Les mathématiques dans la formation de l'ingénieur

Autor(en): **Blanc, Charles**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **79 (1953)**

Heft 4

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-59742

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

79e année 21 février 1953 No 4

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

Abonnements :
Suisse : 1 an, 24 francs
Etranger : 28 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Prix du numéro ; Fr. 1.40
Abonnements et nos isolés par versement au cpte de ch. postaux Bulletin technique de la Suisse romande No II. 5775, à Lausanne.

Rédaction
et éditions de la S. A. du Bulletin technique (tirés à part), Case Chauderon 475

Administration
Ch. de Roseneck 6 Lausanne

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitaux, architecte, à Lausanne ; Secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg : MM. P. Joye, professeur ; † E. Lateltin, architecte — Vaud : MM. F. Chenaux. ingénieur ; H. Matti, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; Ch. Thévenaz, architecte — Genève : MM. L. Archinard, ingénieur ; Cl. Grosgurin, architecte ; E. Martin, architecte ; V. Rochat, ingénieur — Neuchâtel : MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur — Valais : MM. J. Dubuis, ingénieur ; D. Burgener, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration
de la Société anonyme du Bulletin technique : A. Stucky, ingénieur, président; M. Bridel ; G, Epitaux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

Tarif des annonces

1/1	page	Fr. 264.—
1/2	»	» 134.40
1/4	»	» 67.20
1/8	»	» 33.60

Annonces Suisses S. A. (ASSA)

5 Rue Centrale. Tél. 22 33 26
Lausanne et succursales

SOMMAIRE : *Les mathématiques dans la formation de l'ingénieur*, par CHARLES BLANC, professeur à l'E.P.U.L. — *Anciens et nouveaux appareils mécaniques d'intégration*, par TH. ERISMANN, Schaffhouse. — Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne : *Diplômes*. — Société suisse des ingénieurs et des architectes : *Communiqué du Secrétariat*. — DIVERS : « *Examiné par le LFEM* ». — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION GÉNÉRALE. — NOUVEAUTÉS, INFORMATIONS DIVERSES.

LES MATHÉMATIQUES DANS LA FORMATION DE L'INGÉNIEUR

par CHARLES BLANC,
professeur à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne [1]

Confier, durant quelques instants, la parole à un mathématicien, dans cette cérémonie qui consacre pour une cinquantaine de jeunes gens la fin de leur vie d'études et le début de l'activité professionnelle, leur parler, une fois encore, de science pure, dans cette cérémonie qui pour d'autres marque avec quelque solennel leur entrée dans cette Ecole, n'est-ce point là une entreprise bien osée ? Pour les uns, le temps s'éloigne où ils étudiaient les éléments et certains chapitres plus avancés de l'analyse et de la géométrie, pour les autres, la dose de mathématiques qu'ils reçoivent semaine après semaine est sans nul doute d'une assimilation assez laborieuse pour qu'on hésite à ajouter, ne serait-ce que durant quelques minutes, à ce pesant bagage.

Lorsqu'on me fit l'honneur de me demander de prononcer une allocution au cours de cette cérémonie, je n'eus pas de peine à discerner que les écueils seraient nombreux. Je pourrais sans doute donner encore quelques conseils, pendant qu'il est temps, à ceux qui seront dans quelques instants en possession du précieux carton leur donnant le droit au titre d'ingénieur ou d'architecte diplômé : mais tant d'autres auraient plus de qualités à le faire, que je me bornerai à des félicitations, d'autant plus sincères que je sais de quels efforts, de quelle persévérance, ce jour est l'aboutissement. Je pourrais m'adresser à ceux que nous recevons aujourd'hui, la centième promotion de l'Ecole, leur conseiller de suivre l'exemple de leurs aînés, de maintenir les traditions de camaraderie, de solidarité, d'acquérir durant les précieuses années qu'ils passeront ici non seulement une foule de connaissances, plus ou moins livresques, dont ils auront à rendre un compte exact aux examens, mais aussi un certain sens du travail en équipe, et surtout le goût des responsabilités et même du risque ; je reconnaîtrais volontiers que nos étudiants en général, et en particulier ceux que nous recevons officiellement aujourd'hui, manifestent une louable assiduité aux cours et travaux pratiques, assiduité qui ne devrait cependant pas participer trop souvent de préoccupations assez médiocrement scolaires ; je leur dirais que celui qui estime ne pas avoir le temps de faire un exercice, ou qui préfère s'occuper à autre chose, doit assumer le risque, plutôt que d'exécuter le travail à moitié, dans l'espoir, évidemment illusoire, de faire bonne

