

**Zeitschrift:** L'Enseignement Mathématique  
**Herausgeber:** Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique  
**Band:** 16 (1914)  
**Heft:** 1: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

**Rubrik:** COMPTE RENDU DE LA. Conférence internationale de l'enseignement mathématique.

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.08.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# COMPTE RENDU

DE LA

Conférence internationale de l'enseignement mathématique.

Paris, 1-4 Avril 1914.

(suite et fin)

---

## LES RÉSULTATS OBTENUS DANS L'INTRODUCTION DU CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL DANS LES CLASSES SUPÉRIEURES DES ÉTABLISSEMENTS SECONDAIRES

I

### RAPPORT GÉNÉRAL

*présenté à la séance du 2 avril 1914*

PAR

**E. BEKE**

Professeur à l'Université de Budapest.

---

### Introduction.

L'activité de la Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique est presque sans pareille parmi les activités internationales intellectuelles du XX<sup>e</sup> siècle. Pourtant, il est incontestable que ce ne sont ni les lacunes de l'enseignement, ni l'insuffisance des résultats qui ont provoqué la réclamation énergique des réformes. En effet, en comparant le fruit des études mathématiques avec celui d'autres études, on avait raison, dans le monde entier, de ne pas être trop mécontent. Des considérations d'ordre plus élevé ont déclenché le mouvement réformiste. Il faut en chercher la vraie origine dans la transformation, survenue au XX<sup>e</sup> siècle, des idées sur la culture générale et dans les efforts de l'enseignement secondaire tendant à suivre la transformation de ces idées.

La tendance à être exact, dans toutes les recherches, dans la pensée et dans l'action, a rehaussé la valeur des études scientifiques. Il semble que c'est l'avis, parmi les personnalités dirigeantes de l'enseignement secondaire, de celles même qui n'ont pas varié dans leur jugement sur la valeur de l'enseignement des lettres. « Les lettres sont et resteront — dit M. *Liard*, vice-recteur de l'Académie de Paris, dans une réunion tenue au Musée pédagogique en 1904 — 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. » Ce changement de la valeur éducative, attribuée aux Sciences, exige que l'enseignement des Mathématiques, clef de toutes les études scientifiques, devienne plus conforme aux idées nouvelles sur la formation des esprits. Il y a des sciences qui, ayant passé ce que M. *Picard* appelle, d'une expression heureuse, la phase « prémathématique » de leur histoire, viennent de franchir le seuil où les Mathématiques cessent d'être un ornement sans utilité, pour devenir la langue naturelle de la pensée et des déductions scientifiques et, par conséquent, l'instrument du progrès. Il suit de là que l'habitude des Mathématiques et la connaissance de certains éléments des sciences mathématiques qui étaient, jusqu'à présent, le privilège d'un petit nombre d'esprits, doivent pénétrer, désormais, dans des couches plus vastes de l'Humanité. Ce sont probablement ces réflexions qui ont conduit les maîtres de l'enseignement à reviser les matières de l'enseignement mathématique, et ce sont ces pensées ou des pensées analogues qui ont conduit des hommes de valeur, au Congrès des mathématiciens à Rome, à émettre et à réaliser l'idée d'une Commission internationale de l'enseignement mathématique.

Peut-être y a-t-il, dans le subconscient, d'autres raisons encore qui nous déterminèrent à venir, de toutes les parties du monde, nous réunir pour réformer l'enseignement mathématique et à publier, avec l'aide de toutes les nations et dans un laps de temps relativement court, un ouvrage de 200 fascicules, monument sans précédent d'un effort et d'un esprit international. Je crois pouvoir affirmer, sans crainte de me tromper, que c'est un haut idéal d'internationalisme qui nous a réunis ici. Nous avons senti que l'éducation de la jeunesse n'a pas seulement pour but de former, d'accroître et de maintenir les forces vives d'une nation et l'esprit national, de doter du patrimoine commun les ouvriers actifs de la civilisation nationale; elle a aussi la tâche encore plus noble de créer et de faire vivre un idéal commun à toute l'Humanité. Ce n'est pas par un pur hasard que ce travail international a été entrepris par les représentants de l'enseignement mathématique. M. *Félix Klein*, notre président d'un zèle infatigable, a fait ressortir dans son allocution présidentielle prononcée à la conférence de Bruxelles, que les Mathématiques, n'ayant aucun rapport avec les aspirations nationales, sont prédestinées à être le sujet de discussions internationales.

Quand notre Commission délibère sur la transformation de l'enseignement mathématique en vue de l'adapter aux exigences accrues de la civilisation et de l'idéal de culture de notre temps, elle fait aussi un premier pas dans la voie qui s'élève au-dessus des aspirations nationales, vers des aspirations de l'Humanité. Espérons qu'elle trouvera en cela de dignes continuateurs. C'est de ce point de vue élevé, embrassant la marche de la civilisation

générale, qu'il faut considérer notre action, même si, en apparence, nous nous occupons de questions sans importance extrême, comme celle sur laquelle j'aurai l'honneur de faire un rapport aujourd'hui.

Il nous arrive souvent, à nous autres mathématiciens, de traiter en détail quelque cas particulier après avoir fait la théorie générale d'un problème ; il nous arrive aussi — et cela nous fait beaucoup plus de plaisir — de découvrir dans une question spéciale les caractéristiques d'un problème général et important. Je crois donc que le champ restreint, auquel nous bornerons notre étude, éveillera d'autant plus notre attention qu'il ouvrira une vue sur l'accomplissement de la tâche plus noble dont j'ai parlé plus haut, tâche qui est la plus digne peut-être de l'activité humaine.

### I. — Place du Calcul différentiel et intégral dans l'enseignement secondaire.

La tâche que j'ai assumée, sur l'invitation gracieuse de la Présidence de la Commission internationale, est de vous tracer un tableau des résultats produits par l'introduction du Calcul différentiel et intégral, objet principal de notre mouvement réformiste, et — en dehors des résultats des projets — des tendances et des expériences, le temps ayant été trop court pour que les résultats puissent être considérés partout comme définitifs.

Dans les pays où quelques écoles ou quelques types d'écoles enseignent depuis longtemps le Calcul différentiel et intégral, des méthodes et des procédés sont en voie de formation et les résultats peuvent être considérés comme définitivement acquis. Nous aurons le plaisir d'entendre, dans le rapport suivant, un compte rendu des résultats définitifs acquis en France.

Là, depuis 12 ans déjà, l'enseignement secondaire des éléments du Calcul différentiel et, en partie, ceux du Calcul intégral ont pénétré dans les institutions. Nous pouvons dire avec Faust que là « au commencement fut l'action ». L'action réfléchie, fruit du concours de forces organisées. Ce n'est pas seulement le plan d'études officiel qui introduit ces notions dans certaines branches de l'enseignement secondaire, mais on a mis tout de suite des outils parfaits, nécessaires au travail, à la disposition des écoliers et des maîtres. Si l'on trouve quelque part des résultats rapidement acquis, cela doit être bien là, où les célébrités mondiales de notre science, nos maîtres à nous tous, dans leurs ouvrages de Mathématiques et dans leurs écrits philosophiques, ont su se pencher sur l'école secondaire et élever à eux ceux qui y enseignaient les Mathématiques. J'accomplis un devoir agréable en rendant hommage aux esprits dirigeants de cette grande nation

qui, tant dans le passé tout proche que dans le présent, ont pris une part active, par la parole et par l'exemple, à rénover l'enseignement mathématique et qui ont porté haut le flambeau de notre mouvement international.

L'étude des documents et informations reçus m'a convaincu — comme je l'ai déjà dit — que notre mouvement réformiste a déjà produit partout un immense effet en donnant une impulsion aux aspirations rénovatrices. Cela ressort surtout des réponses faites à la première question. Cette question était ainsi rédigée :

« Dans quelle mesure a-t-on introduit les premiers éléments de Calcul différentiel et intégral dans les écoles moyennes de notre pays ? »

Les brochures publiées et les informations permettent de constater que *dans tous les pays où, pendant les 12 dernières années, un nouveau plan d'études des écoles secondaires est entré en vigueur, une place plus ou moins grande y a été réservée à la notion de fonction et aux éléments du Calcul différentiel et intégral.* — La notion de fonction a été presque entièrement négligée il y a douze ans, ce que le Président de notre Commission a constaté pour son propre pays<sup>1</sup>; ses paroles s'appliquant à presque tous les autres pays. Aujourd'hui, au contraire, il n'existe plus de pays où la notion de fonction ne trouve place dans l'enseignement secondaire et même — à très peu d'exceptions près — les éléments du Calcul différentiel et intégral figurent dans le plan d'études. Si l'on voit le changement rapide des choses, on ne peut ne pas être frappé d'admiration devant l'étendue du succès de notre mouvement international. Comment est-il arrivé que l'école, institution conservatrice s'il en fut, s'est transformée si rapidement dans le monde entier, sous l'impulsion de l'énergie du professeur anglais, M. Perry, sous la suggestion de l'action française, sous l'influence de la propagande active et multiple de M. Félix Klein? Cela, ne peut être que grâce aux idées latentes qui vivaient dans l'esprit des pédagogues et qui n'attendaient qu'une impulsion. Cette transformation n'est pourtant pas encore ce que M. Klein avait souhaité et nous tous avec lui; elle n'a pas encore mis la notion de fonction au centre de tout l'enseignement secondaire, pour que cette notion y agisse comme ferment et vivifie toute la matière enseignée<sup>2</sup>; pourtant nous avons le droit d'être fiers de ce que, partout, l'école secondaire a largement ouvert ses portes devant les idées nouvelles. Pour le faire voir en détail, nous allons passer en revue les états de la question dans les divers pays. Je crois remplir le mieux mon devoir de rapporteur général en faisant parler, le plus souvent possible, MM. les rapporteurs eux-mêmes ou en puisant

<sup>1</sup> Klein-Schimmack, p. 27.

<sup>2</sup> Klein-Riecke, p. 4.

mes informations dans les documents publiés par la Commission internationale ; exceptionnellement, je demanderai la permission d'exprimer mon propre avis.

## II. — Rapport détaillé sur l'introduction du Calcul différentiel et intégral dans les établissements secondaires des différents Etats.

1. ALLEMAGNE. — Le désir de transformer l'enseignement mathématique a depuis longtemps préoccupé l'opinion publique en Allemagne, mais le courant d'opinion ne s'est dessiné que le jour où M. *Félix Klein*, notre président actuel, s'est mis à la tête des réformateurs. Dans son article de 1902, dans son cours de vacances de 1904 à Göttingue et depuis, dans ses écrits et dans ses leçons, il ne se lassait pas de démontrer la nécessité de la réforme de l'enseignement mathématique. Son collaborateur dévoué, M. *Lietzmann* nous a informé des résultats acquis : en *Prusse*, où l'on n'a pas fait un nouveau plan d'études dans les dernières années, l'enseignement du Calcul différentiel et intégral n'est pas introduit officiellement, pourtant il a trouvé place dans presque toutes les écoles réales, dans beaucoup de gymnases réaux et dans un bon nombre de gymnases ; en *Bavière*, il figure déjà dans le plan d'études des écoles réales et il y a lieu d'espérer qu'il entrera dans le plan d'études qu'on prépare pour les autres genres d'écoles ; en *Saxe*, le nouveau plan d'études des écoles réales l'autorise pourvu que l'état de la classe en fasse prévoir des fruits ; il est porté sur le programme de tous les genres d'écoles par le plan d'études de 1912 en *Wurtemberg* et en *Bade*. Dans d'autres Etats, où il n'y a pas un nouveau plan d'études, il est donné dans presque toutes les écoles réales et dans nombreux gymnases. A *Hambourg*, comme un autre membre zélé de notre Commission, M. le directeur *Thaer*, nous en informe, le Calcul différentiel et intégral est facultatif dans les gymnases depuis 6 ans, le Calcul différentiel est obligatoire et le Calcul intégral facultatif dans les gymnases réaux depuis 40 ans, et les Calculs différentiel et intégral sont tous les deux obligatoires dans les écoles réales depuis 1897. On mesure l'étendue de la conquête qu'a faite la notion de fonction dans les Etats allemands, si l'on jette un regard sur les récents livres de classe. Je ne veux citer que la 2<sup>e</sup> partie du 1<sup>er</sup> volume du *Mathem. Unterrichtswerk*, par MM. Schwab et Lesser (Ausgabe A), Leipzig, 1909 et *Lehrbuch der Mathematik*, par MM. Behrendsen et Götting (Ausgabe B), Leipzig, 1912 ; les représentations graphiques et les chapitres du Calcul différentiel qu'on y trouve sont la preuve que tout l'enseignement mathématique a profondément changé dans les dernières années.

2. AUSTRALIE. — M. le professeur *Carshaw* nous a informé que

dans les classes supérieures des écoles de New-South-Wales on enseigne le Calcul différentiel et intégral à ceux des élèves qui montrent une aptitude spéciale pour les mathématiques

3. AUTRICHE. — Les mathématiciens autrichiens, surtout les professeurs appartenant à l'enseignement supérieur, M. *Czuber*, actuellement l'un des membres du Comité central, et M. *Hočevár* ont adhéré dès le commencement au programme de M. *Klein* et préparaient l'opinion publique à accepter la réforme de l'enseignement mathématique. Au Congrès de Rome, M. le professeur *Suppantšitsch*, le rapporteur actuel, ne put rendre compte que du fait que les élèves bien doués avaient le moyen de connaître à l'école les éléments du Calcul différentiel et intégral, pourtant il parut juger les circonstances propices puisqu'il ajouta à la fin de sa conférence : « En résumé, j'espère qu'en Autriche les expériences actuelles finiront par nous convaincre qu'il ne faut pas trop insister sur le programme invétéré, lorsqu'on veut que les jeunes gens aient, en sortant, le goût des sciences et la faculté de comprendre la vie moderne <sup>1</sup>. » Et, en effet, avant qu'une année se fût écoulée, le nouveau plan d'études officiel fit une réalité de l'espérance des mathématiciens : il prescrit l'enseignement du Calcul différentiel pour les gymnases et les gymnases réaux et celui du Calcul différentiel et intégral pour les écoles réales, le Calcul intégral trouvant place aussi dans l'enseignement d'un grand nombre de gymnases. La notion de fonction pénètre toutes les parties de l'enseignement depuis les procédés de calcul élémentaire ; on tire parti de l'étude des grandeurs directement et inversement proportionnelles pour rendre familière l'idée de fonction et l'on s'élève progressivement au cours de l'enseignement de l'Algèbre par le moyen de représentations graphiques nombreuses.

4. BELGIQUE. — Le plan d'études date de 1888 ; la représentation graphique d'une fonction et le Calcul différentiel et intégral n'y figuraient naturellement pas ; et l'enseignement mathématique n'a guère varié depuis 1888, sauf en ce qui concerne l'enseignement de l'Arithmétique qui est devenu plus pratique. Dans son rapport adressé à la Commission internationale, M. *Ploumen*, inspecteur de l'enseignement moyen, nous dit que son gouvernement a constitué récemment une commission qui s'occupe des réformes à introduire dans l'enseignement secondaire. M. *Ploumen* choisit la matière de l'enseignement mathématique en se laissant conduire par des vues pédagogiques générales et par les nécessités des différentes carrières. Il attribue une importance capitale à la représentation graphique des fonctions et, en général, au rôle de l'idée de fonction, sur laquelle il désire qu'on insiste dès le commencement et il réserve une place relativement grande au Calcul diffé-

<sup>1</sup> Atti del IV. Congresso, etc., t. III, p. 478.

rentiel et intégral. La fin de son rapport définit nettement l'importance et les méthodes des matières nouvelles.

« La puissante impulsion, dit-il, conséquence probable de la réalisation de ces tendances rénovatrices, ne peut manquer d'être salubre à l'influence des mathématiques sur l'esprit et le caractère de nos élèves, ainsi que sur leurs chances d'avenir. Mais il faut, pour cela, que les méthodes actives restent en honneur dans nos classes, que les diverses branches scientifiques se rapprochent pour se prêter un mutuel appui et que la série de nos déductions rigoureuses et abstraites gardent comme source et point de départ l'intuition et l'observation concrètes. » Peut-être aurons-nous l'occasion, dans une des prochaines séances, d'entendre exposer l'état actuel de la question par des personnes compétentes.

5. BRÉSIL. — Le Calcul différentiel et intégral a été enseigné avec la Géométrie analytique depuis 1891 jusqu'à 1901 ; à cette époque, malgré les résultats satisfaisants, il fut supprimé, de sorte qu'actuellement il ne figure pas sur le programme de l'enseignement secondaire ; seule la dérivée est définie dans certaines écoles. Notre informateur, M. *Eugenio de Barros Raja Gabaglio*, nous fera peut-être le plaisir de présenter un Mémoire sur l'enseignement du Calcul différentiel et intégral.

6. DANEMARK. — Le récent plan d'études résout la question de telle manière qu'il laisse entière liberté aux écoles de mettre le Calcul différentiel et intégral à la place des chapitres suivants : déterminants ; fractions continues ; équations indéterminées ; étude détaillée de l'équation des coniques ; icosaèdre, dodécaèdre et projection orthogonale.

M. *P. Heegaard*, qui a bien voulu nous renseigner sur ces questions, remarque qu'en 1913, toutes les écoles autorisées ont opté pour le Calcul différentiel et intégral.

7. ETATS-UNIS. — Comme M. D. E. Smith, réformateur zélé et l'un des initiateurs de la Commission nous en informe, le Calcul différentiel et intégral ne figure pas dans l'enseignement secondaire ; on ne peut même pas le rendre facultatif, puisque les élèves des classes supérieures sont trop absorbés par la préparation de l'examen d'admission des Collèges. Tant qu'il ne sera pas porté sur le programme de cet examen, il y a peu de chances pour qu'il entre parmi les matières de l'enseignement secondaire. Pourtant M. Smith garde l'espoir qu'avant peu d'années le Calcul différentiel et intégral sera introduit dans les établissements secondaires professionnels. Connaissant l'activité énergique déployée par nos collègues américains, dans le passé et dans le présent, sur le terrain de la réforme de l'enseignement mathématique (nous n'avons qu'à rappeler l'œuvre de MM. D. E. Smith, Moore, Young) et voyant l'immense essor de l'activité mathématique d'outre-mer qui éblouit nos yeux et qui n'est pas assurément

sans exercer une influence heureuse sur les professeurs de l'enseignement secondaire ; en prenant confiance enfin du contact qui existe, malgré la distance, entre les travailleurs des deux continents : nous ne pouvons pas douter qu'avant peu de temps le développement libre de l'enseignement mathématique aura fait le pas décisif.

8. FRANCE. — La conférence suivante nous donnera un exposé complet sur l'enseignement du Calcul différentiel et intégral dans les écoles françaises. Je me borne à rappeler qu'on y attribue, depuis 1902, plus d'importance à l'étude des fonctions et des dérivées qu'auparavant.

Le rapporteur français M. *Ch. Bioche*, qui a bien voulu nous fournir les informations, fait observer que dans la classe de *Mathématiques spéciales*, aujourd'hui comme avant, on fait une étude approfondie du Calcul différentiel et intégral. Je ne peux passer sous silence l'influence extraordinairement heureuse qu'ont exercé, dans le sens de nos aspirations, les excellents ouvrages de M. *Tannery*, M. *Borel*, M. *Bourlet*, M. *Grévy* et M. *Commissaire*. Nous devons une reconnaissance particulière à deux hommes qui, précurseurs avant tous, n'ont pas eu la joie de voir leur labeur porter des fruits. J'entends en premier lieu *Jules Tannery*, bien connu de tous les mathématiciens, éducateur des futurs professeurs. Dans son premier Mémoire scientifique, publié en 1875 dans les *Annales de l'École Normale* où il expose la théorie, alors toute nouvelle, de Fuchs sur les équations différentielles linéaires, il définit l'idéal de sa vie, avec sa grande modestie élevée, en disant : « Ceux qui aiment la Science et qui ont trop de raisons pour se défier de leurs facultés d'invention, ont encore un rôle utile à jouer : celui d'élucider les recherches des autres et de les répandre ; c'est ce que j'ai essayé de faire dans ce travail. »

Cet idéal, il l'a bien servi dans les travaux scientifiques et pédagogiques de toute sa vie. Non content d'écrire pour le public mathématique proprement dit, tant pour le public mathématique français que pour celui de tous les pays, des traités excellents qui captivent le lecteur par le fond et par la forme et j'ajouterai, par la force inspiratrice du Maître, il a montré aux professeurs de l'enseignement secondaire par son ouvrage didactique, publié dans la Collection de M. *Darboux*, quels trésors se cachent dans les connaissances élémentaires qui s'enseignent tous les jours et quel vaste champ de réflexions s'ouvre dans ce qu'on croit fermé par une muraille de Chine, les mathématiques d'école. Ce n'est pas tout. Il s'est mis à la tête des réformateurs et il a écrit un livre à l'usage des élèves pour leur apprendre les connaissances mathématiques, indispensables à qui aspire à la culture générale de l'esprit et à ceux surtout qui, naturalistes, médecins ou économistes, veulent mettre les méthodes exactes au service de la

Science. Cette tentative fut des plus heureuses au point de vue pédagogique. Les professeurs allemands qui ne peuvent pas lire ce livre de Tannery dans l'original doivent être reconnaissants à leur maître, M. *Félix Klein*, pour avoir encouragé une traduction allemande, le rendant ainsi accessible à tous ses compatriotes.

Nous devons un hommage particulier à la mémoire d'un des réformateurs français les plus actifs, *Carlo Bourlet*, qui, par son activité et son zèle inlassables et par l'exemple de ses ouvrages didactiques, a largement contribué à la propagation des idées nouvelles. Quelques semaines avant l'accident déplorable dont il fut la victime, au grand dommage de la science française et surtout du mouvement réformiste, nous avons causé, à Heidelberg, du programme de la Conférence internationale de Paris et des préparatifs qu'il restait à faire. De toutes ces paroles se dégagait une confiance dans le mouvement réformiste et dans l'expansion des méthodes scientifiques exactes. Il avait de beaux projets : des projets d'ordre scientifique et pédagogique. Sa perte irréparable les empêchera de se réaliser.

9. HOLLANDE. — Sans qu'il figure dans le plan d'études actuel, on espère, suivant M. *Cardinaal*, qui a bien voulu mettre à notre disposition les renseignements nécessaires, que le Calcul intégral et différentiel sera introduit dans le prochain plan d'études. M. *Cardinaal* nous écrit que, dans certaines bonnes classes, on a déjà fait des tentatives et elles ont été couronnées de succès.

10. HONGRIE. — Le dernier plan d'études date de 1899, mais déjà le plan d'études de 1879 mentionne les éléments de la Géométrie analytique, l'étude analytique et la représentation graphique des fonctions du second degré et la solution, par des moyens élémentaires, de certains problèmes de maximum et minimum. Cela prouve que les éléments de la notion de fonction avaient figuré sur le programme des études secondaires en Hongrie bien avant que le mouvement réformiste ait pris naissance. Il y a lieu d'espérer que le prochain plan d'études en embrassera davantage et notamment les éléments du Calcul différentiel et intégral. Nous fondons cet espoir sur le Décret de M. le Ministre de l'Instruction actuel, décret instituant les travaux préparatoires d'un nouveau plan d'études, où M. le Ministre insiste particulièrement sur la place importante que doit recevoir dans l'enseignement mathématique la notion de fonction.

Le rapporteur hongrois se croit autorisé à déclarer que M. le Ministre souhaite qu'on entende aussi par là l'introduction des éléments du Calcul différentiel et intégral. Dans un avenir prochain, le plan des études mathématiques aura donc subi une réforme complète et officielle ; mais on enseigne dès maintenant les éléments du Calcul différentiel et intégral dans un tiers à peu près des établissements secondaires. La représentation graphique

des fonctions a pénétré presque partout, on l'emploie dans la plupart des écoles. Quelques livres de classe récemment parus donnent déjà les éléments du Calcul différentiel et intégral.

11. ILES BRITANNIQUES. — M. C. *Godfrey*, qui nous renseigne dans un rapport détaillé sur toutes les questions posées, fait observer que les jeunes gens de 17 à 19 ans se préparant aux études mathématiques reçoivent, d'après une pratique en honneur depuis 20 à 25 ans, un enseignement spécial et relativement étendu du Calcul différentiel et intégral, enseignement qui s'appuie sur des méthodes rigoureuses. Une pratique un peu moins ancienne mais vieille d'au moins 15 ans fait donner aussi un enseignement spécial aux élèves se destinant à la carrière militaire ou au génie civil. Cet enseignement est, dans beaucoup d'établissements, commun aux deux groupes mentionnés. Là, où ces groupes sont séparés, on a moins d'égard à la rigueur pour le second groupe que pour le premier. La nouvelle tendance paraît être, d'après M. *Godfrey* : « *Calculus for the average boy* ». Dans certaines écoles, le plan d'études général embrasse le *Calculus* ; dans d'autres, on fait des tentatives. Pour juger le progrès en Angleterre, point n'est besoin d'analyser les nombreux cours élémentaires de Calcul différentiel et intégral, tel que les ouvrages très répandus de MM. *Mercer* et *Gibson*, qui embrassent un vaste domaine du Calcul infinitésimal et font usage parfois de méthodes élémentaires intéressantes ; il suffit de comparer, parmi les anciens ouvrages excellents, l'Algèbre de *Todhunter*, que je prends aujourd'hui même avec piété en main et qui m'était d'un usage de tous les jours à l'époque où j'appartenais à l'enseignement secondaire ; il suffit de comparer ce livre, dis-je, avec n'importe lequel des manuels aujourd'hui en usage, par exemple avec celui de MM. *Godfrey* et *Siddons* que notre éminent informateur ne mentionne point. Dans l'Algèbre de *Todhunter* qui, pour la richesse des matières, pour la clarté et la brièveté de l'exposition, était un modèle, nous ne trouvons pas une figure, pas un mot sur la représentation graphique des fonctions ou sur la notion de dérivée. Par contre, nous ne doutons pas que l'ouvrage de MM. *Godfrey* et *Siddons* ne transforme complètement le monde des idées mathématiques de l'« average boy », tant l'introduction et l'utilisation de la notion de fonction, la représentation graphique, les principes bien groupés du *Calculus* y sont clairs, précis et présentés sans artifice.

12. ITALIE. — M. *Castelnuovo*, délégué italien, a bien voulu nous informer que dans le nouveau plan d'études du *Liceo moderno*, qui entrera en vigueur cette année, le Calcul différentiel et intégral est porté sur le programme des deux classes supérieures. Actuellement il n'est enseigné qu'exceptionnellement dans certaines écoles. Nous fondons de grands espoirs sur la transforma-

tion de l'enseignement mathématique secondaire en Italie. Il ressort clairement du plan d'études que, tout en se bornant à un programme minimum, on veut y apporter une entière précision en suivant les traditions de l'enseignement mathématique italien. Les instructions insistent particulièrement sur ce point que l'enseignement doit éviter avec un égal soin l'empirisme grossier qui obscurcit le caractère logique de la formation mathématique et le criticisme subtil pour lequel l'esprit des élèves n'est pas suffisamment mûr. Nous attendons avec un vif intérêt comment, dans le pays de la critique mathématique où *Dini*, *Genocchi* et *Peano* ont traité des principes du Calcul infinitésimal d'une façon modèle, comment, dans ce pays, on présentera ces principes aux élèves. Nous pouvons être sûr que si ce travail est fait par les mêmes hommes qui, dans leurs manuels de géométrie, si intéressants, mais si difficiles à suivre dans d'autres pays, ont cherché avec virtuosité à concilier une exposition scientifique rigoureuse avec le but que se propose l'enseignement secondaire : notre mouvement réformiste sera infiniment redevable à nos compagnons de lutte italiens.

13. NORVÈGE. — Le plan d'études n'est changé dans ce pays que graduellement, avec précautions. Celui de 1911, comme M. *Alfsen* nous l'écrit, n'innove dans le sens des idées nouvelles qu'en ce qu'il introduit la représentation graphique des fonctions ; il ne touche pas aux autres parties de l'enseignement mathématique et ne fait pas mention du Calcul différentiel et intégral. Mais les professeurs qui se déclarent prêts à enseigner les éléments du Calcul différentiel et intégral sont autorisés à le faire. Cependant, jusqu'ici, aucun d'eux n'a déclaré vouloir faire une tentative ce que M. *Alfsen* attribue aux circonstances que ce nouvel ordre des choses n'a commencé que cette année et qu'il manque encore des manuels scolaires. Un manuel qui paraîtra prochainement changera peut-être la face des choses.

14. ROUMANIE. — La brochure publiée par M. *Tzitzéica* sur les mathématiques dans l'enseignement secondaire nous permet de constater que le Calcul différentiel et même la différentiation des fonctions de plusieurs variables sont inscrits dans le récent plan d'études de la section réelle.

15. RUSSIE. — Suivant le rapport détaillé et complet de M. *C. Possé*, le Calcul différentiel et intégral figure dans les plans d'études de 1907 des écoles réales et de quelques écoles particulières de jeunes filles, ainsi que dans celui datant de 1910 des écoles militaires, mais il n'est pas enseigné, ni même les éléments de la Géométrie analytique, dans les gymnases où un plan d'études plus ancien est encore en vigueur.

16. SERBIE. — M. *Petrovich*, délégué serbe, nous apprend que des personnes compétentes ont élaboré depuis longtemps un pro-

gramme détaillé pour l'enseignement du Calcul différentiel et intégral, mais, à la suite des circonstances politiques, les réformes ont dû subir un retard.

17. SUÈDE. — D'après le rapport de M. *D.-E. Goransson*, délégué suédois, le plan d'études de 1905 embrasse, tant pour les gymnases que pour les écoles réales, la notion de fonction et la représentation graphique; pour les écoles réales, il prescrit en outre la différentiation de quelques fonctions simples, mais non l'intégration; cependant, dans la plupart des écoles, on introduit la notion de l'intégrale indéfinie et on l'applique à la détermination des aires et des volumes.

18. SUISSE. — Il n'y a pas un plan d'études uniforme pour tout le pays, chaque canton étant autonome dans les affaires de l'instruction publique. Cependant le programme officiel de l'examen de maturité (baccalauréat) et celui de l'examen d'admission à l'École polytechnique exercent une certaine influence dans le sens de l'uniformisation. Ces programmes ne mentionnent pas les éléments du Calcul différentiel et intégral; néanmoins, on les enseigne dans 84 pour cent des écoles réales et dans 21 pour cent des gymnases. On les enseignait dans certaines écoles bien avant que les tendances rénovatrices se fissent jour, par exemple à l'école réelle de Bâle depuis 50 ans, comme l'a remarqué M. *Fehr*, l'âme de notre Commission, dans sa conférence au Congrès de Rome. Nous apprenons dans cette conférence que l'Association suisse des professeurs de mathématiques a adopté, à l'unanimité des voix, en 1904, la proposition du rapporteur (M. *Fehr*), déclarant que, « en raison de leur importance et de leur portée, la notion de fonction et les problèmes fondamentaux qui s'y rattachent appartiennent au programme de l'enseignement mathématique des écoles moyennes ». Une telle déclaration a plus d'importance en Suisse qu'ailleurs, car la Suisse est le pays heureux où, d'après M. *Brandenberger* qui nous a aimablement informé, la conférence des professeurs détermine elle-même le plan d'études et les autorités se bornent à en prendre connaissance. C'est donc à la réunion des professeurs de 1904 ou plutôt au conférencier de cette réunion que revient le mérite d'avoir contribué à développer le rôle de la notion de fonction dans les gymnases et les écoles réales de la Suisse.

#### RÉSUMÉ.

Pour avoir une vue d'ensemble, nous pouvons ranger les États dont il a été question plus haut en deux catégories :

I. Les éléments du Calcul infinitésimal figurent sur le programme officiel des écoles ou sur le plan d'études établi par les

écoles elles-mêmes dans les pays suivants : Parmi les Etats allemands : Bavière, Wurtemberg, Bade, Hambourg ; parmi les autres Etats : Autriche, Danemark, France, Iles Britanniques, Italie, Roumanie, Russie, Suède, Suisse.

II. Les éléments du Calcul infinitésimal ne figurent pas sur le plan d'études, mais ils sont enseignés dans un grand nombre d'écoles : en Prusse, Saxe, Hongrie, Australie, et ils le seront probablement avant peu de temps en : Hollande, Norvège, Belgique et Serbie.

Nous pouvons, je crois, conclure qu'il n'existe pas d'Etats, ni parmi les Etats mentionnés ni parmi les autres, où les aspirations tendant à introduire dans l'enseignement la notion de fonction et la représentation graphique, n'aient acquis une force considérable. Il n'existe peut-être pas de manuel scolaire récent, ni d'école où les réformes n'aient trouvé quelques applications. En constatant ce fait comme un des succès les plus éclatants de notre propagande, nous pouvons dire que nos personnalités dirigeantes ont compris l'esprit des temps nouveaux et elles ont donné l'impulsion à la marche naturelle du progrès. J'ai la conviction ferme que le progrès ultérieur, en surmontant peut-être plus d'obstacles encore dans sa marche lente, mais sûre, assurera partout une place au Calcul différentiel et intégral dans l'enseignement secondaire, et aussi dans la conscience des classes instruites. Notre conception du monde deviendra, par la connaissance du Calcul infinitésimal, science générale des variations, plus mathématique que par les connaissances enseignées jusqu'ici à l'école. *Pour cela, il faut, par une action méthodique et constante, soutenir l'intérêt éveillé, soumettre à un examen approfondi les matières de l'enseignement mathématique et, surtout, perfectionner sans relâche les méthodes de l'enseignement.*

### III. — Etendue et applications du Calcul différentiel et intégral.

Nous avons maintenant à rechercher, dans quelle étendue le Calcul différentiel et intégral est enseigné ?

Nos conclusions d'aujourd'hui, comme j'ai déjà eu l'occasion de le remarquer, ne sauraient être définitives. Dans une institution si lente à se transformer, comme l'école, et après l'intervalle de temps si court, écoulé depuis l'introduction des matières nouvelles, les résultats sont nécessairement sujets à varier ! Il fallait des siècles et des génies comme *Euler* et *Lagrange*, sans compter les excellents esprits méthodiques du milieu du dernier siècle, auteurs des manuels scolaires — pour que les Mathématiques enseignées aux écoles secondaires eussent pris une forme achevée. Et encore, cela ne s'applique qu'à l'Algèbre et à une partie de la

Géométrie, en premier lieu, à la Trigonométrie. Il ne s'agit donc aujourd'hui que de nous rendre compte des différentes méthodes employées et d'amener les conceptions diverses à se placer sur un terrain commun. Nous pouvons espérer qu'avec le concours des maîtres de l'enseignement supérieur et de ceux de l'enseignement secondaire, ce terrain aussi sera conquis en peu de temps pour l'école. Nous avons pu constater ce qui suit :

a) *Fonctions d'une et de plusieurs variables.* Le Calcul infinitésimal n'est appliqué presque partout qu'aux fonctions d'une variable; exceptionnellement, nous trouvons des fonctions de deux variables sur le programme des écoles réales de Wurtemberg, de Hambourg, de Lugano en Suisse et dans le projet serbe. Nous ne prenons pas en considération ici l'enseignement dépassant le niveau moyen et donné à certains élèves ou à certains groupes.

b) *Fonctions différentiées.* Partout, où l'on enseigne la différentiation, on l'applique naturellement aux polynômes et aux fonctions rationnelles — ou au moins, parmi les dernières, au quotient de deux polynômes linéaires. Là, il n'y a aucune difficulté dans le passage à la limite. Par contre, pour différentier les fonctions trigonométriques et exponentielles, il faut connaître les valeurs

de  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x}$  et de  $\lim_{z \rightarrow 0} (1+z)^{\frac{1}{z}}$  ou des limites d'expressions équivalentes. On conçoit donc que dans les écoles où la notion de limite n'est pas approfondie, et là où l'âge des élèves ne permet pas de suivre les raisonnements conduisant à ces deux limites, on ne s'occupe pas de la différentiation des fonctions trigonométriques et exponentielles. Tel est le cas des écoles françaises (il ne s'agit pas, bien entendu, des classes de *Mathématiques spéciales*<sup>1</sup>), des manuels scolaires anglais et du nouveau plan d'études de l'Italie. Par contre nous la trouvons enseignée dans les écoles allemandes, autrichiennes, russes, suisses, danoises et dans certaines écoles hongroises.

S'il m'est permis d'exprimer une opinion personnelle, je dirai que la différentiation ne doit pas être considérée comme un but absolu : son importance dans l'enseignement secondaire vient des applications géométriques et physiques qui s'y rattachent; il est donc indispensable en vue des applications de savoir différentier les fonctions trigonométrique et exponentielle et leurs fonctions inverses. La première ne présente aucune difficulté grave, puisque la seule limite nécessaire ou, si l'on veut, la dérivée de  $\sin x$  pour

<sup>1</sup> Il ne faut pas confondre la classe de *Mathématiques*, qui est la dernière classe de l'enseignement secondaire proprement dit, et la classe de *Mathématiques spéciales* qui prépare les élèves au concours pour l'École polytechnique et quelques autres grandes écoles.

