

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

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **L'Enseignement Mathématique**

Band (Jahr): **16 (1914)**

Heft 1: **L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

## **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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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