[1] Allocution prononcée le vendredi 30 janvier 1953 à l'Aula de l'Ecole polytechnique, lors de la cérémonie de collation des diplômes et des prix et de réception des nouveaux étudiants à l'E.P.U.L.

impression malgré tout. Voilà ce que je devrais dire à nos nouveaux étudiants ; mais je ne me sens guère porté au rôle de moralisateur, aussi je leur souhaiterai seulement de les retrouver, quand le temps sera venu, assis aux premiers rangs de cette salle, dans une cérémonie toute semblable à celle-ci, toute semblable pour nous sans doute, mais qui sera pour eux celle où ils recueilleront la récompense de leur travail.

Pensant à ces nouveaux étudiants, je me demandais aussi avec quels sentiments ils prennent conscience de la grande place occupée en fait par les mathématiques dans cette Ecole, même plus, de la place qu'elles occupent dans la technique d'aujourd'hui. Permettez-moi de vous proposer une réponse, bien incomplète certainement, et que d'aucuns ne pourront sans doute pas accueillir sans réserves.

Il y a tout d'abord ce qu'on pourrait appeler l'opinion publique. Elle confond souvent l'ingénieur et le mathématicien dans une même catégorie ; M. le directeur Stucky, il y a quelques années, le faisait bien remarquer : « Il m'est arrivé souvent, disait-il, de m'entendre dire : Vous autres, ingénieurs, qui faites des mathématiques.» Je crois comprendre que cette confusion ne plaît pas beaucoup aux ingénieurs ; je n'aurai pas l'imprudence de donner ici l'opinion sur ce point de certains mathématiciens. Je me demanderai plutôt à qui cette confusion profite, si elle est bien réelle.

Il me semble que le prestige de la technique, et des techniciens, auprès de l'homme de la rue, provient dans une large mesure de la croyance que les progrès foudroyants auxquels nous assistons sont dus essentiellement à l'emploi de connaissances et de raisonnements abstraits et très compliqués, réservés à une élite et inaccessibles au commun. Le secret dont on entoure, aujourd'hui, certaines acquisitions de la recherche scientifique, ne peut que renforcer cette tendance assez naturelle. Comme le faisait remarquer Raymond Ruyer, dans un article paru récemment dans la revue « Les Temps Modernes », les hommes sont tout disposés à penser que les grandes réalisations techniques sont le fait d'une sorte d'aristocratie du savoir, aristocratie à laquelle ils accordent un pouvoir d'autant plus grand qu'ils imaginent que la source en est surhumaine. Le ton un peu sensationnel donné par la presse aux informations sur les grandes machines calculatrices a contribué à donner l'idée que ce qui se passe d'important sur notre planète est dû à l'initiative de petits états-majors d'initiés aidés d'une armée d'automates aux lignes parfaites et aux démarches infaillibles.

Vous savez bien que cela ne se passe pas tout à fait ainsi ; toutefois, il me semble qu'on aurait tort de vouloir prétendre exactement le contraire, et les louables efforts qui sont faits pour améliorer le statut de l'ingénieur dans la société, ne devraient pas tendre à le banaliser, mais au contraire à le maintenir, ou le replacer, dans la situation plus prestigieuse de celui qui a été initié : l'ingénieur ne gagne rien à insinuer que son travail est uniquement affaire de bon sens, d'expérience et de flair, ce qui est du reste faux.

Je n'hésiterai donc pas à affirmer que l'ingénieur n'a rien à perdre, quant à sa situation dans la société, à laisser subsister dans l'opinion courante la confusion avec le mathématicien ; car, par un paradoxe assez étrange, la moins secrète des sciences est aussi celle qui se pare le plus de mystère dans l'esprit du profane.