$x = 0$  peut s'obtenir facilement au moyen des connaissances trigonométriques. Le calcul de  $\lim_{z=0} (1+z)^{\frac{1}{z}}$  est autrement ardu et plus éloigné des connaissances élémentaires des élèves. C'est probablement la raison pour laquelle plusieurs auteurs voudraient le supprimer ou le faire par des moyens plus faciles que ceux ordinairement employés dans les Cours. J'avoue qu'aucun des récents manuels scolaires — et j'ai examiné plusieurs des manuels allemands, français ou anglais que MM. les rapporteurs m'ont signalés — ne m'a satisfait à cet égard. Parmi les procédés cherchant à faciliter la marche, le plus recommandable est peut-être celui qu'on trouve dans le Cours autographié de M. *Félix Klein*, procédé qui consiste à calculer l'expression  $\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$  pour quelques valeurs suffisamment grandes de  $n$ , se bornant ensuite à dire que le raisonnement par induction manque de rigueur.

c) *Notation des dérivées.* Il est à remarquer que, dans la plupart des cas, on préfère la notation de *Lagrange* ou la notation  $Df(x)$  à celle de *Leibniz*; en France, en Italie, dans certains manuels scolaires anglais et dans plusieurs écoles suisses, cette dernière est complètement abandonnée. Là, où elle est employée, on invoque des raisons historiques en évitant jusqu'à l'apparence même de définir un véritable quotient. *Poincaré* dit à ce sujet : « Sans doute, il faut connaître la notation différentielle; il faut pouvoir manier ce langage qui est celui de tout le monde, de même qu'il faut savoir l'allemand... parce qu'elle [la langue allemande] est parlée par 60,000,000 d'hommes, dont beaucoup sont des savants. Mais c'est une science dangereuse qu'il ne faut aborder que quand on a appris à penser en dérivées... Pour donner cette habitude aux élèves, il faut dans les commencements employer exclusivement la notation de *Lagrange*... Ce sera donc la dérivée que l'on définira d'abord; je voudrais que cette définition soit préparée par des exemples concrets. Il y en a deux, celui des tangentes, celui de la vitesse; et ils ne sont pas à dédaigner puisque le premier a été le point de départ de *Fermat* et de *Roberval*, le second celui de *Newton*... (Conférence du Musée pédagogique, 1904, p. 22; *l'Enseign. mathém.*, numéro de juillet 1904, p. 276-277).

d) *Introduction de la notion d'intégrale.* Dans la plupart des Etats, on ne se contente pas de définir la dérivée, on introduit aussi l'intégrale. Et cela s'explique aisément. Nous savons bien qu'il importe de connaître la dérivée pour exécuter avec une méthode unique et déterminée tous les calculs relatifs aux tangentes qu'on rencontre en Mathématiques et les calculs relatifs aux vitesses et aux accélérations qu'on rencontre en Physique, pour se faire une idée précise de la mesure de la variation d'une fonction, pour aborder directement et avec méthode les problèmes

de maximum et de minimum traités jusqu'à présent par des artifices et des moyens détournés. Il importe tout autant de déterminer les aires et les volumes qui figurent sur le programme de l'enseignement mathématique et les quelques intégrales cachées qui interviennent au cours de l'enseignement physique par la méthode de l'intégration; méthode plus simple, plus économique, plus naturelle et surtout plus honnête et plus digne de l'esprit de l'enseignement mathématique que les anciennes méthodes d'exhaustion ou le principe indémontré de Cavalieri. Pourtant, dans plusieurs Etats où les matières nouvelles n'apparaissent que dans les classes supérieures, le programme de l'enseignement mathématique entier n'ayant pas été remanié, les calculs relatifs à la Stéréométrie précèdent les méthodes infinitésimales et, par conséquent, celles-ci ne peuvent plus être utilisées dans le but indiqué plus haut. Cela explique que, dans certains Etats, seul le Calcul des dérivées est enseigné. Tels sont : la France, mais ici les Classes de Mathématiques font connaître l'intégrale comme fonction primitive; la Prusse, où le Calcul différentiel est enseigné dans presque toutes les écoles réales, tandis qu'on est réservé relativement au Calcul intégral; la Bavière où le plan d'études embrasse le Calcul différentiel sans le Calcul intégral; l'Autriche où, dans certaines écoles, il n'y a pas de Calcul intégral. Par contre, le Calcul intégral est introduit en Russie, en Danemark, dans un grand nombre d'écoles anglaises, dans la plupart des écoles prussiennes et autrichiennes, en Wurtemberg, en Suisse, en Hongrie, dans le plan d'études italien qui va entrer en vigueur (mais là, seule l'intégrale définie est admise) et dans le projet du plan d'études serbe.

D'après mon avis, l'introduction de la fonction primitive avec utilisation de considérations géométriques ne se heurte à aucune difficulté de la part des élèves et elle a, au point de vue philosophique, autant d'importance que l'introduction des dérivées. Elle en a plus encore au point de vue de l'économie de l'enseignement, et cela n'est pas à dédaigner quand il est question de ne pas allonger le programme des études pour des élèves menacés déjà de surmenage. J'ose exprimer l'opinion que le développement réformiste interdira de s'arrêter à mi-chemin.

Partout où la notion d'intégrale est enseignée, elle suit celle de dérivée, quoique, au point de vue de la méthode et même de l'histoire, le contraire puisse aussi bien s'imaginer. Dans le cours de vacances de l'Université de Göttingue, M. le professeur *Runge* a recommandé cette voie, comme M. *Lietzmann* m'en a aimablement informé. Mais il n'existe pas, à ma connaissance, de manuel scolaire qui ait pris ce parti. Dans son cours déjà mentionné, M. le professeur *Klein* pose en même temps le problème des tangentes et celui de la quadrature, ce qui l'amène à ne pas séparer

le Calcul différentiel et le Calcul intégral. L'introduction simultanée des deux notions fondamentales ne présente que des avantages, même dans l'exposition du Calcul différentiel.

Les commencements du Calcul intégral sont divers ; dans certaines écoles, l'intégrale définie est enseignée avant l'intégrale indéfinie, dans d'autres, la marche est inverse. Les écoles allemandes pratiquent les deux méthodes ; en France, seule la fonction primitive est enseignée ; en Autriche, l'intégrale définie précède l'intégrale indéfinie, sauf dans certaines écoles de Bohême où, d'après le rapport envoyé par M. le professeur *Bydzovsky*, les notions de dérivée et d'intégrale sont introduites simultanément. En Suisse aussi, on enseigne l'intégrale définie d'abord, l'intégrale indéfinie ensuite ; en Russie et en Danemark, la marche inverse est suivie. Le plan d'études italien ne fait introduire que l'intégrale définie et cela à propos de la détermination des aires (qui se fait d'abord sur papier quadrillé) ; mais je crois que cela ne doit pas exclure la définition de la fonction primitive, d'autant plus que les instructions mentionnent la détermination des chemins parcourus dans un mouvement uniformément accéléré. Parmi les ouvrages anglais les plus répandus, ceux de MM. *Mercer* et *Gibson* commencent par la fonction primitive et celui de M. *Edwards* par l'intégrale définie.

Les deux méthodes ont, sans doute, chacune leurs avantages scientifiques et didactiques propres. Dans l'exposition rigoureuse d'un cours de Faculté, où l'existence de l'intégrale définie est démontrée, celle-ci doit précéder la fonction primitive, la notion d'aire étant l'objet d'une définition spéciale. Parmi les traités d'Analyse les plus connus, celui de M. *Jordan*, par exemple, expose la théorie de l'intégrale définie avant celle de la dérivée, ce qui est légitime pour la seule raison (et il en existe d'autres) que l'ensemble des fonctions intégrables est plus étendu que celui des fonctions dérivables. Dans l'enseignement secondaire où l'aire, le volume et la longueur d'un arc de courbe doivent être considérés comme des notions primitives, il est le plus sage, je crois, de suivre le conseil de *Poincaré* qui dit (*loc. cit.*) : « Alors ce qui reste à faire est bien simple : définir l'intégrale comme l'aire comprise entre l'axe des  $x$  et deux ordonnées de la courbe ; montrer que, quand l'une des ordonnées se déplace, la dérivée de cette aire est précisément l'ordonnée elle-même. C'est le raisonnement de *Newton*, c'est comme cela que le Calcul intégral est né et, bon gré mal gré, il faut repasser par où nos pères ont passé. »

#### IV. — Applications du Calcul infinitésimal.

a) *Série de Taylor*. Notre questionnaire se rapportait aussi à la démonstration de la formule de Taylor, à la détermination du

reste et à l'interpolation. Il ressort des réponses que la formule de Taylor figure sur peu de programmes de l'enseignement secondaire; elle est néanmoins enseignée dans les écoles secondaires allemandes où le plan d'études embrassait depuis longtemps les séries infinies: dans les écoles réales de Prusse, de Bavière, de Wurtemberg et de Hambourg, dans quelques écoles suisses et autrichiennes, dans les écoles danoises, dans les groupes mathématiques des écoles anglaises et dans les classes de Mathématiques spéciales en France. Là, où l'on enseigne la série de Taylor, on établit les séries de  $e^x$ ,  $a^x$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\log(1+x)$ ,  $(1+x)^m$  et  $\text{arc tg } x$  (la dernière en vue, surtout, du calcul de  $\pi$ ). Cependant l'étude des manuels scolaires nous porte à penser que *ce terrain n'est pas encore suffisamment préparé pour l'école*. L'ancienne théorie des séries infinies, qui évite soigneusement de faire appel à la notion de dérivée et qui opère habituellement avec la méthode des coefficients indéterminés et avec certaines relations fonctionnelles, n'est pas entièrement balayée du terrain, et on aperçoit çà et là des restes de la « méthode pure » de l'Analyse algébrique qui fut très en honneur dans la seconde moitié du siècle dernier.

Je ne veux pas traiter ici en détail des questions de méthode, ni analyser minutieusement quelque manuel scolaire. J'ouvrirais ainsi des discussions portant sur la méthode de tel ou tel chapitre de l'enseignement et nous autres, professeurs, nous savons bien que ces discussions, une fois commencées, semblent ne jamais finir. Je me bornerai à faire une remarque générale, c'est que la didactique des mathématiques aurait la tâche de changer les grandes valeurs scientifiques en petites monnaies pour qu'un élève puisse rassembler petit à petit sa fortune scientifique. Le plus souvent, hélas, ce changement ne se fait pas sans perte et il entre beaucoup de fausse monnaie dans la circulation.

Tant que les vérités mathématiques n'entrent pas à l'école sans déformation ou, du moins, sans grande déformation, nous ne pouvons considérer nos méthodes comme satisfaisantes. De ce point de vue je ne dissimule pas qu'aucune des méthodes proposées dans les manuels scolaires que j'ai pu examiner ne me paraît bonne pour établir la formule de Taylor. L'un de ces manuels, par exemple, parle de la série infinie de Taylor sans définir ce que c'est que la somme d'une série infinie; un autre affirme qu'une fonction  $f(x)$  est développable en série de Maclaurin, si elle admet des dérivées de tous les ordres, finies pour  $x = 0$ . On pouvait lire dans un livre, c'est à M. Klein que je dois cette information, que toute série entière avait pour rayon de convergence l'unité. Les nombreuses méthodes graphiques qu'on a inventées dernièrement pour évaluer le reste de la formule de Taylor ne sauraient être prises pour des démonstrations rigoureuses. M. F. Klein, qui manie avec virtuosité le Calcul différentiel

et intégral dans son cours déjà plusieurs fois mentionné, expose la théorie générale de la série de Taylor sans s'écarter essentiellement de la démonstration rigoureuse en usage, fondée sur le théorème de *Rolle*. Naturellement il sait mettre à profit, dans certains cas, les circonstances particulières pour tourner la difficulté de la détermination du reste.

Quelque grande que soit l'importance attribuée à la série de Taylor, qui ouvre un monde nouveau devant l'élève des écoles secondaires en lui faisant voir les expressions analytiques des fonctions  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\log(1+x)$ ,  $\operatorname{arctg} x$  connues jusqu'ici par les tables seulement et en lui enseignant la formule générale du binôme établie, par des moyens élémentaires, seulement pour des exposants entiers et positifs : l'exposition de la théorie de la série de Taylor est, je crois, au point de vue des méthodes, un problème irrésolu aujourd'hui. Nous attendons des éclaircissements sur ce sujet des observations de MM. les délégués ici présents.

Cependant, la formule de Taylor, en la limitant au terme du deuxième ordre, peut s'établir facilement et à l'abri de toute objection, ce qui se voit dans plusieurs manuels scolaires. Cela est, selon mon avis, pleinement suffisant pour les besoins les plus urgents de l'enseignement secondaire : usage des tables de logarithmes et des tables de fonctions circulaires, évaluation de l'erreur, justification de l'interpolation linéaire. Pourtant on doit constater que même dans les écoles où la formule ou la série de Taylor sont enseignées, on néglige ces applications. Elles seraient pourtant utiles pour bien faire comprendre le sens de certains procédés qu'on emploie mécaniquement dans les écoles.

b) *Maximum et minimum*. On s'accorde généralement sur la méthode à appliquer pour les problèmes de maximum et de minimum. On sent partout que ces problèmes sont peut-être la partie la plus intéressante des matières nouvelles de l'enseignement secondaire et qu'ils ont, en outre, une importance universelle qui dépasse les cadres de l'enseignement. Dans plusieurs États, ils étaient toujours traités ou par des moyens algébriques élémentaires en se bornant aux fonctions du second degré ou par des méthodes en usage avant l'introduction de la langue du Calcul différentiel, méthodes qui cachaient, en réalité, des différentiations.

Les dérivées du premier et du second ordre apportent ici l'économie, l'unité et l'ordre de sorte que, presque partout, les anciennes méthodes sont tombées en désuétude. Il est regrettable que, dans quelques États, en conséquence de la manière dont on a incorporé les matières nouvelles, ces vieilles méthodes de calcul des maxima et des minima aient subsisté. C'est à regretter surtout parce qu'il faudrait éviter jusqu'à l'apparence même que les matières nouvelles soient placées à côté et au-dessus des anciennes, ne servant qu'à augmenter les matières de l'enseignement.

c) *Applications physiques*. Il va sans dire — et les réponses reçues nous apportent à ce sujet une pleine confirmation — que la dérivée une fois définie est utilisée en Physique pour définir la vitesse et l'accélération. Cachée, elle intervenait toujours dans l'enseignement de la physique; qu'elle intervienne ouvertement et c'est déjà un succès des idées nouvelles. Dans la Plupart des écoles allemandes, le Calcul infinitésimal trouve une application plus étendue : on s'en sert pour déterminer des centres de gravité, des moments d'inertie, le potentiel, le mouvement du pendule, la variation de la hauteur du baromètre avec l'altitude, etc.; on s'en sert en Autriche pour l'étude du potentiel; en Bohême et Danemark, pour déterminer aussi des centres de gravité et des moments d'inertie. Dans les écoles hongroises qui ont adopté l'enseignement du Calcul infinitésimal, on l'utilise dans une foule d'applications physiques, surtout si l'enseignement des Mathématiques et celui de la Physique sont donnés par le même professeur. Il y a cependant des chapitres de la Physique où les méthodes infinitésimales sont peu employées; elles sont rarement employées en Optique (dans certaines écoles allemandes seulement) et en Electrodynamique (dans des écoles allemandes, autrichiennes et hongroises). Comme le remarque justement M. *Possé*, auteur du rapport sur la Russie, en Physique, on ne se sert généralement que des Mathématiques élémentaires.

Le mouvement réformiste ne peut être considéré comme achevé tant que nous voyons les notions fondamentales de la Mécanique enseignées indépendamment des éléments du Calcul infinitésimal. L'avenir fera régner certainement l'harmonie, si désirable au point de vue pédagogique, entre les enseignements qui s'occupent, l'un de l'étude des fonctions et l'autre des phénomènes physiques et chimiques. M. *Timerding*, membre de la Sous-commission allemande, a publié sur ce sujet, pour la Commission internationale, une brochure du plus haut intérêt. Après avoir tracé un tableau historique du développement des méthodes infinitésimales, il soumet à une critique sévère, mais juste, les méthodes qu'on emploie en Physique et qui font usage du Calcul infinitésimal sans l'avouer; il dénonce les défauts de ces Compléments sur le Calcul infinitésimal, écrits à l'usage des physiciens qui sont, selon lui, la honte de la littérature mathématique, et il indique sur plusieurs exemples la marche irréprochable qu'on devrait suivre en appliquant le Calcul infinitésimal à traiter des problèmes de Physique. « Le Calcul infinitésimal, dit M. *Timerding*<sup>1</sup>, rend, en Physique, les services qu'on attend d'une méthode satisfaisante aux points de vue scientifique et pédagogique : notations claires où apparaît la nature des choses, et déductions simples, dénuées

<sup>1</sup> *TIMERDING, Die Mathematik in den physik. Lehrbüchern*, p. 108.

d'artifice ; de plus, il débarrasse la marche de l'enseignement physique des déductions mathématiques encombrantes et insuffisantes. »

Nous sommes loin de considérer la transformation de l'enseignement de la Physique, comme achevée dans tous les Etats ; mais l'intérêt de l'enseignement secondaire exige impérieusement que les idées nouvelles dont nous aspirons à la réalisation dans l'enseignement mathématique, pénètrent à fond l'enseignement physique. Celui-ci en deviendra plus vrai, plus sincère, plus simple, plus économique, plus complet par les forces et le temps gagnés et il réagira, à son tour, sur l'enseignement mathématique en le rendant plus pratique, plus facile à comprendre, plus uni et répondant mieux à l'idéal scientifique.

d) *Applications géométriques.* Le Calcul intégral est appliqué partout où il est enseigné à déterminer des aires et des volumes. Cela ne pourrait pas être autrement et là est principalement le caractère économique de l'introduction des méthodes nouvelles dans l'enseignement secondaire. Si l'on songe aux difficultés de la détermination des volumes du prisme oblique, de la pyramide et de la sphère, au calcul — qu'on effectue en quelques endroits — de l'aire de l'ellipse et d'un segment de parabole, il faut saluer comme un affranchissement l'introduction du Calcul intégral dans toutes ces questions. Pourtant, il me faut constater une fois de plus qu'on continue à appliquer, pour la détermination des aires et des volumes, les méthodes anciennes et, dans la plupart des cas, le principe sans beaucoup de valeur didactique de Cavalieri, même après avoir exposé les notions fondamentales du Calcul intégral. Cela tient assurément, d'une part, à ce que le Calcul infinitésimal n'a pas pénétré entièrement la matière de l'enseignement mathématique et, d'autre part, que les transformations ne se font que très lentement dans la vie des écoles. M. Klein dit avec justesse<sup>1</sup> : « Quand il s'agit de faire entrer des développements nouveaux, la loi de l'hystérésis se manifeste plus forte dans les Mathématiques que dans d'autres Sciences. Une idée mathématique nouvelle ne trouve le chemin de l'école que si des professeurs des Facultés la mettent en relief dans leurs cours, s'ils forment des générations de professeurs de lycée qui la représentent et enfin, si ceux-là lui donnent une forme propre à favoriser la propagation ; elle tombe à la fin dans le domaine public et une place lui est désignée dans les institutions scolaires. Et cela dure le plus souvent des dizaines d'années. » Je crois que la transformation du calcul des aires et des volumes ne s'accomplira aussi que dans quelques dizaines d'années. Il n'y a là rien qui doive nous surprendre ; ce n'est pas seulement la force de l'habitude

<sup>1</sup> KLEIN-RIECKE, p. 11.

qui conduit le professeur à appliquer les méthodes usuelles et, en particulier, la méthode d'exhaustion, c'est aussi, et surtout, la beauté de ces méthodes et l'admiration devant l'œuvre grandiose de l'antique esprit de la Grèce. Je crois fermement qu'un jour la situation sera complètement changée : l'enseignement secondaire utilisera, en vue de l'utilité, de l'économie et de la simplicité, le Calcul intégral et notamment la fonction primitive pour déterminer des aires et des volumes, et à l'Université on enseignera aussi les découvertes ingénieuses d'Eudoxe et d'Archimède pour perpétuer le souvenir des œuvres et des méthodes créatrices grecques et pour former la génération future des savants.

### V. — La question de la rigueur.

Le Comité central désirait en outre savoir, dans quelle mesure on faisait appel à la rigueur en enseignant le Calcul différentiel et intégral dans les écoles secondaires des différents Etats ; il ne lui faisait pas de doute que c'était là le point le plus délicat. C'est surtout du côté de l'enseignement supérieur qu'on entend se plaindre que l'enseignement secondaire fait plus de mal que de bien s'il n'adopte pas les méthodes rigoureuses d'une exposition scientifique ; par contre, les représentants de l'enseignement secondaire affirment que l'intelligence moyenne des élèves ne permet pas une exposition rigoureuse du Calcul différentiel et intégral. Où est donc la vérité ? L'avènement de l'entière rigueur n'est pas accompli de longue date dans les Mathématiques supérieures. Une étude historique nous montre qu'aux commencements on n'exigeait pas une définition précise des notions, ni des déductions logiques irréprochables. C'était peut-être favorable au progrès. Comme M. *Picard* dit : « dans les époques vraiment créatrices, une vérité incomplète ou approchée peut être plus féconde que la même vérité accompagnée des restrictions nécessaires. Si, par exemple, *Newton* et *Leibniz* avaient pensé que les fonctions continues n'ont pas nécessairement une dérivée, ce qui est le cas général, le Calcul différentiel n'aurait pas pris naissance ; de même les idées inexactes de *Lagrange* sur la possibilité des développements en série de Taylor ont rendu d'immenses services et il est heureux que *Newton* ait eu, au début de ses recherches, pleine confiance dans les lois de *Képler*<sup>1</sup>. » Cet état primitif, précédant la critique scientifique, était peut-être propice aux progrès des Sciences ; les inventeurs n'ont pas vu des barricades se dressant de tous côtés ; ils croyaient que l'infini s'ouvrait devant eux ; ils ont mis une confiance exagérée dans leurs forces et dans la force

<sup>1</sup> PICARD, *La Science moderne*, p. 52.

de leurs méthodes. Mais le maintien de cet état de choses serait-il légitime et désirable, serait-il conforme à la dignité, à la vérité, à la sincérité et surtout à la valeur pédagogique et scientifique de l'enseignement mathématique ?

La rigueur du Calcul différentiel et intégral ne commence qu'avec *Cauchy*, qui a reconnu, le premier, l'importance du théorème des accroissements finis. Celui qui connaît la lenteur de l'expansion des idées ne s'étonnera pas qu'à l'époque où *Gauss*, *Cauchy* et même *Weierstrass*, *Dirichlet* et *Riemann* ont agi, la plupart des mathématiciens ont appris, en Allemagne et ailleurs, les éléments de leur science dans des livres comme ceux de Lübsen, d'Autenheimer, etc. ou même dans des cours élémentaires servant d'introduction à des traités de Physique. Cette littérature sans nulle critique scientifique n'a pas nui à ceux qui étaient bien doués pour les Mathématiques, elle leur a été utile peut-être en les stimulant à préciser les notions enveloppées de brouillard métaphysique. Mais à la grande masse du public des écoles elle a été funeste : les esprits ont acquis un semblant de science qui chancelait, au lieu d'apprendre une science limpide et sûre. Cette époque est caractérisée avec justesse par M. Klein dans son ouvrage autographié *Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus*, où il retrace en quelques mots brefs et décisifs le développement historique du Calcul différentiel et intégral<sup>1</sup>. Quelques souvenirs de jeunesse qu'on trouve dans l'ouvrage déjà mentionné, Klein-Riecke, etc. (p. 11), sont particulièrement caractéristiques. En 1865, lorsque la critique mathématique était, sinon à son apogée, du moins en pleine floraison, il entendit dire, au sortir du gymnase, par son professeur de Mathématiques : « les Mathématiques supérieures ont un tout autre caractère que les Mathématiques élémentaires ; en Mathématiques élémentaires, tout se démontre, tandis que les Mathématiques supérieures sont comme un système de Philosophie, on les croit ou on ne les croit pas. » Mais n'avait-il pas raison, ce brave professeur lorsqu'on pouvait lire dans l'ouvrage le plus répandu de l'époque que l'infiniment petit est un souffle, l'ombre d'une grandeur évanouie. Et ce Calcul différentiel et intégral sans rigueur, sans critique a longtemps vécu dans les esprits. Comme des couches géologiques à l'intérieur et sur la surface de la Terre, des couches humaines se sont conservées dans l'enseignement secondaire, couches qui ont gardé les fossiles de la Science des époques sans critique. Ne nous étonnons pas que, dans cet état des choses, le gouvernement prussien ait retiré en 1882 aux écoles réales, et en 1892 aux gymnases réaux, l'autorisation d'enseigner le Calcul différentiel et intégral<sup>2</sup>. Je constate

<sup>1</sup> KLEIN, *Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus*. Teubner, p. 454.  
LIETZMANN, *Stoff und Methode*, etc., p. 81.

anxieux que le Calcul différentiel et intégral exact n'est toujours pas universellement connu et adopté. Eh bien, quelque partisans ardents que nous soyons des réformes en vue d'un haut idéal de culture générale, nous ne voulons pas de ce Calcul infinitésimal, superficiel, dépourvu de toute précision et indigne de la Science.

Heureusement, la situation change complètement aujourd'hui. Les professeurs d'aujourd'hui de l'enseignement secondaire connaissent, dans le monde entier, le Calcul infinitésimal rigoureux. Il n'est peut-être personne parmi eux qui n'ait lu l'un ou l'autre des ouvrages sur le Calcul différentiel et intégral de MM. *Jordan, Dini, Genocchi-Peano, de la Vallée-Poussin, Hobson, Kowalewsky* ou, pour citer le plus récent, celui de M. *von Mangoldt*. Je ne peux pas m'imaginer quelque part une formation des professeurs de lycée où, au moins dans les cours les plus élevés, l'esprit de ces ouvrages ne serait pas dominant. Même en Angleterre, où l'on s'attache si fort aux traditions de l'enseignement mathématique, la situation a beaucoup varié. Comme M. le rapporteur nous le signale, à Cambridge, il y a 20 à 25 ans, on ne faisait pas entrer la rigueur parfaite dans l'exposition des Mathématiques supérieures. Mais depuis, l'enseignement a subi une transformation profonde et les générations nouvelles respirent une atmosphère tout autre.

Nos vues sur la Science sont pénétrées d'esprit critique. Les méthodes de l'enseignement mathématique secondaire se sont améliorées. Les démonstrations à souricière de Schopenhauer, l'assemblage sans raison des théorèmes abstraits, les constructions compliquées fondées sur des artifices, la mémorisation démodée des Mathématiques ont disparu ou sont sur le point de disparaître : l'observation personnelle, les considérations d'ordre pratique, le travail simultané d'une classe entière, l'habitude du travail indépendant et l'introduction de la méthode heuristique ont transformé de fond en comble le système de l'enseignement secondaire. Il est à espérer que, si les nouvelles générations de professeurs acquièrent une vue claire et précise des principes fondamentaux du Calcul infinitésimal et de ses applications nombreuses et si elles ont une connaissance suffisante des méthodes, le travail pédagogique conscient de ces professeurs fera prendre au Calcul infinitésimal la place qui lui est due et lui donnera une forme aussi aisément maniable que celle des matières anciennes. Le travail tendant à ce but ne peut pas être considéré comme achevé là surtout, où les matières nouvelles ont trop d'étendue. C'est à nous, propagateurs des idées de réforme qu'incombe le devoir de conquérir le terrain par les armes de méthodes pédagogiques nouvelles.

Le point le plus difficile sera d'unir aux raisonnements intuitifs la rigueur au sujet de laquelle M. *Picard* dit avec raison « que la

vraie rigueur est féconde, se distinguant par là d'une autre purement formelle et ennuyeuse qui répand l'ombre sur les problèmes qu'elle touche. » Joindre l'intuition à la rigueur, un enchaînement de pensées mathématiques à des vues pratiques, faire un choix judicieux de matières et les ranger en bon ordre pour l'éducation : ce sont là des tâches pédagogiques et mathématiques que nous attendons voir accomplies dans l'avenir. A mon avis, notre devoir principal est d'introduire les notions du Calcul différentiel et intégral d'une manière intuitive, au moyen de considérations géométriques et mécaniques et de nous élever graduellement aux abstractions nécessaires. Toutes nos affirmations doivent être vraies, mais nous ne devons pas viser à atteindre la généralité parfaite. L'exposition des théories doit être naturelle ; n'acceptons pour guide que le simple bon sens et rejetons les artifices incompréhensibles. C'est aussi le moyen le plus sûr pour éveiller dans nos élèves le désir de la rigueur. Le professeur formé par l'éducation mathématique moderne, ayant des notions claires de la limite, de la dérivée, des intégrales définies et indéfinies, des séries infinies pourra aisément satisfaire le désir de rigueur s'il se manifeste. Nous n'avons qu'à songer aux paroles de M. *Hadamard* prononcées à propos de l'enseignement de la Géométrie<sup>1</sup> : « C'est par le bon sens que les commençants doivent comprendre les vérités qui relèvent du bon sens — quand ce ne serait que pour éviter cette erreur, si fréquente et si déplorable, de croire que les Mathématiques et le bon sens sont deux choses opposées. La rigueur viendra plus tard, lorsque la nécessité en sera apparue. »

Le Comité central désirait être éclairé à ce sujet lorsqu'il posait des questions relatives à la rigueur ; il voulait savoir, d'une manière précise, quels éléments d'une exposition scientifique exacte ont pu entrer ou ont la chance d'entrer prochainement dans l'enseignement des établissements secondaires. Il semble que le premier rang appartiendra, à cet égard, à l'Italie. M. *Castelnuovo* écrit dans son rapport : « Quelques-uns des professeurs ont introduit ces notions d'une manière rigoureuse, conforme à l'esprit qui domine l'enseignement mathématique de nos écoles moyennes. On pouvait respecter la rigueur d'autant plus que les programmes officiels des Instituts techniques comprennent la théorie des nombres irrationnels et des limites, théories qu'on développe ordinairement avec soin. La notion des irrationnelles (qui entre aussi dans les programmes des lycées) est présentée ordinairement en suivant la méthode de M. *Dedekind* ou en partant de la représentation par les nombres décimaux illimités. »

Nous pouvons nous faire une idée, sinon exacte, du moins approchée du degré de rigueur, en jetant un regard sur la marche

<sup>1</sup> Conférence du Musée pédagogique, 1904, p. 163.

suivie dans l'introduction des nombres irrationnels, et des limites, sur l'établissement des théorèmes relatifs aux limites, sur les éclaircissements donnés au sujet de la dérivabilité et enfin sur la définition et l'emploi des différentielles.

a) *Nombres irrationnels.* Nous avons vu dans les phrases empruntées à M. *Castelnuovo* qu'en Italie on présente une théorie complète et impeccable des nombres irrationnels en ayant recours aux coupures de M. *Dedekind*. Dans d'autres Etats, on introduit les nombres irrationnels incidemment à l'occasion de l'extraction des racines et l'on ne s'attarde pas à construire une théorie générale. Par exception, quelques professeurs insistent, dans les classes supérieures des écoles allemandes, sur le développement scientifique de la notion de nombre, et dans un tiers environ des écoles autrichiennes on définit le nombre irrationnel par la méthode de M. *Dedekind*.

b) *Limites.* Nous avons demandé, pour mesurer le degré de rigueur, quel rôle on attribue à la notion de limite. Nous pouvons constater que, nulle part, on ne se contente de l'intuition, pas même — d'après les manuels scolaires employés — en France, où pourtant le programme dit expressément : « Le professeur laissera de côté les questions subtiles que soulève une exposition rigoureuse de la théorie des dérivées ; il aura surtout en vue les applications et ne craindra pas faire appel à l'intuition. »

M. le rapporteur anglais résume en une formule concise la marche la plus recommandable à mon avis : « State nothing but the truth, but do not necessarily state the whole truth. » Tandis qu'une définition précise des limites ne fait nulle part défaut, les théorèmes élémentaires relatifs aux limites sont adoptés, presque partout, sans explications. Ainsi on les mentionne à peine dans les écoles allemandes et suisses, pas du tout dans les écoles anglaises, danoises et françaises ; on les enseigne dans un tiers environ des écoles autrichiennes et dans toutes les écoles russes ; on les trouve dans un manuel scolaire hongrois pour le cas où les fonctions envisagées sont de la forme  $f(x) = A + (x - a)^\alpha \varphi(x)$ , la fonction  $\varphi(x)$  étant bornée en valeur absolue dans le voisinage du point  $a$ , ce cas offrant le plus de facilité. A mon avis, on ne peut qu'approuver l'introduction claire de la notion de limite ; la passer sous silence serait absolument condamnable. Sans une définition précise des limites, seules les dérivées des fonctions rationnelles pourraient se déterminer, et encore cela n'irait pas sans faire souffrir la rigueur. Mais d'autre part, la notion de limite intervient si fréquemment au cours de l'enseignement secondaire et même dans le cycle inférieur (fractions décimales illimitées, aire du cercle, logarithme, série géométrique, etc.) que sa définition générale ne doit rencontrer aucune difficulté. Sa connaissance est indispensable à qui veut acquérir une culture générale mathéma-

tique et philosophique, objet de première importance pour tout l'enseignement secondaire. Je crois même qu'il existe à peine une notion mathématique qui l'égalerait pour l'influence sur le développement et l'expansion des habitudes de raisonnements exacts.

c) *Dérivabilité*. A la question du Comité central : *Signale-t-on l'existence de fonctions non dérivables*, les réponses étaient aisées à prévoir. Dans la plupart des écoles, on ne parle pas de fonctions non dérivables et là, où il en est question, comme par exemple dans quelques écoles allemandes, dans les écoles russes, dans un cinquième environ des écoles autrichiennes, dans un manuel scolaire anglais et dans certaines écoles suisses et hongroises, on se borne à dire qu'en *certain points* il n'y a pas de dérivée, parce que la sécante n'admet pas de position limite ; mais on ne fait même pas allusion à des fonctions continues, n'admettant nulle part de dérivées. Il va sans dire, et je crois exprimer ici une opinion unanime, que « la pathologie des fonctions » — pour employer l'expression de M. *Schænflies* — n'est pas à sa place dans l'enseignement secondaire.

d) *Différentielles*. La notion de différentielle n'est pas introduite dans les écoles françaises et dans la plupart des écoles suisses, allemandes et hongroises. Parmi les manuels scolaires allemands, celui de MM. *Behrendsen* et *Götting* est le représentant le plus répandu des idées de réforme, et ce manuel ne mentionne pas les différentielles. Notre rapporteur anglais nous informe que, parmi les ouvrages employés, celui de *Lodge* adopte pour base les différentielles pour la raison qu'elles ont une importance capitale dans les applications géométriques et physiques et dans l'intégration considérée comme processus sommatoire et parce qu'elles sont plus facilement compréhensibles que la notion de dérivée, sans compter que les considérations d'ordre historique parlent en leur faveur. — Cependant, les autres manuels anglais se placent à un point de vue différent.

D'après M. le rapporteur russe : « on définit (en Russie) la différentielle d'une fonction, comme produit de la dérivée par l'accroissement arbitraire de la variable indépendante et l'on ne considère jamais le Calcul différentiel, comme Calcul approximatif. » On voit que ces idées s'accordent avec la définition *Cauchy*. C'est ce qu'on peut dire aussi du point de vue adopté, dans son manuel anglais, par M. *Gibson* qui définit la différentielle géométrique, à l'aide de la tangente, comme  $f'(x) \Delta x$  et aussi des instructions du plan d'études projeté en Serbie, qui définit, d'une manière analogue, la différentielle d'une fonction de plusieurs variables.

Dans les écoles danoises, on parle de différentielles, mais les professeurs n'ont, en général, pas pris parti. Nulle part, le Calcul différentiel n'est considéré comme ayant un caractère d'approximation et il ne semble pas que les différentielles d'ordre supé-

rieur aient trouvé des partisans. Notre rapporteur allemand écrit qu'on juge les différentielles de façons diverses. L'impression qui se dégage de la littérature est que les différentielles ont vécu. Pourtant, des mathématiciens s'occupant de calculs approximatifs, comme M. *Schülke* et ceux qui arrivent au Calcul différentiel par la voie de la Physique, comme M. *Richter*, penchent plutôt à la conservation des différentielles. Il est possible, quoique la littérature ne fournisse pas d'indications à cet égard, que, dans certaines écoles, on opère avec les différentielles comme si elles étaient des quantités déterminées.

Suivant les informations du rapporteur autrichien, les différentielles sont enseignées dans la moitié environ des établissements secondaires; on les considère comme des quantités infiniment petites, sauf un établissement où les différentielles ne remplissent que le rôle d'abréger les calculs approximatifs. M. le rapporteur est d'avis que les professeurs eux-mêmes n'ont pas une idée suffisamment claire de ces choses.

Les opinions peu différentes des rapporteurs autrichiens et danois ne sont pas isolées. En effet, la littérature scientifique elle-même n'a pas pris nettement parti parmi les diverses définitions des différentielles. La définition de *Cauchy*, dont nous avons déjà parlé, présente l'avantage qu'une relation homogène quelconque entre les différentielles se ramène immédiatement à une relation entre les dérivées, il n'y a, pour cela, qu'à diviser par une puissance convenable de  $dx$ . Mais on définit souvent la différentielle d'une fonction  $y = f(x)$  par l'égalité :  $dy = [f'(x) + \eta] dx$  où  $dy$  désigne l'accroissement total de la fonction  $y$  pour l'accroissement  $dx$  de la variable indépendante et  $\lim_{dx=0} \eta = 0$ . Si l'on adopte cette définition qui paraît convenir mieux aux applications géométriques et physiques, les relations homogènes existant entre les différentielles ne sont que des relations approchées qui ne deviennent exactes qu'en divisant par une certaine puissance de  $dx$  et en passant à la limite  $dx = 0$ . L'une ou l'autre de ces définitions, pourvu qu'on les applique conséquemment, apportent également la clarté et la précision dans les Mathématiques, mais nous sommes, je crois, unanimes à désirer que le brouillard métaphysique de l'infiniment petit n'entre pas dans l'enseignement secondaire. Je suis d'avis que la méthode la plus sage est de ne pas introduire du tout les différentielles dans l'enseignement secondaire. Cette vue est justifiée par la tendance qui veut les éliminer de toute la Science. Dans l'Encyclopädie der math. Wissenschaften (II. A. 2. p. 69), M. *Voss* écrit à ce sujet : « Les différentielles employées par *Leibniz* pour développer d'une manière simple le Calcul différentiel, sont *superflues* dans la théorie actuelle, quoiqu'elles soient difficiles à remplacer dans les notations usuelles du Calcul intégral, des équations différentielles et

des applications géométriques et mécaniques. » C'était déjà l'avis de *D'Alembert*; *Poincaré* aussi se ralliait à ces vues dans sa conférence plusieurs fois citée. Combien paraît-il plus nécessaire de rejeter de l'enseignement les notions qui donnent lieu à tant de malentendus.

## VI. — Fusion du Calcul différentiel et intégral avec les matières de l'enseignement secondaire.

Tous les pédagogues sont d'accord que, pour respecter l'ensemble harmonique et organisé de l'enseignement secondaire, les matières nouvelles réclamées par le mouvement réformiste ne doivent pas être placées, comme un supplément, à côté des matières anciennes, mais une fusion complète devra s'opérer entre elles. Le mouvement réformiste s'efforce, d'après M. *Klein*, de faire pénétrer d'un esprit nouveau les matières anciennes, plutôt que d'introduire des matières nouvelles<sup>1</sup>. M. *Timerding* manifeste une opinion pareille : « Nous insistons particulièrement sur le fait que les aspirations réformatrices ne tendent pas à faire suivre d'un cours de Calcul infinitésimal les matières enseignées en première, mais plutôt de faire entrer, dans toutes les parties de l'enseignement, les germes des notions du Calcul infinitésimal, germes qui ne manqueront pas, dans la suite, de se développer vigoureusement<sup>2</sup>. »

Conformément à ces vues répandues, la notion de fonction est préparée aujourd'hui avec soin depuis les classes inférieures : en insistant, dans l'enseignement de l'Arithmétique, sur les liaisons entre diverses grandeurs ; plus tard, au cours de l'enseignement algébrique, sur la représentation graphique des fonctions linéaire, quadratique et autres et, enfin, elle est préparée par l'introduction graduelle (lors même que le manuel y consacre un chapitre spécial) du Calcul différentiel et intégral. Je n'ai pas à exposer ici en détail les réponses se rapportant à ces questions. Toutes les réponses constatent que les matières nouvelles se sont fondues avec les anciennes. Seul le rapporteur russe est obligé d'écrire : Cette introduction n'est préparée dans les classes par aucune étude. Les nouvelles matières constituent un supplément tout nouveau au programme.

