonté chez les réformateurs de promouvoir un enseignement plus pratique des mathématiques, on peut néanmoins penser qu'à leurs yeux, il est beaucoup plus important à leurs yeux d'introduire le calcul différentiel et intégral dans les programmes. L'argument de la prise en compte des applications des mathématiques sert à la fois à convaincre les communautés des enseignants de mathématiques de l'inévitabilité de ces évolutions, à défendre la place des mathématiques dans les *curricula* et à combattre les tentations de faire enseigner les mathématiques sous forme de recettes par les utilisateurs que peuvent être les enseignants de physique ou de disciplines techniques.

Remerciements : Je remercie Hélène Gispert dont les remarques ont permis d'améliorer ce texte.

Bibliographie :

Beke, E.

[1914] Les résultats obtenus dans l'introduction du calcul différentiel et intégral dans les classes supérieures des établissements secondaires, *L'Enseignement mathématique*, 16 (1914), 245-283.

Belhoste, Bruno (éd.)

[1995] *Les sciences dans l'enseignement secondaire français : textes officiels, tome 1 (1789-1914)*, INRP, Paris : Editions Economica, 1995.

Belhoste, Bruno – Gispert, Hélène – Hulin, Nicole (éds)

[1996] *Les sciences au lycée*, Paris : Editions Vuibert/INRP, 1996.

Bkouche, Rudolf

[1991] Variations autour de la réforme de 1902/1905, *Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences*, 34 (1991), 181-213.

Borel, Emile

- [1904] Les exercices pratiques de mathématiques dans l'enseignement secondaire, *La Revue générale des sciences pures et appliquées*, 15 (1904), 431-440.
- [1914] L'adaptation de l'enseignement secondaire aux progrès de la science, *L'Enseignement mathématique*, 16 (1914), 198-210.
- Bourlet, Carlo
- [1910] La pénétration réciproque des mathématiques pures et des mathématiques appliquées dans l'enseignement secondaire, *L'Enseignement mathématique*, 12 (1910), 372-386.
- Bruce, W.-N.
- [1909] Enseignement de la géométrie et de l'algèbre graphique dans les écoles secondaires, *L'Enseignement mathématique*, 12 (1910), 238-253.
- CIEM
- [1908] Rapport préliminaire sur l'organisation de la commission et le plan général de ses travaux, *L'enseignement mathématique*, 10 (1908), 445-458.
- [1910] Compte rendu du congrès de Bruxelles de la commission internationale de l'enseignement mathématique, *L'enseignement mathématique*, 12 (1910), 353-415.
- [1911] Compte rendu du congrès de Milan de la commission internationale de l'enseignement mathématique, *L'enseignement mathématique*, 13 (1911), 437-509.
- [1912] Compte rendu du congrès de Cambridge de la commission internationale de l'enseignement mathématique, *L'Enseignement mathématique*, 14 (1912), 441-537.
- Darboux, Gaston
- [1914] Discours à la réunion d'ouverture de la conférence internationale de l'enseignement mathématique - Paris, 1-4 avril 1914, *L'Enseignement mathématique*, 16 (1914), 192-197.
- Fox, Robert et Weisz, George (éds)
- [1980] *The Organization of Science and Technology in France 1808-1914*, Cambridge/Paris : Cambridge University Press/Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, 1980.
- Gispert, Hélène
- [1991] La France mathématique, *Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences*, 34 (1991), 11-180.
- [1999] Réseaux mathématiques en France dans les débuts de la troisième république, *Archives internationales d'histoire des sciences*, 49 (1999), 122-149.
- Godfrey, C.
- [1908] The Teaching of Mathematics in English Public Schools for Boys, *Comptes rendus du 4^e congrès international des mathématiciens* (Rome, 1908), Rome : Accademia dei Lincei, 1909, III, 449-464 ; trad. fr., *L'Enseignement Mathématique*, 10 (1908), 458-474.
- Hulin, Nicole (éd.)
- [2000] *Physique et Humanités scientifiques : autour de la réforme de l'enseignement de 1902*, Villeneuve d'Asq : Presses Universitaires du Septentrion, 2000.
- Loria, Gino
- [1905] Sur l'enseignement des mathématiques élémentaires en Italie, Extrait d'une communication présentée au 3^e Congrès International des mathématiciens à Heidelberg, *L'Enseignement mathématique*, 7 (1905), 11-20.
- Perry,
- [1909] L'enseignement mathématique dans ses rapports avec l'enseignement des sciences, *L'Enseignement mathématique*, 11 (1909), 136-139.
- Poincaré, Henri
- [1904] Les définitions générales en mathématiques, *L'Enseignement mathématique*, 6 (1904), 257-283.
- Rowe, David E. – McCleary, John
- [1989] *The History of Modern Mathematics, vol. II : Institutions and Applications*, San Diego : Academic Press, 1989.
- Schubring, Gert
- [1989] Pure and Applied Mathematics in Divergent Institutional Settings in Germany : The Role and Impact of Félix Klein, in [Rowe-McCleary, 1989], 171-220.
- Tobies, Renate
- [1989] On the Contribution of Mathematical Societies to Promoting Applications of Mathematics in Germany, in [Rowe-McCleary, 1989], 223-248.
- Whitehead, A. N.
- [1912] The Principles of Mathematics in Relation to Elementary Teaching (conférence présentée au 5^e congrès international des mathématiciens – Cambridge, 1912), *L'Enseignement mathématique*, 15 (1913), 105-112.
- Young,
- [1911] Rapport de M. Young, *L'Enseignement mathématique*, 13 (1911), 471-480.

EM : Articles anonymes de *l'Enseignement mathématique* cités

- [1906] Rapport sur l'enseignement des mathématiques dans les établissements secondaires supérieurs à neuf classes (Allemagne), *L'Enseignement mathématique*, 8 (1906), 57-77.
- [1910a] La réorganisation de l'enseignement mathématique dans les écoles supérieures de jeunes filles en Prusse, *L'Enseignement mathématique*, 12 (1910), 59-70.
- [1910b] Les écoles réales (Autriche), *L'Enseignement mathématique*, 12 (1910), 326-341.
- [1911a] Les écoles secondaires supérieures en Prusse, *L'Enseignement mathématique*, 13 (1911), 62-67.
- [1911b] Les mathématiques dans les traités de physique (Allemagne), *L'Enseignement mathématique*, 13 (1911), 69-71.
- [1911c] L'enseignement mathématique dans les écoles techniques moyennes pour l'industrie mécanique (Allemagne), *L'Enseignement mathématique*, 13 (1911), 154-157.
- [1911d] Les écoles techniques supérieures (Autriche), *L'Enseignement mathématique*, 13 (1911), 164-166.
- [1911e] Les écoles réales (Suède), *L'Enseignement mathématique*, 13 (1911), 170-171.
- [1911f] Les universités et écoles techniques supérieures (Russie), *L'Enseignement mathématique*, 13 (1911), 335-338.
- [1912a] Les problèmes commerciaux et l'enseignement des mathématiques dans les écoles secondaires (Allemagne), *l'Enseignement mathématique*, 14 (1912), 60-63.
- [1912b] Les relations entre les mathématiques et la physique (Grande Bretagne), *L'Enseignement mathématique*, 14 (1912), 70-73.
- [1912c] L'enseignement mathématique dans les Ecoles classiques (Italie), *L'Enseignement mathématique*, 14 (1912), 249-253.
- [1912d] Sur l'ensemble des établissements dans lesquels se donne, en France, un enseignement mathématique, *l'Enseignement mathématique*, 14 (1912), 315-325.