L'ingénieur ne peut se désintéresser de l'idée qu'on se fait de lui ; cela déjà explique et justifie l'importance que les Ecoles polytechniques accordent aux mathématiques, et montre le danger qu'il y aurait à choisir une autre ligne de conduite.

Mais, est-ce tout ? L'activité de l'ingénieur ne consiste certainement pas à faire des mathématiques ; chacun l'accorde facilement ; a-t-il, dans cette activité, intérêt à utiliser les ressources des mathématiques ? A cette question, je ne peux répondre que par l'affirmative : de ma part, le contraire vous étonnerait sans doute. Je dirai même plus : il pourrait les utiliser davantage, avec un grand profit, comme je vais tenter de vous le montrer.

Les mathématiques pures, d'une part, leurs applications et le calcul numérique en particulier, d'autre part, ont fait, comme les autres domaines de la science, des progrès considérables durant ces dernières années. Ces progrès n'ont pas encore porté tous leurs fruits, faute peut-être d'une élaboration suffisante. Ainsi, il reste encore beaucoup à faire pour rendre commodément utilisables des notions mathématiques récentes, assez abstraites au premier abord ; il faudrait aussi effectuer un tri parmi les méthodes de calcul qui sont maintenant devenues si nombreuses, pour un même type de problème, qu'un spécialiste a quelque peine à se tenir au courant ; ce tri devrait dégager les méthodes à la fois commodes et précises, et mettre en évidence la meilleure technique de mise en œuvre ; il conviendrait de répandre plus largement, et surtout d'une manière plus efficace, l'emploi des auxiliaires de calcul, c'est-à-dire les tables numériques et les appareils de calcul.

Je ne veux pas développer ici, dans tous les détails, les divers points de ce qui constituerait en somme un plan de travail à l'usage de ceux qui s'efforcent de rendre mieux utilisables les mathématiques. Je m'en vais simplement exposer, pour chacun d'eux, un aspect particulièrement significatif.

Parmi les domaines des mathématiques qui se sont le plus enrichis depuis une vingtaine d'années, figure sans conteste le calcul des probabilités, qui est devenu aujourd'hui proprement l'algèbre et l'analyse des grandeurs aléatoires. Le calcul des probabilités a trouvé ses premières applications dans la théorie des jeux, dans les techniques d'assurances, plus tard dans la théorie des erreurs ; maintenant, par ce grand chapitre que constitue la statistique, il prend une importance grandissante en économie et dans les sciences appliquées. Il me semble toutefois que les concepts aléatoires se retrouvent en fait très intimement liés aux démarches de l'ingénieur.

En effet, lorsque le constructeur se trouve en face d'un projet à élaborer, il s'efforce de rassembler toutes les données du problème ; ces données, il les introduit, si elles s'y prêtent, dans les calculs. Mais, dit-il, elles ne s'y prêtent pas toutes. Comment tenir compte de tels éléments d'appréciation, essentiellement qualitatifs, comment déterminer les caractéristiques de tel matériau mal connu, et à quoi bon peiner sur de savants calculs si, en fin de compte, on ne se fie qu'à l'expérience et au bon sens ? Toutes ces remarques seraient bien

fondées, s'il était exact que l'on ne peut faire entrer dans des calculs que des grandeurs exactement connues, faute de quoi ces calculs ne seraient pas concluants. S'il en était ainsi, il serait impossible de soumettre au calcul la construction d'un appareil de téléphone, puisque celui qui le construit ne sait pas quelles paroles ou quelle musique y seront transmises ; il serait impossible de calculer les dimensions d'un appareil de réglage automatique, puisque personne ne sait à l'avance quelles seront les variations de la grandeur réglante ; il serait impossible de faire de la topographie, puisque les mesures sont entachées d'imprécisions inconnues. Je pourrais continuer ainsi longtemps, mais vous voyez déjà où je veux en venir : il n'est pas nécessaire, pour calculer valablement, de ne faire intervenir dans les calculs que des grandeurs certaines ; les grandeurs aléatoires, c'est-à-dire indéterminées a priori, peuvent en principe faire l'objet des mêmes calculs que les grandeurs certaines, cela dans le cadre de l'analyse aléatoire.