Pour opérer la fusion, plusieurs plans pourraient être adoptés : je n'ai qu'à rappeler le plan de Meran des professeurs allemands ; les plans d'études officiels de certains États allemands (en particulier, ceux de Wurtemberg, Bavière et Bade) publiés récemment parmi les brochures de la Commission internationale<sup>3</sup> ; les plans

<sup>1</sup> KLEIN-RIECKE, p. 26.

<sup>2</sup> TIMERDING, *Die Mathematik in den physik. Lehrbüchern*, p. 109.

<sup>3</sup> Neue Erlasse in Bayern, Württemberg und Baden, von Lietzmann, Geck, Cramer Band. II. 8.

d'études français, italien (liceo moderno), autrichien ; les manuels scolaires traitant du Calcul différentiel et intégral. (Je remarque, entre parenthèses, qu'à mon avis, notre Commission ferait un travail utile en publiant dans un même volume les plans d'études mathématiques des divers Etats). En 1911, dans une école hongroise (école réelle du IV<sup>e</sup> arrondissement de Budapest), les professeurs de Mathématiques, présidés par le directeur de l'école, M. *Kopp*, lui aussi mathématicien, se sont mis d'accord sur un plan qu'il convient de suivre dans l'enseignement des matières du programme. Ce plan étant remarquable par le rôle élargi qu'il attribue à la notion de fonction et par la fusion heureuse qu'il opère entre le Calcul infinitésimal et le programme du reste des matières admises, je me permettrai ici d'en extraire quelques passages : dans les classes de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup>, on dresse des tables empiriques et on représente graphiquement ces tables (température, pression barométrique, lever et coucher du soleil, etc.) ; dans la 4<sup>e</sup>, on représente des fonctions entières du premier et du deuxième degré et quelques fonctions rationnelles simples ; dans la 5<sup>e</sup>, on étudie la signification graphique de l'équation  $ax + by = c$ , en faisant usage du quotient de différences qu'on écrit avec la notation  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$  et l'on résout graphiquement le système d'équations linéaires à deux inconnues sans oublier de mentionner que les méthodes graphiques ne peuvent pas rivaliser avec le calcul. On suit une marche analogue pour représenter les fonctions du second degré et pour résoudre les équations du deuxième degré. En 6<sup>e</sup>, les fonctions  $10^x$  et  $\log x$  sont étudiées ; la représentation graphique fait voir que l'une est la fonction inverse de l'autre ; la représentation graphique est aussi utilisée pour les fonctions trigonométriques et pour l'interpolation linéaire. En 7<sup>e</sup> apparaît le problème de la tangente, ce qui conduit à différentier d'abord les polynômes. Après avoir défini, d'une manière précise, la notion de limite, on détermine  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x}$

et les dérivées des fonctions trigonométriques ; on passe ensuite aux notions de fonction primitive et d'intégrale définie et l'on exécute, comme applications, les calculs de volumes figurant sur le programme de cette classe. Enfin, en 8<sup>e</sup>, où le programme porte sur les éléments de la Géométrie analytique, on applique, pour déterminer la tangente des coniques, la marche qui conduirait, en général, à la différentiation des fonctions implicites. Il est toujours bien entendu que les démonstrations ne doivent pas être inexactes ; il est permis d'admettre des théorèmes sans démonstration, mais il faut le dire. Je tiens pour le principal mérite du plan qu'il embrasse *peu* du Calcul différentiel et intégral, mais ce peu est bien ordonné, étudié à fond, élucidé par des applications et mis en harmonie avec le reste du programme. On

m'a informé que ce plan modifié obtenait du succès et qu'il rendait les mathématiques plus faciles et plus aimées. Je ne crois pas me tromper en attribuant ce résultat à la sage modération.

*La question de l'allègement.* L'élargissement du rôle de la notion de fonction et l'introduction du Calcul différentiel et intégral ne peuvent produire le succès que si le programme ancien est réduit et s'il devient, dans son ensemble, plus économique. Ce dernier point n'a pas besoin d'explications. Des différentiations et des intégrations cachées interviennent si souvent dans l'enseignement mathématique et physique que leur remplacement par une méthode unique fait nécessairement gagner de temps et d'efforts. M. *Timerding* dit avec justesse que celui qui veut emporter du bois de la forêt fait mieux d'aller le chercher avec une voiture que d'emporter les morceaux un à un, à pied. L'amélioration de la méthode produit de l'allègement partout où le plan d'études choisit bien le moment d'enseigner les éléments du Calcul différentiel et intégral; si le choix n'est pas heureux, la simplification ne se fait sentir que dans l'enseignement de la Physique en y faisant usage des notions nouvelles. — En dehors de l'allègement qui vient de l'économie, il y a encore celui qui vient de la suppression de certaines parties du programme. Ainsi, en *Allemagne*, on désire supprimer les constructions compliquées des triangles et les formules trigonométriques difficiles et beaucoup y ajoutent l'analyse combinatoire et les nombres complexes (dans les gymnases), mais sur ces derniers points, les partisans de la réforme ne sont pas tous d'accord.

En *Autriche*, la moitié environ des écoles ne mentionne aucune suppression, le reste voudrait voir disparaître du programme les transformations algébriques artificielles et les équations et constructions compliquées. Il y en a qui suppriment les équations de Diophante, mais on est unanime à constater la simplification qu'apportent les éléments du Calcul différentiel et intégral.

En ce qui concerne les écoles *danoises*, j'ai déjà parlé de la question de l'allègement, en remarquant qu'elles pouvaient choisir entre deux programmes. En *France*, on trouve des avantages dans la simplification générale des méthodes et surtout dans les applications, notamment en Mécanique; le Calcul des aires et volumes se fait avant l'exposition des éléments du Calcul intégral par les méthodes élémentaires anciennes. En *Hongrie*, les partisans de la réforme sont d'avis qu'on peut supprimer les formules trigonométriques compliquées (établies en vue des calculs logarithmiques) et les équations compliquées et artificielles (les constructions compliquées étant déjà éliminées), mais que l'allègement proviendra surtout du contact intime des enseignements algébrique et géométrique, de l'élargissement du rôle de la notion de fonction et de l'économie produit par l'introduction des éléments du Calcul

différentiel et intégral. En *Angleterre*, on attend de l'allégement, en Algèbre, dans les méthodes commerciales du Calcul (obsolete commercial rules) et, en Géométrie, dans l'enseignement formel. En *Russie*, les matières de l'enseignement mathématique de la classe la plus haute ont été remplacées, en grande partie, par le Calcul différentiel et intégral. Ainsi, la revision générale, la divisibilité des nombres, les fractions décimales illimitées, les équations du second degré, la décomposition d'un polynome en facteurs, certaines parties de la théorie des équations, construction des racines de l'équation du deuxième degré, le dessin projectif, etc. sont supprimés. En *Suisse*, on voit un allégement dans la simplification des méthodes.

Ainsi, dans tous les États, on cherche à réaliser les réformes de façon à éviter le surmenage des élèves et on attend de la transformation des programmes une amélioration des méthodes apportant un allégement dans l'enseignement. De plus, on espère arriver à une réduction en revisant minutieusement les matières actuellement enseignées. Les détails sacrifiés ne représentent une perte considérable ni pour la culture mathématique générale, ni surtout pour les applications pratiques.

## VII. — Le mouvement réformiste et l'opinion publique des pédagogues.

Sur la question de l'introduction du Calcul différentiel et intégral dans l'enseignement secondaire, l'opinion publique des pédagogues s'est prononcée non en paroles, mais en actes, lorsque, dans presque tous les États qui ont adopté dernièrement un nouveau plan d'études, elle attribuait une place plus ou moins importante au Calcul différentiel et intégral et que, dans d'autres États, elle le faisait entrer dans l'enseignement avec le consentement tacite ou exprès des autorités. Pourtant, la Commission ne se dissimule pas que d'une part le succès, et d'autre part, l'opinion publique éveillée des représentants de l'enseignement peuvent seuls assurer le caractère définitif des résultats; c'est pourquoi elle avait rédigé ainsi la dernière question :

*Quels sont les résultats obtenus? La réforme est-elle reconnue comme nécessaire? Dans quelle mesure rencontre-t-elle de l'approbation ou de l'opposition? En particulier, quelle est l'opinion des représentants des mathématiques et de la physique?*

Comme premier résultat, il est à signaler, d'après le rapporteur *anglais*, que les questions posées aux examens d'Université exigent une connaissance de plus en plus approfondie du Calcul différentiel et intégral, et cela ne manquera pas d'agir comme un puissant levier sur l'enseignement secondaire qui se développe

avec une entière liberté. Un seul inconvénient peut en résulter, c'est que la pratique des Calculs algébriques en souffrira. Mais l'obstacle le plus grand qui empêche la diffusion des réformes, c'est — d'après M. le rapporteur — toujours l'inertie.

M. le rapporteur *autrichien* nous informe qu'à la question : l'introduction du Calcul différentiel et intégral est-elle un progrès ? deux tiers environ des établissements secondaires ont répondu affirmativement, un sixième négativement et le reste n'a pas manifesté d'opinion. On constate qu'en général les physiciens se montrent plus favorables aux réformes que les mathématiciens purs (y compris les représentants de la Géométrie descriptive). Il y en a qui se plaignent de surmenage et qui craignent que cette partie des Mathématiques ne devienne un formalisme vide de tout sens. Les mathématiciens appartenant à l'enseignement supérieur sont plus réservés encore. Selon eux, il faut, pour suivre l'enseignement supérieur, une certaine habileté dans le Calcul, une habitude de manier les formules et une capacité de saisir des raisonnements enchaînés. Les cours de Calcul différentiel et intégral de l'Université et de l'École technique supérieure ne profiteraient pas d'un cours élémentaire où les mêmes matières auraient été traitées. Ces remarques visent ceux des élèves qui se destinent aux carrières techniques ou à la carrière de mathématicien. Mais la majorité des élèves n'est pas dans ce cas et c'est à eux que pense M. le rapporteur, en disant que « donner aux futurs mathématiciens et aux futurs ingénieurs la préparation nécessaire et l'habileté de Calcul indispensable et, en même temps, faire acquérir aux autres élèves les éléments mathématiques de la culture générale, c'est là un problème grave qui n'a pas encore reçu de solution.

En *Danemark*, où le désir unanime des professeurs a été la cause de l'introduction du Calcul différentiel et intégral, on considère l'innovation comme un progrès incontestable, et les élèves, qui y apportent un intérêt très vif, acquièrent vite une habileté dans le Calcul différentiel et intégral, non sans le trouver difficile dans l'établissement logique des principes.

D'après M. le rapporteur *français*, « l'introduction d'éléments de Calcul infinitésimal est universellement approuvée, pourvu qu'on évite certaines exagérations, c'est-à-dire qu'on écarte les difficultés logiques en faisant appel à l'intuition et que l'on se borne à donner les notions élémentaires et précises suffisantes pour les applications usuelles. » Le rapporteur s'est aussi adressé au Président de l'Union des Physiciens, qui écrit : « L'avis de mes collègues est tout à fait favorable au maintien dans les programmes de ces notions sommaires, qui ne paraissent pas d'ailleurs présenter pour nos élèves de difficultés sérieuses. »

M. le rapporteur *russe* nous informe que « la plupart des repré-

sentants des Mathématiques considèrent l'introduction des éléments du Calcul infinitésimal comme utile et même nécessaire et demandent que cette réforme du programme soit accomplie dans les gymnases. Mais on n'est pas d'accord ni sur la manière dont cette réforme a été faite, ni sur les résultats obtenus. Les uns disent que les élèves suivent avec un grand intérêt les nouvelles méthodes et sortent de l'école mieux préparés qu'autrefois. Les autres signalent quelques défauts de la réforme, comme le surmenage; ils se plaignent de ce que la préparation aux matières nouvelles ne soit pas faite dans les classes inférieures, de ce que la plupart des élèves n'apprennent que des procédés mécaniques de Calcul différentiel et intégral, sans y voir le fond, et de ce que les Mathématiques élémentaires, jadis enseignées dans les classes supérieures, sont oubliées aujourd'hui, etc. » De tout cela, M. le rapporteur conclut que la réforme de 1907 ne saurait être définitive et qu'une réorganisation complète de tout l'enseignement secondaire est devenue une nécessité.

M. le rapporteur *suisse* observe que les professeurs appartenant à l'enseignement secondaire sont contents de la réforme pour des raisons scientifiques, vu l'importance extrême de la notion de fonction au double point de vue théorique et pratique, pour des raisons psychologiques, parce que les matières nouvelles peuvent servir de centre à tout l'enseignement mathématique et enfin, pour des raisons économiques, parce que l'introduction du Calcul différentiel et intégral élimine les méthodes élémentaires plus difficiles.

Les professeurs des écoles techniques supérieures *suisses*, tout en approuvant le mouvement réformiste et surtout la mise en relief de la notion de fonction et la réduction, dans leurs parties superflues, des programmes traditionnels, ne préconisent pas l'enseignement du Calcul différentiel et intégral dans les établissements secondaires, cet enseignement ne faisant qu'aggraver la tâche des écoles techniques supérieures.

Parmi les professeurs *hongrois*, la plus grande partie regarde avec sympathie le mouvement réformiste, mais une minorité estime que le Calcul différentiel et intégral devrait être enseigné seulement aux élèves bien doués pour les Mathématiques et non à des classes entières. La majorité des professeurs de l'enseignement secondaire et, avec eux, plusieurs professeurs d'Université, tiennent au contraire comme nécessaire l'introduction du Calcul différentiel et intégral d'abord, pour des raisons de culture générale et puis, comme il a été déjà dit, pour des raisons économiques, pédagogiques et pratiques. Qu'il me soit permis de citer ici l'opinion exprimée au sein de notre Commission par M. *Czakó*, membre d'élite du corps des ingénieurs hongrois, professeur et actuellement doyen à l'École royale polytechnique de Budapest.

Il ne croit pas que l'enseignement du Calcul différentiel et intégral des établissements secondaires puisse influencer sur l'enseignement mathématique donné à l'École polytechnique; celui-ci, en effet, ne se contenterait pas des notions sommaires acquises par les élèves. Mais l'enseignement de la Mécanique pourrait être commencé et terminé plus tôt sur la base de l'enseignement secondaire nouveau et cela serait, conformément à un vœu depuis longtemps exprimé des ingénieurs, éminemment désirable dans l'intérêt des élèves-ingénieurs.

Quoi qu'il en soit, ajoute M. *Czakó*, l'importance capitale des tendances rénovatrices réside dans le fait que leurs effets se feront sentir, par l'éducation reçue aux établissements secondaires, sur l'ensemble des classes dirigeantes. Parce que, plus encore que faire progresser l'enseignement technique, l'école secondaire doit se proposer la formation des esprits qui n'embrasseront pas les carrières techniques et qui, par la force du nombre, occuperont la plus grande partie des places dirigeantes dans la société. Ces esprits ont besoin de comprendre les phénomènes par lesquels se manifeste la marche de la civilisation humaine; et pour résoudre les problèmes toujours nouveaux posés par la civilisation en marche, il leur faut trouver des voies nouvelles et des moyens appropriés.

Il me reste à résumer les observations du rapporteur *allemand*. Je fais ce résumé à dessein après les autres pour les terminer avec la réponse que M. *Klein*, notre président, a adressée au rapporteur allemand. D'après M. *Lietzmann*, les professeurs sont contents, en général, des résultats et les considèrent comme un progrès; mais les mathématiciens appartenant à l'enseignement supérieur ne sont guère partisans des réformes, quoique peu d'entre eux s'y montrent résolument hostiles. Voici comment s'exprime M. *Klein* à ce sujet :

« Ce n'est pas aux professeurs de Mathématiques des Universités, mais c'est aux professeurs de Mathématiques des Ecoles techniques supérieures et aux professeurs de Physique des Universités qu'il appartient de se prononcer. Ceux-là, en premier lieu, ont à compter avec l'éducation mathématique moyenne des élèves arrivant à l'Université. Comment envisagent-ils l'introduction du Calcul infinitésimal? Je suis convaincu qu'un grand nombre d'entre eux n'a aucune connaissance de l'état actuel des choses. Et il y a encore une autre raison, pour laquelle beaucoup de mathématiciens des Universités se prononcent contre l'introduction du Calcul infinitésimal dans l'école. C'est l'inexactitude ou le manque de rigueur avec lesquels le Calcul infinitésimal est présenté dans certains manuels scolaires récents. On en conclut que le sujet est trop difficile pour l'école.

A cela, on peut répondre que pareils défauts se rencontrent

dans d'autres chapitres aussi des manuels scolaires, en particulier, dans l'exposition avec les méthodes de l'Analyse algébrique des séries infinies. La situation défectueuse s'explique non par les difficultés inhérentes à la matière, mais par le fait qu'un grand nombre des professeurs des écoles secondaires sont trop absorbés par les exigences pratiques de l'enseignement pour pouvoir porter leur attention sur les questions de la rigueur.

Par contre, les mathématiciens de l'Université ont la tendance de ne voir dans un manuel scolaire que les incorrections et ils négligent de juger la marche méthodique de l'exposition et l'adaptation du livre à l'intelligence des élèves. Ces deux états d'esprit ont éloigné les professeurs des écoles secondaires de ceux des Universités à tel point que le contact entre eux était très rare pendant des dizaines d'années. Maintenant que les questions du Calcul infinitésimal intéressent les deux parties, les divergences de vue se manifestent de nouveau et avec une ardeur qui crée des difficultés inutiles mais qui s'explique par le passé impossible à supprimer. Il faut, en y réfléchissant, nous réjouir de ce qu'une rencontre a été provoquée par la réforme de l'enseignement mathématique, réforme à laquelle l'introduction du Calcul infinitésimal donne son caractère distinctif. Plus les discussions sont vives, plus il y aura de chances que la séparation regrettable qui existe entre les milieux de l'enseignement secondaire et supérieur, et qui fait souffrir l'instruction publique, doive enfin disparaître. »

\*  
\* \* \*

Tous les rapports font ressortir que le rôle élargi de la notion de fonction et l'introduction du Calcul différentiel et intégral ont rencontré partout la sympathie des professeurs de l'enseignement secondaire. En plusieurs endroits, là surtout où les réformes ont été accomplies sur *l'initiative des professeurs, avec leur concours actif ou même par le choix libre de leur volonté*, cette sympathie allait jusqu'à l'enthousiasme. Ils mettent leur ambition à bien enseigner les matières nouvelles et s'ils savent garder la mesure, s'ils ont de bons livres à leur disposition, s'ils peuvent vaincre les difficultés de méthode par une main sûre et par une science profonde, les résultats acquis ne manqueront pas d'égaliser leur zèle.

Il est à regretter seulement que les professeurs appartenant à l'enseignement supérieur ne regardent pas toujours avec sympathie le mouvement réformiste. Notre président en a mis en lumière les raisons. Les professeurs d'Université, ennemis des réformes, les envisagent de leur point de vue spécial. Nous entendons la plainte éternelle qu'un cours de Calcul différentiel et intégral n'est pas suivi avec intérêt par celui qui en a déjà quelques connais-

sances. Pareils scrupules se présentaient toujours dans d'autres branches aussi. J'ai entendu parler d'un professeur de Physique qui commençait son cours en invitant ses auditeurs à oublier tout ce qu'ils avaient appris de la Physique dans l'école secondaire. J'ai connu un chimiste qui, dans l'intérêt de l'enseignement supérieur, s'opposait à l'introduction de la Chimie dans l'enseignement secondaire. Un professeur de la Géométrie descriptive préférait les élèves sortant du gymnase à ceux qui avaient étudié la Géométrie descriptive pendant quatre ans dans l'école réelle. Je crois que des exemples pareils abondent dans tous les pays. Le scrupule du mathématicien n'est donc pas nouveau et il est aussi dénué de fondement que les autres.

Le professeur d'Université a précisément pour tâche, après s'être rendu un compte exact de l'état d'instruction de ses élèves, d'éclairer d'un jour nouveau leurs connaissances et de bâtir ensuite sur ce fondement reconnu. Si l'école secondaire garde une sage mesure et ne veut pas se hausser à l'égal de l'Université, cette tâche ne sera point difficile. *Par l'étendue, le degré de généralité, la rigueur des méthodes, et par tout le vaste champ des applications, les deux enseignements se distingueront toujours. Ils se distingueront aussi par la personnalité des professeurs, par l'intelligence et la maturité des élèves.* Et ces différences sont si profondes, pour des raisons pédagogiques et scientifiques, qu'il ne peut pas être question d'un relâchement de l'intérêt si l'enseignement supérieur est à la hauteur de sa tâche. L'enseignement secondaire doit respecter les besoins de l'enseignement supérieur et celui-ci doit connaître les méthodes en usage dans l'enseignement secondaire. S'il en est ainsi, la connaissance des principes du Calcul différentiel et intégral servira de base aux développements ultérieurs, tout comme un enseignement intuitif de la Géométrie est la base de l'étude systématique de la Géométrie, la Physique expérimentale celle de la Physique théorique, l'enseignement secondaire de l'Histoire politique celle de l'enseignement supérieur de l'Histoire des lois et des institutions; bref, comme l'enseignement d'un cycle inférieur précède et prépare l'enseignement du cycle supérieur.

C'est plus qu'il ne faut pour attirer l'attention des professeurs d'Université sur les aspirations réformatrices et pour les engager — comme ils en ont donné l'exemple dans plusieurs pays — à donner une direction à l'enseignement secondaire du Calcul infinitésimal. Jusqu'à présent, ils se sont laissé guider à peu près uniquement par des considérations ayant trait à leur spécialité. Cependant, comme beaucoup de rapporteurs l'ont fait observer, notre question n'est pas celle des futurs ingénieurs et mathématiciens, mais celle de la culture générale. Elle est la question — j'y insistais dans l'Introduction — du dévelop-

pement de l'habitude des raisonnements exacts, de la pénétration de l'esprit mathématique dans toute la civilisation moderne. « Dans l'enseignement secondaire — dit M. Liard — les études scientifiques doivent, comme les autres, contribuer à la formation de l'homme. Elles sont donc, elles aussi, à leur façon, des « humanités » au sens large du mot, les « humanités scientifiques ».

En envisageant la question de ce point de vue, il est impossible que les maîtres de l'enseignement supérieur, les plus hauts représentants de la civilisation humaine, ne s'associent à nos vœux qui tendent à faire répandre dans le cercle le plus large possible, parmi tous les hommes qui cultivent la Science, la connaissance du Calcul infinitésimal qui est la Science du changement, principe éternel du monde, qui est l'instrument indispensable de tout raisonnement scientifique et qui, enfin, représente une création magnifique de l'esprit humain.

J'emprunte l'image à un récent discours éloquent de M. le Président de la République française, qui parlait du rôle de l'épée et de la plume, et je dirai que l'enseignement secondaire aussi a un triple devoir : Glorifier le passé, honorer le présent et préparer l'avenir. A mesure que nous avançons parmi ces devoirs de l'école, le rôle des Mathématiques se fait de plus en plus haut dans l'ensemble des humanités. Nous voulons préparer l'avenir en formant la jeunesse pour la vie active et pour la pensée scientifique.

Heureusement, notre mouvement réformiste trouve, parmi les professeurs d'Université de tous les pays, des appuis forts qui l'ont fait naître, qui l'ont doté de manuels scolaires et qui en répandent, dans leurs cours, les idées rénovatrices. Il est à désirer que tous les professeurs appartenant à l'enseignement supérieur connaissent ce mouvement qui n'est pas — comme M. Gutzmer, collaborateur dévoué de notre président, l'a dit au Congrès de Rome — une révolution, mais qui est une étape de l'évolution. Oui, nous travaillons par ces réformes non seulement au progrès de l'enseignement mathématique, mais aussi à l'évolution de toute l'éducation. Nous attendons de l'évolution de l'enseignement mathématique une forte discipline logique, une intuition féconde, un vif intérêt pour les questions pratiques, le sentiment des réalités, l'appréciation juste des faits, la méthode critique, l'habitude du travail indépendant et par-dessus tout : la connaissance et l'amour de la vérité. Tout cela ensemble fait l'idéal suprême de l'éducation, la question primordiale de la civilisation. Pour servir cet idéal, pour résoudre cette question, les professeurs des enseignements secondaire et supérieur doivent concentrer tous leurs efforts : s'ils le font l'avenir sera bien préparé.

---

**Annexe:** Nous reproduisons, à titre documentaire, le questionnaire qui a servi de base à l'enquête de M. le Prof. BEKE.

**Questionnaire pour la Sous-Commission A**  
**sur l'introduction des premières notions de Calcul différentiel**  
**et intégral dans les Ecoles moyennes.**

*Remarques préliminaires.* — 1. Le Comité central pose ces questions de manière à être renseigné sur les matières et la méthode d'exposition de cet important chapitre du plan d'études de l'enseignement moyen. Il tient à rappeler à nouveau qu'il ne prend pas parti pour une tendance déterminée, mais qu'il se propose avant tout de mettre en lumière les divers points de vue et les résultats obtenus.

2. — Nous entendons par écoles moyennes les établissements de l'enseignement secondaire supérieur désignés sous les noms de lycées, gymnases classiques ou réaux, ou établissements similaires des divers pays. Il serait utile d'avoir aussi des renseignements sur ce qui se fait dans les écoles normales d'instituteurs, s'il y a lieu.

I. — *Dans quelle mesure a-t-on introduit les premiers éléments de Calcul différentiel et intégral dans les écoles moyennes de votre pays?*

Nous désirons notamment être renseignés sur les points suivants :

a) Le Calcul différentiel est-il limité aux fonctions d'une variable ou considère-t-on aussi des fonctions de plusieurs variables ?

b) Quelles sont les fonctions auxquelles on applique le Calcul différentiel ?

c) Fait-on du Calcul intégral ? si oui, suivant quel programme ?

d) Expose-t-on le théorème de Taylor ?

e) Intègre-t-on des équations différentielles simples ? Lesquelles ?

II. — *Quel est le degré de rigueur dont on fait usage dans l'introduction des concepts fondamentaux et dans les démonstrations ?*

a) Se contente-t-on d'une introduction géométrique au Calcul différentiel, sans adopter d'une façon expresse la notion de limite, ou utilise-t-on cette notion ? Dans l'affirmative, est-ce que l'on présente une démonstration rigoureuse, ou envisage-t-on comme évidents des théorèmes tels que celui-ci :

$$\lim \frac{1}{a} = \frac{1}{\lim a} ?$$

b) Fait-on usage des différentielles ? Dans l'affirmative présente-t-on le Calcul différentiel comme une sorte de calcul approximatif, ou calcule-t-on avec des infiniment petits comme avec des grandeurs existant effectivement ?

c) Dans le théorème de Taylor tient-on compte du reste ou non ?

d) Signale-t-on l'existence de fonctions non dérivables ?

e) La notion de nombre irrationnel est-elle présentée sous une forme rigoureuse, ou se contente-t-on de parler seulement occasionnellement des nombres irrationnels, par exemple à l'occasion du calcul des racines ?

III. — *Quelles sont les considérations méthodiques que l'on suit dans l'introduction au Calcul différentiel et intégral ?*

a) Cette introduction est-elle déjà préparée dans les classes précédentes par une étude appropriée des fonctions simples et de leur représentation graphique, de manière que ces nouvelles matières ne constituent pas un supplément au programme, mais comme un chapitre qui se rattache étroitement à ce qui a déjà été vu.

b) Emploie-t-on la notation différentielle de Leibniz, ou bien les dérivées et les intégrales sont-elles désignées autrement ?

c) Commence-t-on l'exposé par le Calcul différentiel ou par le Calcul intégral, ou étudie-t-on simultanément les deux ?

d) L'intégrale est-elle présentée comme limite d'une somme (intégrale définie) ou comme fonction primitive (intégrale indéfinie) ? Si l'on opère des deux manières, dans quel ordre et dans quel lieu expose-t-on ces deux notions ?

e) Fait-on usage d'un manuel ? Quels sont les ouvrages caractéristiques dont on tient compte ? (Indication complète du titre, de l'éditeur et de l'édition).

IV. — *Quelles sont les applications du Calcul différentiel et intégral que l'on donne dans ce premier enseignement ?* Telles questions d'analyse, de géométrie ou de physique utilisant la notion de limite et qui, par leur importance, se trouvaient déjà partiellement ou entièrement introduites dans l'enseignement, sont-elles maintenant attachées directement à l'étude du Calcul différentiel et intégral, de manière à obtenir un exposé plus économique des matières à étudier ?

Nous signalons notamment les points suivants :

a) La théorie des maxima et minima.

b) Si l'on étudie la série de Taylor, quelles sont les fonctions dont on fait le développement en série entière ?

c) Au cas où l'on tient compte du reste dans la série de Taylor, fait-on usage des séries entières pour l'interpolation, l'extrapolation ou pour le Calcul des erreurs ?

d) Au cas où l'on étudie le Calcul intégral, applique-t-on celui-ci au calcul des aires (par exemple de la parabole, de l'ellipse) et au calcul des volumes ?

e) Pour quels concepts fondamentaux de la Mécanique, (vitesse, accélération travail, moment d'inertie, etc.) fait-on usage du Calcul différentiel et intégral ?

f) De la même manière en Physique, en particulier pour l'optique (courbes enveloppes, etc.) et en Électrodynamique (lignes de force, etc.).

V. — *L'introduction du Calcul différentiel et intégral a-t-elle amené un allègement du plan d'études en supprimant d'autres théories ? Dans l'affirmative, de quelle manière ?*

VI. — *Quels sont les résultats obtenus par l'introduction du Calcul différentiel et intégral ? Est-elle reconnue comme une réforme nécessaire ? Dans quelle mesure rencontre-t-elle de l'approbation ou de l'opposition ? En particulier quelle est l'opinion des représentants des mathématiques et de la physique ?*

Si vous avez à signaler d'autres observations ou remarques concernant l'enseignement du Calcul différentiel et intégral, veuillez en faire mention dans votre réponse à cette place.

Quels sont les passages des rapports publiés par votre sous-commission concernant la question de l'enseignement du Calcul différentiel et intégral ?

## II

# L'ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT DU CALCUL DES DÉRIVÉES ET DES FONCTIONS PRIMITIVES DANS LES LYCÉES DE FRANCE ET SUR LES RÉSULTATS OBTENUS

*Rapport présenté à la séance du 2 avril 1914.*

PAR

**Ch. BIOCHE**

Professeur au Lycée Louis-le-Grand (Paris).

Ce rapport doit compléter ce qui a été exposé dans les volumes publiés en 1911 par la Sous-commission française, et ce qui a été répondu à M. le Rapporteur Général pour la question A. Je me trouverai obligé de reprendre un certain nombre de choses déjà dites pour éviter de renvoyer à des textes dispersés ; mais je serai aussi bref que possible, des explications complémentaires pouvant être données au cours de la discussion.

1. — Si on néglige quelques faits exceptionnels que j'ai signalés dans le rapport intitulé : « Sur la place et l'importance des mathématiques dans l'enseignement secondaire en France », on peut dire qu'avant 1902 les dérivées étaient réservées au cours d'enseignement supérieur ou à ceux de la classe dite de *Mathématiques spéciales*.

En 1902, la notion de dérivée a été introduite dans l'enseignement secondaire proprement dit ; le programme de *Seconde C* et *D* (élèves de 14 à 15 ans) contenait cet article :

« Notion de la dérivée ; signification géométrique de la dérivée. Le sens de la variation est indiqué par le signe de la dérivée ; application à des exemples numériques très simples. »

En 1912, les notions sur les dérivées ont été supprimées du programme de *Seconde* et reportées en *Première*. Voici en entier le programme actuel de *Première C* et *D* :

« Equation et trinôme du second degré. Exemples numériques où la variable peut être une ligne trigonométrique. Notion de la dérivée ; signification géométrique de la dérivée, le signe de la dérivée indique le sens de la variation ; application à la variation des fonctions

$$\frac{ax + b}{a'x + b'}, \quad ax^2 + bx + c \quad ax + b + \frac{c}{x}$$

et à la variation de de la fonction

$$ax^3 + bx^2 + cx + d$$

où les coefficients sont numériques.

« Etude d'un mouvement rectiligne, uniforme ou uniformément varié. Définition de la vitesse et de l'accélération dans le mouvement rectiligne par les dérivées. »

On voit que le programme précise les fonctions simples auxquelles on doit se borner dans la classe de première. Pour ces fonctions l'expression  $F(x+h) - F(x)$  contient explicitement  $h$  en facteur; on peut donc simplifier le quotient  $\frac{F(x+h) - F(x)}{h}$  et obtenir une expression qui a une valeur bien déterminée lorsqu'on y fait  $h = 0$ .

Dans la classe de *Mathématiques*, où entrent les élèves<sup>1</sup>, après avoir subi une première série d'épreuves, pour se préparer à la seconde série du baccalauréat, on est conduit à des dérivées pour le calcul desquelles intervient la notion de limite; on établit, par exemple, que le rapport du sinus à l'arc tend vers 1 quand l'arc tend vers 0, ce qui se fait facilement en montrant que

$$\cos x < \frac{\sin x}{x} < 1$$

il y a donc à ce point de vue une différence bien nette entre les dérivées considérées en *Première* et celles qui sont réservées pour la classe de *Mathématiques*. Voici la partie du programme qui est relative aux dérivées et aux fonctions primitives :

« Dérivées d'une somme, d'un produit, d'un quotient, de la racine carrée d'une fonction, de  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\operatorname{tg} x$ ,  $\operatorname{cotg} x$ .

Application à l'étude de la variation, à la recherche des maxima et minima de quelques fonctions simples, en particulier des fonctions de la forme

$$\frac{ax^2 + bx + c}{a'x^2 + b'x + c'}, \quad x^3 + px + q$$

où les coefficients ont des valeurs numériques.

Dérivée de l'aire d'une courbe regardée comme fonction de l'abscisse (on admettra la notion d'aire). »

Je dois citer une note précisant l'esprit de l'enseignement des matières précédemment énumérées. « Le professeur laissera de côté toutes les questions subtiles que soulève une exposition rigou-

<sup>1</sup> La limite d'âge pour la première partie du baccalauréat est 16 ans; cependant les élèves approchant de cette limite obtiennent facilement une dispense d'âge.

reuse de la théorie des dérivées ; il aura surtout en vue des applications et ne craindra pas de faire appel à l'intuition.

Je crois devoir mentionner la classe de *Mathématiques spéciales* sans donner ici beaucoup de détails, parce que cette classe n'a pas d'analogue dans l'enseignement moyen en dehors de la France. En *Mathématiques spéciales* on introduit la rigueur dans les questions de limites ; les nombres incommensurables sont définis au moyen de la notion de coupure ; on étudie les infiniments petits ; on emploie la notation différentielle de Leibniz ; on fait la théorie logique de l'intégrale définie avec de nombreuses applications géométriques et mécaniques ; on donne des propriétés fondamentales des séries entières<sup>1</sup> ; on intègre certaines équations différentielles : équations du premier ordre où les variables se séparent, équations différentielles linéaires du premier ordre, équations linéaires du deuxième ordre à coefficients constants.

2. — L'introduction des dérivées dans l'enseignement élémentaire telle qu'elle résulte de ce que je viens de dire, a donné dans l'ensemble de bons résultats. La notion de dérivée, quand on évite les subtilités logiques, semble très accessible aux élèves ; ceux-ci s'intéressent aux applications et arrivent facilement à étudier des fonctions simples. Je cite pour préciser des types de questions qui ont été traitées par des élèves de lycées, et qui semblent bien correspondre à ce qu'on peut demander à ceux-ci.

I. Devoir donné dans une classe de 1<sup>re</sup> C (élèves de 15 à 16 ans).

Etudier les variations de la fonction

$$y = x^3 - 2x^2 + x + 1$$

et construire la courbe représentative. Dire combien l'équation  $y = m$  admet de racines,  $m$  désignant un nombre donné quelconque.

II. Composition donnée dans une classe de *Mathématiques* (16 à 17 ans) [durée de la composition : 2 heures et demie.]

On considère le solide formé par un cône SAA' et un cylindre ABB'A' ayant la même longueur de génératrice  $SA = AB = a$ .

Soit  $x$  la hauteur SH du solide.

1° Exprimer le volume V du solide au moyen de  $a$  et de  $x$ .

2° Trouver pour quelles valeurs de  $x$  le volume V est maximum.

Calculer ce maximum en Hectolitres dans le cas où  $a = 1^m$ .

3° Construire la courbe qui représente les variations de la fonction

$$y = \frac{3V}{\pi a^3}$$

en représentant  $a$  par l'unité de longueur graphique.

<sup>1</sup> La théorie des séries entières permet d'éviter les complications qu'entraînait la considération du reste, pour le développement de certaines fonctions d'après la formule de Taylor.

Par exemple, pour développer  $L(1+x)$ , on considère maintenant le développement de  $\frac{1}{1+x}$  et on intègre.

4° Calculer l'aire comprise entre la courbe et la corde, joignant le point d'abscisse 1 au point d'abscisse 2.

5° Dédurre de la considération de la courbe combien il y a de valeurs de  $x$  pour lesquelles  $y$  reprend une valeur donnée. Calculer les valeurs de  $x$  qui correspondent à  $y = 3$ .

3. — Beaucoup de formules de mécanique ou de physique peuvent se démontrer maintenant dans les classes des lycées sans qu'on ait besoin de recourir aux procédés ingénieux, mais souvent bien compliqués ou artificiels, qu'on était obligé d'employer autrefois. On trouvera l'opinion des professeurs exprimée dans la lettre dont je vais donner des extraits. Cette lettre est de mon excellent collègue M. Wallon, professeur au Lycée Janson de Sailly, Président de l'Union des Physiciens ; celui-ci a bien voulu, avant de m'écrire, prendre l'avis de ses collègues constituant le bureau de l'Union, de sorte que le témoignage de M. Wallon a une autorité toute particulière.

« Nous nous sommes trouvés d'accord pour penser que l'introduction dans l'enseignement secondaire des notions élémentaires de calcul différentiel et intégral, nous avait rendu service et pour en souhaiter le maintien. Tel de nos collègues qui est, en même temps que d'un cours dans un lycée de Paris, chargé dans un lycée de jeunes filles de conférences complémentaires, nous signalait qu'à ces jeunes filles il était obligé, pour les besoins de son enseignement, de donner ces notions élémentaires. Et tous ceux d'entre nous qui ont eu autrefois à faire, en *Mathématiques élémentaires* par exemple, quelques leçons de mécanique, se trouvaient dans la même obligation ; seulement il leur arrivait souvent de ne pas appeler les choses par leur nom ! Il fallait bien tout de même montrer aux élèves, dans l'étude du mouvement uniformément varié, que l'équation donnant les vitesses en fonction du temps et l'équation donnant les distances à l'origine se déduisaient nécessairement l'une de l'autre ! Et je pourrais citer d'autres exemples.

« Il est certainement avantageux pour nous, de trouver nos élèves capables d'utiliser dans les cas, simples d'ailleurs, où nous en avons besoin avec eux, les méthodes de calcul dont il est question. Les comprennent-ils bien ? Ceci est autre chose, mais je puis dire que nous les y aidons, et nous pouvons, à cet égard, invoquer leur témoignage même ; nous leur fournissons, en effet, l'occasion d'appliquer à des choses concrètes, des notions un peu bien abstraites.

