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

Kapitel: I RAPPORT GÉNÉRAL
Autor: Staeckel, Paul

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: 11.07.2025

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

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 [1].

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'Ecole 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 désirant 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'Ecole des mines, l'Ecole des ponts et chaussées et d'autres, l'Ecole polytechnique. L'organisation de cette Ecole exerça une influence durable sur l'Enseignement des Mathématiques et sur la préparation mathématique des ingénieurs du monde entier.

---

[1] *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 simnltanément ? — 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 XIXe 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'Ecole 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'Etat.

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'Ecole des voies et communications et l'Ecole des mines de St-Pétersbourg.

En France, en dehors de l'Ecole 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'Ecole centrale des Arts et Manufactures, le Conservatoire des Arts et Métiers, l'Ecole des Mines, l'Ecole 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'Ecole 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 XIXe 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 XIXe 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'Ecole 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'Ecole 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'Ecole 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 [1].

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-

[1] *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[1].

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

[1] *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 resteindre, 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, on 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 équivaudrait 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[1].

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

[1] *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'Analyee supérieure sont-elles traitées séparément ou bien réunies en un grand eours 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 ingénieur 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 Societé 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 XVIIe 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 XIXe 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 le 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'Education 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 Etats-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 [1].

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'Ecole 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,

[1] *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 mathématicens 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 [1].

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 plusienrs 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 nniversités 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 dominent l'inertie de la matière. Cette séparation, cependant, ne doit pas par trop s'accentuer. 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'Ecole d'ingénieurs des eaux et forêts ; MATAIX et TERAN, L'enseignement des mathématiques à l'Ecole 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'Ecole 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'Ecole centrale des Arts et Manufactures, p. 183-208.

b) Réponses au questionnaire pour l'Ecole 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 theaching 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 dells 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'Ecole 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-