L'introduction systématique des grandeurs aléatoires dans les préoccupations de l'ingénieur n'est certes pas encore pour aujourd'hui ni pour demain ; elle se fait toutefois déjà, non sans rencontrer quelque résistance, dans divers domaines, comme ceux des techniques de réglage automatique, de transmission de l'information, dans l'étude de la turbulence. J'aperçois dans la généralisation de ce point de vue un des buts les plus immédiats des mathématiques appliquées. Ce qui constitue encore un obstacle, c'est que les concepts aléatoires déroutent un peu celui qui les aborde, embarrassé qu'il est des habitudes contractées dans le maniement des grandeurs certaines. Au début, il est difficile de saisir par l'intuition ces grandeurs imprécisées, connues seulement par les probabilités qu'elles ont de prendre telle ou telle valeur. On peut avoir également quelque peine à se faire une représentation de ces fonctions aléatoires, qui ne sauraient se traduire géométriquement par une courbe, dont les valeurs ne sont pas données, mais seulement liées les unes aux autres par des relations de probabilité. On peut douter, au premier abord, que de tels concepts puissent être qualifiés de mathématiques, et surtout puissent être introduits dans des calculs numériques concrets, destinés en fin de compte à permettre une réalisation matérielle. Et pourtant, pour qui veut bien faire l'effort nécessaire, ces notions finissent par devenir aussi simples et naturelles que celles de nombre entier ou de courbe géométrique.

Il me semble même que, peut-être sans s'en rendre compte, l'ingénieur fait intervenir dans ses considérations de constructeur des concepts aléatoires. Ils n'apparaissent pas explicitement dans les calculs, mais sont sous-entendus dans maints recours à ce que l'on désigne, faute de mieux, sous l'expression de bon sens du réalisateur. Que sont du reste les coefficients de sécurité, sinon la prise en compte des éléments aléatoires des données, prise en compte en somme empirique et à moitié avouée ? Il me semble que l'on aura fait un gros progrès lorsqu'on sera arrivé à expliciter, et à introduire dans les calculs, les éléments de nature aléatoire contenus dans les données, ou en tout cas certains de ces éléments.

D'autres domaines des mathématiques modernes seront appelés, dans un avenir plus ou moins prochain, à rendre de grands services à la technique. En vous parlant de celui des concepts aléatoires, j'ai simplement voulu vous signaler un de ceux qui semble le plus riche de promesses.

Je faisais allusion, il y a un instant, à la multitude des méthodes, plus ou moins approchées, qu'on a proposées pour la résolution numérique de divers problèmes de mathématiques importants dans les applications. Désignons, pour simplifier, par l'expression « calcul numérique » l'ensemble des techniques de mise en œuvre de ces méthodes. Les mathématiciens, en général, ne s'y intéressent guère ; les praticiens, de leur côté, souvent trop absorbés par leur travail, n'ont pas le temps d'acquérir toute l'information nécessaire, et redécouvrent ainsi plus ou moins empiriquement, des procédés déjà connus, parfois les désignent par une dénomination nouvelle, après quoi on a quelque peine à voir au juste de quoi il s'agit, quels sont les principes mis en œuvre et quel est le champ d'application. Un travail de clarification s'impose donc dans ce domaine ; il serait évidemment naïf de croire qu'il sera un jour parfaitement achevé ; on peut toutefois espérer que des progrès pourront être réalisés dans ce sens, et qu'ils permettront de mieux utiliser les méthodes qui se révéleront plus particulièrement favorables.

Le calcul numérique, qui est un art tout autant qu'une science, obéit à certaines règles que l'expérience met en évidence et qu'il est dangereux de transgresser. Force m'est de reconnaître que les plus élémentaires de ces règles sont ignorées de presque tous les jeunes gens qui entrent dans une Ecole polytechnique ; je le constate année après année, ce qui contribue à me persuader que ces règles ne sont pas si élémentaires qu'elles le paraissent au premier abord, et qu'il y aurait une grande injustice à faire grief de cette ignorance aux maîtres qui, dans les Ecoles secondaires, ont été chargés d'enseigner les mathématiques élémentaires à nos futurs étudiants. A l'Université même, il n'est pas possible de faire plus que d'inculquer ces règles fondamentales de l'art du calcul, d'en faire des applications dans les cas les plus simples, qui sont du reste justement ceux qui se présentent le plus fréquemment dans la pratique.