« Vous le voyez, l'avis de nos collègues est tout à fait favorable au maintien dans les programmes de ces notions sommaires qui ne nous paraissent pas d'ailleurs, pour des élèves de cet âge, présenter des difficultés sérieuses. »

Je vais maintenant exposer ce qui me semble être *l'opinion générale des professeurs de Mathématiques*, (opinion qui s'accorde

bien avec celle de leurs collègues de physique), de façon à formuler la *conclusion* de ce rapport.

Pour donner de bonnes habitudes aux élèves, il semble utile de ne pas faire commencer l'enseignement des dérivées au moment même où l'on donne les premières notions sur les fonctions. On constate en effet, souvent, que les élèves ont trop facilement tendance à s'imaginer qu'une fonction ne peut être étudiée sans qu'on n'ait besoin d'employer la dérivée. Cet abus ne se manifeste pas seulement dans les classes de l'enseignement secondaire, car on en trouve bien des exemples dans des concours où les concurrents ne sont plus des débutants en Mathématiques. L'introduction des dérivées dans le programme de *Seconde* telle qu'elle a été faite en 1902 a été, dès cette époque, jugée quelque peu prématurée par bien des professeurs. La modification apportée en 1912 et qui consiste à ne donner les notions sur les dérivées qu'à partir de la classe de *Première* conduit à un plan d'études qui se trouve bien gradué; les trois années, à partir du début du deuxième cycle, sont en effet nettement caractérisées.

I. — En *Seconde*, âge de 14 à 15 ans, les élèves doivent étudier directement des fonctions simples

$$ax + b \quad ax^2 + bx + c \quad \frac{ax + b}{a'x + b'}$$

et se familiariser avec les notions de variation et de représentation graphique.

II. — Ces notions acquises facilitent l'exposition donnée en *Première* des principes essentiels de la théorie des dérivées en faisant appel à l'intuition et en se bornant à des cas simples précisés au programme.

III. — En *Mathématiques* le champ d'études s'élargit encore; à ce moment les élèves arrivent facilement à pouvoir traiter les applications simples qui se rencontrent dans les problèmes de mécanique ou de physique; par exemple, dans ma classe de *Mathématiques*, je discute les différentes formes que peut prendre la courbe correspondant à l'équation de Van der Waals et j'établis la formule qui donne le moment d'inertie d'une sphère par rapport à un diamètre; mon collègue de physique traitant dans son cours les questions correspondantes, relatives à la théorie des gaz et au pendule composé.

En résumé, il semble bien établi que l'introduction de notions élémentaires de calcul différentiel et intégral dans l'enseignement secondaire présente de grands avantages si ces notions sont introduites graduellement et si on utilise le plus tôt possible les notions acquises pour des applications pratiques.

## DISCUSSION

*Sur les résultats obtenus dans l'introduction du calcul différentiel et intégral dans les classes supérieures de l'enseignement secondaire.*

## 1. Indications complémentaires

fournies par les délégués.

**Allemagne.** — M. W. LIETZMANN: Der Hauptberichterstatler, Herr BEKE, hat in so ausgezeichneter, vollständiger und übersichtlicher Weise, wie von allen Ländern, so auch von Deutschland die Tatsachen zusammengestellt, dass ich es im Augenblick vermeiden möchte, auf Einzelheiten einzugehen. Die Zeit ist schon weit vorgeschritten und sicherlich wird uns allen weniger an kleinen Ergänzungen, als an einer recht ausführlichen Diskussion gelegen sein. Deshalb nur einige kleine Bemerkungen.

Es war uns in Deutschland nicht möglich, eine ausführliche Rundfrage zur Beantwortung des von der Subkommission A ausgegebenen Fragebogens zu versenden. Ich habe selbst die Antworten auf den Fragebogen auf Grund der in den deutschen IMUK-Abhandlungen zusammengestellten Darstellungen und der sonstigen mir bekannten Literatur gegeben. Um aber einigermaßen sicher zu gehen, habe ich nachträglich meine Antwort an eine grössere Anzahl von Schulmännern geschickt, die mir in der Mehrzahl interessante Ergänzungen zu meinen Antworten zukommen liessen. Ist auch im wesentlichen das Bild ungefähr das gleiche geblieben wie vorher, so liessen es doch die mancherlei individuellen Züge jetzt wünschenswert erscheinen, das Ergebnis zu veröffentlichen. Ich erlaube mir, Ihnen einige Exemplare dieser Arbeit, die in der Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht erschienen ist, hier vorzulegen<sup>1</sup>.

Lassen Sie mich aus dem grossen Komplex der sich aufdrängenden Fragen zwei herausgreifen. Es ist ausserordentlich schwer den gegenwärtigen Standpunkt, den man in Sachen der Infinitesimalrechnung auf der höheren Schule in Deutschland einnimmt,

W. LIETZMANN, Die Einführung der Elemente der Differential- und Integralrechnung in die höheren Schulen. *Zeitschrift für mathem. und naturw. Unterricht*, 45 (1914), 145 ff.

genau anzugeben. Wir haben überall ein Nebeneinander verschiedener Standpunkte, statt eines einzigen. Ich nehme ein Beispiel heraus. Ich wähle die Lehre von den Potenzreihen, die an fast allen deutschen Realanstalten und auch an einem kleinen Teile der Gymnasien behandelt werden. Und ich betrachte da wieder nur die Stellungnahme zur mathematischen Strenge.

Ich will drei Perioden unterscheiden, die einen historischen Hintergrund haben.

In der ersten Periode rechneté man mit unendlichen Reihen wie mit endlichen; manchmal führte man eine Rechnung glücklich zu Ende, manchmal nicht. Die Untersuchung der Konvergenz fehlte noch.

In der zweiten Periode ist der Begriff der Konvergenz voll erfasst. Aber in der Art und Weise, wie man zu den Reihen kommt, ist man unkritisch. Man geht irgend einen Weg, der zur Aufstellung der Reihe führt, ohne sich darum zu kümmern, ob jeder der dabei getanen Schritte erlaubt ist oder nicht. Man vertauscht z. B. den  $\lim$  und das über unendliche Gliedzahl erstreckte Summenzeichen ohne zu beachten, dass das falsch ist. Es wird, kurz gesagt, der strenge Nachweis dafür, dass die erhaltene, später auf ihre Konvergenz untersuchte Reihe die Funktion auch wirklich darstellt, gar nicht ins Auge gefasst.

Und schliesslich die dritte Periode, die man etwa Kennzeichnen kann dadurch, dass in der Taylorschen Reihe das Restglied berücksichtigt und diskutiert wird.

Diese drei Stellungnahmen zur Strenge bei der Reihenlehre gehen nun in unseren deutschen Schulen vollkommen nebeneinander her. Irgend eine feste Abmachung, was erlaubt ist und was nicht, besteht nicht. Dem Mathematiker an der Universität graut, während gleichzeitig der Methodiker an der Schule das Verfahren noch für viel zu streng hält. Ich denke, dieses Beispiel zeigt recht deutlich, dass wir in unserer Methodik der Infinitesimalrechnung, so grosse Fortschritte sie gemacht hat, noch nicht zu einem festen Abschluss gekommen sind.

Und deshalb scheint mir eine andere Frage nicht unwichtig. Warum wollen wir jetzt in der höheren Schule Infinitesimalrechnung treiben? Der mathematische Unterricht ist gar nicht für die späteren Mathematiker da; er ist also beispielsweise durchaus nicht mit der *Classe de mathématiques spéciales* hier in Frankreich zu vergleichen, die einen gewissen Fachcharakter hat. Wir denken in unseren höheren Schulen nur an den mathematischen Bedarf des Gebildeten und vielleicht noch den besonderen Bedarf aller mehr technisch gerichteten Berufe, vom Kaufmann, Offizier usw. bis zu den Technikern im engeren Sinne. In Deutschland war deshalb auch mit dem Eindringen der Infinitesimalrechnung keine bedeutende Stoffvermehrung verbunden— das

Aussmass der Mathematik-Stunden ist sogar fast durchweg bei den neueren Lehrplänen gleichgeblieben oder gar zurückgegangen. Wir wollten nur das, was wir sowieso schon in unseren höheren Schulen trieben, einfacher, schöner, aufrichtiger treiben als vordem. Die Physik, die wir vorher auch schon trieben, wird mit der Benutzung der Infinitesimalrechnung erst recht durchsichtig. Die Berechnung der Flächen und Körper kann erst systematisch durchgeführt werden mit der Integralrechnung. Die Kurvendiskussion erfordert Differential- und Integralrechnung. Und auch wenn wir die Schüler soweit führen wollen, dass sie die Werte ihrer trigonometrischen und ihrer logarithmischen Tabelle selbst finden können, brauchen wir die Reihenlehre. So ist in Deutschland das Eindringen der Infinitesimalrechnung vor sich gegangen ohne dass Stoffe aus früherer Zeit in grösserem Umfange ausgeschieden sind.

Es liegt nahe, an dieser Stelle etwas über die Geschichte des Eindringens der Infinitesimalrechnung in das höhere Unterrichtswesen zu sagen, da hierbei der Einfluss des Landes, dessen Gast wir hier sind, nicht ohne entscheidende Bedeutung war. Infinitesimalrechnung ist schon seit vielen Jahrzehnten an deutschen Realanstalten getrieben worden. Wichtige Zentren, in denen sich eine Methodik der Infinitesimalrechnung unter der Führerschaft hervorragender Pädagogen entwickelt hat, waren in Süddeutschland Württemberg, im Westen Wiesbaden unter Traugott Müller, im Norden, wie Herr Beke näher belegt hat, eine lange Tradition in Hamburg. Weiter ist zu nennen der Einfluss von Seeger in Güstrow, in Berlin derjenige des Realschulmannes Gallenkamp und des Gymnasialmannes Schellbach. Sie haben aber doch alle die Sache anders angefasst als wir heute. Der Anstoss zu einer regeren Betätigung in der Infinitesimalrechnung ging von Göttingen aus, dort war es das kräftige Eintreten unseres verehrten Präsidenten der Internationalen Mathematischen Unterrichtskommission, die die Sache vorwärts getrieben hat. Klein aber ist in dem Gedanken, ebenso wie an die Realanstalten auch an die Gymnasien die Infinitesimalrechnung zu bringen, wesentlich durch die französischen Lehrpläne von 1902 bestärkt worden. Namentlich ist es die in diesen Lehrplänen zum Ausdruck gekommene Betonung des Funktionsbegriffes schon in den mittleren Klassen gewesen, die er als den springenden Punkt erkannt hat. Die Durchführung dieser Idee in den Lehrbüchern von *Tannery* und *Borel*, die uns in Deutschland in ausgezeichneten Uebersetzungen zur Hand sind, hat nicht wenig anregend für die ersten Förderer der Reformbewegung, wie nachher für die immer zahlreicher werdenden Anhänger gewirkt. Später ist man in Deutschland in den überaus zahlreichen Veröffentlichungen sehr bald auch eigene Wege gegangen. Wir legen in Deutschland

sehr viel Gewicht auf didaktische Durcharbeitung der Unterrichtsstoffe und so ist z. B. in unserer pädagogischen Presse über solche Fragen ausserordentlich viel diskutiert worden. Immer aber bleibt bestehen, dass die Anregung zur Wiederaufnahme alter Erfahrungen und zu ihrer allgemeineren Verbreitung zu einem Teile auf das französische Vorbild zurückgeht.

**Etats-Unis d'Amérique.** — M. E.-B. VAN VLECK : M. D. E. SMITH has correctly stated (see page 7, report of M. E. BEKE) « que le calcul différentiel et intégral ne figure pas dans l'enseignement secondaire » des Etats-Unis. To this it may be added that to some degree the first year or two of the American College course correspond, in character of work, to the last year of the German gymnasium and the classes spéciales of the Lycées. The study of calculus is very commonly begun in the second year of the college course, and not unfrequently it is taken by students in their first year. Furthermore, graphical representation for simple functions (linear and quadratic functions) has been increasingly introduced as a topic into the algebra of the high schools. From both of these facts it is clear that the tendencies now under discussion at this conference are also manifesting themselves visibly in the United States.

**Hongrie.** — M. RATZ : Nach dem ausführlichen und alle Fragen beleuchtenden Referat des H. Berichterstatters, Prof. BEKE, möchte ich mich nur auf einige Bemerkungen beschränken, welche sich auf den Unterricht der Diff.- u. Int. Rechnung in Ungarn beziehen. Aus eigener Erfahrung kann ich behaupten, dass wir nur dann einen wirklichen Erfolg dieses Unterrichtes erwarten können, wenn wir denselben in den unteren Klassen gewissenhaft und gründlich vorbereiten. Die graphische Darstellung und die Veränderungen der Funktionen, so wie auch die Einführung der Elemente der Differential- und Integralrechnung darf sich nicht auf die obersten Klassen beschränken. Es ist ja nicht Zweck der Reformbestrebungen den mathematischen Lehrstoff bedeutend zu vermehren, sondern wir wollen den Unterricht einheitlicher gestalten und die bisher voneinander unabhängig behandelten Fragen und Aufgaben mittelst allgemeiner Methoden auf gemeinschaftlicher Basis behandeln.

Der Funktionsbegriff muss sorgfältig vorbereitet werden und man muss den Schülern dazu hinlänglich Zeit gönnen, damit sie in das volle Verständnis desselben eindringen können.

Deshalb beginnen wir mit den graphischen Darstellungen in den untersten Klassen. Wir wählen verschiedene Aufgaben aus der Statistik, der Geometrie, der Physik, dem geschäftlichen Leben u. s. w. Diese vorbereitenden graphischen Uebungen beschäftigen die Schüler 3 Jahre hindurch. Im IV. Jahrgange beginnen wir dann

mit der Bildung der Funktionen, welche sich auf den vorhergegangenen Rechenunterricht stützen. Erst dann wird auf die systematische Behandlung der Funktionen 1., 2. und 3. Grades eingegangen. Die Lösung der Gleichungssysteme wird rechnerisch und graphisch ausgeführt. Grosses Gewicht legen wir auf die graphischen Lösungen der Ungleichheiten. Sehr instruktiv ist auch die Diskussion der Gleichungen der Kegelschnitte. Der Schüler der mittleren Klassen soll, ohne im voraus zu wissen, um welchen Kegelschnitt es sich handelt, durch Eintragung einzelner Punkte und aus der Form der Funktion die fundamentalen Eigenschaften des betreffenden Kegelschnittes selbst erkennen.

Mit diesem Verfahren wird die analytische Geometrie, welche auf einer höheren Stufe des Unterrichtes die Umkehrung dieser Aufgabe behandelt, bestens vorbereitet. Auch in dem Unterricht der Trigonometrie und der Logarithmen, wird die graphische Darstellung ausgiebig benützt und verwertet. An die analytische Geometrie der Ebene, welche wir in der vorletzten Klasse unterrichten, schliesst sich dann die Einführung der Infinitesimal-Rechnung.

Wenn der Funktionsbegriff mittelst einfacher, dem praktischen Leben entnommener Beispiele eingeführt und befestigt, wenn in den mittleren und oberen Klassen der Unterricht in der Algebra auf den Funktionsbegriff aufgebaut wird und wenn der Unterricht überall die graphische Darstellung begleitet und ergänzt, dann bietet die Einführung der Differential- und Integralrechnung den Schülern keine besonderen Schwierigkeiten.

Es wäre verfrüht über den Erfolg dieses Unterrichtes schon jetzt ein Urteil fällen zu wollen. Ich möchte nur bemerken, dass diejenigen unserer Schüler, welche die Universitäten und die polytechnischen Institute besuchen, uns zu wiederholten Malen ihren Dank darüber aussprachen, dass sie schon in den Mittelschulen Gelegenheit fanden sich die Elemente der Differential- und Integralrechnung anzueignen, da sie dadurch in die günstige Lage versetzt wurden, sich in die wissenschaftlichen Methoden des Universitätsunterrichtes besser einzuarbeiten zu können und ihnen das Verständnis der naturwissenschaftlichen Lehren stark erleichtert wurde.

Im übrigen stimme ich dem Herrn Berichterstatter vollkommen bei, besonders was den Umfang der zu unterrichtenden Infinitesimal-Rechnung anbelangt.

Wenn wir die richtige Grenze überschreiten, setzen wir uns der Gefahr aus, einzelne Gebiete der Elementar-Mathematik zu vernachlässigen. Es muss besonders betont werden, dass wir den Unterricht der Geometrie nicht im geringsten einschränken, sondern denselben auf der bisherigen Höhe erhalten wollen. Deshalb dürfen wir im Unterrichte der Differential-Rechnung nicht zu

weit gehen, aber das Wenige was wir bieten, muss gründlich und gewissenhaft durchgearbeitet werden.

**Italie.** — M. CASTELNUOVO remaque qu'on n'a, en Italie, aucune expérience sur l'enseignement des éléments du calcul infinitésimal dans les écoles moyennes, car ces éléments n'y ont pas été introduits jusqu'ici, sauf dans quelques classes particulières, sous la responsabilité directe des professeurs. C'est seulement dans les programmes des lycées modernes qui ont été publiés tout dernièrement et qui seront adoptés l'année prochaine, que paraissent pour la première fois les notions de fonction, de dérivée et d'intégrale définie. M. Castelnuovo, qui a contribué à la rédaction de ces programmes et qui est favorable à la réforme de l'enseignement secondaire, croit cependant qu'il faut éviter d'introduire des sujets trop élevés pour l'intelligence et la culture moyenne d'un élève du lycée (tels que la série de Taylor, etc.). M. Castelnuovo pense qu'il faudrait se borner à exposer, dans les écoles secondaires, les notions de mathématiques qui appartiennent à la *culture générale*; il entend parler de ces notions que toute personne doit connaître pour aborder l'étude des sciences (économiques, naturelles...) où les conceptions et le langage des mathématiques ont une importance bien supérieure à celle de l'algorithme. Il convient de réserver l'enseignement *technique* des mathématiques aux personnes qui se consacreront à des études spéciales (mathématiques, physique, sciences de l'ingénieur); la place pour cet enseignement se trouve dans les universités ou dans les écoles polytechniques.

**Roumanie.** — M. RALLET: En Roumanie, dans l'enseignement secondaire, en fait de Mathématiques, on a introduit depuis quelques années déjà, dans les 3-4 dernières années du lycée réel les notions de dérivées et fonctions primitives; dans la dernière année même on enseigne un peu de Géométrie analytique en particulier la ligne droite, le cercle et les coniques, étudiées sur les équations simplifiées.

**Russie.** — M. C. POSSÉ: M. le général POPROUGENKO, membre de la Direction des écoles militaires en Russie, ici présent, a bien voulu me charger de communiquer, que l'enseignement des éléments d'analyse a été introduit en 30 corps de Cadets il y a 5 ans. La notion de dérivées et son application à l'étude de la variation des fonctions constitue le programme modeste de ce cours d'une heure par semaine, pendant les deux premières années d'études.

Les élèves n'éprouvent aucune difficulté à se familiariser avec ces notions et s'y intéressent plus qu'à d'autres matières de leurs études. Les éléments de la Géométrie analytique figurent déjà depuis longtemps dans le programme de ces écoles.

**Serbie.** — M. PETROVITCH : On n'a pas introduit jusqu'à présent les éléments du Calcul infinitésimal dans les écoles moyennes en Serbie. On y a pensé depuis quelque temps, mais les événements dont notre pays a été le théâtre ont empêché de mettre le projet en exécution. Une sous-commission nationale est maintenant formée en Serbie, elle fonctionne et a élaboré un plan d'enseignement mathématique dont la réalisation s'effectuera, selon toute vraisemblance, dans un bref délai. Pour réaliser le nouveau programme, on compte sur les simplifications et réductions à faire dans les parties plus élémentaires.

Le délégué serbe compte pouvoir présenter au prochain Congrès comme chose finie, la réforme de l'enseignement mathématique en Serbie dans le sens des idées modernes, adaptées aux circonstances dont nous aurons à tenir compte.

## 2. — Discussion générale.

Pour donner une image fidèle des intéressants débats auxquels donnèrent lieu les rapports très documentés de MM. BEKE et STAECKEL, il faudrait pouvoir reproduire non seulement dans tous leurs détails les observations générales, mais aussi les remarques spontanées, souvent fort suggestives, présentées par quelques-uns des orateurs. Cela n'est guère possible; aussi devons-nous nous borner à signaler les points essentiels sur lesquels a porté la discussion. Celle-ci était basée sur les résumés, rédigés par les rapporteurs eux-mêmes et rappelant les principales parties de leur exposé.

RÉSUMÉ DU RAPPORT GÉNÉRAL DE M. E. BEKE  
*sur les résultats obtenus  
 dans l'introduction du Calcul différentiel et intégral  
 dans les classes supérieures de l'enseignement secondaire.*

1. — **Place du Calcul différentiel et intégral dans l'enseignement secondaire.** — Dans tous les pays où, pendant les douze dernières années, un nouveau plan d'études des écoles secondaires est entré en vigueur, une place plus ou moins grande y a été réservée à la Notion de fonction et aussi — à très peu d'exceptions près — aux premiers éléments du Calcul différentiel et intégral.

A. — Les Eléments du Calcul infinitésimal figurent au programme officiel des écoles, ou au plan d'études établi par les écoles elles-mêmes, dans les pays suivants :

Etats allemands : Bavière, Wurtemberg, Bade, Hambourg.

Autres Etats : Autriche, Danemark, France, Iles Britanniques, Italie, Roumanie, Russie, Suède et Suisse.

B. — Les Eléments du Calcul infinitésimal ne figurent pas dans le plan d'études, mais ils sont enseignés dans un grand nombre d'écoles : Prusse, Saxe, Hongrie, Australie, et ils le seront probablement avant peu en Hollande, Norvège, Belgique et Serbie.

2. — **Etendue donnée au Calcul différentiel et intégral.** — *a)* Il n'est appliqué presque partout qu'aux fonctions d'une variable.

*b)* On enseigne partout la différentiation des polynômes, des fonctions rationnelles (ou au moins des quotients de deux polynômes linéaires), ainsi que, dans la plupart des pays, celle des fonctions exponentielles, trigonométriques et de leurs inverses.

*c)* Dans la plupart des pays on préfère la notation de Lagrange à celle de Leibniz.

*d)* Dans la plupart des pays on introduit aussi la notion d'intégrale ou de fonction primitive. Partout la notion d'intégrale suit celle de dérivée (en Bohême on les enseigne simultanément). Dans quelques pays, l'intégrale définie précède l'intégrale indéfinie; mais dans la plupart des Etats la marche inverse est suivie.

3. — **Applications du Calcul infinitésimal.** — *a)* La série de Taylor figure dans peu de programmes. Elle est néanmoins enseignée dans les écoles où les plans d'études embrassent depuis longtemps les séries infinies. Là on établit les séries de  $e^x$ ,  $a^x$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\log(1+x)$ ,  $(1+x)^m$ ,  $\arctg x$ . Je crois que l'exposition de la série de Taylor n'est pas encore suffisamment préparée pour l'école secondaire.

*b)* Le Calcul infinitésimal est appliqué partout à la recherche des maxima et minima.

*c)* Il est aussi appliqué en Physique, au moins pour définir la vitesse et l'accélération, mais quelquefois il trouve une application plus étendue (centre de gravité, moments d'inertie, potentiel, etc.) En Russie, on ne se sert généralement en Physique que des Mathématiques élémentaires.

*d)* Le Calcul infinitésimal est appliqué en Géométrie à la détermination des aires et des volumes, et c'est ici que la nouvelle méthode rend le plus de services au point de vue de l'économie. Mais on continue à appliquer les méthodes anciennes, surtout le principe de Cavalieri.

4. — **La question de rigueur.** — C'est un des points les plus délicats. Du côté de l'enseignement supérieur on entend dire que l'enseignement secondaire fait plus de mal que de bien s'il n'adopte pas les méthodes rigoureuses d'une exposition scientifique; par contre, les représentants de l'enseignement secondaire affirment que l'intelligence moyenne des élèves ne permet pas une exposition rigoureuse du Calcul différentiel et intégral. Les professeurs des écoles secondaires doivent connaître le calcul infinitésimal moderne et rigoureux, mais dans leur enseignement ils doivent appliquer une méthode intuitive, des considérations

géométriques et mécaniques, et s'élever graduellement aux abstractions nécessaires. C'est aussi la manière la plus sûre d'éveiller dans l'esprit des élèves le désir de la rigueur.

a) Les nombres irrationnels sont introduits presque partout incidemment à l'occasion de l'extraction des racines. La théorie générale n'est exposée qu'exceptionnellement.

b) La notion de limite est introduite partout, nulle part on ne se contente de l'intuition. Les théorèmes élémentaires relatifs aux limites sont adoptés presque partout sans explications.

c) On ne fait pas d'allusions à des fonctions continues n'admettant nulle part de dérivée. Dans certaines écoles on se borne à dire qu'en certains points la dérivée peut cesser d'exister.

d) Dans la plupart des écoles la différentielle n'est pas introduite, il règne une confusion dans l'explication de la notion de différentielle. Il est à désirer que le brouillard métaphysique de l'infiniment petit n'entre pas dans l'enseignement secondaire.

5. — **Fusion du Calcul différentiel et intégral avec les matières de l'enseignement secondaire.** — Les matières nouvelles ne doivent pas être placées comme un supplément à côté des matières anciennes, mais une fusion complète devra s'opérer entre elles.

L'élargissement du rôle de la notion de fonction et l'introduction du Calcul infinitésimal ne peuvent avoir de succès que si le programme ancien est réduit et s'il devient plus économique. Il résulte un allègement grâce à la fusion des matières nouvelles avec les anciennes et à la suppression de quelques matières surannées.

6. — **Le mouvement réformiste et l'opinion publique des pédagogues.** — Le caractère définitif des résultats de notre mouvement peut être assuré : 1) Par le succès ; 2) Par l'opinion publique toujours éveillée, des représentants de l'enseignement. Le mouvement a rencontré partout la sympathie des professeurs de l'enseignement secondaire, mais les professeurs appartenant à l'enseignement supérieur, qui le regardent de leur point de vue spécial, ne sympathisent pas toujours avec nos tendances.

Nous entendons la plainte qu'un cours de Calcul différentiel et intégral n'est pas suivi avec intérêt par celui qui en a déjà quelques connaissances. Il n'est pas difficile de réfuter cette assertion. Qu'il nous suffise de rappeler les avis favorables que nous avons rencontrés parmi les professeurs des Universités de tous les pays, qui regardent notre mouvement d'un point de vue plus élevé.

\*  
\* \* \*

Une première partie de la discussion sur les notions de dérivées et de fonctions primitives dans l'enseignement secondaire a eu lieu immédiatement après la lecture du rapport général de M. BEKE et du rapport spécial

de M. BIOCHE. Ont pris la parole : MM. BUHL (Toulouse), PADOA (Gênes), HADAMARD (Paris), CASTELNUOVO (Rome), POSSÉ (St-Pétersbourg), THAER (Hambourg), A. LÉVY (Paris), Th. ROUSSEAU (Dijon).

Il ressort de cette première discussion que l'introduction, dans l'enseignement moyen, des notions de dérivées et de fonctions primitives, a été généralement bien accueillie dans les principaux pays.

Comme l'a fait remarquer M. HADAMARD, membre de l'Institut, il faut que dans le premier enseignement des dérivées on évite d'établir un fossé entre l'intuition et la rigueur.

M. PADOA exprime la crainte que, pour donner satisfaction à des prétendues exigences didactiques, on ne retourne à la pseudo-intuition infinitésimale.

M. CASTELNUOVO, professeur à l'Université de Rome, désire avoir l'avis de ses collègues sur l'étendue à donner au calcul différentiel et intégral dans le programme des écoles moyennes. Il pense que dans cette première initiation on doit se borner à fixer clairement les notions indispensables pour suivre un cours d'une science quelconque, naturelle ou sociale, où l'on introduit le langage précis suggéré par les mathématiques.

A la question soulevée par M. Castelnuovo, M. Possé, professeur émérite de l'Université de St-Pétersbourg, répond qu'il estime que le minimum de connaissances mathématiques que doit fournir l'enseignement secondaire supérieur se trouve très bien représenté dans l'excellent manuel publié par Jules et Paul TANNERY, sous le titre *Notions de Mathématiques*<sup>1</sup>, programme du 31 mai 1902, Librairie Delagrave, Paris.

M. THAER, Directeur d'Ecole réale supérieure (Hambourg), tient à constater qu'en Allemagne l'introduction des dérivées n'a pas apporté de surcharge dans les programmes ; ces notions sont plus accessibles que celles qui ont été supprimées dans les classes supérieures. Quant à l'étendue du programme, M. Thaer estime que l'on doit s'arrêter à l'aire de l'ellipse ; il résume ses remarques comme suit :

« Ich bin nicht vorbereitet auf die Frage zu antworten, ob bei einem Umfang des Unterrichts in der Infinitesimalrechnung, wie er nach dem Bericht des Herrn Beke in Deutschland erteilt wird, eine Ueberbürdung der Schüler eintritt. Nach meinen persönlichen Erfahrungen möchte ich sie verneinen. Die Infinitesimalrechnung ist eher leichter als schwerer, wenn man sie mit dem vergleicht, was früher in den obersten Klassen getrieben wurde. Kein Schüler, der bis dahin in Mathematik normal folgen konnte, versagte in der Differenzialrechnung, ja mancher, der für Trigonometrie und Stereometrie wenig Interesse zeigte, gewann es an der Infinitesimalrechnung. Auch die Philologen stehen in Hamburg wohlwollend dieser Erweiterung des mathematischen Pensums gegenüber, waren es doch zwei klassische Philologen Direktor Friedländer und Schulrat Hoche die vor 40 Jahren in Hamburg die Differenzialrechnung einführten. Die Ergebnisse, wenn man als Grenze des Pensums die Berechnung der Fläche der Ellipse bezeichnet, sind gut, soweit man dies nach der Zensuren der Schüler beurteilen kann. Jedenfalls wird dies Prädikat, wie statistisch festgestellt ist, vier mal so oft in Mathematik erteilt wie in den Sprachen. »

M. THAER désirerait être renseigné sur le moment où l'on introduit généralement les dérivées. Le rapport de M. BIOCHE signale les modifications ap-

<sup>1</sup> Trad. allemande par P. KLAESS; B. G. Teubner, Leipzig.

portées en France au programme de 1902 : il serait intéressant de connaître les raisons qui ont amené cette revision des programmes.

« Gestatten Sie, dass ich Ihre Aufmerksamkeit auf eine Frage richte, die Herr BEKE in seinem mündlichen Bericht nur leicht gestreift hat, weil sie nicht im Fragebogen stand. Das ist die Frage : Wann im Schulleben können wir, wann müssen wir mit der Einführung der Ableitung beginnen ? Herr BIOCHE hat die Frage für Frankreich in einem Bericht beantwortet. Darin fand ich zu meinem Erstaunen, dass man die Behandlung der Ableitungen in der zweiten Klasse gestrichen. In Hamburg unterrichtet man allerdings seit 40 Jahren Differenzialrechnung, aber wir sind trotzdem noch nicht zu einer definitiven Methode gekommen. Die Ursache liegt vielleicht darin, dass wir im XIX. Jahrhundert die Infinitesimalrechnung an den Schluss eines durchaus im alten Stil gehaltenen Unterricht setzen. Erst durch den Einfluss von Herrn KLEIN haben wir seit 10 Jahren mit der Betrachtung der Funktionen in den Mittelklassen begonnen, und daraufhin in den letzten Jahren, angeregt gerade durch die Beobachtungen, die Herr GRIMSEHL in französischen Schulen gemacht hat, einen ganz elementaren Kursus, der sich im wesentlichen auf ganze Funktionen beschränkt, in der Differential- und Integralrechnung in der Oberrealschule bei Schülern von 15—16 Jahren eingeführt. Wir haben dadurch den Vorteil, dass wir im zweiten Kursus der Physik, der in derselben Klasse beginnt, sofort Differentiale und Integrale benutzen können. Auch der zweite Kursus der Stereometrie speziell die Volumberechnung wird dadurch auf ein höheres Niveau gehoben und in der analytischen Geometrie erreichen wir ganz wesentliche Vereinfachungen besonders bei der Behandlung der Tangenten und Normalen. Es wäre deshalb interessant, wenn Herr BIOCHE die Gründe angeben wollte, warum man in Frankreich die Infinitesimalrechnung in der zweiten Klasse gestrichen hat und dadurch auf den Vorteil verzichtet, sie schon nützlich in der Physik zu verwenden. »

*La seconde partie* de la discussion a eu lieu samedi matin. Y ont pris part : MM. BEKE (Budapest), THAER (Hambourg), BIOCHE (Paris), FONTENÉ (Paris), HADAMARD (Paris), DARBOUX (Paris), PADOA (Gènes), ENRIQUES (Bologne) et RIVAL (Grenoble).

M. BIOCHE, professeur au Lycée Louis-le-Grand (Paris), répond à M. Thaer en le renvoyant au rapport spécial annexé au rapport de M. Beke, on y trouve précisément la gradation établie maintenant, depuis la modification apportée en 1912 au plan d'études antérieur.

En *Seconde*, étude de fonctions simples, sans dérivées ;

En *Première*, notions sur les dérivées et leur usage, en se limitant à certaines fonctions précisées au programme ;

En *mathématiques*, extension aux fonctions rationnelles, irrationnelles du 2<sup>e</sup> degré, et trigonométriques.

Quelques personnes ont trouvé le programme trop restreint, et ont regretté que celui-ci ne mentionne pas la dérivée d'une fonction de fonction. Il ne faut pas oublier que les programmes de *Première* ou de *Mathématiques* sont des programmes de baccalauréat ; on a voulu éviter d'y mentionner certaines questions pour que celles-ci ne soient pas prises comme *questions de cours*. Mais les professeurs peuvent donner, et donnent effectivement, des théories ou des formules qui peuvent être utiles, bien que non explicitement mentionnées dans le programme ; on peut le constater en lisant les traités publiés à l'usage des élèves.

M. FONTENÉ, inspecteur de l'Académie de Paris, est de l'avis de M. Bioche. La séparation prévue dans le programme actuel est très utile ; l'élève doit d'abord étudier la fonction sans faire usage de la dérivée.

M. HADAMARD, membre de l'Institut, se déclare également d'accord avec les deux orateurs précédents. Dans l'enseignement il faut éviter l'automatisme ; il faut, le plus souvent possible, faire appel au bon sens. Le professeur doit s'assurer que l'élève sait étudier les fonctions élémentaires pour elles-mêmes, par la discussion directe et l'observation, avant de faire intervenir la dérivée. M. HADAMARD illustre ses observations par ses souvenirs d'examineur.

M. DARBOUX, membre de l'Institut, l'un des principaux collaborateurs aux programmes de 1902, fait remarquer que ces programmes prévoyaient déjà une gradation dans l'introduction des notions de fonction et de dérivée. Il faut aussi tenir compte qu'à côté du programme il y a également le rôle du professeur, qui doit savoir se limiter aux choses essentielles.

M. THAER dit qu'en Allemagne la première initiation se fait également dans les classes précédentes par la considération de fonctions simples et de représentation graphique. Le maître s'adresse alors à des élèves d'environ 14 ans. Les premières notions de calcul différentiel ne sont présentées que plus tard, lorsque les élèves ont 15-16 ans ; ce qui correspond donc, au point de vue de l'âge, à ce qui se fait en France. Pendant les trois années suivantes, les connaissances acquises sont utilisées, notamment en physique.

D'après M. PADOA, professeur à l'Institut technique de Gênes, le concept d'intégrale définie est plus accessible que celui de dérivée, car le premier réclame la seule notion de limite supérieure et inférieure, que les élèves possèdent déjà (nombres réels, longueur d'une circonférence, etc.), tandis que le second repose sur la notion plus subtile du passage à la limite. D'ailleurs, le théorème « sur le maximum d'un produit de  $n$  nombres absolus, ayant une somme donnée » permet de résoudre toutes les questions de maximum et de minimum qui se présentent dans les Mathématiques élémentaires ; tandis que, pour atteindre ce but par la méthode des dérivées, il ne suffit pas d'étudier les fonctions d'une seule variable.

M. FONTENÉ insiste à son tour sur la nécessité d'avoir un programme bien gradué ; il faut éviter chez les élèves un emploi machinal des connaissances mathématiques ; il craint qu'avec l'abus des dérivées, utilisées seules et sans réflexion, on ne diminue les occasions d'obtenir un effort personnel.

Quant à l'étude de la série de Taylor, comme l'a dit M. Beke, les élèves ne sont pas encore suffisamment préparés.

M. HADAMARD estime même que l'étude directe de la série de Taylor est d'un intérêt minime, non seulement dans l'enseignement élémentaire, mais d'une manière générale, car elle est fondée sur une idée peu scientifique, celle qu'une fonction arbitraire admet en général un développement de cette espèce.

Les récents programmes de la classe de *Mathématiques spéciales* ont modifié les vues relatives à l'application de la série de Taylor. Les seuls développements qui s'obtiennent par l'emploi du théorème général sont ceux de  $\sin x$ ,  $\cos x$ . Tous les autres  $[a^x, \log(1+x), (1+x)^m, \operatorname{arctg} x]$  sont déduits des propriétés analytiques des fonctions envisagées. A cet effet, les propriétés générales les plus simples des séries entières — en particulier en ce qui concerne la dérivation et l'intégration — sont démontrées.

M. ENRIQUES, professeur à l'Université de Bologne, trouve exagéré le

point de vue de M. Hadamard, d'autant plus qu'on doit à M. Hadamard des mémoires très remarquables qui se rattachent à la série de Taylor.

M. DARBOUX est d'accord dans une certaine mesure avec M. Hadamard. Pour les fonctions élémentaires, il n'est pas nécessaire d'employer la série de Taylor, mais il faut tout de même reconnaître que la formule est utile.

M. CZUBER, qui présidait la dernière séance, remercie au nom du Comité Central tous ceux qui ont participé à la discussion et proclame la clôture des séances de travail.

### Annexe : Extraits de quelques rapports nationaux.

Voici les Etats dont les délégués ont envoyé des réponses au questionnaire A concernant l'introduction des premiers éléments du Calcul des dérivées et des fonctions primitives dans l'enseignement secondaire supérieur.

	Rapporteurs :		Rapporteurs :
Allemagne	MM. LIETZMANN et THER	Hongrie	MM. BEKE et MIKOLA
Australie	CARSLAW	Iles Britanniques	GODFREY
Autriche	SUPPANTSCHITSCH	Italie	CASTELNUOVO
	BYDZOVSKI	Norvège	ALFSEN
Brésil	E. GABAGLIA	Russie	POSSÉ
Danemark	HEEGAARD	Serbie	PETROVITCH
Etats-Unis	D. E. SMITH	Suisse	BRANDENBERGER et
France	Ch. BIOCHE		FEHR
Hollande	CARDINAAL		

Le rapporteur général a dépouillé et étudié avec beaucoup de soins les réponses rédigées par les délégués et qui, pour la plupart des pays, formaient de véritables rapports. Il en a mentionné les résultats essentiels dans son excellent exposé ; nous n'avons donc pas à y revenir.