Comme je le disais il y a un instant, le développement des applications des mathématiques à l'art de l'ingénieur a reçu une grande impulsion du fait du perfectionnement des divers auxiliaires matériels du calculateur, plus particulièrement des tables numériques et des divers types de machines calculatrices.

Les tables numériques sont un outil indispensable pour le calculateur. Il est fâcheux de constater qu'on les désigne encore trop souvent sous le nom périmé de tables de logarithmes ; en effet, en tant que moyen de calcul, les logarithmes ont beaucoup perdu de leur importance, au profit d'autres fonctions. Il faudra bien faire disparaître un jour, et le plus tôt possible, le mot de logarithme de la couverture des tables employées dans nos écoles secondaires.

Il existe aujourd'hui de très nombreuses tables numériques, plus ou moins complètes. Il y en a assez exactement pour tous les besoins. Il me semble que

l'ingénieur, comme le physicien, pourrait tirer un excellent parti d'une table comportant, à quatre décimales, les valeurs des fonctions élémentaires et de leurs inverses. De telles tables existent actuellement, sous un format très commode. Il est fort regrettable que, dans nos gymnases, on utilise encore des tables à cinq décimales, donc inutilement lourdes, et par ailleurs assez incomplètes. Le formulaire qui accompagne presque obligatoirement une telle table devrait également être rédigé en tenant compte des besoins de la pratique tout autant que des exigences des problèmes de baccalauréat.

Il faut dire également que l'utilité d'une table numérique est étroitement liée au type de machines dont dispose le calculateur. Vous savez quel essor prodigieux s'est manifesté dans ce domaine ; la règle à calcul est devenue en quelque sorte l'emblème de l'ingénieur (qui pousse parfois la coquetterie jusqu'à s'en servir comme d'une pochette) ; les perfectionnements qu'elle a reçus, et qui ont conduit au disque et au cylindre à calcul, sont intéressants, mais en somme d'une portée plutôt limitée. La machine de bureau, à claviers ou à curseurs, plus ou moins automatique, a bénéficié de l'abaissement des prix de revient qu'elle doit à son emploi sur une grande échelle dans les calculs commerciaux. Cette circonstance a conduit certains calculateurs à chercher s'ils ne pourraient pas tirer également parti d'autres machines répandues dans les milieux du commerce, de la finance ou des assurances. C'est ainsi qu'on est arrivé à employer très utilement les machines comptables à registres multiples et les machines à cartes perforées.

L'électronique a permis la construction de machines encore beaucoup plus automatiques et plus rapides que celles auxquelles je viens de faire une brève allusion. Il est certain que ces machines permettent, permettront surtout, de résoudre des problèmes numériques inabordables par d'autres moyens ; il est encore difficile d'apprécier dans quelle mesure elles remplaceront des machines plus modestes. En tout cas, il est assez curieux de remarquer qu'elles ont jusqu'à présent procuré beaucoup de travail aux mathématiciens, et qu'il est probable qu'il continuera d'en être ainsi.

Il est encore un autre type de machines auxiliaires pour le calcul, ce sont celles que l'on qualifie de machines analogiques. Elles reposent sur la remarque, qui n'est pas très nouvelle, que divers phénomènes peuvent suivre les mêmes lois, et que si l'un d'eux est facile à provoquer et à observer, cette observation constituera en somme une étude indirecte, par analogie, des autres phénomènes. Ici encore, l'électronique a permis des réalisations intéressantes, relativement peu coûteuses mais en même temps d'une précision en général limitée.