Trois des rapporteurs nationaux, MM. GODFREY, LIETZMANN et SUPPANTSCHITSCH, ont publié le résultat de leur enquête à la veille de la Conférence de Paris. Nous en extrayons les passages concernant plus particulièrement l'accueil fait à l'introduction des premiers éléments du Calcul différentiel et intégral dans l'enseignement secondaire.

**Allemagne.** — Le rapport publié dans la *Zeitschrift für mathem. u. naturw. Unterricht aller Schulgattungen* (45. Jahrg., 1914, 3. Heft, p. 145-160), sous le titre « Die Einführung der Elemente der Differential- u. Integralrechnung in die höheren Schulen. Bericht über die Verhältnisse in Deutschland, der Internationalen Mathematischen Unterrichtskommission erstattet von W. LIETZMANN mit zahlreichen Bemerkungen von Fachleuten », se termine par la remarque suivante de M. F. KLEIN :

Nicht auf die Vertreter der Mathematik an den Universitäten kommt es eigentlich an, sondern auf die Mathematiker an den technischen Hochschulen und die Universitätsphysiker. Denn diese haben mit der mittleren mathematischen Durchbildung der Abiturienten in erster Linie zu rechnen. Wie sie zur Frage der Einführung der Infinitesimalrechnung stehen ? Ich fürchte beinahe, dass eine grosse Zahl von dem augenblicklichen Stande der Dinge gar keine Kenntnis hat.

Wir befinden uns eben in einem Uebergangszustande. Im Zusammenhang damit stellt sich bei den Zuhörern, die mit einiger Kenntnis der Infini-

tesimalrechnung zur Hochschule kommen, vielfach ein besonderer Missstand ein, der nicht verschwiegen werden darf. Die Anfangsvorlesungen der Hochschulen setzen von alters her eine solche Kenntnis nicht voraus und können sie bis auf weiteres auch nicht allgemein voraussetzen. Es lässt sich also nicht vermeiden, dass zu Beginn Dinge berührt werden, die jenen Zuhörern bereits bekannt sind oder doch bekannt vorkommen. Der Studierende lässt sich dadurch nur zu leicht bestimmen, den Vorlesungsbesuch eine Zeitlang einzustellen, um dann plötzlich zu bemerken, dass er den Anschluss verloren hat; es gibt Fälle, wo dieser Schaden nie mehr gut gemacht wird. Auf Grund solcher Erfahrungen kommt dann der Hochschuldozent nur zu leicht dazu, den Unterricht in Infinitesimalrechnung an der Schule überhaupt zu verurteilen. Er hört auch zuweilen, dass dem Studierenden die Illusionen, unter denen er zu leiden hat, von der Schule her bereits geläufig waren. Wie ist da zu helfen? Ich denke nur dadurch, dass man die tatsächlichen Verhältnisse klar und immer erneut vor der Öffentlichkeit bespricht und dadurch den Beteiligten mehr und mehr ein richtiges Urteil über sie ermöglicht.

Es gibt aber noch einen anderen Grund, um deswillen sich manche Hochschulmathematiker gegen die Einführung der Infinitesimalrechnung an der Schule aussprechen. Es ist dies die Ungenauigkeit oder auch der Mangel an Folgerichtigkeit, mit der die Lehren der Infinitesimalrechnung in manchen neuerdings erschienenen Schulbüchern auseinandergesetzt werden. Man schliesst daraus, dass der Gegenstand für die Schule zu schwer sei.

Hierauf ist zu antworten, dass auch in anderen Kapiteln der Schullehrbücher, insbesondere in der Behandlung der unendlichen Reihen mit den Methoden der algebraischen Analysis, ähnliche Unvollkommenheiten auftreten. Der Missstand haftet also nicht am Stoff, sondern begründet sich dadurch, dass viele Lehrer unserer höheren Schulen von den praktischen Aufgaben der Unterrichtserteilung einseitig in Anspruch genommen sind und darüber nicht dazu kommen, den Fragen der Genauigkeit die erforderliche Aufmerksamkeit zuzuwenden. Umgekehrt neigt der Universitätsmathematiker dazu, bei der Durchsicht eines Schullehrbuches nur auf letztere zu achten und darüber die Leistung, die im methodischen Aufbau des Lehrganges und der Berücksichtigung der Fassungskraft der heranwachsenden Schüler liegt, zu übersehen. Beide Arten von Einseitigkeit haben sich bei uns so schroff entwickelt, weil der Kontakt zwischen den Vertretern der Schule und der Hochschule bei uns Dezennien hindurch ein äusserst spärlicher gewesen ist. Nun die Frage der Infinitesimalrechnung beide Seiten interessiert, stossen die Gegensätze unvermittelt aufeinander. Die Plötzlichkeit dieses Zusammentreffens verursacht unnötige Schwierigkeiten, ist aber in den Verhältnissen der Vergangenheit begründet, die wir nicht ändern können. Freuen wir uns umgekehrt, dass durch die Reform unseres mathematischen Unterrichts, die in der Einführung der Infinitesimalrechnung ihren bezeichnenden Ausdruck findet, überhaupt ein Zusammentreffen herbeigeführt wird. Je lebhafter dann die Erörterungen beiderseits werden, um so mehr wird die unheilvolle Trennung zwischen den Schulkreisen und den Hochschulkreisen, an der unser Unterrichtswesen krankt, überwunden werden.

**Autriche.** — M. R. SUPPANTSCHITSCH, l'un des délégués autrichiens à la Commission internationale, s'est excusé de ne pouvoir prendre part au Congrès. S'étant chargé des travaux préparatoires en réponse au question-

naire A du Comité central, M. Suppantschitsch a eu l'occasion d'étudier à fond l'état de l'enseignement du Calcul des dérivées en Autriche. A ce propos il a publié un article dans la *Zeitschrift f. das Realschulwesen* (1914, nos 1 et 2, 16 p.) sous le titre « Zur Frage der Infinitesimalrechnung an den Mittelschulen ». L'auteur a fait hommage à la Conférence de vingt-cinq tirages à part de sa Note; ils ont été distribués à la première séance de travail par les soins du secrétaire général, avec les exemplaires de la *Zeitschrift f. mathem. und naturw. Unterricht* contenant le rapport de la sous-commission allemande, par M. LIETZMANN.

Nous reproduisons ci-après les conclusions de M. Suppantschitsch qui nous prie, d'ailleurs, d'insister sur le fait qu'il exprime une opinion personnelle dont il est seul responsable :

« *Ueber Zustimmung und Ablehnung.* — Etwa zwei Drittel der Anstalten haben sich zustimmend geäußert, die anderen Anstalten verhalten sich zur Hälfte ablehnend, zur Hälfte ganz unentschieden.

Die Zustimmung wird motiviert mit der Vereinheitlichung aller Grenzbeachtungen, die früher im Unterricht des notwendigen Zusammenhanges entbehrt hätten, mit einem günstigen Einfluss auf die Lernfreudigkeit der Schüler, die sich besonders durch die Belebung der Wiederholung in der obersten Klasse zeige. Es wird gesagt, dass die Schüler den neuen Stoff, ohne die Mehrbelastung als drückend zu empfinden, in zufriedenstellender, wenn auch nicht eindringlicher Weise erfassen. Schliesslich wird auch manchmal auf den allgemeinen Wert dieser Dinge für die Bildung des jungen Mannes hingewiesen. Sehr oft wird auch der Vorteil betont, den die Absolventen auf der Hochschule hätten, da ihnen nunmehr die Vorlesungen nicht mehr als etwas unerhört Neues erschienen.

Gerade dies ist aber ein heikler Punkt. Hier müssen wohl auch die akademischen Lehrer gehört werden. Unter ihnen verhalten sich aber die meisten sehr ablehnend. Nach der Ansicht vieler von ihnen wünschen die Hochschullehrer bei den jungen Semestern vorzüglich eine beachtenswerte Rechenfertigkeit, die Fähigkeit, Formeln zu lesen und bei variirten Grössen zu deuten, und ganz besonders die Willensdisposition, eine Rechnung auch bis zu Ende durchzuführen. Auf unsicheren Kenntnissen der Infinitesimalrechnung — mehr könne die Mittelschule ja gewiss nicht leisten — könne man überhaupt nicht weiter bauen, man müsse nach wie vor von vorne beginnen. Könnten die neuen Verhältnisse vielleicht auch ein rascheres Vorgehen in den Anfangsvorlesungen nahelegen, so stehe doch dagegen die jetzt geringere Rechenfertigkeit der Studierenden und die grössere Ungleichartigkeit ihrer Vorbildung. Es sei auch gar schwer, einmal erworbene unrichtige Auffassungen zu korrigieren. Die Mathematik in der Mittelschule habe sich eben vorzüglich um jene Schüler zu bekümmern, die später nichts mehr von dieser Wissenschaft zu hören bekämen, den andern werde sie ja später in ganz anderem Ausmasse vorgesetzt.

Das Problem, den künftigen Ingenieuren und Naturforschern die passende Vorbildung und das nötige Ausmass an Rechenfertigkeit und gleichzeitig den späteren Nichtmathematikern die Fähigkeit zum richtigen Verständnis der mathematischen Elemente unserer Kultur zu geben, dieses Problem ist eben sehr schwer und noch nicht gelöst. Bloss um eine Art von Schülern hat sich die Mathematik der Mittelschule gar nicht oder fast gar nicht zu kümmern, das sind jene seltenen hohen Talente, die später bis zu eigener Forschung vordringen.

Den oben erörterten Zustimmungen stehen in den eingegangenen Antworten auch schroffe Ablehnungen entgegen. Es wird geklagt, dass eine Ueberbürdung der Schüler eintrete; sehr oft hört man, dass ein nur einigermaßen zufriedenstellendes Verständnis bei der Vielseitigkeit der Lehraufgabe der Mittelschule nicht zu erreichen sei, dass auch dieser Teil der Mathematik in der Schule zu einem verständnislosen Mechanismus heruntersinke. Eine Beantwortung weist auf den fundamentalen Unterschied hin, der zwischen der auf den nächsten Zweck gerichteten Sinnesart des Real- schülers und der dem Problem an sich mit Interesse gegenüberstehenden des Gymnasiasten bestehe. Die Physiker scheinen von der Infinitesimalrechnung mehr zu halten als jene Lehrer, die neben Mathematik nur noch darstellende Geometrie unterrichten. Sehr allgemein und wohl auch berechtigt ist aber die Klage, auch bei zustimmenden Urteilen, dass die jetzige Verteilung des Lehrstoffes äusserst ungünstig sei. Die Infinitesimalrechnung reife gewöhnlich erst in dem Jahre aus, das auf den Eintritt der Physik in den Unterricht folge. Dadurch gehe das passendste Anwendungsgebiet fast leer aus. Etwas besser scheint es in dieser Sache in einem Kronlande zu stehen, in dem die Infinitesimalrechnung schon etwas früher systematisch zusammengefasst wird. Sehr allgemein und wohl ebenso berechtigt ist der Wunsch, dass Mathematik und Physik von demselben Lehrer unterrichtet werden sollen, und der Wunsch nach grosser Beschränkung im Lehrstoffe.

Man sieht also: Die Frage, ob die Einführung der Infinitesimalrechnung einstimmig als ein entscheidender Fortschritt zu betrachten sei, ist mit nein zu beantworten. Es wird sehr interessant sein, die hier niedergelegten Beobachtungen mit den Erfahrungen anderer Länder zu vergleichen, was eben eine Aufgabe der Versammlung in Paris sein wird. Bedenke ich aber, dass gerade jene Anstalten, die sich nicht mit einer ganz groben Approximation begnügen, am meisten über den Mangel an Verständnis bei den Schülern klagen, so steigen mir Zweifel auf, ob unsere Schüler überhaupt für die Infinitesimalrechnung reif sind. Ich halte daher schon jetzt die Frage für sehr diskutierbar, ob die Infinitesimalrechnung aus der Schule nicht wieder verschwinden soll. »

**Iles Britanniques.** — M. C. GODFREY, l'un des délégués anglais à la Commission internationale, a été empêché, pour raison de service, de se rendre à la Conférence de Paris. C'est lui qui avait été chargé de renseigner le rapporteur général pour ce qui concerne les Iles Britanniques. Son rapport a été reproduit dans le n° de janvier 1914 de la *Mathematical Gazette* sous le titre « Teaching of Calculus in Public and Secondary Schools in the United Kingdom (16 p.). »

Parlant de l'accueil fait à l'introduction du Calcul des dérivées et des fonctions primitives, M. Godfrey s'exprime en ces termes :

In answering this question in the absence of definite replies from a large number of correspondents, it is difficult to eliminate one's own personal views and aspirations. The subject has been ably discussed by Mr. C. S. Jackson, in a paper entitled: « The Calculus as a School Subject », which is incorporated in Part I. of the Reports on the Teaching of Mathematics in the United Kingdom, as presented to the Cambridge Congress in 1912. Mr. Jackson's attitude may be described as sympathetic but critical.

Broadly speaking the movement has received general support. Perhaps the most powerful stimulus is that of the engineers, as represented by Prof. Perry. The physicists have long pressed for a modicum of calculus,

and prefer to take it without too much mathematical rigour. The Universities have progressively included more calculus in their examination papers for schools; these papers, together with those set by the Civil Service Commissioners (for admission to the Army and the public service generally), are the most powerful lever that acts on the school curriculum. It will be understood, of course, that there is in England no general curriculum imposed upon schools: schools frame their own curricula, but tend to adapt them to the examination requirements of their pupils.

Whatever opposition there has been to an introduction of the calculus at an early stage has come from those who fear that a diminished emphasis on the manipulative and formal side of algebra will have a bad effect. The question raised is this: What algebraic equipment constitutes a firm base for a superstructure of Calculus?

This is the only articulate objection that has found a voice. But the main obstacle is that most powerful force in educational matter — *vis inertiae*.

I submitted a first draft of this report to the members of the Public School Sub-committee of the Mathematical Association. I have to thank many of these gentlemen for suggestions which I have been glad to incorporate in the final report. It must not be understood, however, that anyone shares with me the responsibility for the statements made above.

Prof. Gibson informs me that my remarks may be taken as generally applicable to the Secondary Schools of Scotland.

---

# LA PRÉPARATION MATHÉMATIQUE DES INGÉNIEURS DANS LES DIFFÉRENTS PAYS

I

## RAPPORT GÉNÉRAL

*présenté à la séance du 3 avril 1914*

PAR

**Paul STAECKEL**

Professeur à l'Université de Heidelberg.

---

### I. — Généralités <sup>1</sup>.

Ce n'est pas par hasard que la Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique a inscrit à l'ordre du jour de sa réunion de Paris, la question de la préparation mathématique des ingénieurs. C'est à Paris, en effet, que se trouve l'École polytechnique, cette œuvre caractéristique de la première République, institution qui durant 120 ans a fait honneur à sa fière devise : Pour la patrie, les sciences et la gloire.

C'était une idée véritablement nouvelle que celle qui trouve son expression dans la loi de septembre 1794, et qui demandait une éducation théorique uniforme pour tous les jeunes gens désirent entrer dans certains corps militaires ou civils, l'artillerie, le génie, les mines, les constructions navales, les ponts et chaussées, etc. Pour atteindre ce but, on créa à côté des Ecoles spéciales de fondation antérieure, telles que l'École des mines, l'École des ponts et chaussées et d'autres, l'École polytechnique. L'organisation de cette École exerça une influence durable sur l'Enseignement des Mathématiques et sur la préparation mathématique des ingénieurs du monde entier.

---

<sup>1</sup> *Question I.* Comment la formation en vue d'une carrière d'ingénieur est-elle organisée dans l'Enseignement supérieur ? — L'entrée aux Ecoles supérieures est-elle précédée d'un enseignement particulier, comme les Mathématiques spéciales en France ? — Existe-t-il des établissements particuliers (écoles techniques supérieures) pour l'instruction des élèves-ingénieurs, ou n'y a-t-il dans ce but, que des subdivisions spéciales dans les Universités, ou bien les deux modes existent-ils simultanément ? — Une partie de la formation, en particulier la formation mathématique est-elle commune avec d'autres étudiants, par exemple avec les étudiants en Mathématiques ou en Sciences naturelles ?

D'une façon générale nous trouvons relativement à la préparation des ingénieurs deux systèmes. La plupart des pays ont adopté pour leurs écoles le système d'organisation mis en vigueur au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle à Karlsruhe et à Zurich ; ce sont les universités techniques (*Technische Hochschulen*). Ce qui caractérise ces écoles, c'est la présence d'une section consacrée aux sciences générales, sur le modèle de l'École polytechnique, précédant d'autres sections spéciales pour les architectes, les ingénieurs proprement dits, les chimistes. En bien des endroits, on trouve également des sections pour les constructions navales, les mines, les eaux et forêts, l'agriculture et enfin pour la préparation des professeurs de mathématiques et de sciences physiques et naturelles. Dans ces pays, on accorde une grande importance à la réunion des différentes sections en un seul ensemble, car on pense que des écoles spéciales isolées risquent de dépérir, si l'on les destine surtout à la préparation des fonctionnaires de l'État.

Dans le second système, ce sont les universités elles-mêmes, utilisées déjà pour la préparation des carrières libérales, qui se chargent de l'enseignement théorique des ingénieurs. Par la création de nouveaux instituts, elles entreprennent également une étude plus étendue de certaines branches techniques.

Le premier système est en vigueur en Allemagne, Autriche, Danemark, Espagne, Hollande, Hongrie, Norvège, Russie et Suède. Naturellement il existe aussi dans ces pays, outre les Universités, d'autres écoles spéciales, comme les Académies des mines et forêts ; en Allemagne, l'École des voies et communications et l'École des mines de St-Pétersbourg.

En France, en dehors de l'École polytechnique qui dépend du Ministère de la Guerre, il y a des Ecoles supérieures qui dépendent du Ministère du Commerce et de l'Industrie ou du Ministère des Travaux Publics. Ce sont l'École centrale des Arts et Manufactures, le Conservatoire des Arts et Métiers, l'École des Mines, l'École des Ponts et Chaussées, les Ecoles d'Arts et Métiers. Ces écoles forment des ingénieurs pour l'industrie privée, les Compagnies de chemins de fer, etc., en même temps que pour les Administrations publiques.

L'École centrale recrute ses élèves en majeure partie dans les lycées. Le Conservatoire des Arts et Métiers recrute ses élèves plutôt dans le public des contremaîtres ou des ingénieurs occupant déjà des situations dans l'industrie et désirant se perfectionner.

Depuis la réorganisation des Universités françaises (1897), qui dépendent du Ministère de l'Instruction publique, plusieurs d'entre elles ont institué un enseignement technique supérieur faisant suite à leur enseignement théorique. C'est surtout dans les branches de la chimie, de l'électricité et de la mécanique que

se sont développés ces enseignements techniques. Citons en particulier les Universités de Grenoble, Nancy, Lille et Toulouse.

En Angleterre l'enseignement des ingénieurs s'est développé plus tard que dans les pays continentaux. Ce n'est que vers la fin du XIX<sup>e</sup> siècle qu'on a organisé des cours techniques faisant suite à l'enseignement théorique des universités. En 1907 on a fondé le Collège impérial technique à Londres, institution analogue aux universités techniques ; cependant les jeunes gens ont l'habitude d'aller travailler dans les ateliers qu'une partie de ceux-ci qui immédiatement après avoir fini leurs études théoriques et ce n'est reviennent au Collège pour compléter leurs études techniques.

La Suisse possède une Ecole polytechnique fédérale à Zurich et une Faculté technique à l'université de Lausanne.

Autrefois, en Italie, la préparation théorique des futurs ingénieurs comprenait deux années d'université suivies de trois années d'étude dans une école technique spéciale ou dans une section technique d'une université. En outre il y avait une université technique à Milan fondée par Brioschi. Récemment, on a ajouté des universités techniques complètes, avec cinq années d'études, à Turin et Padoue.

Aux Etats-Unis, où une centaine d'universités s'occupent de la préparation des ingénieurs, il en existe à peu près un tiers de nature franchement technique ; les autres sont des universités ou des collèges renfermant, à côté des sections techniques, encore d'autres sections. Le rapport de la sous-commission américaine indique les avantages qui résultent de cette réunion des différentes sections. On signale l'émulation réciproque des diverses sections ; la possibilité de se procurer de meilleurs professeurs pour de plus grands établissements et de doter plus richement les instituts et les bibliothèques ; enfin une base plus large pour la préparation des étudiants. Comme désavantages, on constate que l'enseignement prend facilement un caractère abstrait et que les étudiants s'occupent davantage de sports dans les universités que dans les collèges séparés. On peut ajouter que, tout récemment, des tentatives ont été faites dans des pays possédant des universités techniques, à Dresde et à Innsbruck, pour rattacher l'université proprement dite à l'université technique supérieure.

Quelques-unes des universités techniques ont été d'abord des écoles spéciales qui avaient été elles-mêmes fondées pour satisfaire les besoins de l'industrie. Ce n'est que peu à peu que ces écoles ont acquis le rang académique, et qu'on leur a confié la préparation des fonctionnaires techniques supérieurs de l'Etat. Ce développement progressif est lié étroitement à la question de la préparation antérieure des étudiants. Ces écoles spéciales étaient généralement pourvues d'écoles préparatoires, dont l'enseignement était organisé en vue des diverses directions à

suivre ultérieurement ; en outre il existait également des écoles indépendantes pour la préparation des techniciens comme les Ecoles professionnelles provinciales en Prusse et les Ecoles industrielles de Bavière. Il est remarquable que les écoles de cette nature, à part quelques rares exceptions, ont disparu dans le courant du XIX<sup>e</sup> siècle, car l'opinion s'est de plus en plus implantée que la préparation aux diverses carrières supérieures doit être toujours précédée d'un enseignement général, permettant d'acquérir une éducation qui corresponde à l'état actuel de culture générale. Jusqu'à quel âge faut-il étendre cette instruction générale et quand peut-on commencer à prendre en considération l'individualité de l'élève ? Ce sont là des questions difficiles qui ont été fort discutées durant ces dernières années et sur lesquelles nous reviendrons.

Pour les raisons qui viennent d'être signalées, on exige partout pour l'entrée dans une université technique la preuve d'une préparation antérieure telle que celle qu'on peut acquérir dans une école moyenne, de sorte que les jeunes gens peuvent commencer leurs études à l'âge de 18 ou 19 ans. Dans le cas où une préparation de ce genre ne serait pas prouvée par des certificats officiels, on peut, dans bien des pays, remplacer ceux-ci par un examen d'entrée qui roule principalement sur les mathématiques.

En France, l'admission à l'Ecole polytechnique se fait par voie de concours ; les programmes exigent des connaissances importantes puisées dans les éléments de l'algèbre, de l'analyse, de la géométrie analytique, de la mécanique rationnelle, dont l'ensemble constitue ce qu'on appelle, en ce pays, les *mathématiques spéciales*. La préparation à ce concours peut se faire dans une classe de mathématiques spéciales, d'une durée d'un an au minimum, généralement de deux ans, et qui fait suite à la classe de mathématiques élémentaires par laquelle se termine l'enseignement secondaire. D'autres classes de mathématiques spéciales organisées d'une manière analogue préparent à l'Ecole centrale. En dehors de la France, de semblables dispositions n'existent, semble-t-il, qu'au Portugal.

En Allemagne on envisage de plus en plus favorablement l'idée d'une transformation de l'enseignement des dernières classes secondaires, afin de permettre aux élèves de manifester plus librement leurs goûts et leurs dons particuliers et de faciliter le passage à la liberté académique des universités. A cette demande de réforme, il faut ajouter celle des ingénieurs qui voudraient qu'on fût en droit de supposer connus, dès le début, des cours mathématiques et de physique professés dans une université technique, les éléments d'une forme plus large qu'on ne le fait actuellement. A Zurich on est déjà arrivé à n'admettre sans examen comme étudiants, que les élèves ayant obtenu leur maturité dans un

Gymnase scientifique (Oberrealschule) suisse reconnu par le Conseil de l'École polytechnique ou ayant une préparation équivalente ; par contre ceux qui ne possèdent que la maturité d'un Gymnase classique ou réal doivent subir un examen complémentaire en mathématiques.

En Russie, les jeunes gens qui se présentent à l'admission sont soumis à un triage fondé en partie sur les témoignages de maturité et en partie sur les résultats d'un concours roulant sur les mathématiques, la physique et la langue russe.

Par les observations qui viennent d'être faites, nous avons abordé la discussion de la question fondamentale de la préparation mathématique antérieure des étudiants. Les réponses qui ont été fournies par le questionnaire de la Sous-commission B montrent que les opinions sur ce sujet sont fort diverses ; la question mérite par conséquent d'autant plus qu'on la traite d'une façon détaillée dans la discussion.

Il existe d'abord une opinion extrême qui trouve ses adhérents surtout parmi les ingénieurs-mécaniciens ; ceux-ci veulent faire disparaître de l'université technique l'enseignement des mathématiques et des sciences physiques et le renvoyer entièrement aux écoles secondaires. Par exemple, le professeur RIEDLER de Berlin s'est plaint dernièrement de ce que les universités techniques ne soient pas encore devenues ce qu'elles devraient être à cause du tort que leur font les cours de sciences pures qui, à son avis, ne servent qu'à combler les grosses lacunes de la préparation antérieure.

Dans le rapport de la Sous-Commission suisse sur l'École polytechnique de Zurich l'auteur s'est exprimé très énergiquement contre l'idée d'une étude méthodique du calcul différentiel et intégral dans les écoles secondaires. L'École polytechnique, dit-il, ne peut renoncer à reprendre ces sujets depuis le début, car les bases mathématiques qui ont été inculquées dans l'enseignement secondaire aux élèves des écoles réales sont beaucoup trop peu sûres et ne peuvent guère l'être rendues davantage. En outre, la différence de conception et même de notation peut faire naître de la confusion et de l'incertitude. Enfin l'expérience montre que l'augmentation du champ des mathématiques dans l'enseignement secondaire se fait souvent au détriment des éléments, c'est-à-dire de l'algèbre, de la trigonométrie et de la géométrie analytique et est, par suite, en partie, la cause du peu de sûreté dont les élèves font souvent preuve dans ces branches.

Dans sa séance du mois de décembre 1913, la commission de l'enseignement technique, constituée par l'Association des ingénieurs allemands, qui durant ces trois dernières années a examiné la question de l'enseignement technique sous toutes ses faces, a formulé une résolution qu'il importe de signaler. D'après celle-ci,

on doit exiger de la part des nouveaux étudiants, outre la sûreté et l'habileté dans l'usage des mathématiques élémentaires, une connaissance approfondie, acquise par une longue pratique, des notions de variation des grandeurs et des fonctions, y compris la représentation graphique des relations fonctionnelles, ainsi que les notions de dérivée et d'intégrale appliquées à des exemples simples et clairs. Par contre, l'étude systématique du calcul infinitésimal est réservée expressément à l'université technique.

En France, la question est encore envisagée d'une façon toute différente. A l'Ecole polytechnique et à l'Ecole centrale on exige que des candidats soient bien familiarisés avec les éléments des mathématiques supérieures, mais ceci afin de pouvoir établir sur cette base une forte culture mathématique générale. On ne néglige pas, il est vrai, de prendre en considération les recherches mathématiques qui peuvent prendre de l'importance au point de vue technique dans un avenir immédiat, mais on prend bien garde que cela ne porte pas préjudice aux parties fondamentales de la théorie.

## II. — Nature de l'enseignement <sup>1</sup>.

Ceci nous amène à l'enseignement mathématique dans les universités techniques. Il peut arriver qu'une grande partie des ingénieurs qui proviennent de ces universités, une fois dans la pratique de leur métier, se servent peu des mathématiques supérieures. Par exemple, dans un questionnaire envoyé aux anciens élèves du Sibley Collège de la Cornell University, à Ithaca, environ la moitié de ceux-ci déclarèrent ne pas faire emploi des mathématiques supérieures dans leurs occupations actuelles. Or, tout ingénieur scientifique ne doit pas seulement savoir utiliser les lois et formules fondamentales, mais aussi les comprendre. Il doit être en état de suivre les progrès de la science. Il doit être capable de faire face avec honneur aux nouvelles tâches qui lui incombent. Pour cela, il ne suffit pas d'un entraînement mathématique faisant comprendre la résolution de quelques problèmes correspondant à l'état actuel de la technique. Enfin, l'enseignement mathématique dans les universités techniques a aussi pour but de développer et de fortifier la pensée abstraite.

Les professeurs de mathématiques de même que la grande majorité des ingénieurs de tous les pays civilisés sont d'avis que l'enseignement de cette branche doit avoir pour but un dévelop-

<sup>1</sup> *Question II.* L'enseignement mathématique vise-t-il une formation générale et est-il identique pour les étudiants des diverses branches techniques, ou bien y a-t-il une séparation suivant les diverses branches et en même temps une adaptation de l'enseignement aux besoins particuliers de chaque catégorie ?

pement général méthodique. C'est pourquoi on ne saurait recommander d'établir, lors des débuts de l'enseignement des mathématiques, une séparation des étudiants suivant les différentes branches de la science de l'ingénieur, c'est-à-dire d'organiser des cours spéciaux pour les ingénieurs-constructeurs, les ingénieurs-mécaniciens et les ingénieurs-électriciens. Par contre, on tiendra compte plus tard des besoins particuliers des diverses sections à l'aide de cours complémentaires facultatifs. Il faut encore remarquer qu'il en est autrement pour les architectes. L'enseignement mathématique a pour eux moins d'importance; il est presque partout séparé de celui des ingénieurs, quelquefois même, il est complètement supprimé.

Ce principe, d'après lequel les futurs ingénieurs doivent recevoir une éducation mathématique générale, n'est pas en opposition avec la nécessité de tenir compte dans l'enseignement de la carrière à laquelle les jeunes gens se destinent. En effet, la pédagogie exige avant tout que l'enseignement intéresse les élèves, afin de ne pas tomber dans le pire des défauts, celui de devenir ennuyeux. La plupart des sujets des cours universitaires éveillent tout de suite l'intérêt des étudiants par leur relation directe avec la vocation choisie et également par le charme de la nouveauté, spécialement si ces étudiants ont fait, comme on le recommande souvent, quelque temps de pratique à l'atelier, immédiatement après avoir terminé leurs études secondaires. Par contre, les jeunes gens ne sauront pas généralement apprécier à sa juste valeur, dès le début de leurs études universitaires, l'importance des mathématiques pour l'ingénieur. S'ils sont, en outre, surchargés par un plan d'études trop vaste, ce dont souffrent beaucoup d'universités techniques, ils négligeront en premier lieu les mathématiques, et ceci est d'autant plus à regretter qu'il n'existe aucune branche pour laquelle une interruption des études ait de plus fâcheuses conséquences. Quelques étudiants réussissent à combler les lacunes par eux-mêmes. D'autres ont recours à des répétiteurs privés; ce qu'ils emmagasineront à la hâte et superficiellement leur suffira peut-être pour passer l'examen, mais ne saura leur constituer un acquis durable pour la vie.

Pour remédier aux inconvénients visés, on a essayé, non sans résultat, de donner, dès le début, à l'enseignement mathématique une « teinte technique », c'est-à-dire de le mettre en relation avec les applications des sciences de l'ingénieur. Comment trancher cette question? C'est là un des grands problèmes non encore résolus de la méthodologie universitaire.

Une difficulté de sa solution réside tout d'abord dans le fait que plus d'un professeur de mathématiques ignore ces relations et qu'il y en a qui ne s'y intéressent pas du tout. Nous aurons à revenir sur cette circonstance en parlant de la préparation et

du choix des professeurs de mathématiques pour les universités techniques ; disons déjà, toutefois, que rien ne serait plus funeste que de confier l'enseignement mathématique à des professeurs qui connaissent bien ces relations, mais ne possèdent pas à fond les mathématiques elles-mêmes.

Une autre difficulté, non des moindres, résulte du fait que les étudiants, durant les premiers semestres, ne connaissent pas suffisamment le domaine technique pour comprendre l'application des procédés mathématiques aux sciences techniques. On aurait tort de vouloir écarter cet inconvénient en introduisant dans ces exemples techniques des simplifications par lesquelles la base technique devient illusoire ; on ne peut se permettre des simplifications que sur des circonstances d'importance secondaire, autrement le dommage qui en résulte est supérieur au profit qu'on en retire. En tout cas ce n'est pas la tâche du mathématicien que d'enseigner prématurément un peu des sciences de l'ingénieur, d'une façon sûrement incomplète et sans grand résultat. Pour la physique, les conditions sont plus favorables, mais c'est la mécanique surtout qui fournit une grande abondance de problèmes propres à animer l'enseignement mathématique et à réveiller chez les étudiants le sens de l'utilisation des mathématiques, sens qui n'est pas moins utile à l'ingénieur qu'un certain bagage de connaissances mathématiques.

L'essentiel dans les difficultés qui précèdent, c'est que, dans les applications des mathématiques, la recherche pratique et la recherche mathématique ne peuvent pas être séparées. Ainsi, celui qui désire enseigner aux étudiants les méthodes d'approximation graphiques, numériques et expérimentales, qui sont de la plus grande importance pour le progrès scientifique de la technique et le seront toujours davantage, ne doit pas insister uniquement sur le côté logique des recherches, il doit au contraire traiter le sujet complet en n'oubliant pas de donner des exemples concrets. Mais comment cela doit-il se faire, si les étudiants ne possèdent aucune notion claire sur l'objet de l'application ? Dans l'avenir, au lieu de restreindre les cours mathématiques, il faudra leur donner au contraire de l'extension, c'est-à-dire que, pendant les dernières années d'étude, il faudra rendre obligatoires les cours sur les méthodes modernes d'approximation.

### III. — Scolarité<sup>1</sup>.

On se rend compte, par ce qui précède, de la grandeur de la tâche qui incombe aux mathématiciens dans les universités tech-

<sup>1</sup> *Question III.* Combien de temps accorde-t-on à l'instruction mathématique des élèves-ingénieurs ? — Existe-t-il des cours et travaux pratiques, bien définis par un programme

niques. L'accomplissement de cette tâche leur est encore rendu plus difficile par le peu de temps dont ils disposent presque partout. Il est impossible d'établir une comparaison exacte entre les différents pays en ce qui concerne le temps consacré aux mathématiques. Le nombre d'heures par semaine qui figurent dans les programmes ne suffit pas pour cela, car on ne peut pas en déduire la somme des heures réservées aux mathématiques dans le courant des années d'études. Mais même la connaissance de cette somme n'apprendrait pas grand'chose, car c'est l'emploi des heures qui est le principal. Si, par exemple, aux Etats-Unis l'enseignement mathématique s'étend sur les cinq premiers semestres, du moins tant qu'il est obligatoire, et si durant le premier semestre la part du lion lui est réservée, cela tient à ce que, étant donné la préparation antérieure inégale des étudiants, on cherche à obtenir tout d'abord des connaissances uniformes en mathématiques élémentaires. Au second semestre seulement on commence la géométrie analytique et au troisième l'analyse supérieure qui s'étend jusqu'au cinquième semestre. Du reste, on a bien l'intention de rendre plus difficiles les conditions d'admission, afin de pouvoir supprimer, ou en tout cas restreindre, l'enseignement des mathématiques élémentaires.

Malgré les données incomplètes, on peut constater qu'il existe d'importantes différences entre les différents pays. C'est en Italie qu'on consacre le plus de temps à l'enseignement mathématique. Ici, pendant les deux premières années, de beaucoup la plus grande partie du temps est à la disposition des mathématiques; puis viennent des études techniques d'une durée de trois ans.

Jusqu'en 1890, les mathématiques jouissaient également, dans la plus grande partie des autres pays, des mêmes avantages qu'actuellement en Italie. Le mouvement impétueux qui, à cette époque, conduisit à une forte réduction des études mathématiques, devait en partie son origine au puissant développement des sciences de l'ingénieur; l'enseignement de ces sciences prenant une plus grande envergure, il a fallu leur créer de la place dans les universités techniques. L'aspect extérieur de ces écoles nous permet déjà d'apprécier combien les temps ont changé. Il y a 25 ans, ce n'était qu'un bâtiment d'études, auquel on adjoignait, le plus souvent sous forme d'agrandissements subséquents, un laboratoire de chimie et un institut de physique. Aujourd'hui, nous sommes en présence d'un ensemble de bâtiments, de destinations très différentes, et par suite de dispositions fort diverses. Nous trouvons un laboratoire électro-chimique et un laboratoire électro-

---

détaillé, dont la fréquentation est obligatoire et contrôlée, ou bien l'enseignement a-t-il pour base une liberté universitaire qui, dans certaines limites, laisse aux professeurs le choix des matières et des méthodes, aux élèves le choix des cours et la participation effective à l'enseignement? — Comment traite-t-on les exercices mathématiques?

technique, une série de laboratoires de machines, des instituts pour l'examen des matériaux, en certains endroits des installations pour des expériences de construction hydraulique ou de navigation aérienne, etc.

On fit encore valoir, en faveur d'une réduction des heures destinées aux mathématiques le fait qu'en raison du caractère académique des écoles supérieures techniques, seuls les jeunes gens ayant complètement terminé l'école secondaire y étaient admis comme étudiants. On pouvait donc leur supposer une meilleure préparation et par conséquent économiser du temps dans les cours théoriques.

Si l'on ne peut nier la valeur de ces motifs, il faut cependant reconnaître que le caractère plutôt uniforme des deux premières années d'études, consacrées autrefois essentiellement aux mathématiques et aux sciences physiques, présentait de gros avantages sur l'état actuel des choses. Sans doute on a bien fait d'introduire dès le début les étudiants dans les sciences de l'ingénieur, mais en exigeant déjà pendant les deux premières années l'étude approfondie d'une série de branches très différentes de ces sciences, on a produit une sorte d'éparpillement de l'intérêt qui porte préjudice au rendement de l'enseignement dans toutes les branches, mais avant tout au rendement de l'enseignement des mathématiques pour lequel une certaine concentration de l'esprit est indispensable. Une plus grande diminution du nombre d'heures équivaldrait à expulser les mathématiques et les mathématiciens des universités techniques, et détruirait ainsi ces liens et cette collaboration qui, durant des siècles, se sont montrés de la plus haute utilité pour les deux parties.

Dans le courant de ces dix dernières années, la situation des mathématiques dans les universités techniques s'est améliorée, et cela pour deux raisons. Tout d'abord, la technique moderne s'est peu à peu tellement diversifiée, que les universités techniques ne peuvent plus prétendre à faire de leurs élèves des ingénieurs accomplis, versés dans toutes les branches spéciales, ou, comme on l'a dit, à former des spécialistes universels. L'industrie et ceux qui la dirigent demandent plutôt des ingénieurs possédant une instruction générale solide pouvant être utilisée au point de vue technique. En second lieu, les sciences de l'ingénieur réclament de plus en plus l'aide des mathématiques. Tandis qu'autrefois les méthodes classiques qu'on trouve déjà, dans leurs parties essentielles, dans les traités d'EULER, suffisaient, on y a ajouté actuellement, pour citer quelques exemples, la nomographie de M. d'OCAGNE et les méthodes d'approximation graphiques et numériques de M. RUNGE; on ne peut guère non plus se dispenser d'initier les étudiants à la théorie des vecteurs.

En résumé, l'enseignement mathématique dans les universités

techniques est en train de subir une profonde transformation dont on peut reconnaître les traces dans tous les pays. Même l'Angleterre ne fait pas exception ; il suffit de citer le nom de PERRY. S'il est possible de modifier peu à peu l'enseignement et de l'adapter aux exigences de l'époque, cela tient à la liberté académique laissée aux professeurs, même à ceux qui sont liés par des programmes déterminés. Le grand nombre de professeurs presque de tous les pays du monde, présents à notre réunion, nous montre combien ceux-ci s'intéressent à cette question.

On sera obligé, par suite de ces transformations de l'enseignement, d'exiger toujours davantage de la part des étudiants. Ce n'est qu'en travaillant sérieusement qu'ils atteindront le but dans le temps prescrit ; la négligence et l'insouciance peuvent compromettre toute leur carrière. C'est pourquoi la question de savoir jusqu'à quel point l'université peut entreprendre la surveillance des étudiants, prend une importance de plus en plus grande. Remarquons que, dans bien des pays, cette liberté que possèdent les étudiants de choisir leurs cours et de les suivre ou de ne pas les suivre, selon leur convenance, n'est pas aussi absolue qu'on pourrait le croire ; en réalité elle est fortement limitée par les règlements des examens, spécialement par la mesure que les étudiants sont tenus de présenter les résultats de leurs exercices et ne sont admis aux examens que si ces résultats témoignent d'un travail suffisant.

Ces exercices ont contribué considérablement à développer l'enseignement mathématique ; ils jouent actuellement un rôle important dans tous les pays.

Suivant le procédé le plus ancien, les participants sont appelés par le professeur à tour de rôle et sont chargés de résoudre un problème au tableau ; en cas de besoin, le professeur intervient pour aider ou corriger l'étudiant. L'avantage que présente cette méthode, c'est que tous les participants peuvent se rendre compte des erreurs commises. Comme désavantages, on pourrait signaler le manque d'habileté des étudiants, la difficulté de se servir au tableau des méthodes graphiques et numériques, et le fait que le reste des étudiants n'assiste que passivement à la résolution du problème.

A côté de ce procédé existe celui des exercices individuels où chaque participant travaille pour soi, sous la direction et l'aide du professeur et de ses préparateurs. Les énoncés des problèmes sont écrits au tableau ou reproduits, dans le cas d'un plus grand nombre d'étudiants, sur des feuilles, de façon que chacun en reçoive un exemplaire ; souvent ces feuilles renferment des indications et des formules. Fréquemment, à la fin de la leçon, le professeur ou l'un de ses préparateurs exécute les problèmes, ou une partie de ceux-ci, au tableau, et l'on peut ainsi relever les

erreurs et donner des explications. Spécialement en Angleterre et aux Etats-Unis, on attache une grande importance à ces exercices. Pour qu'ils donnent de bons résultats, le nombre des préparateurs ne doit pas être trop faible ; malheureusement il n'est pas toujours facile d'en trouver un nombre suffisant et souvent aussi on manque des moyens nécessaires à leur rémunération.

Les cours de mathématiques obligatoires qui figurent dans les plans d'études ne durent généralement que quatre semestres ; il existe même des universités techniques où l'instruction mathématique cesse déjà à la fin du deuxième semestre. Il y a en outre des cours facultatifs, mais parce que les étudiants sont déjà surchargés par les cours obligatoires, ils n'ont plus de temps pour les facultatifs. Par conséquent la mesure prise par quelques universités allemandes d'introduire les mathématiques comme branche facultative pour les examens du diplôme, n'aura pas grand effet. Cependant, cette décision, recommandée par des ingénieurs en vue, est un signe heureux de l'importance qu'on attribue aux mathématiques dans la technique. Un questionnaire adressé en 1912 aux milieux industriels par la Société des ingénieurs allemands a montré qu'il existe effectivement, pour une série de domaines, un besoin d'ingénieurs possédant une instruction approfondie dans les mathématiques et la mécanique théorique ; citons parmi ces domaines la construction des turbines à vapeur et à eau, des réservoirs, des vaisseaux, des ponts et des grues, et certaines parties de l'électro-technique. Pour la préparation d'ingénieurs de ce genre, mathématiciens et praticiens devraient agir concurremment, et, s'ils parvenaient ainsi à se connaître et à s'apprécier davantage, il faudrait s'en féliciter.

#### IV. — Matières et méthodes<sup>1</sup>.

Dans ce qui suit, il n'est pas question des cours facultatifs ; les considérations sur les matières, la méthode et l'étendue de l'enseignement mathématique, auxquelles je passe maintenant, ne

---

<sup>1</sup> *Question IV.* Jusqu'où pousse-t-on l'enseignement des mathématiques aux élèves-ingénieurs ? (Dans quelles limites, par exemple, traite-t-on des équations différentielles ?) — Jusqu'à quel point pousse-t-on la rigueur dans les définitions et les démonstrations ? — Emploie-t-on des modèles et des appareils pour l'enseignement ? — Les nouvelles méthodes d'approximation sont-elles prises en considération ? — La formation des étudiants est-elle complétée, pour certaines catégories, par exemple pour les électriciens, par des cours spéciaux de Mathématiques supérieures ? — La Géométrie analytique et l'Analyse supérieure sont-elles traitées séparément ou bien réunies en un grand cours unique qui embrasse tout le calcul dans les Mathématiques supérieures ? — Quelles sont la place et l'importance des méthodes graphiques dans l'enseignement mathématique ? — Quel est le développement donné à l'enseignement de la Géométrie descriptive ? — Y a-t-il un cours particulier de Mécanique analytique, ou bien la Mécanique est-elle enseignée aux élèves-ingénieurs sous forme de Mécanique appliquée ? — Quels sont les rapports de l'Arpentage et de la Géodésie avec les Mathématiques ?

concernent que les cours obligatoires. De nombreuses questions surgissent ici, mais nous devons nous borner à ne traiter que les plus importantes.

En ce qui concerne tout d'abord l'étendue de l'enseignement, on peut observer qu'elle est bornée supérieurement par le but qu'on se propose d'atteindre, qui est de fournir aux futurs ingénieurs les connaissances de mathématiques supérieures qui sont nécessaires à une étude suffisante de la mécanique et des parties fondamentales de la physique. Autrefois on s'occupait aussi dans les cours d'analyse supérieure de diverses questions ressortissant au calcul des probabilités; en particulier on enseignait la méthode des moindres carrés que les ingénieurs-constructeurs ont quelquefois à appliquer. Toutefois, lorsqu'on eut restreint d'une façon sensible le temps consacré aux mathématiques, ces questions furent presque partout réservées aux cours de topométrie.

Si l'on se place uniquement au point de vue logique, le choix des objets d'étude n'est pas chose facile. On a pu s'en rendre compte à propos du *Syllabus of mathematics* publié par la Société pour l'avancement de l'Education des ingénieurs (*Society of Promotion of Engineering Education*) en Amérique. A la réunion de Pittsburg, en 1911, en effet, une vive discussion s'éleva relativement aux quantités complexes qui ne figuraient pas dans le plan proposé. Ce n'étaient pas les mathématiciens qui réclamaient en leur faveur, mais les ingénieurs-électriciens, ce dont il ne faut pas s'étonner dans la patrie d'un STEINMETZ. Ce sont les ingénieurs qui ont obtenu l'addition au Syllabus, d'un chapitre sur les quantités complexes et leurs applications.

On admet en général que la connaissance du calcul différentiel et du calcul intégral élémentaire, c'est-à-dire l'étude de la différentiation et de l'intégration des fonctions élémentaires avec leurs applications les plus simples, ne suffit plus pour les ingénieurs. La Commission allemande pour l'enseignement technique demande dans ses résolutions de décembre 1913, que les étudiants soient en état de traiter par les mathématiques des questions comme le flambement, le support élastique, les plaques tournantes, les vibrations provoquées par des forces extérieures. Mais cela n'est guère possible qu'à la suite d'une solide instruction dans la théorie des équations différentielles. Cependant il ne s'agit pas ici de cette étude scolastique des équations différentielles où l'on s'occupe, comme au XVII<sup>e</sup> siècle, des équations qui se ramènent à des fonctions élémentaires ou à des quadratures. Ce qu'il faut aux futurs ingénieurs, ce sont plutôt les méthodes graphiques et numériques d'intégration des équations différentielles, qui se sont développées pendant le dernier tiers du XIX<sup>e</sup> siècle. Mais le temps viendra où ces méthodes se relieront aux méthodes de la théorie des fonctions qui permettent de déduire les propriétés d'une

fonction de l'équation différentielle qui la définit, et en tirer des représentations qui facilitent l'étude numérique de la fonction alors que l'ancienne méthode du développement de Taylor limité à ses premiers termes échoue. C'est là un domaine dans lequel les mathématiciens pourront rendre de grands services aux ingénieurs, ce qui légitimera une fois de plus le rôle important qu'ils jouent dans les universités techniques. Actuellement on ne s'occupe de ces nouvelles méthodes d'intégration que dans peu d'établissements. Il semble cependant qu'il se prépare un revirement à cet égard ; mais sa réalisation exigera un temps considérable.

On sait qu'en matière d'enseignement les innovations ne s'implantent pas du jour au lendemain ; ainsi l'usage des modèles et des appareils n'est encore que fort peu répandu. Cependant dans plusieurs écoles on est encore plus avancé. Non seulement on y utilise l'appareil de projection, mais même la cinématographe entre en scène. Dans tous les cas, les appareils modernes de démonstration ne doivent être introduits dans l'enseignement qu'après un soigneux examen de leur valeur didactique.

Nous ne pouvons passer sous silence la question de la rigueur dans l'enseignement mathématique des universités techniques. Il ne faut pas oublier que le mathématicien y a affaire à des jeunes gens qu'il faut d'abord initier à la pensée mathématique, dont les intérêts semblent avoir au début une direction tout autre, chez lesquels les procédés déductifs ne sont généralement que peu développés, mais qui possèdent souvent des facultés intuitives bien formées. Dans les discussions relatives à ce point qui eurent lieu en 1897 et 1898 aux réunions de l'Association des mathématiciens allemands à Brunswick et à Düsseldorf, un des principaux orateurs, M. Félix KLEIN, a résumé son opinion en disant qu'il est avant tout important d'intéresser les étudiants des universités techniques aux problèmes de mathématiques et de leur expliquer le sens et le but des opérations mathématiques ; qu'il ne fallait pas par contre chercher à approfondir dès le début certaines questions de principe dont les étudiants ne pourront comprendre la portée et envisager les applications qu'après de longues réflexions personnelles.

Sans doute l'enseignement mathématique dans les universités techniques se fait actuellement presque partout conformément à ces idées. Il faut bien observer, de plus, que la rigueur ne doit pas être confondue avec l'axiomatique. Une déduction est rigoureuse lorsque les hypothèses, sous lesquelles elle s'opère, sont établies exactement ; par contre, l'analyse des hypothèses et leur réduction au plus petit nombre d'axiomes possible est une question d'une nature toute différente. Les élèves-ingénieurs devraient être conduits à une conception intuitive des notions mathématiques, dans la mesure où l'état de leurs connaissances et de leur

expérience leur permet ; le fait que ces notions peuvent et doivent être soumises à un examen plus approfondi ne devrait être mentionné, au besoin, que lorsqu'elles seront devenues familières à l'étudiant, et lorsque celui-ci aura acquis une sûreté suffisante dans leur maniement. Autrement, il pourrait se produire des faits analogues à celui que citait M. WOODWARD à la réunion de la Société pour l'avancement de l'Éducation des ingénieurs Chicago, en 1907, savoir qu'un mathématicien, à force d'explications détaillées sur les doutes qui peuvent naître de l'emploi des séries infinies dans les calculs, en était arrivé à ce que ses élèves n'osaient plus se servir des formules d'approximation les plus simples.

Une question qui a été fort discutée aux États-Unis durant ces dernières années, c'est celle de l'unification de l'enseignement mathématique. On entend par cela la réunion des cours de trigonométrie, de géométrie analytique et d'analyse supérieure en un seul cours de mathématiques générales. Une fusion de ce genre a été entreprise pour la première fois, semble-t-il, dans les années 1875 à 1880, à l'Université technique de Munich, sous la direction de MM. les professeurs Brill et Klein. Les expériences faites ont été favorables, et peu à peu on a procédé de même dans presque toutes les universités techniques allemandes. En Amérique, cette unification a été introduite en premier lieu dans la plus grande des universités techniques du pays, l'Institut technologique de Boston.

La géométrie descriptive, qui est généralement enseignée par des ingénieurs et dans les sections pour ingénieurs, est restée une branche indépendante. En Allemagne, en Suisse et en Autriche, on l'enseigne en la rattachant à la géométrie de position ; cet enseignement est donné par des mathématiciens. Il convient d'observer que les relations entre la partie purement théorique et les applications techniques ont été rendues de plus en plus étroites. C'est la méthode de Monge qui est toujours le plus en vigueur ; en bien des endroits, cependant, on constate la tendance de comprendre sous le terme de géométrie descriptive l'ensemble des méthodes qui, par le moyen du dessin, servent à établir les propriétés et les relations des figures de l'espace.

Pour l'enseignement de la mécanique, qui touche de si près aux sciences techniques, les mathématiciens, autrefois nombreux, ont dû peu à peu, presque partout céder le pas aux ingénieurs. Il faut chercher la raison de ce changement dans le désir des sections techniques de réunir tous les problèmes des diverses branches techniques présentant une nature essentiellement mécanique et de les exposer d'une manière uniforme. En outre, il faut tenir compte du fait qu'en mécanique on estime souvent nécessaire d'effectuer, à l'égard des exemples, une séparation entre l'ensei-

gnement des ingénieurs-constructeurs et celui des ingénieurs-mécaniciens. Ces transformations qui s'opèrent partout ou sont en voie de s'opérer, ont des inconvénients. Selon le rapport américain actuellement la mécanique se présente en Amérique soit comme branche de la physique générale, soit comme mécanique appliquée, et, sous cette dernière forme, elle est généralement enseignée par des ingénieurs. Cependant, dit-on, l'importance de la mécanique, et la place fondamentale qu'elle occupe conduisent à désirer qu'elle soit envisagée sous ses trois aspects, physique, technique et mathématique. L'avantage qu'on en retirerait suffirait à justifier la plus grande dépense de temps qui en résulterait. C'est pourquoi les cours mathématiques devraient être suivis d'un cours spécial sur la mécanique rationnelle.

## V. — Livres<sup>1</sup>.

A côté des cours et des exercices, les étudiants ont des livres à leur disposition. Ceux-ci peuvent faciliter l'enseignement, mais non pas le remplacer; il ne faut pas désirer davantage qu'un « textbook » dirige l'enseignement.

Les manuels qui proviennent de l'enseignement même ont une valeur toute spéciale. La France, en premier lieu, nous a fourni un grand nombre d'excellents ouvrages de ce genre; de jeunes mathématiciens rédigent les cours, sous la surveillance du professeur, et des reproductions sont mises à la disposition des étudiants. Cette coutume, qui a donné de bons résultats, s'est répandue dans d'autres pays, particulièrement en Italie et en Russie.

Les traités français reproduisant avec quelques développements les cours de l'École polytechnique présentent manifestement le caractère d'un enseignement ayant en vue une instruction mathématique générale; les étudiants en mathématiques et les techniciens les utilisent avec un égal profit. Quelques-uns d'entre eux sont plus que de simples traités, ils ont eu une action décisive sur le progrès des sciences mathématiques; il suffit de rappeler à cet égard les ouvrages de CAUCHY, de HERMITE et de M. Camille JORDAN.

Si l'enseignement mathématique pour mathématiciens et celui pour techniciens se sont peu à peu différenciés, les traités dont on fait usage, sont cependant restés longtemps les mêmes. Dans le rapport sur les traités d'analyse supérieure présenté par M. BOHLMANN en 1899 à l'Association des mathématiciens allemands,

<sup>1</sup> Question V. — Quels sont les ouvrages d'enseignement en usage parmi les étudiants? Caractériser les ouvrages suivant les points de vue indiqués à la question II).

on trouve, après la discussion des ouvrages mathématiques dans le sens propre un paragraphe sur les cours de portée philosophique et un autre sur ceux de portée physique, mais l'auteur ne parle pas des ouvrages de portée technique. En effet, à ce moment-là on n'avait que très peu de ces cours. Depuis l'année 1900, il en a été autrement; du moins il a paru une série de traités écrits par des ingénieurs et destinés aux ingénieurs; mais il semble que les livres dont se servent les étudiants soient écrits presque tous par des mathématiciens.

En plus, nous voudrions mentionner un livre qui n'a pas la prétention d'être un manuel, mais qui rend de grands services à l'enseignement mathématique des universités techniques, et cela aux professeurs aussi bien qu'aux étudiants. C'est le *Syllabus of Mathematics* déjà mentionné, paru en 1911, composé, à la demande de la Société pour l'avancement de l'Education des ingénieurs, par un comité de professeurs universitaires de mathématiques et de sciences de l'ingénieur et d'ingénieurs pratiques. Le *Syllabus* cherche à donner un aperçu des matières d'instruction mathématique indispensables à l'ingénieur scientifique; il ne se préoccupe pas de façon dont ces matières doivent être enseignées; à cet égard, le professeur est laissé libre d'agir selon son jugement personnel. Une deuxième édition qui sera considérablement améliorée, est en préparation. En outre paraîtront deux volumes complémentaires qui contiendront les méthodes du calcul numérique et la mécanique élémentaire.

Cet exemple de collaboration des mathématiciens et des ingénieurs mériterait d'être imité partout ailleurs. C'est le meilleur moyen permettant de résoudre les grands problèmes de l'enseignement technique supérieur.

## VI. — Corps enseignant <sup>1</sup>.

Un des plus importants parmi ces problèmes est celui de la préparation d'une nouvelle génération de professeurs aptes à enseigner les mathématiques dans le sens moderne. Une demande réitérée des ingénieurs, formulée encore en 1913 par la Société des ingénieurs autrichiens, est que l'enseignement mathématique dans les universités techniques soit confié exclusivement à des ingénieurs, alors qu'il se trouve actuellement, à quelques rares exceptions près, entre les mains de mathématiciens. Pour

---

*Question VI.* Les maîtres qui enseignent les Mathématiques sont-ils mathématiciens de carrière? — Sont-ce des mathématiciens purs ou des mathématiciens ayant des connaissances dans une ou plusieurs branches de la Science appliquée? — Sont-ce des ingénieurs autodidactes qui, ne possédant que les connaissances mathématiques qu'ils ont reçues comme étudiants, ont complété eux-mêmes leur instruction?

plus d'une raison, il est à présumer qu'il en sera ainsi longtemps encore. Les jeunes gens qui embrassent les sciences techniques, ont généralement un goût d'une carrière pratique et sont peu aptes à l'enseignement. Ceux du reste qui se destinent à la carrière peu lucrative de professeurs universitaires trouvent leur emploi dans les différentes sections techniques. En outre, les connaissances acquises par un ingénieur dans le cours normal de ses études ne suffisent pas pour le rendre capable d'un enseignement mathématique utile. Dans les mathématiques comme partout le maître doit dominer son sujet; aussi est-il nécessaire qu'il possède une instruction mathématique toute spéciale. Enfin, il faut remarquer que les universités techniques ne pourront profiter des progrès des sciences mathématiques que si ses maîtres sont en contact personnel avec les chercheurs, ou encore mieux s'ils sont eux-mêmes des chercheurs.

Certainement, pour pouvoir enseigner les mathématiques à des ingénieurs, il ne suffit pas d'être mathématicien. Abstraction faite des qualités qu'il faut exiger de n'importe quel maître, et parmi lesquelles figurent en premier lieu un certain enthousiasme pour la science et le talent de faire naître cet enthousiasme chez les élèves, le maître idéal de mathématiques dans les universités techniques doit non seulement être mathématicien par ses dons naturels et une instruction soignée, mais s'intéresser à la manière de voir des ingénieurs et comprendre ce dont ils ont besoin en fait de mathématiques. Pour cela, il est nécessaire qu'il se soit occupé des mathématiques appliquées et qu'il possède une certaine expérience dans ce domaine. Des recherches dans les mathématiques pures seront les bienvenues, mais elles ne sont pas absolument nécessaires; à défaut de ces recherches, il faut exiger une activité scientifique dans le domaine des applications.

L'essentiel pour le maître c'est d'acquérir les qualités qui viennent d'être citées et qui le rendront apte à son enseignement; la façon particulière, par laquelle il les aura acquises est moins importante. Disons toutefois que la formation d'un professeur de mathématiques dans une université technique a généralement pour point de départ les études universitaires de mathématiques pures et appliquées qui conduisent au doctorat. Il sera avantageux pour lui de passer quelque temps dans une université technique ou dans une université proprement dite lui fournissant l'occasion d'une pratique plus approfondie des différentes branches des mathématiques appliquées. Avant d'entrer dans la carrière académique, il pourrait faire un stage dans l'enseignement secondaire, car on y apprend mieux l'art d'enseigner que dans une université; d'ailleurs, un professeur à l'université devrait connaître par sa propre expérience les établissements d'où proviennent ses élèves. En même temps ou immédiatement après, le futur

professeur devrait occuper une place de préparateur de mathématiques ou peut-être être associé à l'enseignement d'un des cours facultatifs supérieurs suivis par des d'étudiants désirant approfondir leur instruction au point de vue mathématique ou mécanique.

### Conclusion.

Pendant le dernier siècle, le développement des mathématiques s'est effectué dans deux directions en apparence opposées. Notre science a été arithmétisée, c'est-à-dire débarrassée de ses parties empiriques et ramenée à ses bases logiques. Mais, à côté de cela, le domaine des applications a pris une extension énorme ; conformément à la devise de l'Université technique d'Aix-la-Chapelle : *Mens agitat molem*, les mathématiques méritent d'être considérées comme l'un des plus puissants moyens de l'esprit humain qui dominant l'inertie de la matière. Cette séparation, cependant, ne doit pas par trop s'accroître. Livrée à elle-même, la théorie pure court le risque de dégénérer en une scolastique stérile, mais d'autre part la déesse de la science refuse sa faveur à celui qui ne regarde qu'à l'utilité. Sachons donc considérer l'ensemble des mathématiques comme une science uniforme, indivisible, dont les progrès reposent sur les relations vivantes de ses différentes parties et sur leur action réciproque. Cette pénétration mutuelle des mathématiques pures et appliquées était le sujet de la brillante conférence donnée en 1910 à la réunion de Bruxelles par notre regretté collègue BOURLET. Il a atteint le but élevé qu'il caractérisait alors par ces belles paroles : « Sans rien sacrifier des qualités de rigueur, de logique et de précision qui sont l'apanage des mathématiques, nous saurons y discerner l'essentiel, y mettre en évidence les moyens les plus propres à préparer les élèves à la compréhension des sciences expérimentales. 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'entr'aider et se compléter. Cette pénétration est le gage d'un progrès certain ».

Lorsque l'enseignement des mathématiques dans les universités techniques se fera dans cet esprit, nous pourrons regarder avec confiance dans l'avenir. C'est alors que se réalisera sans doute ce que M. TYLER disait dans le rapport américain. « On peut fonder de hautes espérances sur le développement futur d'une science qui a fait preuve de sa vitalité en face des prétentions des astronomes, des physiciens et des ingénieurs. Les mathématiciens dans les universités techniques feront bien cependant de ne pas exagérer l'importance du rôle que pourront dans cet ordre d'idées jouer les mathématiques. S'ils apportent leur

part de contributions au progrès des mathématiques, s'ils savent utiliser avec économie et d'une manière efficace le temps restreint dont ils disposent, pour doter les étudiants de la technique d'une base solide de connaissances mathématiques et les rendre capables de s'en servir, s'ils cherchent d'une façon intelligente à reconnaître et à satisfaire les exigences mathématiques des diverses branches techniques, s'ils ont en vue l'utilité commune et n'insistent pas trop sur les finesses de leur science, ils sauront maintenir la dignité et l'intégrité des mathématiques ».

#### Annexe : Liste des documents fournis par les délégués.

Le travail de M. Staeckel était basé sur les documents fournis par les délégués et comprenant :

a) Les rapports publiés antérieurement par les sous-commissions nationales ;

b) Les réponses rédigées par les délégués en réponse au questionnaire élaboré par le Comité central.

*Allemagne.* — a) Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland, veranlasst durch die Internationale Mathematische Unterrichts-Kommission. Band IV : Die Mathematik an den technischen Schulen, Heft 9, P. STAECKEL, Die mathematische Ausbildung der Architekten, Chemiker, und Ingenieure an den deutschen Technischen Hochschulen. Unter der Presse.

Abhandlungen und Berichte über technisches Schulwesen, veranlasst und herausgegeben vom Deutschen Ausschuss für technisches Schulwesen. Bd. IV : Berichte aus dem Gebiet des technischen Hochschulwesens, Leipzig 1912, p. 12-34. P. STAECKEL, Die mathematisch-naturwissenschaftliche Ausbildung der Ingenieure.

b) Réponses au questionnaire par toutes les Universités techniques allemandes.

*Australie.* — Réponses de M. CARSLAW, Sidney.

*Autriche.* — a) Berichte über den mathematischen Unterricht in Oesterreich, veranlasst durch die Internationale Mathematische Unterrichts-Kommission, Heft 5, E. CZUBER, Der mathematische Unterricht an den technischen Hochschulen, Wien 1910.

b) Renseignements complémentaires par M. E. CZUBER, Vienne.

*Belgique.* — a) Le tome II des Rapports sur l'enseignement mathématique en Belgique contiendra un rapport de M. NEUBERG, L'enseignement des mathématiques dans les Universités et Ecoles techniques supérieures.

b) Réponses de M. NEUBERG, Liège.

*Danemark.* — a) Internationale Mathematische Unterrichts-Kommission. Der Mathematikunterricht in Dänemark, Bericht erstattet von Paul HEEGAARD, Kopenhagen 1912, Kapitel IX : Die Universität und die technische Hochschule, p. 85-87, 94-97.

b) Réponses de M. HEEGAARD, Copenhague.

*Espagne.* — a) L'enseignement des mathématiques en Espagne, tome I, Madrid 1912, GAZTELU ; Les mathématiques à l'école des ingénieurs des

ponts et chaussées ; TORNER, Les mathématiques à l'École d'ingénieurs des eaux et forêts ; MATAIX et TERAN, L'enseignement des mathématiques à l'École centrale des ingénieurs industriels, p. 75-124.

b) Réponses de M. GAZTELU, Madrid.

*Etats-Unis.* — a) International Commission on the teaching of mathematics, the american report. Committee IX, Mathematics in the technological schools of collegiate grade in the united states. Washington 1911.

b) Réponses au questionnaire par M. D. E. SMITH, New-York ; renseignement par TYLER, Boston.

*France.* — a) Commission internationale de l'enseignement mathématique, Sous-commission française, Rapports, volume III, Paris, 1911, VOGT, Sur l'enseignement mathématique dans les instituts techniques des Facultés des sciences, p. 53-64 ; HUMBERT, Sur l'enseignement mathématique à l'École polytechnique, p. 85-96. Volume IV, Paris, 1911 : BOURLET, Rapport sur l'enseignement des Mathématiques au Conservatoire National des Arts et Métiers, p. 173-182 ; APPELL, Rapport sur l'enseignement mathématique à l'École centrale des Arts et Manufactures, p. 183-208.

b) Réponses au questionnaire pour l'École polytechnique, par M. d'OCAGNE, Paris.

*Hollande.* — a) Commission internationale de l'enseignement mathématique, Rapport sur l'enseignement mathématique dans les Pays-Bas publié par la Sous-commission nationale sous la direction de M. CARDINAAL, Delft, 1911, Académie technique, p. 83-99.

b) Réponses de M. CARDINAAL, Delft.

*Hongrie.* — a) Internationale Mathematische Unterrichts-Kommission, Ungarische Subkommission. RADOS, Der heutige Stand des mathematischen Unterrichts am königlich ungarischen Josefs-Polytechnikum (Technische Hochschule zu Budapest), Budapest, 1911.

b) Réponses par M. KÜRSCHÁK, Budapest.

*Iles Britanniques.* — a) The teaching of mathematics in the united kingdom, being a series of papers prepared for the international commission on the teaching of mathematics. N° 21. HOPKINSON, The relation of mathematics to engineering at Cambridge, N° 26. ABBOTT, The preliminary mathematical training of technical students. London, 1912.

b) Le rapporteur n'a reçu aucune réponse au questionnaire.

*Italie.* — a) Commissione internazionale dell'insegnamento matematico, Atti della sottocommissione italiana. SCORZA, L'insegnamento della matematica nelle scuole e negli istituti tecnici. Roma, 1911 ; voir aussi *Bollettino della Mat.* Anno III, 1911.

b) Réponses au questionnaire par M. LEVI-CIVITA, Padoue.

*Japon.* — a) Report on teaching mathematics in Japan, Tokio, 1912. SHIBATA and YOKOTA. The teaching of mathematics in the faculty of technology of the Tokio Imperial University, 7 pages ; OTASHIRO, The teaching of mathematics in technical schools and colleges, 43 pages.

*Norvège.* — a) Le rapport sur l'enseignement mathématique en Norvège n'est pas encore paru.

b) Réponses au questionnaire par MM. ALFSEN et BIRKELAND, Christiania.

*Portugal.* — a) Le rapport sur l'enseignement mathématique en Portugal n'est pas encore paru.

b) Réponses au questionnaire par M. TEIXERA, Porto.

*Roumanie.* — a) Le rapport est en préparation.

b) Pas de réponses.

*Russie.* — a) Commission internationale de l'enseignement mathématique. Sous-commission russe. Possé, Rapport sur l'enseignement mathématique dans les universités, les écoles techniques supérieures et quelques-unes des écoles militaires, St-Pétersbourg, 1910.

b) Réponses au questionnaire par M. Possé, St-Pétersbourg.

*Serbie.* — Réponses au questionnaire par M. GAVRILOVITCH, Belgrade.

*Suède.* — a) Berichte und Mitteilungen, veranlasst durch die schwedische Abteilung der Internationalen Mathematischen Unterrichts-Kommission, H. v. Koch, Die Mathematik an der Technischen Hochschule in Stockholm, Stockholm, 1910.

b) Pas de réponses.

*Suisse.* — a) Internationale mathematische Unterrichts-Kommission. Schweizerische Subkommission. Berichte N. 7, GROSSMANN, Der mathematische Unterricht an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, Basel und Genf, 1911.

b) Réponses au questionnaire par M. GROSSMANN, Zurich, et M. LACOMBE, Lausanne.

## II

### DISCUSSION

#### *Sur la préparation mathématique des ingénieurs.*

##### 1. — Indications complémentaires

fournies par les délégués.

**Allemagne.** — M. W. von DYCK (Munich) : Les différentes écoles préparatoires (ou plus généralement les différents états des connaissances préparatoires acquises avant l'entrée à l'école) ne peuvent pas dispenser l'Université technique de faire un cours général de Calcul différentiel et intégral et de Géométrie analytique. Les écoles moyennes ont la possibilité d'obliger les écoliers de résoudre des devoirs spéciaux, de faire des exemples numériques, et cela est nécessaire pour que les élèves acquièrent une certaine *pratique du calcul*. Mais donner les grandes lignes du calcul infinitésimal devrait être réservé à l'enseignement de l'Université. En outre, je pose une question que l'on pourrait traiter dans la discussion de l'après-midi : « quelle est la durée des études techniques supérieures après l'enseignement secondaire, et combien de temps consacre-t-on spécialement aux études théoriques ? » En Allemagne la durée des études à l'École technique supérieure est en général de quatre ans, dont deux pour les études théoriques. C'est la stricte volonté des ingénieurs pratiques que le temps de quatre ans ne soit pas dépassé pour les études régulières.

L'enseignement secondaire doit se borner à des questions spé-

ciales, à des exemples de calcul différentiel et aux éléments de la géométrie analytique (constructions et équations de courbes, sections coniques).

La vue générale sur l'esprit du calcul infinitésimal et sur les applications géométriques doit être réservée à l'Université, où les étudiants ont une maturité suffisante.

**France.** — M. d'OCAGNE: En raison du caractère très particulier, souligné dans le rapport de M. Stäckel, de l'Ecole Polytechnique de Paris, il y a lieu de signaler le point que voici: l'Ecole Polytechnique ne doit pas être envisagée indépendamment des écoles d'applications qui y recrutent leurs élèves (Mines, Ponts et Chaussées, Génie maritime, Télégraphes, etc...). Leur ensemble constitue, de fait, ce qui, dans le rapport de M. Stäckel, est désigné sous le nom d'Université technique. Des circonstances historiques, des nécessités administratives particulières à la France, ont conduit à faire des diverses parties de ce tout des établissements distincts, en réalité, il existe, entre l'Ecole Polytechnique (division théorique commune) et les écoles d'application (divisions techniques diverses) une étroite corrélation que sanctionne la présence, dans le conseil de perfectionnement de l'Ecole Polytechnique, de représentants qualifiés de ces diverses branches techniques.

Il ne faudrait d'ailleurs pas croire que l'Ecole Polytechnique se borne à fournir des fonctionnaires à l'Etat. Un bon tiers, au moins, de ces élèves, soit après un certain nombre d'années passées au service de l'Etat, soit immédiatement après avoir satisfait à leurs obligations militaires, se dirigent vers des carrières libérales d'ingénieurs, cette circonstance est de nature à rendre plus exacte l'analogie indiquée de l'Ecole Polytechnique et de ses Ecoles d'application avec une Université technique.

**Iles Britanniques.** — M. A. R. FORSYTH, Professeur à l'Imperial College of Science and Technology, à Londres: In offering some observations supplementary to the interesting report to which we have listened with much intellectual profit, I must appeal to the Congress for their indulgence when I speak in my own language. My remarks will be concerned with the academic training of engineers in so far as they are trained in mathematics and cognate subjects (such as graphics and practical geometry) in the various institutions of the United Kingdom; and I do so the more readily because the report deals very slightly with the matter, so far as these institutions are concerned.

Without attempting to enumerate all of them, I would refer first to some of the Universities. There are special faculties or schools of Engineering in Cambridge, Oxford, Manchester, Liverpool, Leeds and Sheffield; also at Glasgow, Edinburgh; and at Dublin.

The courses are designed, in varying ways, for various classes of students ; but, in all the courses, mathematics play an important part. Again, the amount of time devoted to mathematics is not the same throughout ; nor is the distribution of the allowed time the same. But, in all of them, mathematics is an essential part of the training, which aims at giving a theoretical training, and some acquaintance with matters of practice, rather than at producing young engineers.

But in addition to these University course, there are Colleges and schools of a technical character. Of one of these, the Imperial College of Science and Technology in London, I wish to speak in particular, as being concerned with the teaching and the organisation of mathematics in the widest sense of the word in that College. There are several constituent bodies in the College as will be seen from the Calendar, a copy of which I have the honour to offer to the President for the use of the Commission. And we have many classes of students (I am not thinking of branches of science in general). There are groups of students for Mining Engineering, for Mechanical Engineering, for Civil Engineering, for Electrical Engineering, for the engineering necessary in connection with the technology of the Oil industries. In all of the courses, though not to the same extent, mathematics is a necessary part of the training. For some, the knowledge only proceeds as far as a reasonable working knowledge of the differential and integral calculus, so far as concerns pure mathematics ; for others, a sound working knowledge of the useful processes of the differential equations, which occur in mechanics, is required, together with other subject of the same range. We have one class of students, specially interested in mathematics and not solely in engineering ; they consist of young men, who have had some scientific training, then have passed a few years in practical works, and then come to us for two or three years under special encouragement in order to pursue their studies in applied mathematics, in some work connected with the theories in technical mechanics, and not a few of them in selected branches of pure mathematics. In regard to such students, the avowed significance of mathematics in the whole course of their training is obvious.

As regards the ideals prevalent in British institutions which train engineers, there has been divergence in the past as regards the amount of mathematics which should be included in the training of engineers. The mathematicians demanded more than the event ultimately allowed ; the engineers refused to give as much as present tendencies now concede and even compel. I do not wish to dwell upon this divergence which has largely disappeared under the pressure of experience ; I would rather refer to the decision of the Institution of Civil Engineers in England, whose

decision requires that, in order to qualify for Membership, it will be necessary to undergo a combination of practical work and theoretical training, in the latter of which there occurs a sufficient amount of mathematics in those branches bearing upon practical issues. In regard to the whole of this part of the subject, I would refer to the extremely interesting paper read by the late Sir W. H. White at the international congress of mathematicians held in Cambridge in 1912; the paper is printed in the Proceedings of that congress.

In so far as my own observation and knowledge extend, I am of the opinion that the oscillating divergence, between the opinions of mathematicians and engineers as regards the amount of mathematics to be included in the best training of engineers, is disappearing to some considerable extent. The mathematicians can pursue their researches and can obtain their results, and time will test and sift the value of their results; but engineers cannot, generally, be expected to devote supreme attention to results that seem removed from the range of their practical aims. On the other hand engineers, in their practical aims, seek for immediate results to meet the urgent needs of mankind; and their results, also, are tested and sifted by time, more swiftly even than those of the mathematicians. They are faced by new demands which arise in extended solutions of older questions; an instance is to be found in the ever-changing problems of naval architecture. There, engineers find new conditions requiring the help of mathematics; the mathematicians need all their knowledge even to attempt the solution of the problems propounded. But, as regards the ordinary training of students in engineering, these considerations do not arise directly, they only shew the necessity for the assistance of mathematics in even the most advanced stages of engineering while, of course, the mathematical results must be controlled in their application by experiment and experience. The foundations, at least sufficiently broad for immediate needs, must be laid in the earliest stages of training.

Just one remark in conclusion. For the most part, the mathematical teaching of engineering students in the best courses in England is given by mathematicians; but it must not be supposed (as is almost implied by the report) that the character of that teaching has been much affected by Professor Perry, stimulating as was his teaching for many sections of students. This teaching was directed to a special method of teaching mechanics, a method which often substituted graphical and arithmetical processes for processes of a more directly mathematical character. The changes in English mathematical teaching are wide spread, in the Universities more particularly; and an inspection, even of only the textbooks that have been produced and are being produced, will shew

the profound transformation that has taken place in the spirit of mathematical teaching in the principal centres of England.

**Italie.** — M. PADOA ajoute qu'à Gênes il y a aussi une Ecole navale supérieure, qui est une Université technique autonome pour la création des ingénieurs constructeurs navals.

Les deux premières des cinq années du cours sont consacrées aux Mathématiques, dont l'enseignement est confié à des mathématiciens.