Ce rapide passage en revue du développement des mathématiques utiles à l'ingénieur nous conduit à poser des problèmes pratiques qui ne vous ont sans doute pas échappé. Ce développement pose, d'une part, un problème d'équipement : si l'achat d'une règle à calcul et d'une petite table numérique sont à la portée de chacun, il n'en est plus de même des moyens matériels plus perfectionnés dont je parlais : l'ingénieur ne pourra pas toujours disposer de l'équipement tout à fait perfectionné qui lui permettrait d'effectuer rapidement et aisément ses calculs. Mais il y a aussi le problème même de la formation de l'ingénieur. Il ne sera bientôt plus possible, il n'est déjà plus possible de donner, au cours des études, le bagage complet des connaissances mathématiques dont le futur ingénieur pourrait ensuite tirer parti. Je sais bien que cette opinion n'est pas partagée de tous, et on trouvera de très bons esprits disposés à penser que l'on fait déjà bien trop, et qu'il vaudrait mieux donner plus de connaissances immédiatement pratiques, par exemple en économie politique et dans l'emploi des langues étrangères. Je vous ai dit, il y a quelques instants, pourquoi ce point de vue me semble faux et dangereux pour l'avenir même de la profession d'ingénieur.

Il n'en reste pas moins qu'il ne me semble pas possible de développer davantage l'enseignement des mathématiques dans les Ecoles polytechniques, et particulièrement dans la nôtre. La solution doit être cherchée dans une autre direction. Il me semble qu'elle pourrait l'être, en partie, dans la formation de mathématiciens de l'industrie, bien au courant des domaines de l'analyse utilisés en technique, possédant un bon entraînement dans le calcul numérique, et assez ouverts aux questions de l'art de l'ingénieur pour être réellement utilisables. Jusqu'à ce jour, il a peu été fait dans ce sens ; on devra y songer, et pas seulement dans les Ecoles, mais aussi dans l'industrie qui, à l'heure actuelle, se prive encore de riches possibilités.

On pourrait également envisager, pour de jeunes ingénieurs, ayant les aptitudes et les goûts requis, des stages de formation ou de perfectionnement, de plus ou moins longue durée, dans un institut de mathématiques appliquées. On a déjà émis le vœu que l'industrie consente, lorsque cela en vaut la peine, à se séparer temporairement d'un jeune collaborateur pour lui permettre d'approfondir ses connaissances dans telle direction, durant un stage dans un laboratoire de recherches. Il me semble qu'il y aurait là une possibilité de former quelques spécialistes du calcul, dont une entreprise pourrait retirer ensuite grand profit.

Enfin, il reste toujours la possibilité de demander, si besoin est, la collaboration d'un institut spécialisé. Les Ecoles polytechniques de Zurich et de Lausanne possèdent l'une et l'autre un institut de mathématiques appliquées, qui peuvent être appelés soit à traiter tel problème, soit plus simplement à indiquer dans quelle direction il convient d'en rechercher la solution. L'importance qu'ont prise, hors de nos frontières, des centres analogues, est une preuve éclatante de leur utilité.

J'ai essayé de vous montrer comment les progrès considérables de la technique s'étaient accompagnés d'une importance croissante pour le praticien des connaissances scientifiques, et des mathématiques en particulier. Quelle fut la nature de ce développement ? La technique a sans doute progressé grâce à l'avancement des sciences pures, mais non exclusivement. Et je me demande même si ce ne sont pas les progrès techniques qui sont en bonne partie la cause du progrès scientifique ; ils ont eu pour le moins une action stimulante. Mais il y a probablement plus, et il me revient à la mémoire une remarque qu'aimait à faire Charles

Gilliard, dont les leçons d'histoire ont, durant de longues années, exercé une grande influence sur ses élèves du Gymnase de notre ville ; Charles Gilliard remarquait que les peuples font les révolutions non pas quand ils sont très malheureux, mais quand ils commencent à l'être moins ; il aimait user du paradoxe, et cela n'est peut-être qu'une boutade ; mais il n'en reste pas moins que je vois, dans le domaine qui est le nôtre, une situation assez analogue : le progrès scientifique n'est peut-être pas la cause du progrès technique, mais sa conséquence ; cependant, cette conséquence est nécessaire, il serait donc faux de prétendre que les moyens qui ont permis aux ingénieurs de réaliser de tels progrès continueront à leur suffire. A cause même de ces progrès, les besoins ont augmenté, et c'est pourquoi je pense qu'il faut se défendre contre tout argument de routine et accepter ce continuel dépassement de la technique par la science, de la science par la technique, situation à laquelle la profession d'ingénieur ne peut échapper.