**Roumanie.** — M. J. RALLET, professeur à l'Université de Jassy: En Roumanie il existe une école d'ingénieurs, l'Ecole des Ponts, à Bucarest; elle est organisée un peu sur le type de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures de Paris avec cette différence que le concours d'entrée se passe sur les matières du lycée. A la suite de ce concours, les élèves sont admis dans une année préparatoire qui correspond aux mathématiques spéciales de France, puis ils commencent les études d'ingénieur comprenant une année théorique et deux années d'études techniques proprement dites. Pour l'année préparatoire et l'année théorique ce sont des mathématiciens, généralement professeurs à l'Université, qui font les cours.

Nous avons en outre encore une autre école d'ingénieurs, l'Ecole d'application d'Artillerie et de Génie dont les élèves sont recrutés parmi les élèves du Lycée militaire de Jassy.

En plus, on tend à créer des instituts techniques rattachés aux Universités, comme par exemple, l'institut électrotechnique de la Faculté des Sciences de Jassy et d'Agronomie de la même faculté.

Quoique encore à l'état embryonnaire, ces deux instituts commencent néanmoins à donner des résultats assez satisfaisants.

**Serbie.** — M. B. GAVRILOVITCH, professeur à l'Université de Belgrade: Après l'excellent exposé de M. Stäckel, je n'ai pour le moment rien à ajouter au rapport que j'ai eu l'honneur de lui transmettre sur l'enseignement mathématique, de l'organisation et des cours professés à la Faculté technique de l'Université de Belgrade. Pourtant, permettez-moi de vous dire que la question de l'introduction du Calcul différentiel et intégral dans l'enseignement secondaire a été accueilli chez nous, en Serbie, avec un enthousiasme bien déclaré. Chez les nations qui ont à peine dans leur développement, passé les premiers seuils de la civilisation, il n'y a pas de tradition et une idée en général et surtout une idée nouvelle, devient très facilement l'idéal même d'une génération. Par conséquent, dans ces circonstances la réalisation de cet idéal n'est pas empêchée ou retardée par des questions de tradition. Au point de vue théorique nous sommes d'accord, en Serbie, que l'introduction du Calcul différentiel et intégral dans l'enseignement secondaire est une question d'une importance très profonde.

Mais y a une question pratique que j'oserais peut-être poser ici. Chez nous, l'enseignement secondaire est organisé à peu près comme en Allemagne ou en Autriche. Nous n'avons pas de classes de Mathématiques spéciales; nous avons des gymnases proprement dits, des gymnases réaux et des écoles réales (Ober-Realschule). Je voudrais bien savoir si le Calcul différentiel et intégral devrait être introduit dans tous les types des écoles mentionnées ou peut-être seulement dans quelques-uns de ces types, disons, dans les gymnases réaux et les écoles réales.

Cette question a été posée hier sous une autre forme par M. Possé; il serait désirable de la voir discutée par le congrès<sup>1</sup>.

## 2. — Discussion générale.

Au début de la séance du vendredi après-midi, M. FEHR, secrétaire-général, rappelle qu'un Congrès international de l'enseignement technique a eu lieu à Bruxelles en septembre 1910, et que plusieurs membres de la Commission y ont pris part. Il signale le rapport rédigé à cette occasion par M. le Prof. W. von DYCK sur « l'enseignement des sciences mathématiques, naturelles et techniques dans les Ecoles supérieures » (67 p. in-8°).

Afin de faciliter la discussion, M. le prof. P. STAECKEL a résumé comme suit son rapport sur la préparation mathématique des ingénieurs :

### RÉSUMÉ DU RAPPORT GÉNÉRAL DE M. STAECKEL,

#### *Sur la préparation mathématique des ingénieurs.*

1. — **Généralités.** — *a)* Relativement à la préparation des ingénieurs il y a deux systèmes. La plupart des pays ont adopté le système des Universités techniques; dans les autres pays ce sont les Universités proprement dites qui se chargent de l'enseignement théorique des ingénieurs; l'enseignement technique se fait soit dans les sections techniques des Universités, soit dans les Ecoles d'application. Dans quelques pays il y a mélange des deux systèmes.

*b)* On exige, pour l'entrée dans l'enseignement technique supérieur, la préparation par une école secondaire ou une préparation

<sup>1</sup> Faute de temps, cette question n'a pas pu être reprise. Mais on peut affirmer que tous ceux qui sont favorables au mouvement de réforme sont généralement d'accord pour demander, qu'en raison de leur importance fondamentale, les premières notions de fonctions, de dérivées et de fonctions primitives soient enseignées dans toutes les sections de l'enseignement secondaire supérieur. (Voir le rapport de M. Beke.)

équivalente. Il y a des ingénieurs qui veulent renvoyer l'enseignement des mathématiques et des sciences physiques entièrement aux écoles secondaires, tandis que les mathématiciens et la plupart des ingénieurs sont convaincus que l'étude systématique du calcul infinitésimal doit être réservée à l'Université.

*c)* En France on donne un enseignement étendu des mathématiques supérieures dans les classes de mathématiques spéciales.

II. — **Nature de l'enseignement.** — *a)* Les professeurs de mathématiques et la plupart des ingénieurs sont d'avis que l'enseignement des mathématiques doit avoir pour but un développement général méthodique.

*b)* On ne saurait recommander d'établir une séparation de cet enseignement suivant les différentes branches des ingénieurs.

*c)* On doit tenir compte, dans l'enseignement mathématique des ingénieurs, de la carrière à laquelle les jeunes gens se destinent, et lui donner dès le début une teinte technique. Mais ce n'est pas la tâche des mathématiciens d'enseigner prématurément la science de l'ingénieur.

III. — **Scolarité.** — *a)* Il faut convenir que le puissant développement de la technique a rendu nécessaire une réduction des heures consacrées aux études mathématiques. Il y a une certaine compensation dans la meilleure préparation des étudiants qui permet d'économiser du temps en élevant dès le début le niveau de l'enseignement.

*b)* D'un autre côté, les sciences de l'ingénieur réclament de plus en plus l'aide des méthodes modernes des mathématiques supérieures.

*c)* On peut espérer que les professeurs de mathématiques réussiront à adapter l'enseignement aux exigences de l'époque si on leur laisse une certaine liberté.

*d)* Il faut attacher une grande importance aux exercices mathématiques, surtout aux exercices individuels.

IV. — **Matière et méthode.** — *a)* L'étendue de l'enseignement mathématique est bornée supérieurement par le but de fournir, aux futurs ingénieurs les connaissances de mathématiques supérieures nécessaires à une étude suffisante de la mécanique et des parties fondamentales de la physique.

*b)* La connaissance du calcul différentiel et du calcul intégral élémentaire ne suffit plus pour les ingénieurs. Il leur faut en outre les méthodes graphiques et numériques d'intégration des équations différentielles qui se sont développées dans le dernier tiers du XIX<sup>e</sup> siècle.

*c)* Question de rigueur. Il ne faut pas chercher à approfondir, dès le début de l'analyse supérieure, les questions de principe dont les jeunes étudiants ne peuvent comprendre la portée. Il faut

bien établir exactement les hypothèses sous lesquelles les déductions s'opèrent, mais il ne faut pas enseigner l'axiomatique.

d) L'unification. La réunion des cours de géométrie analytique et d'analyse supérieure en un seul cours de mathématiques générales a eu de bons résultats.

*Nous donnerons ci-après un compte rendu aussi fidèle que possible, mais forcément bien écourté, de l'intéressante discussion sur les questions si complexes que présente l'organisation des études mathématiques dans les écoles d'ingénieurs.*

I, a. Généralités. — M. G. FANO, professeur à l'Université et à l'École polytechnique de Turin. — En Italie, depuis 1860 jusqu'à il y a 6 ans environ, nous avons toujours suivi le second système (Universités proprement dites, suivies d'écoles techniques), sauf une seule exception : l'École polytechnique de Milan, créée par Brioschi et qui était une véritable Université technique. Les résultats ont été bons, sans doute. L'École des Ingénieurs de Turin, réorganisée et rendue autonome par la loi de 1906, qui eut seulement en 1908 pleine exécution, a été constituée en Université technique complète à la suite de circonstances particulières, même locales et financières, qui à ce moment s'imposèrent. La plus grande partie de nos mathématiciens n'étaient pas favorables au changement ; puisque nous n'avons pu l'éviter, nous l'avons accepté de bon gré, et il s'est accompli, en effet, d'une façon très satisfaisante, d'autant plus que les professeurs de mathématiques de la nouvelle Université technique étaient presque tous les mêmes qu'auparavant à l'Université. A Padoue aussi on a donné à l'École des Ingénieurs un cours complet, en lui conservant les cours de mathématiques en commun avec la Faculté des Sciences. — Je crois à présent que tous les deux systèmes peuvent donner de bons résultats, pourvu que, dans les Universités techniques, les cours de mathématiques soient confiés à des mathématiciens. Mais, s'il m'est permis d'exprimer mon opinion personnelle, j'aime toujours beaucoup mieux notre ancien système italien, qui est toujours en vigueur chez nous, seuf à Milan, Turin et Padoue (Écoles qui sont même obligées de recevoir dans leur troisième année les étudiants venant des Facultés de Sciences). Je crois aussi très avantageux pour les étudiants du cours de mathématiques des Facultés de Sciences, de recevoir quelques cours en commun avec les ingénieurs ; ils auront ainsi l'occasion de rester en contact avec le monde réel et les applications. Dans la suite de leurs études, ils ont encore bien du temps et de nombreux cours pour se familiariser avec la science.

M. D'OCAGNE, professeur à l'École polytechnique et à l'École des Ponts et Chaussées, Paris, dit : Il est bien entendu qu'il n'y a pas pour les ingénieurs des mathématiques distinctes de celles qu'étudient les mathématiciens ; mais, si vaste est le domaine de ces sciences que, dans leur enseignement on peut tout de même faire un peu varier les points de vue, suivant le but poursuivi, en insistant, par exemple, davantage sur telle ou telle partie des théories générales.

A l'École Polytechnique, notamment, l'enseignement des mathématiques pures (analyse et géométrie), celui de l'analyse surtout, a très sensiblement évolué depuis quelques années de façon à donner plus d'extension aux théories qui intéressent plus particulièrement les applications à la mécanique

et à la physique, sans toutefois rien sacrifier, comme M. Stäckel l'a très justement fait remarquer dans son rapport, des principes qui sont unanimement considérés comme fondamentaux.

Cette préoccupation ne doit pas prédominer dans les Universités proprement dites où elle risquerait d'entraver le développement de la science purement désintéressée.

Il est clair qu'on ne doit pas chercher à creuser un fossé entre les enseignements des deux ordres suffisamment mis en contact par les rapports scientifiques qu'ont nécessairement entre eux leurs maîtres respectifs ; mais il semble plus avantageux de maintenir à chacun son autonomie.

M. G. FANO (Turin). — M. d'Ocagne craint qu'en faisant suivre aux ingénieurs les cours de mathématiques dans les Facultés des Sciences on ne puisse suffisamment tenir compte des questions, qui pour eux, ont précisément le plus grand intérêt. Or, chez nous on a constaté, et à Rome, à Naples, il arrive encore, que, parmi nos étudiants, des cours de mathématiques des deux premières années, les neuf dixièmes et même plus sont des ingénieurs ; et beaucoup de professeurs font justement des cours arrangés en vue de la plus grande utilité de ces derniers. Moi-même, je faisais ainsi jusqu'en 1908, c'est-à-dire avant la constitution de notre Université technique.

J'admets toutefois que mes opinions ne peuvent avoir une valeur absolue ; il faut faire leur part aux conditions locales, même aux professeurs dont on dispose.

Je ne crois absolument pas que l'enseignement donné en commun à des groupes différents d'élèves, pendant un ou deux ans au plus, puisse entraver le développement de la science. C'est dans les cours supérieurs seulement que nos étudiants de mathématiques sont dirigés vers des recherches scientifiques ; et il serait même très bien que pour quelques-uns d'entre eux ces recherches puissent avoir pour objet des problèmes vraiment importants pour les applications.

M. LECHATLIER, membre de l'Institut, ne croit pas que les méthodes d'enseignement des Universités scientifiques doivent nécessairement être différentes de celles des Universités techniques. Le motif principal pour reporter aux Universités techniques l'enseignement des sciences pures est surtout qu'elles ont une *organisation*, une orientation vers un but précis, qui leur permet d'obtenir une formation scientifique des jeunes gens, plus complète dans un temps donné que l'enseignement dispersé, sans but homogène des universités purement scientifiques. Mais l'on peut concevoir l'organisation d'Universités scientifiques mieux organisées, et alors la préférence à donner à l'un ou l'autre système n'est plus évidente. C'est une question d'espèce.

M. E. CZUBER, professeur à l'École technique supérieure de Vienne (Autriche), estime que seule l'Université technique est en mesure de tenir compte d'une manière satisfaisante des besoins de la technique.

« Bei der Gründung des ersten polytechnischen Instituts (1806, Prag) in Oesterreich hat man das 2. System gewählt und die mathem. und physikalischen Fächer an die Universität verlegt ; man ist aber bald von dieser Fusion abgegangen und hat das polytechnische Institut zu einer selbständigen Schule ausgestaltet. Als man 1815 in Wien an die Gründung des polytechnischen Instituts schritt, wurde der Versuch einer Verbindung mit der Universität nicht mehr wiederholt. Im Laufe der späteren Zeit ist wiederholt der Gedanke einer Fusion neu aufgetaucht, aus Gründen der Oeko-

nomie, er ist aber immer mit genau denselben Gründen bekämpft worden, welche Herr d'Ocagne betreffs des Studiums der mathem.-naturwissenschaftlichen Fächer an den Universitäten einerseits und für die Bedürfnisse der Ingenieure andererseits angeführt hat. In neuester Zeit erst sind wieder Bestrebungen aufgetreten, an einzelne Universitäten technische Abteilungen anzugliedern (z. B. in Innsbruck), aber nicht aus innern Gründen, sondern um auf diese Weise einzelnen Ländern einen neuen Bildungsweg zu eröffnen auf eine leichtere Weise, als dies durch die kostspielige Schaffung einer selbständigen technischen Hochschule möglich wäre. Doch handelt es sich hier nur um spezielle Zweige der Technik, die man im Anschluss an die Universitäten zur Pflege bringen will. Die Ueberzeugung in Oesterreich geht dahin, dass nur selbständige technische Hochschulen in der Lage sind, für die Aufgaben der Technik entsprechend vorzubereiten und die technischen Wissenschaften zu kultivieren. »

M. Possé, professeur émérite de l'Université de St-Pétersbourg. En Russie, l'Institut des ingénieurs de voies de communication a été organisé d'après le type de l'Ecole des Ponts et Chaussées à Paris. En 1881, on a été forcé, par des raisons qu'il serait trop long d'énumérer, mais d'un caractère plutôt économique que pédagogique, de clore les deux premiers cours, où les mathématiques étaient enseignées, et de n'admettre que les jeunes gens ayant un diplôme universitaire d'une Faculté physico-mathématique. Après une expérience de cinq ans on est revenu à l'ancien système et a restitué l'enseignement mathématique à l'Institut même. On s'est persuadé que la préparation mathématique universitaire était : 1<sup>o</sup> trop longue ; 2<sup>o</sup> ne correspondait pas aux exigences d'une école technique.

M. Vogt, directeur de l'Institut Electrotechnique et de mécanique appliquée de Nancy, estime qu'il y a place pour les deux systèmes : Universités techniques et Universités proprement dites suivies d'enseignements techniques. En France, l'Ecole Polytechnique et les Ecoles d'application ont un recrutement par concours ; il peut y avoir des étudiants renonçant au concours ou ne pouvant le passer pour diverses raisons, et désireux de recevoir un enseignement technique ; certaines Universités leur offrent des ressources nouvelles. Depuis la réorganisation de l'Enseignement supérieur, les Universités ont créé des laboratoires où les applications techniques de la science pure sont développées et étudiées à côté des applications théoriques ; de très bons élèves entrent dans les Universités pour acquérir des certificats de Licence ou se préparer à la carrière de l'enseignement ; s'ils changent d'avis et se tournent du côté des applications techniques, ils peuvent maintenant trouver des enseignements faisant suite aux études théoriques qu'ils ont déjà faites.

Dans certaines Universités, en particulier dans celle de Nancy, il y a un enseignement général durant deux années, et conservant son caractère d'enseignement supérieur, couronné par des certificats de Licence ; à la suite de ces deux années vient un enseignement plutôt technique, qui repose dès lors sur des bases solides. Il y a tout avantage à procéder de cette manière, car d'une part on offre des carrières aux étudiants des Universités, d'autre part on oriente les études vers les problèmes intéressants de la technique. A côté du professeur de Mécanique rationnelle se trouve un professeur de Mécanique technique, et à côté du professeur de Physique générale un autre professeur de Physique technique ; tous ces professeurs se prêtent appui, et l'enseignement ne peut qu'y gagner.

L'exemple des Universités qui ont créé des enseignements techniques montre que l'on peut concilier tous les points de vue.

M. KÆNIGS, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, fait observer qu'un des rôles des laboratoires d'Université peut être d'entreprendre la recherche des problèmes que soulève la technique ; ils doivent pouvoir admettre des travailleurs, déjà familiarisés avec la technique, et qui, pour asseoir plus solidement leurs recherches, peuvent avoir besoin de certains enseignements de la Faculté.

M. Kœnigs saisit cette occasion pour inviter les membres du Congrès à venir visiter les appareils de mécanique exposés par M. l'ingénieur Léonardo Torrès dans son Laboratoire, 96, boulevard Raspail.

M. MARBEC, sous-directeur de l'École du Génie maritime, Paris. La place occupée dans l'enseignement mathématique par les diverses questions n'est pas proportionnelle à leur rôle dans les applications. Le cas banal, facile, est traité en peu de mots, tous les développements sont nécessairement consacrés aux cas difficiles et exceptionnels qui exigent une exposition plus minutieuse et plus longue. L'exception prend ainsi aux yeux de l'élève une importance excessive. Les élèves sont au contraire, en général, peu entraînés aux applications effectives dans des cas usuels. En général, ils ont plutôt retenu la « démonstration » que réfléchi sur les circonstances où le résultat peut être utilisé et sur la façon réelle de l'utiliser.

M. DE DEMECZKY, professeur à l'Université de Budapest, constate qu'il y a non seulement une grande variété d'Universités techniques, — il y en a même avec des Facultés de droit — mais on trouve aussi des Universités proprement dites avec des facultés techniques. Nous sommes trop conservateurs dans l'organisation de l'enseignement technique. A l'avenir on n'aura que des Universités avec des Facultés techniques.

I, b. — M. GROSSMANN, professeur à l'École polytechnique de Zurich. — M. Staeckel a signalé dans son rapport, le passage du rapport suisse, d'après lequel il vaut mieux ne pas introduire l'étude *systematique* du calcul différentiel et intégral dans les écoles secondaires. Cette opinion du rapporteur et de ses collègues de l'École polytechnique se base sur des expériences faites. Comme l'a dit M. Beke, hier, il y a en Suisse des Ecoles dont le programme contient les éléments du calcul différentiel et intégral depuis une cinquantaine d'années. Nous avons fait l'expérience, que les élèves venant de ces écoles n'étaient en général pas mieux préparés que leurs camarades. Beaucoup d'entre eux avaient de sérieuses lacunes dans leurs connaissances *élémentaires*; ils avaient oublié les mathématiques élémentaires sans avoir compris les mathématiques supérieures.

M. J. FRANEL, professeur à l'École polytechnique de Zurich. — Nous avons fait à l'École polytechnique de Zurich, les constatations suivantes : les élèves auxquels on enseigne les éléments du calcul infinitésimal se figurent, à tort, généralement, posséder la matière. Aussi considèrent-ils nos premières leçons comme une sorte de répétition superflue, ils n'y prêtent qu'une attention distraite, le sujet est comme défloré ; il n'a plus pour eux l'attrait de la nouveauté. Or ces premiers éléments sont rarement exposés avec la rigueur et la précision voulues. Vouloir bâtir avec des matériaux aussi chancelants serait faire œuvre chimérique. Nous sommes donc obligés de revenir sur ces premiers principes, d'insister sur ces notions fondamentales. Nous ne pensons pas qu'on puisse attendre un profit véritable en effleurant un sujet qu'on n'a pas le temps d'approfondir. L'intro-

duction du calcul des dérivées dans l'enseignement secondaire peut se justifier, par d'excellents arguments. Nous demandons seulement qu'on le fasse avec prudence et modération.

M. FEHR, professeur à l'Université de Genève, tient à compléter ce que viennent de dire MM. Grossmann et Franel. Il est indispensable que l'enseignement secondaire supérieur fournisse, dans les différentes sections, une initiation aux notions de fonction et de dérivées. Ces notions doivent être étudiées d'une manière plus approfondie dans les sections qui conduisent à l'enseignement technique supérieur.

Quant à l'étendue à donner, c'est une question de mesure. Il est d'accord pour que l'enseignement secondaire n'empiète pas sur des cours qui appartiennent réellement à l'enseignement supérieur. Peut-être ferons-nous bien d'éviter dans les programmes de l'enseignement secondaire les termes de « calcul différentiel et intégral. » Il fait remarquer, à ce point de vue, que les programmes français se bornent à parler des dérivées et des fonctions primitives. En France, le terme de « calcul différentiel et intégral » n'apparaît que dans les classes dites de mathématiques spéciales, dont l'enseignement correspondant se donne ailleurs dans les Facultés.

M. de DEMECZKY (Budapest). — Dans l'enseignement secondaire supérieur, il serait désirable qu'à la fin des études secondaires des classes spéciales soient établies en vue des principales sciences et par conséquent aussi pour les mathématiques.

M. VON DYCK, professeur à l'École technique supérieure de Munich. — L'Université doit donner des vues générales dans les différentes branches ; il faut réserver ce caractère à son enseignement. Les cours de sciences mathématiques et physiques de l'école moyenne ne peuvent remplacer un cours universitaire.

I, c. — M. TRIPIER, sous-directeur de l'École Centrale, Paris. — A l'École Centrale, le cours sur les éléments de l'Analyse mathématique principalement professé par M. Appell, depuis vingt ans, ne donne plus d'aussi bons résultats depuis que les intégrations simples et la résolution des équations différentielles élémentaires ont été introduites dans le programme du concours d'admission à l'École, qui puise dans les matières de la classe de Mathématiques spéciales. Nous pensons donc, et pour les raisons qu'a indiquées M. Franel, qu'il est préférable de ne pas trop rejeter l'enseignement du Calcul diff. et intégral avant l'entrée à l'Université technique.

M. HADAMARD, membre de l'Institut, estime que pour le professeur de l'enseignement supérieur, il est insupportable de se trouver en face d'un programme partiellement traité. Il y a intérêt à ce que, dans les Ecoles secondaires qui préparent à cet enseignement, les questions soient traitées ou ne le soient pas au lieu de l'être à demi.

M. TRIPIER a pu constater que les élèves de l'École Centrale ne sont pas suffisamment préparés pour l'application des mathématiques par les cours de mathématiques spéciales.

En réponse à M. le Professeur Hadamard, je préciserai en disant que les élèves qui ont subi avec succès les épreuves du concours d'admission à l'École, savent faire des calculs, mais en ne faisant trop souvent ainsi que du mécanisme, en restant pourtant insuffisants au point de vue de leur faculté de faire vraiment des applications, parce qu'ils sont arrêtés lorsque le problème posé n'a pas les aspects auxquels ils ont été accoutumés, ce qui montre qu'ils ne possèdent pas la signification pour ainsi dire concrète des

calculs qu'ils sont capables de réussir. On est ainsi conduit à penser que les futurs ingénieurs seront mieux préparés au cours supérieurs des Universités techniques par l'Université technique elle-même, où le souci de l'application et du sens concret est constant.

II. — *Nature de l'enseignement.* — Le résumé de M. STAECKEL relatif à la nature de l'enseignement ne donne guère lieu à de longues remarques. Tout le monde semble d'accord pour reconnaître que l'enseignement mathématique dans les Ecoles d'ingénieurs doit avoir pour but un développement général méthodique.

M. KÆNIGS fait remarquer qu'il y a un danger à donner une trop grande place aux développements analytiques au détriment de la géométrie proprement dite. La géométrie a un caractère éducatif qu'elle tient de sa nature et qu'il faut lui conserver.

Pour ce qui est des applications, M. HADAMARD estime que le professeur de mathématiques a tout à gagner en étant à l'affût des applications au point de vue mathématique. Il peut en tirer parti pour émailler son enseignement.

A ce propos il rappelle le passage du rapport de M. BEKE dans lequel l'auteur parle du rôle de l'intuition jointe à la rigueur.

III, *a, b, c).* — *Scolarité.* Les objets *a* et *b* du résumé de M. STAECKEL ne donnent lieu à aucune remarque. — *c)* Pour adapter l'enseignement aux exigences modernes il faut laisser une certaine liberté aux professeurs. En Russie, dit M. POSSÉ, les nouveaux programmes laissent une grande liberté.

Comme le fait remarquer M. d'OCAGNE, il faut éviter d'enserrer le programme dans un cadre trop rigide; il faut que le libellé soit assez élastique pour que des modifications soient possibles.

M. ENRIQUES, professeur à l'Université de Bologne, parle dans le même sens. Une certaine liberté doit être accordée aux professeurs. Celle-ci pourrait être limitée en prévoyant que les examens soient passés auprès d'un jury ne renfermant pas le professeur qui a donné l'enseignement.

*d) Exercices de Mathématiques.* — M. LEFÈVRE, professeur à l'Ecole militaire de Belgique, désire compléter les renseignements donnés par M. Staeckel, relatifs aux exercices pratiques qui doivent contribuer au développement de l'enseignement mathématique. Depuis une quinzaine d'années ces exercices jouent un rôle important dans le Cours d'Analyse ainsi que dans la plupart des autres cours de l'Ecole militaire de Belgique où ils sont organisés d'une façon complète et systématique.

Ils sont donnés chaque semaine et ils exigent la connaissance des matières exposées dans les trois, quatre et parfois cinq dernières leçons. Les élèves sont livrés à eux-mêmes, en ce sens qu'ils travaillent isolément sous la surveillance d'un répétiteur. A la fin de toute séance d'exercices pratiques, la solution de la question est affichée dans la Salle d'études; les élèves peuvent donc ainsi apprécier eux-mêmes leurs erreurs, avant la correction. Après la remise du travail corrigé, un échange de vues s'établit entre le correcteur et les élèves; ceux-ci acquièrent ainsi rapidement une grande confiance dans le personnel attaché à leur enseignement; c'est avec confiance aussi qu'ils font usage des règles qui synthétisent les théories exposées: ils s'habituent enfin à travailler avec ordre et méthode.

Une amélioration sera prochainement introduite dans le régime, car ils pourront, comme le fait généralement l'ingénieur, s'entourer de renseignements nécessaires à l'élaboration de tout travail. Ils auront à leur disposi-

tion un formulaire du Cours d'Analyse, formulaire qui leur permettra d'éviter des erreurs résultant de l'oubli de certaines formules mêmes élémentaires.

Nous avons pu constater que les exercices individuels donnent de très bons résultats ; mais il est utile d'ajouter que les promotions de l'Ecole militaire sont relativement faibles (60 à 70 élèves) ; il est donc toujours facile de trouver un nombre suffisant de répétiteurs chargés de la correction.

M. VON DYCK. — A l'Université technique de Munich, les exercices figurent pour 2 heures par semaine pour 4 heures de cours. Les étudiants sont appelés à résoudre les exercices par écrit. Ces travaux pratiques forment un complément indispensable du cours.

IV. — *Matière et méthode.* — a) Au sujet de l'étendue de l'enseignement des mathématiques pour les futurs ingénieurs, M. HADAMARD estime que l'Université technique doit fournir une culture élevée. Le choix des matières est une affaire de tact et de mesure. M. BUHL (Toulouse) est du même avis.

M. TRIPIER dit que l'enseignement doit être assez développé, non seulement afin d'élever les vues des futurs ingénieurs, mais aussi afin que l'ingénieur puisse conserver toujours assez de mathématiques pour suivre la marche de la science et résoudre les questions théoriques simples qui se poseront à lui, et ceci malgré la grande contraction qui se produira souvent dans ses connaissances mathématiques au cours d'une carrière où il aura très peu à les appliquer.

IV, c). — M. PADOA, professeur à l'Institut technique de Gênes, attire l'attention de ses collègues sur la confusion que l'on fait souvent entre la rigueur et la volonté d'analyser certaines questions. La rigueur n'exclut aucun appel à l'intuition ; elle veut seulement que ces appels ne soient pas faits subrepticement dans les définitions et dans les démonstrations, mais qu'ils soient énoncés à part (concepts fondamentaux, postulats). Sans rigueur il n'y aurait ni mathématiques, ni honnêteté scientifique.

Dans toute proposition mathématique il faut faire ressortir l'hypothèse et la thèse ; la démonstration est rigoureuse si elle prouve que l'hypothèse est suffisante. La recherche de ce qui arriverait en supprimant quelques-unes des conditions dont se compose l'hypothèse donne naissance à des nouvelles questions qui peuvent intéresser le mathématicien sans intéresser l'ingénieur.

M. HADAMARD a été conduit, par son expérience de l'enseignement à une idée qui peut paraître paradoxale : c'est qu'il faut développer l'intuition dans l'usage de la rigueur. Il importe à l'élève — l'expérience le montre — de savoir que, *pratiquement*, il y a des cas où la rigueur n'est qu'une formalité et d'autres où il est nécessaire d'y apporter la plus grande attention.

M. POSSÉ parle dans le même sens. Sans rigueur il n'y a pas de science ; son emploi n'est pas aussi difficile qu'on le croit parfois.

M. CASTELNUOVO remarque que lorsqu'on parle à des élèves dirigés vers les applications, il faut éviter de donner l'illusion que la rigueur théorique puisse suffire pour transporter les résultats dans la technique. Il faut, au contraire, toujours rappeler aux élèves qu'entre la théorie et la pratique il y a encore un abîme à franchir, et que les coefficients de réduction dont les praticiens font usage, n'ont pas une moindre importance que les résultats théoriques sur lesquels on s'appuie.

M. BIOCHE, ajoute qu'il importe de faire observer qu'une solution théo-

rique d'un problème n'est pas nécessairement une solution réalisable, et d'indiquer comment on doit adapter la solution aux différents cas qui peuvent se présenter. Par exemple, lorsqu'il s'agit de déterminer le rayon d'une sphère solide la méthode classique donnée dans les traités de géométrie n'est pas applicable pour une sphère lisse, comme celles qu'on a à considérer en optique ; on doit dans ce dernier cas employer le sphéromètre. Pour déterminer le rayon de la terre on ne peut employer le procédé, élégant et ingénieux, fondé sur la dépression de l'horizon, pour un observateur placé à une certaine altitude, ce procédé manquant de précision.

Quoi qu'il en soit, on ne doit pas négliger, même pour de futurs praticiens, d'exposer les principes théoriques qui donnent les raisons fondamentales des règles de calcul. Ainsi la considération des courbes unicursales et celle de diverses autres théories géométriques permettent de reconnaître dans quels cas des problèmes de calcul intégral peuvent être résolus complètement, et donnent des procédés réguliers pour obtenir la solution.

IV, *d*). — Quant à la réunion des cours de mathématiques destinés aux ingénieurs en un seul cours, M. Possé ne pense pas que ce soit bon.

M. ENRIQUES n'y serait pas opposé ; peut-être que les expériences faites dans ce sens ne sont pas encore assez longues. La fusion pourrait se faire en tenant compte du développement historique de l'analyse.

M. STAECKEL fait remarquer que l'unification a été faite à Munich. Elle a le grand avantage de ne pas traiter certaines questions dans les deux cours de géométrie analytique et de calcul différentiel intégral.

M. BUHL, professeur à l'Université de Toulouse, pense que l'enseignement des mathématiques générales doit faire appel à la fois à la Géométrie et à l'Analyse. Il faut montrer les relations réciproques entre les différentes branches mathématiques.

Dans les cours faits à de futurs techniciens, on ne peut avoir uniquement en vue les besoins, prêtés assez arbitrairement d'ailleurs, à ceux-ci. Les professeurs doivent voir les choses de manière élevée ; des applications diverses peuvent être réunies en examinant des sujets qui ne correspondent directement à aucune application.

Si le professeur appartient à l'enseignement supérieur (mathématiques générales), il a pour premier devoir d'être un savant, un homme susceptible de recherche originale et alors il lui répugnera naturellement d'avoir *uniquement*, dans ses préoccupations, ce qui est nécessaire pour la technique industrielle. Les méthodes qui lui semblent bonnes et fécondes pour ses découvertes ne lui sembleront pas propres à être rayées de son enseignement.

Quant au choix des méthodes il ne doit pas être étroit, il ne faut pas sous prétexte d'homogénéité, d'unicité, se tenir, par exemple, sur le terrain de la géométrie quand les calculs peuvent intervenir utilement dans une démonstration, et réciproquement.

*Autres questions.* — Sur la proposition de M. Castelnuovo, la Conférence consacre ensuite un court échange de vues sur les deux questions suivantes :

1° *De la place des mathématiques dans le plan d'études des Ecoles d'ingénieurs ;*

2° *Ingénieurs techniciens et ingénieurs théoriciens.*

1° Pour ce qui concerne le premier point, M. Castelnuovo demande s'il convient de séparer nettement, dans la préparation des ingénieurs, les

études théoriques de leurs applications, comme on fait maintenant dans la plupart des pays, ou bien s'il conviendrait d'alterner dans chaque année les cours théoriques et les pratiques. Cette dernière solution a été sciemment proposée par M. LORI, professeur à l'École Polytechnique de Padoue, avec le but de porter tout de suite l'attention des élèves sur les questions techniques, et d'éviter qu'on oublie l'instrument des mathématiques dans les cours supérieurs consacrés ordinairement aux questions techniques.

M. LORIA, professeur à l'Université de Gènes, fait remarquer que dans la répartition des cours on peut accompagner les branches théoriques de cours pratiques n'exigeant pas trop de mathématiques, tel que, par exemple, la topographie. On peut faire alterner les cours théoriques et les cours pratiques d'un caractère élémentaire.

M. STAECKEL observe qu'en Allemagne les étudiants ingénieurs ont dès la première année des cours techniques élémentaires.

2<sup>o</sup> Les ingénieurs italiens, dit M. CASTELNUOVO, affirment parfois que certains cours destinés aux élèves ingénieurs sont trop élevés. Quelques professeurs ont tenu compte de ces remarques, mais il y a pourtant une limite inférieure dans l'ensemble des connaissances indispensables que doit fournir l'Université technique. Si l'on veut juger ces différents points de vue, il faut se rappeler qu'il y a *deux catégories d'ingénieurs* : ceux qui appliquent la science déjà formée, et ceux qui développent et qui construisent la science de l'ingénieur. Dans ces conditions l'Université technique peut donner aux ingénieurs techniciens une culture limitée mais elle doit ajouter des cours supérieurs en vue de la seconde catégorie.

M. POSSÉ appuie la distinction qui vient d'être signalée.

M. STAECKEL dit qu'en Allemagne les Universités techniques demandent à former les deux catégories : 1. Les ingénieurs techniciens ; 2. Ceux qui poussent les études jusqu'au doctorat.

En outre on trouve les écoles techniques moyennes (Maschinenbauschulen) qui forment une catégorie importante de techniciens.

M. FRANEL parle de l'organisation de l'École polytechnique de Zurich. On y prévoit des cours obligatoires pendant les deux premiers semestres (5 h. de cours, 2 h. d'exercices et 1 h. de répertoire), et comme complément, des cours facultatifs recommandés aux étudiants et dont le sujet est variable suivant le semestre.

M. CZUBER, qui présidait la dernière séance de discussion, résume les débats et remercie tous ceux qui ont pris une part active à la discussion.

\* \* \*

*Extrait d'une lettre de M. ANDRADE.* — M. J. Andrade, professeur à la Faculté des sciences de Besançon, empêché pour raison de santé de prendre part à la Conférence, nous adresse une note dont voici un extrait :

« Un enseignement technique supérieur sera celui qui arme l'esprit et la volonté de ses élèves de ce sens critique réaliste ou de cette intuition rapide mais précise qui fait reconnaître la valeur exacte d'une invention. L'esprit d'invention souffle d'où il veut, il n'appartient certes à aucune école, il ne relève d'aucun esprit de corps.

L'organisation de l'enseignement technique doit aussi prévoir l'éducation d'ingénieurs.

L'opposition de ces deux vocables « Ingénieurs ou Techniciens » appartient à une classification surannée avec laquelle il nous faut compter ; ayons néanmoins la franchise de dire nettement que cette opposition ne correspond plus à aucune réalité.

A l'époque où fut fondée l'École Polytechnique, le nom même de cette école avait une signification réelle ; les sciences d'une part, les manifestations industrielles d'autre part étaient alors assez simples pour permettre à une même école de mêler ensemble la culture scientifique et la formation technique ; il n'en est plus de même aujourd'hui ; si l'ingénieur a, plus que jamais besoin d'une culture scientifique solide, il a aussi plus que jamais besoin d'être autre chose qu'un chef administratif de techniciens ; technicien lui-même il doit être ; il sera donc initié à fond aux travaux personnels du laboratoire ou de l'atelier ; de plus en plus la distinction entre manuels et intellectuels est devenue techniquement fautive ; et nulle part cette fausseté n'est plus choquante que dans les programmes administratifs et dans les façades de l'éducation des ingénieurs.

Sans aucun doute, quelques bons mathématiciens ont pu devenir des techniciens, comme quelques artisans adroits ont pu devenir de bons ingénieurs, mais l'esprit humain artificiellement coupé en plusieurs tronçons a pu reformer son unité de pensée et d'action à travers les cloisons étanches des classifications factices ; il serait toutefois prudent de ne pas exagérer la difficulté demandée à l'initiative individuelle et de revenir à des méthodes plus saines dans l'organisation des enseignements scientifiques et techniques combinés ».

### 3. — Suite de la discussion.

La discussion s'est poursuivie le vendredi soir à la Société des Ingénieurs civils de France sous la présidence de M. GALL. Elle a été résumée dans le *Procès-verbal de la séance du 3 avril 1914*, publié par la Société dans son bulletin intitulé *Résumé de la Quinzaine* (1914, n° 7, p. 68-81). M. le Secrétaire administratif A. de DAX, gérant, a bien voulu nous autoriser à reproduire le compte rendu de la discussion rédigé par l'un des secrétaires techniques M. A. GOSSE.

#### *Séance de la Société des Ingénieurs civils de France.*

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'il y a actuellement à Paris un Congrès international d'enseignement mathématique.

M. l'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées d'Occitanie, Professeur à l'École Polytechnique, a bien voulu accepter de venir faire à notre Société le compte rendu des premières séances de ce Congrès.

Il lui souhaite la bienvenue ainsi qu'à M. Stäckel et aux nombreux congressistes qui ont bien voulu venir assister à la séance de ce soir. Il cite parmi eux M. Torres y Quevedo, l'inventeur de machines à calculer et à intégrer ; Sir George Greenhill, auteur de « The Tabulation of Bessel and other functions » ; et M. Fehr, le distingué Secrétaire Général de la Commission Internationale de l'Enseignement mathématique.

M. le Président rappelle ensuite que le Congrès a été inauguré par un rapport extrêmement remarquable de M. Stäckel, Professeur à l'Université

d'Heidelberg; celui-ci, dans un travail de très haute impartialité, a bien voulu rappeler un souvenir qui nous est particulièrement cher, à quelque origine que nous appartenions : ce sont les circonstances qui ont présidé à la création de l'Ecole Polytechnique, il y a cent vingt ans, au mois de septembre 1794. M. le Professeur Stäckel a bien voulu rendre hommage aux idées très générales qui ont présidé à l'organisation de l'enseignement mathématique dans cette Ecole et à l'influence qu'a eu cet enseignement sur la préparation des Ingénieurs du monde entier. M. le Président croit que c'est la première fois que cela a été fait dans un compte rendu de ce genre. Il adresse tous les remerciements de la Société à M. le Professeur Stäckel, en lui disant combien nous avons tous été touchés des sentiments auxquels il a obéi.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que M. Torres y Quevedo se mettra très volontiers à la disposition des Membres de la Société, le mercredi 8 avril, de 9 heures à midi, au Laboratoire de Mécanique de M. Kœnigs, 96, boulevard Raspail, pour leur montrer ses appareils remarquables.

M. le Président remercie M. Torres y Quevedo de son aimable invitation.

M. M. D'OCAGNE, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'Ecole Polytechnique, membre de la délégation française à la Commission internationale de l'enseignement mathématique<sup>1</sup>, fait un exposé sommaire de l'échange de vues qui a eu lieu, aujourd'hui même, au sein du Congrès international réuni à Paris par les soins de cette Commission, relativement aux questions que soulève la préparation mathématique des ingénieurs, questions qui ont été posées dans un rapport rédigé, à la suite d'une enquête faite dans les différents pays, par M. le Professeur Stäckel, de l'Université de Heidelberg, qui assiste à la séance.

Parmi ces questions, celles sur lesquelles M. d'Ocagne croit devoir particulièrement attirer l'attention des ingénieurs en raison des utiles avis qu'elles pourront sans doute provoquer de leur part, sont les suivantes :

1<sup>o</sup> Deux systèmes principaux sont en présence pour la formation des futurs ingénieurs ; ils consistent l'un à leur faire faire leurs études mathématiques dans une *Université ordinaire*, au milieu des étudiants ne recherchant qu'une pure culture scientifique, pour les diriger ensuite vers des écoles strictement techniques, l'autre à leur enseigner les mathématiques supérieures à part, dans une institution spéciale rattachée aux écoles techniques, et formant avec elle un groupe désigné sous le nom d'*Université technique*.

Des renseignements recueillis par M. le Professeur Stäckel, il résulte que c'est, aujourd'hui, d'une manière générale, le second système, celui des Universités techniques, qui semble devoir prévaloir.

En France, où l'enseignement technique a le plus anciennement reçu une organisation systématique, les circonstances historiques font que cette organisation se présente sous une forme particulière. Toutefois, on peut considérer que l'ensemble de l'Ecole Polytechnique et des diverses écoles d'application qui s'y recrutent constitue une sorte d'Université technique. Une remarque analogue s'applique à l'Ecole Centrale bien que l'enseignement y soit commun à tous les élèves non seulement pendant l'année d'études théo-

<sup>1</sup> Les autres membres de la délégation française sont MM. Hadamard, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France et à l'Ecole Polytechnique, et Bioche, Professeur au Lycée Louis-le-Grand. La Commission internationale a pour Président M. le Professeur Félix Klein, de Göttingue, et pour Secrétaire Général M. le Professeur Fehr, de Genève.

riques, mais encore pendant les deux années techniques, alors que, dans les Universités techniques proprement dites, il y a, après la période d'études scientifiques communes, spécialisation des cours suivis par les diverses catégories d'étudiants suivant la branche à laquelle ils se destinent.

Le système des Universités techniques a l'inconvénient, au regard des Universités ordinaires, d'en réduire sensiblement l'animation. Il a l'avantage de permettre de donner à l'enseignement des mathématiques une orientation plus favorable au développement des applications aux sciences physiques, mécaniques et, par suite, aux sciences techniques, sans d'ailleurs toucher aux principes fondamentaux qui se trouvent nécessairement à la base de tout enseignement mathématique élevé.

2° A quelles bornes doit-on arrêter l'enseignement mathématique dispensé aux futurs ingénieurs? Faut-il, comme le pensent certaines personnes, s'en tenir aux premiers éléments du calcul différentiel et intégral? Ou bien convient-il de tenir compte, dans une certaine mesure, du développement pris par les mathématiques modernes? Au sein de la Conférence internationale, la tendance s'est affirmée de ne pas proscrire systématiquement tout ce qui dépasse tant soit peu les éléments classiques. Nous ne savons pas, en effet, ce que demain nous réserve. Il se peut que telle théorie, qui apparaît aujourd'hui comme purement abstraite, soit susceptible, d'ici quelques années, d'intervenir utilement dans un domaine de la technique. A ce point de vue, l'exemple du calcul des quantités imaginaires est caractéristique. Qui se fût douté, il y a une cinquantaine d'années qu'il dût devenir, entre les mains des électrotechniciens, l'outil vraiment si commode qu'il est aujourd'hui? Il est bon que les ingénieurs soient mis en état de comprendre au moins le sens des principales nouveautés mathématiques afin d'avoir la possibilité, le cas échéant, d'en tirer parti pour tel ou tel objet qui les intéresse.

3° Pour le temps à consacrer aux études mathématiques supérieures préparatoires aux études techniques, l'avis dominant, dans les différents pays, est qu'il est bon de ne pas le réduire à moins de deux ans.

L'idée s'est fait jour en Italie qu'il serait peut-être à propos d'établir une sorte de pénétration réciproque entre l'enseignement théorique et l'enseignement pratique afin, d'une part, d'intéresser de meilleure heure les élèves aux choses de la réalité et, d'autre part, de leur faire utiliser les notions mathématiques qu'ils acquièrent alors qu'elles sont bien fraîches dans leur esprit. Une telle réforme, qui peut séduire à première vue, comporte toutefois, quand on y regarde de plus près, de sérieuses difficultés de réalisation qui ne sauraient probablement être levées que dans des cas d'espèce.

4° Une autre importante question qui a été examinée est celle du choix du corps enseignant mathématique pour les ingénieurs. Doit-il de préférence se recruter parmi les techniciens ou parmi les mathématiciens de profession? Sur ce point, M. le Professeur Stäckel n'a pas hésité à faire observer que, pour enseigner les mathématiques, quel que soit le but particulièrement visé, il faut, avant tout, être mathématicien. On ne saurait, en effet, enseigner utilement quelque sujet que ce soit si on ne le domine pas et même d'un peu haut. Maintenant, il est clair qu'à cette aptitude mathématique indispensable, il vaudra mieux que le professeur joigne une connaissance assez avertie des besoins des ingénieurs, acquise de préférence par une expérience personnelle. Il ne semble pas que l'on puisse recommander le système consistant à confier un tel enseignement à des ingénieurs n'ayant

jamais rien produit par eux-mêmes dans le domaine des mathématiques et n'en connaissant que la pratique courante.

M. F. CHAUDY ne désire présenter des observations que sur quelques points seulement du remarquable rapport de M. Stäckel.

Tout d'abord convient-il de donner aux futurs ingénieurs l'enseignement mathématique supérieur en dehors des Universités techniques, c'est-à-dire dans les Universités proprement dites, pour leur donner ensuite l'enseignement technique dans les écoles spéciales, ou bien faut-il leur donner cet enseignement mathématique dans les Universités techniques elles-mêmes?

De l'avis de M. Chaudy, il convient de donner l'enseignement mathématique supérieur aux futurs ingénieurs dans les Universités techniques. C'est ce qui se fait, en France, à l'École Centrale ainsi qu'à l'École Polytechnique qui prépare, le cas échéant, aux Ecoles des Ponts et Chaussées et des Mines.

La raison qui, selon M. Chaudy, milite en faveur de cette opinion, c'est que, comme le permet l'organisation de l'École Centrale, par exemple, le Conseil de perfectionnement de cet Etablissement peut servir d'intermédiaire entre les professeurs-mathématiciens et les professeurs de sciences appliquées en vue d'obtenir que les mathématiciens n'enseignent que les parties de leur science qui peuvent servir à l'Ingénieur dans l'exercice de son art.

Le mathématicien professant en Sorbonne a naturellement tendance à pousser très loin son enseignement, plus loin certainement qu'il ne faut pour la formation des ingénieurs.

L'inconvénient qui résulterait pour ceux-ci d'une culture mathématique trop élevée serait de diminuer chez beaucoup le sens inné des applications mathématiques en vue des réalisations pratiques.

Un ingénieur qui a reçu un enseignement mathématique trop élevé eu égard à cet objectif des applications à son art, risque beaucoup d'échafauder plus tard des théories tout à fait à côté des réalités. On a vu des ingénieurs très versés dans les sciences mathématiques prétendre déterminer algébriquement la réaction dont un terrain est capable sous une charge donnée, comme celle de la poussée d'un arc, parce qu'ils ne voyaient pas que la compressibilité des terres est une chose qui échappe au calcul. On en a vu d'autres, et non des moindres, s'attaquer à la théorie de la résistance des poutres en béton armé et qui ne s'apercevaient pas de l'utilité de cet organe essentiel que les constructeurs appellent des étriers. Et tout cela provenait vraisemblablement de ce que ces ingénieurs, plus mathématiciens que physiciens, avaient, en développant trop leur sens mathématique, si on peut s'exprimer ainsi, diminué cette sorte de prescience des choses de la pratique qu'il faut avoir pour bâtir des théories saines.

Ce sens particulier que doivent posséder les ingénieurs, les mathématiciens purs de l'Université proprement dite ou de l'École normale supérieure ne l'ont pas, et c'est pour cela qu'il paraît nécessaire à M. Chaudy que, dans les Universités techniques, les professeurs-ingénieurs se mettent en rapport avec les professeurs-mathématiciens pour leur faire connaître les besoins de leur art, afin que le professeur de mathématiques ne fasse que signaler dans son cours les théories qui paraissent être sans utilité pour les applications, et insiste sur les autres. A ce sujet, M. Chaudy rappelle les services que rendent aux ingénieurs la Statique graphique et la Nomographie, et on ne peut signaler cette dernière sans rappeler les travaux de M. d'Ocagne sur les abaques.

Sur la question de savoir si, dans les Universités techniques, il convient de faire enseigner les mathématiques par les mathématiciens ou par des ingénieurs ayant de fortes connaissances en mathématiques, M. Chaudy est d'avis qu'il faut laisser cet enseignement aux mathématiciens purs, car, comme le dit très bien M. Stäckel dans son rapport, il faut toujours que le professeur domine son sujet. Or, les ingénieurs ne peuvent prétendre à la connaissance approfondie de leur art et des mathématiques. On est mathématicien ou ingénieur, on ne peut être les deux à la fois.

M. C. MONTEIL présente quelques observations sur le rapport de M. Stäckel et sur le commentaire qui en a été fait par M. d'Ocagne.

Il a été dit en premier lieu que la plupart des grandes écoles techniques françaises possèdent leurs chaires théoriques, ce qui dispense leurs élèves d'un séjour préalable dans les facultés de sciences, mais, en revanche, ces élèves doivent subir, dans les classes de mathématiques spéciales des lycées, une préparation très longue.

Pour critiquer la durée de cette préparation, M. Monteil est amené à analyser le rôle des mathématiques dans la préparation aux écoles techniques. Ce rôle est double. En premier lieu, l'enseignement des mathématiques doit procurer une documentation préalable de méthodes et formules. Ce premier point de vue est loin de justifier un développement aussi important des mathématiques spéciales, le secours réclamé par les applications aux mathématiques pures étant très faible.

En second lieu, et il n'échappera à personne que c'est là le côté important de la question, les mathématiques jouent un rôle dans la formation intellectuelle d'un cerveau. Elles y apportent les qualités solides de justesse, de rigueur, et celles subtiles de finesse et d'ingéniosité, toutes qualités pour lesquelles les démonstrations d'algèbre sont le plus efficace des entraînements.

Mais il ne faut pas perdre de vue que les mathématiques ne sont pas l'unique méthode de formation intellectuelle. Les études littéraires, historiques, de droit, aboutissent au même but avec des modalités différentes, et il faut s'en souvenir pour ne pas tracer pour les préparations des programmes trop étroits.

Une observation fort décevante, et dont il n'existe nulle trace dans le rapport, est le fossé entre les sciences d'une part et, d'autre part, les besoins réels que font naître les applications.

M. d'Ocagne a cité un certain nombre de sciences qui constituent, d'après lui, l'intermédiaire entre le champ de la science pure et celui des applications. Ce sont l'Elasticité et l'Hydrodynamique. Il n'est pas douteux que les problèmes concrets qui y sont posés intéressent au plus haut point l'ingénieur, mais ils se traduisent, hélas, par des équations différentielles rebelles à toute intégration, et derrière lesquelles la solution semble plus cachée encore qu'elle ne l'était sous l'énoncé primitif.

Il a fallu alors créer des sciences d'ingénieurs totalement étrangères aux précédentes, ce sont: la résistance des matériaux et l'hydraulique, où la détermination expérimentale directe de quelques fonctions inconnues et aussi quelques complaisances de raisonnement permettent l'aboutissement jusqu'aux solutions numériques.

Restons fidèles à l'enseignement élevé des mathématiques pour leur contribution incontestable à la formation préalable des esprits, mais réduisons énergiquement le séjour, actuellement exagéré, dans les classes de mathé-

matiques spéciales, et invitons les savants à se rapprocher de plus en plus des questions vraiment utiles qu'ils ont toujours volontairement ignorées jusqu'à ce jour, et pour l'étude desquelles ils sont personnellement mal préparés.

M. Ch. RABUT dit que le plus grave inconvénient reproché au système français de préparation mathématique des ingénieurs, c'est assurément l'exagération du temps passé dans les classes de mathématiques dites élémentaires, élémentaires fortes et spéciales (quatre ans en moyenne, pour la préparation à l'Ecole Polytechnique) comparé au temps accordé à l'enseignement technique proprement dit (deux ans et demi à l'Ecole des Ponts et Chaussées).

Ce contre sens vient de ce que le Concours décisif a été placé, non à la sortie, mais à l'entrée des grandes Ecoles : l'Université, ainsi rendue maîtresse de la préparation, s'arrange naturellement pour garder les candidats le plus longtemps possible ; c'est ainsi qu'ils se voient presque obligés de suivre deux fois les cours élémentaires, et deux, trois, quatre, et même cinq fois les cours spéciaux, alors qu'ils ne suivent qu'une fois, et même rapidement, les cours techniques des Ecoles.

Un autre inconvénient non moins grave est que l'objet des cours spéciaux est presque exclusivement sportif, sans valeur éducative, étranger à la formation de l'ingénieur ; exemples : les règles de convergence des séries (toujours subtiles, de temps en temps reconnues fausses), la théorie générale des équations algébriques (qui ne peut aboutir à rien moins qu'à leur résolution), l'étude des lignes et surfaces du premier et du second degré au moyen de leurs équations générales (une batterie d'artillerie pour tuer un moineau <sup>1</sup>).

Ce second contre sens vient de ce que, parmi les professeurs de spéciales, les examinateurs d'entrée aux Ecoles et les fonctionnaires appelés à rédiger les programmes des concours, les ingénieurs ne figurent qu'exceptionnellement, et toujours en infime minorité.

Ces défauts de l'enseignement ont engendré un mal de plus en plus grand signalé par les ingénieurs de profession : l'abus du calcul dans la Science appliquée.

Formés exclusivement à la méthode déductive, presque étrangers à la méthode expérimentale qui doit être, par excellence, la méthode de la Science appliquée, encore plus étrangers à l'observation et à la critique qui sont les meilleures armes de l'ingénieur, les élèves de nos grandes Ecoles ne parviennent pas toujours à y réformer leur mentalité au contact de professeurs qui ont vécu leur métier, et ils apportent dans l'exercice de leur profession un reste des contre sens de l'enseignement préparatoire, cela au détriment de notre art.

M. Rabut se borne à deux exemples empruntés aux deux matières qu'il a eu l'honneur d'enseigner : la Construction et l'Hydraulique.

Parmi les constructeurs en maçonnerie, les voûtes, qui ne se calculent guère, ne donnent lieu qu'à peu de mécomptes ; les grands barrages, au

---

<sup>1</sup> M. APRILL, la plus haute autorité universitaire en matière de pédagogie scientifique, a écrit dans *l'Enseignement mathématique*, du 15 septembre 1900 : « On est arrivé à un enseignement qui est moins une science qu'un sport et auquel il faut reprocher : l'artifice ;... le « dédain des applications, des calcul numériques, des questions simples ; l'abus de la géométrie analytique ; etc. ».

contraire, dont les dimensions sont rigoureusement déterminées par le calcul, périssent par accident les uns après les autres.

Parmi les constructions métalliques, les premiers ponts construits par Brunel et Stephenson presque sans calcul, mais après auscultation d'un modèle réduit, sont encore debout, alors que des milliers d'ouvrages, petits et grands, établis depuis sur des calculs minutieux, ont péri en peu d'années, souvent même pendant leur construction. L'auscultation des ouvrages en service en a donné la raison en accusant des déformations très différentes de ce qu'annonçait le calcul usuel, notamment dans les barres de treillis et les fermes en arc.

En Hydraulique, c'est une éclipse presque complète de la science des eaux courantes, due à la persistance d'un enseignement théorique suranné : pendant un demi-siècle, on ignore l'œuvre expérimentale immense de Bazin, qui commence seulement à porter ses fruits. Cinq équations simultanées aux dérivées partielles aboutissant piteusement à la formule (insuffisante, d'ailleurs) de l'écoulement uniforme dans un canal prismatique ; n'est-ce pas encore une batterie d'artillerie dressée contre un moineau ?

La substitution de la méthode déductive à la méthode expérimentale, seule légitime dans l'enfantement de la Résistance des matériaux et de l'Hydraulique, a été le *crime d'avortement* exercé contre l'art de construire, et se chiffrant, rien qu'en France, par des centaines de millions en argent et des centaines de vies humaines.

M. Rabut se permet de conclure en souhaitant :

1° Que, sauf les premiers éléments, l'instruction mathématique soit donnée aux futurs ingénieurs, non en Sorbonne, mais dans les Ecoles techniques, par des ingénieurs ayant pratiqué leur art avec succès ;

2° Que cette instruction soit limitée au strict nécessaire, le premier principe de l'enseignement étant de subordonner l'emploi de la méthode déductive à celui de la méthode expérimentale, de *ne jamais calculer ce qu'on peut mesurer*.

M. R. SOREAU s'excuse de prendre la parole après d'éminents professeurs qui ont une compétence et une autorité particulières sur le sujet en discussion. Il se bornera à présenter quelques observations, comme ingénieur et aussi comme père de famille.

Ayant eu récemment trois fils en mathématiques spéciales, il a pu apprécier le bien fondé des critiques que vient de formuler M. Monteil sur la trop longue préparation donnée dans cette classe. D'autre part, les élèves y subissent un surmenage véritablement abusif. Les programmes actuels comprennent presque toutes les matières d'il y a trente ans augmentées d'une très notable partie des cours d'analyse et de mécanique qu'on apprenait alors à l'Ecole Polytechnique en première, et même en deuxième année ; c'est ainsi qu'on y expose la théorie des équations différentielles du second ordre. Certes, le développement donné au calcul différentiel et intégral est une innovation excellente en soi, tant au point de vue spéculatif qu'au point de vue pratique, puisque ce calcul s'impose dès qu'on aborde des problèmes tant soit peu élevés de mécanique rationnelle ou de mécanique appliquée ; mais il aurait fallu alléger d'autant les programmes par ailleurs : cet allègement eût été facile et même profitable, car il aurait permis au professeur de dégager plus vigoureusement les théories générales, les seules qui importent. L'enseignement actuel est beaucoup trop touffu : c'est le cas de dire que l'abondance des feuilles masque les arbres de cette forêt.

Les inconvénients d'un tel système sont graves : fatigue marquée de la plupart des élèves, alors qu'on devrait avoir le souci de les faire entrer frais et dispos dans les écoles techniques qui vont leur demander un effort important ; prolongation excessive et sans profit des années passées au collège ; rendement en définitive médiocre, étant donné qu'on écrème les classes de sciences au profit des mathématiques spéciales, pour ne conduire qu'une partie de leurs élèves dans les écoles techniques.

A qui cet état de choses incombe-t-il ? Est-ce, comme on le donnait à entendre, à l'Université, qui cherche à garder ses élèves le plus longtemps possible ? M. Soreau ne le pense pas ; il estime même que la faute n'en est pas seulement aux programmes, car il ne suffirait pas de les alléger : en effet, pour discriminer des candidats qui sont trop nombreux, les examinateurs, et, à leur suite, les professeurs auraient tôt fait d'introduire de nombreuses subtilités en marge de ces programmes, qui ne se trouveraient réduits que sur le papier. Pour enrayer un surmenage véritablement insensé, il faut abaisser les limites d'âge ; de la sorte, n'entreraient en spéciales que les jeunes gens suffisamment sûrs d'eux-mêmes ; quant aux autres, ce serait leur rendre service que d'orienter leur activité vers des carrières différentes, et de leur éviter de rester trois ou même quatre années dans cette classe, souvent pour ne pas franchir le seuil de l'école à laquelle ils se destinaient. Tous les hommes qui se rendent compte du danger que présente pour un pays le gaspillage des forces intellectuelles de la jeunesse, et les pères de famille au premier rang, devraient porter une attention particulière à cette importante question de la limite d'âge, et protester énergiquement quand les pouvoirs publics l'augmentent inopinément de deux années, ainsi qu'ils viennent de le faire pour l'une de nos grandes Ecoles.

En ce qui concerne l'enseignement mathématique dans les écoles techniques elles-mêmes, M. Soreau ne conçoit pas qu'il puisse être réduit au rôle strictement utilitaire préconisé par un de nos Collègues ; au surplus, on ne connaît les contingences de la pratique que pour l'heure présente, et les notions théoriques acquises dans les écoles doivent servir pour la vie. Tout au contraire, il faut aux ingénieurs une culture mathématique étendue, qui convienne non seulement aux besoins de la technique actuelle, mais encore aux besoins inconnus de la technique de demain, qui leur permette de collaborer aux progrès incessants de la science, ou tout au moins d'en suivre le développement. Pour de telles fins, l'enseignement mathématique doit être nourri de méthodes générales, et donné par des mathématiciens éminents qui sauront y faire passer un souffle large et puissant, tout en évitant d'alourdir le bel ordonnancement de ces méthodes par des discussions de Sorbonne, par des subtilités d'un intérêt médiocre pour de futurs ingénieurs ; sans rien sacrifier de l'ingéniosité de certaines théories, ils ne doivent pas, suivant la remarque très profonde qui termine le Rapport de M. Stäckel, « trop insister sur les finesses de leur science ».

Quand le professeur de mathématiques pures aura donné aux élèves-ingénieurs ce fort enseignement général, quand il aura mis entre leurs mains ce levier d'une puissance incomparable, les professeurs des techniques spéciales pourront venir, et ils seront compris ; plus tard, après la sortie de l'Ecole, la technique pourra progresser ou même se modifier profondément : si cette évolution fait appel aux connaissances mathématiques, les ingénieurs ainsi formés la suivront sans peine.

On parlait tout à l'heure des équations générales de l'Hydrodynamique,

et l'on rappelait combien les résultats auxquels elles conduisent sont décevants et concordent peu avec les lois réelles; la faute n'en est pas aux mathématiques, mais à l'application qui en est faite; et ce serait vraiment une prétention singulière que de compter sur une concordance entre des résultats théoriques découlant d'un simple concept, et les résultats expérimentaux obtenus avec un fluide réel. Mais rien ne dit que l'analyse mathématique ne parviendra pas à donner la clé de la mécanique des fluides le jour où nous connaissons mieux leur nature intime. M. Soreau a beaucoup étudié une technique de cet ordre, celle de l'Aérodynamique, plus déconcertante encore que l'Hydrodynamique: et voici déjà qu'une connaissance plus complète du rôle de la viscosité et de la compressibilité de l'air permet d'expliquer partiellement certaines singularités apparentes de cette technique.

M. d'OCAGNE, au sujet d'une des observations présentées par M. Soreau (dont il a, par ailleurs, beaucoup apprécié la manière de voir) demande à faire, à son tour, une remarque, ajoutant que, bien que professeur à l'École Polytechnique, il n'a pris aucune part à l'élaboration du programme d'admission à cette École, et que, par suite, dans ce qu'il va dire, on ne doit voir à aucun degré un plaidoyer *pro domo sua*.

La remarque est celle-ci: on entend souvent dire, comme M. Soreau vient de le faire, que l'on rencontre maintenant dans le programme d'admission des matières qui, naguère, étaient enseignées à l'École, voire en seconde année, et l'on en conclut tout naturellement à l'effroyable surmenage des pauvres candidats. Mais on ne prend pas garde que si ces nouveautés ont, en effet, été introduites dans le programme, bien d'autres théories en ont, par contre, été retranchées, ni, peut-être, que certaines de ces matières nouvelles exigent un moindre effort intellectuel que celles dont elles ont pris la place. Il n'est pas niable, par exemple, que les cas élémentaires d'intégration des équations différentielles, auxquels M. Soreau a précisément fait allusion et qui effraient surtout à cause de leur nom, sont en réalité d'une étude beaucoup plus facile, exigeant une bien moindre dépense cérébrale, que les développements sur la théorie des équations algébriques, comprenant notamment le théorème de Sturm, et divers autres difficiles théorèmes d'Hermite, de Laguerre, etc., avec lesquels devaient être familiarisés les candidats à l'École d'il y a trente ou quarante ans. Des observations analogues pourraient au reste être faites à propos d'autres parties du programme.

Les nouveaux programmes comportent peut-être, dans leur ensemble, une somme un peu plus grande de matières; il ne semble pas toutefois qu'il faille, pour se les assimiler, un effort bien supérieur à celui qu'exigeaient les anciens.

M. SOREAU reconnaît volontiers qu'on a supprimé quelques parties des anciens programmes de spéciales, mais quand on en retirait long comme le doigt, on en ajoutait long comme le bras, à tel point que beaucoup de professeurs de cette classe sont véritablement effrayés de tout ce qu'on les force à introduire dans de jeunes cerveaux.

M. RABUT, répondant à M. Soreau, fait remarquer que la limite d'âge a toujours pour effet de réduire le nombre d'années consacrées par les candidats, non pas aux mathématiques spéciales, mais bien aux classes de lettres, aux humanités, ce qui n'est pas désirable<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Voir H. POINCARÉ: *Les Sciences et les Humanités*.

M. le Professeur A. PADOA (Gênes, Italie) se trouve pleinement d'accord avec M. Soreau sur plusieurs points. Mais comme la question dont on s'occupe a été posée par une Conférence internationale, il lui semble bon de l'envisager à un point de vue un peu plus général, et, précisément, au lieu de s'attarder à blâmer ou à exalter l'état actuel de l'organisation des études en France, il trouve préférable d'analyser les tendances qui à ce moment partagent les opinions dans presque tous les pays.

Est-ce seulement au moment où ils vont commencer leurs études techniques que les futurs ingénieurs doivent être séparés des futurs mathématiciens, ou vaut-il mieux les séparer dès la fin des écoles secondaires? Jusqu'à présent, des raisons didactiques et financières s'accordaient pour donner la préférence à la première solution, mais le développement progressif des études théoriques et techniques et la nécessité de ménager les forces des élèves finiront peut-être par imposer la seconde, qui d'ailleurs se trouve déjà réalisée dans plusieurs universités techniques.

Or, dans celles-ci, est-ce aux mathématiciens ou aux ingénieurs eux-mêmes qu'il faut confier l'enseignement des mathématiques pures? On vient de dire, ce soir même, que l'application des mathématiques à des problèmes sur la résistance des matériaux n'avait pas donné des résultats satisfaisants, d'où une prétendue raison de méconnaître la valeur des mathématiques et le vœu que l'enseignement des mathématiques fût animé d'un esprit plus pratique, que seulement un ingénieur aurait pu lui donner. Mais avant d'appliquer un théorème quelconque, il faut s'assurer si les données de la question pratique vérifient l'hypothèse de ce théorème, au moins d'une manière suffisamment approchée; et l'on ne doit jamais rendre responsable les mathématiques des fausses applications qu'on en peut faire. Or, sans nier qu'il y ait des ingénieurs auxquels on pourrait confier un cours de mathématiques, dans la plupart des cas il est à craindre qu'ils feraient prévaloir la tendance technique sur la tendance théorique, en faussant le caractère de cet enseignement qui ne doit pas seulement fournir des règles, mais doit aussi contribuer à la formation de l'esprit scientifique.

Mais alors, en quoi se distinguerait le cours de mathématiques pour les ingénieurs de celui pour les mathématiciens? Certainement, ce n'est pas au point de vue de la rigueur, car sans rigueur il n'y aurait plus de mathématiques. C'est plutôt une question d'opportunité dans le choix des théories à traiter, de mesure dans le développement à donner à chacune d'elles, d'insistance sur les applications numériques des résultats les plus importants, parce que les règles dont on n'a pas appris à se servir avec sûreté et rapidité sont vite oubliées.

Donc, en laissant aux mathématiciens les soins et la responsabilité de l'enseignement théorique et aux ingénieurs les soins et la responsabilité de l'enseignement technique, ce qui est désirable c'est qu'un accord s'établisse entre les mathématiciens et les ingénieurs, et que cet accord devienne toujours plus cordial et plus intime, pour amener à une collaboration continue dans le choix des programmes, leur coordination et leur révision, tant au point de vue général des liens entre la théorie et la pratique, qu'à celui de l'organisation et de la coordination des différents cours d'une même école.

M. J. LEGRAND rappelle à M. d'Ocagne qu'il a eu l'honneur de l'entendre comme répétiteur de mécanique à l'École Polytechnique, il y a vingt ans. S'il recherche quels avantages il a tirés pour sa carrière de l'enseignement de ses maîtres, il apprécie comme le principal la possibilité d'aborder la

lecture d'un ouvrage de science moderne quelconque sans être rebuté par les notations et les développements de calcul.

Il s'est trouvé aux côtés de collègues qui avaient reçu à l'Ecole Navale une instruction scientifique plus spécialisée en vue d'une carrière unique et qui lui ont semblé éprouver, du fait de cette formation moins générale, plus de difficultés que lui-même dans l'étude des questions de balistique ou de mécanique appliquée. Un ingénieur qui veut se documenter fait appel aux sources étrangères. S'il doit vaincre, outre les difficultés d'une langue qui n'est pas la sienne et de notations inhabituelles, le manque d'entraînement aux développements scientifiques, sa tâche sera rebutante. Il ne faut pas attacher trop d'importance à la valeur des théories scientifiques, qui évolueront, et l'on ne peut prévoir quelles applications s'imposeront plus tard à l'attention d'un jeune homme qui veut entrer à Polytechnique ou à l'Ecole Centrale.

En père de famille, M. J. Legrand recommande la haute culture scientifique, mais surtout comme une gymnastique et un assouplissement.

M. STÆCKEL remercie la Société de l'intérêt qu'elle a bien voulu prendre à la Conférence Internationale de l'Enseignement mathématique et surtout au rapport sur l'enseignement mathématique des ingénieurs. Il est convaincu que les remarques formulées dans la discussion seront d'une grande importance pour les travaux futurs de la Commission Internationale, parce que les problèmes de l'enseignement mathématique des ingénieurs ne peuvent se résoudre que par la collaboration des ingénieurs et des mathématiciens.

M. LE PRÉSIDENT dit que les paroles aimables de M. le Professeur Stäckel abrègent beaucoup sa tâche.

Au début de son compte rendu, M. d'Ocagne a bien voulu poser des questions à notre Société et M. le Président remercie à son tour ceux de ses collègues qui ont pris part à la discussion et qui ont répondu d'une façon qui a satisfait si pleinement M. Stäckel.

M. Chaudy a apporté l'avis de la pratique; MM. Monteil et Rabut ont fait bénéficier la Société du produit de leur haute expérience de professeurs.

M. Soreau a parlé avec l'autorité d'un père de famille et nul plus que lui n'avait le droit de formuler les observations qu'il a faites, et cela avec la clarté à laquelle il a habitué ses collègues.

Il remercie M. le Professeur Padoa de son intervention; M. Legrand, qui a bien voulu reprendre la parole et qui a rendu un juste hommage à l'enseignement qui lui a été donné.

M. le Président croit qu'il ne pourrait mieux faire que de reprendre lui-même une phrase qui l'a beaucoup frappé dans le rapport de M. Stäckel, qui dit, en parlant des mathématiques spéciales citées au cours de la discussion :

« Les mathématiques méritent d'être considérées comme l'un des plus puissants moyens de l'esprit humain qui dominent l'inertie de la matière ». Ces paroles résument admirablement la discussion qui a eu lieu ce soir.

M. ANDROUIN, n'ayant pu prendre la parole, vu l'heure avancée, a remis en fin de séance la note suivante :

M. ANDROUIN pense que l'enseignement spécial à la formation des ingénieurs comprend certaines branches principales qui, énumérées dans l'ordre où chacune d'elles sert à l'intelligence de la suivante, sont : la Science pure (mathématiques, etc.) ; la Science appliquée (mécanique rationnelle, électricité théorique, etc.) ; la Technique (mécanique appliquée, électricité indus-

trielle, etc.); la Technologie (étude descriptive des produits industriels et des moyens de production); les Travaux pratiques (bureau, salle de dessin, laboratoire, atelier, chantier, etc.).

L'élève ingénieur doit, évidemment, être assez avancé dans chacune de ces branches, pour profiter pleinement de l'enseignement qu'il reçoit de la suivante; cela, pour la science appliquée, détermine le *minimum* de science pure à enseigner. La question du *maximum* sera envisagée un peu plus loin.

Sur la question de savoir si l'enseignement des sciences pures et celui de la technique doivent être donnés à la même époque, M. Androuin répond sans hésiter: *oui*. En effet, il importe que le futur ingénieur vive le plus tôt possible dans une *ambiance* propre à le pénétrer de sa profession. Cela lui rend l'étude de la technique infiniment moins pénible, puisqu'il se l'est assimilée graduellement par le travail naturel de l'esprit.

Il est d'ailleurs très important de réduire au minimum la durée des études. Lorsque les études sont trop longues, en effet, l'ingénieur débute dans l'industrie à un âge où il ne lui est plus très facile d'accomplir *dans le rang* une période d'*apprentissage*, sans laquelle il est extrêmement difficile d'acquérir cette *intuition* que l'un de nos collègues a appelée « le flair de l'ingénieur ». Les études trop longues ont aussi le très grave inconvénient d'être excessivement coûteuses et de fermer la carrière d'ingénieur à ceux des bons sujets dont les parents ne sont pas assez riches.

Dans ces conditions, il semble que, pour la facilité de l'organisation de l'enseignement, il soit préférable d'enseigner les mathématiques aux futurs ingénieurs dans des institutions techniques où ils puissent entrer très jeunes.

Sur les questions de choix des matières à enseigner et du personnel enseignant: Dans l'enseignement des mathématiques aux futurs ingénieurs, l'objectif doit être bien moins de leur enseigner *beaucoup* que de leur enseigner *très bien*. La considération d'où découle le minimum à enseigner a été indiquée plus haut. Le maximum ne doit pas trop s'en éloigner, mais l'ensemble de chaque branche enseignée en mathématiques doit former un tout homogène où l'enchaînement de tous les éléments apparaisse d'une manière bien nette.

C'est seulement à cette condition que l'on aura atteint l'objectif principal de l'enseignement mathématique, qui est de donner à l'esprit les qualités d'ingéniosité et de précision dont l'ingénieur a besoin.

La question de l'enseignement limité et spécialisé sur la base de l'utilitarisme immédiat ne se pose même pas; un tel enseignement jetterait le désordre dans l'esprit des élèves qui, après avoir dans leurs toutes jeunes années étudié l'harmonieux ensemble que présentent les premiers livres de la géométrie et les mathématiques élémentaires en général, auraient la désillusion de se trouver aux prises avec un fatras de théories sans liaison.

Il est donc nécessaire que chaque professeur de mathématiques ait une *mentalité de mathématicien*, et que, dans la pratique de son enseignement, il attribue la première place à la *culture générale* tout en se tenant en contact avec les professeurs de sciences appliquées afin de donner à ceux-ci des élèves capables de comprendre facilement les parties de ces sciences appliquées où il est fait usage des mathématiques.

En résumé, l'enseignement doit être dirigé de manière à :

A. — Donner aux élèves une *culture générale* bien ordonnée dont leur esprit puisse rester indéfiniment imprégné, et cela sans surcharger leur mémoire

B. — Maintenir dans l'esprit des élèves l'équilibre entre cette culture générale et les notions professionnelles.

C. — Réduire au minimum la durée des études, afin de donner aux jeunes ingénieurs les plus grandes facilités pour leur *apprentissage industriel*, et de laisser la carrière d'ingénieur aussi largement ouverte que possible.

### Erratum.

*Rapport général de M. E. BEKE*, p. 276, lignes 6 à 11.

Dans une lettre datée du 30 juin 1914, M. C. POSSÉ, l'un des délégués russes, nous signale une modification à introduire dans un passage concernant la Russie. La phrase « Ainsi, la revision générale.... » doit être remplacée par la suivante :

« Ainsi, la revision générale du cours des classes précédentes, la discussion des équations du second degré, le dessin projectif, l'application de l'algèbre à la géométrie (homogénéité des formules, construction des formules rationnelles et des racines des équations du second degré, etc.), sont supprimés. »

---

## POINTS-PINCES, ARÊTES DE REBROUSSEMENT

ET

## REPRÉSENTATION PARAMÉTRIQUE DES SURFACES <sup>1</sup>

---

Les « points-pinces » de Cayley sont assurément, en un sens, une particularité très spéciale, très exceptionnelle des surfaces. Il ne semble pas, au premier abord qu'il puisse y avoir lieu de s'y arrêter dans un cours d'Analyse destiné aux débutants.

Or je me trouve amené presque obligatoirement à y faire une brève allusion dans l'enseignement très condensé cependant que je professe à l'École Polytechnique.

C'est à propos de la représentation paramétrique des surfaces que je suis conduit à opérer ainsi. Soient les équations

$$(1) \quad x = x(u, v), \quad y = y(u, v), \quad z = z(u, v),$$

$u$  et  $v$  désignant deux paramètres variables. On se borne généralement à dire que,  $u$  et  $v$  variant indépendamment de toutes les manières possibles, ces équations définissent :

---

<sup>1</sup> Communication présentée par M. J. HADAMARD, membre de l'Institut, à la Société mathématique de France, le 1<sup>er</sup> avril 1914, à l'occasion de la Conférence internationale de l'enseignement mathématique.