ANCIENS ET NOUVEAUX APPAREILS MÉCANIQUES D'INTÉGRATION

par TH. ERISMANN. Schaffhouse

Sans vouloir entrer dans la théorie du calcul intégral, nous nous proposons, pour la compréhension de cet exposé, de donner ici une notion intuitive de l'intégration à la lumière d'un exemple pratique.

Supposons connu l'effort de traction P exercé par une motrice (par exemple une locomotive) au crochet d'accouplement durant un certain parcours x_1. On demande le travail A fourni par P le long de x_1. Si $P = P_1$ est une constante, nous aurons :

$$A = P_1 . x_1 \qquad (1)$$

d'où il résulte que A apparaît comme la surface hachurée rectangulaire de la figure 1. Mais, dans la réalité, l'effort de traction ne sera habituellement pas une constante et présentera des variations irrégulières, par exemple dans la forme de la figure 2. Ici encore, le travail est représenté par la surface hachurée A. L'équation (1) n'est évidemment plus valable pour la surface totale, mais seulement pour des tranches très minces (à la limite infiniment minces) de largeur dx, qui, avec une rigueur suffisante, peuvent être considérées comme des rectangles. Il en résulte que la relation

$$dA = P . dx \qquad (2)$$

est exacte. On entend par intégration de P en fonction de x, la sommation des « éléments de surface » dA infiniments petits, en nombre infiniment grand, pour constituer la surface totale A et l'on écrit :

$$A = \int_0^{x1} P . dx. \qquad (3)$$

Un appareil intégrateur est, par conséquent, un instrument mathématique qui permet, en principe, la formation d'une intégrale J à partir d'une variable y à intégrer en fonction d'une variable indépendante x, conformément à la relation :

$$J = \int y . dx. \qquad (4)$$

L'importance de ces appareils est illustrée par l'abondance des relations intégrales que l'on trouve dans la nature. Parmi les innombrables exemples, nous n'en extrairons que quelques-uns, qui sont résumés dans le tableau suivant :

Variable à intégrer	*Variable indépendante*	*Intégrale*
Accélération	temps	vitesse
Vitesse	temps	parcours
Force	longueur	travail
Force	temps	impulsion
Puissance	temps	travail
Courant	temps	charge électrique
Force transversale	longueur	moment de flexion
Moment de flexion	longueur	déformation angulaire
Longueur	longueur	surface

Mécaniquement la relation intégrale (4) peut toujours être réalisée au moyen d'un changement de vitesse continu (c'est-à-dire sans « sauts »), dont l'entraînement a lieu en fonction de la variable indépendante, et dont le rapport de transmission est déterminé par la fonction à intégrer, de sorte que l'intégrale apparaît à la sortie de l'appareil.

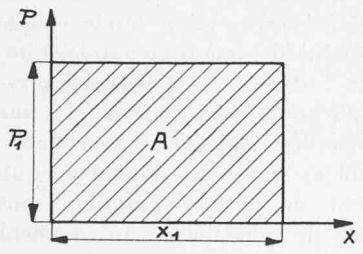


Fig. 1. — Exemple d'une surface géométrique à intégrer.
A représente le travail fourni par P le long de x.

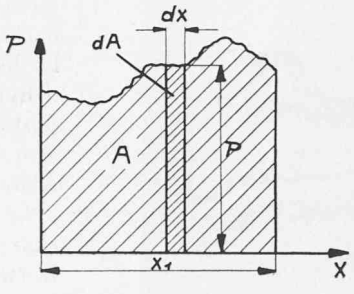


Fig. 2. — Exemple d'un diagramme de travail à variations irrégulières.

Considérations historiques

En raison de leur nature, nous illustrerons au mieux les appareils intégrateurs qui nous intéressent ici par un bref aperçu historique, qui n'a en aucune manière la prétention d'être complet. Le premier appareil intégrateur utilisable, l'intégrateur à disque, a été inventé par Gonella en 1825 (voir fig. 3).