

REVUE SCIENTIFIQUE

(REVUE ROSE)

Directeur-Administrateur :

PAUL FLAT

Directeur
de la Revue politique et littéraire
(Revue Bleue)

Directeur de la Rédaction :

CH. MOUREU

Docteur ès-Sciences, Professeur à l'École Supérieure
de Pharmacie de l'Université de Paris,
Membre de l'Académie de Médecine.

NUMÉRO 19

5^e SÉRIE — TOME X

7 NOVEMBRE 1908

SCIENCE ET MÉTHODE (1)

J'ai réuni, dans le livre « *Science et Méthode* », diverses études qui se rapportent plus ou moins directement à des questions de méthodologie scientifique. La méthode scientifique consiste à observer et à expérimenter ; si le savant disposait d'un temps infini, il n'y aurait qu'à lui dire : « Regardez et regardez bien » ; mais, comme il n'a pas le temps de tout regarder et surtout de tout bien regarder, et qu'il vaut mieux ne pas regarder que de mal regarder, il est nécessaire qu'il fasse un choix. La première question est donc de savoir comment il doit faire ce choix. Cette question se pose au physicien comme à l'historien ; elle se pose également au mathématicien, et les principes qui doivent les guider les uns et les autres ne sont pas sans analogie. Le savant s'y conforme instinctivement, et on peut, en réfléchissant sur ces principes, présager ce que peut être l'avenir des mathématiques.

On s'en rendra mieux compte encore si l'on observe le savant à l'œuvre ; et tout d'abord, il faut connaître le mécanisme psychologique de l'invention et, en particulier, celui de l'invention mathématique. L'observation des procédés de travail du mathématicien est particulièrement instructive pour le psychologue.

Dans toutes les sciences d'observation, il faut

(1) Nous donnons ici l'introduction et la conclusion du nouveau livre de M. H. Poincaré, *Science et Méthode*, qui paraîtra le 18 novembre chez l'éditeur Flammarion, dans la Bibliothèque de Philosophie scientifique, dirigée par M. Gustave Le Bon.

compter avec les erreurs dues aux imperfections de nos sens et de nos instruments. Heureusement, on peut admettre que, dans certaines conditions, ces erreurs se compensent en partie, de façon à disparaître dans les moyennes ; cette compensation est due au hasard. Mais qu'est-ce que le hasard ? Cette notion est difficile à justifier et même à définir ; et pourtant ce que je viens de dire, au sujet des erreurs d'observation, montre que le savant ne peut s'en passer. Il est donc nécessaire de donner une définition aussi précise que possible de cette notion si indispensable et si insaisissable.

Ce sont là des généralités qui s'appliquent en somme à toutes les sciences ; et par exemple, le mécanisme de l'invention mathématique ne diffère pas sensiblement du mécanisme de l'invention en général. J'aborde ensuite des questions qui se rapportent plus particulièrement à certaines sciences spéciales et d'abord aux mathématiques pures.

Je suis obligé, dans les chapitres qui leur sont consacrés, de traiter des sujets un peu plus abstraits. Je dois d'abord parler de la notion d'espace ; tout le monde sait que l'espace est relatif, ou plutôt tout le monde le dit, mais que de personnes pensent encore comme si elles le croyaient absolu ! il suffit cependant de réfléchir un peu pour apercevoir à quelles contradictions elles sont exposées.

Les questions d'enseignement ont leur importance, d'abord par elles-mêmes, ensuite parce que, réfléchir sur la meilleure manière de faire pénétrer des notions nouvelles dans les cerveaux vierges, c'est en même temps réfléchir sur la façon dont ces notions ont été acquises par nos ancêtres, et par conséquent sur leur véritable origine, c'est-à-dire au fond sur

leur véritable nature. Pourquoi les enfants ne comprennent-ils rien le plus souvent aux définitions qui satisfont les savants ? Pourquoi faut-il leur en donner d'autres ? C'est la question que je me pose dans le chapitre suivant et dont la solution pourrait, je crois, suggérer d'utiles réflexions aux philosophes qui s'occupent de la logique des sciences.

D'autre part, bien des géomètres croient qu'on peut réduire les mathématiques aux règles de la logique formelle. Des efforts inouïs ont été tentés dans ce sens ; pour y parvenir, on n'a pas craint, par exemple, de renverser l'ordre historique de la genèse de nos conceptions et on a cherché à expliquer le fini par l'infini. Je crois être parvenu, pour tous ceux qui aborderont le problème sans parti pris, à montrer qu'il y a une illusion décevante. J'espère que le lecteur comprendra l'importance de la question et me pardonnera l'aridité des pages que j'ai dû y consacrer.

Les derniers chapitres relatifs à la mécanique et à l'astronomie seront d'une lecture plus facile.

La mécanique semble sur le point de subir une révolution complète. Les notions qui paraissaient le mieux établies sont battues en brèche par de hardis novateurs. Certainement il serait prématuré de leur donner raison dès aujourd'hui, uniquement parce que ce sont des novateurs. Mais il y a intérêt à faire connaître leurs doctrines, et c'est ce que j'ai cherché à faire. J'ai suivi le plus possible l'ordre historique ; car les nouvelles idées sembleraient trop étonnantes si on ne voyait comment elles ont pu prendre naissance.

L'astronomie nous offre des spectacles grandioses et soulève de gigantesques problèmes. On ne peut songer à leur appliquer directement la méthode expérimentale ; nos laboratoires sont trop petits. Mais l'analogie avec les phénomènes que ces laboratoires nous permettent d'atteindre peut néanmoins guider l'astronome. La Voie Lactée, par exemple, est un ensemble de Soleils dont les mouvements semblent d'abord capricieux. Mais cet ensemble ne peut-être comparé à celui des molécules d'un gaz dont la théorie cinétique des gaz nous a fait connaître les propriétés ? C'est ainsi que, par une voie détournée, la méthode du physicien peut venir en aide à l'astronome.

Enfin, j'ai voulu faire en quelques lignes l'histoire du développement de la géodésie française ; j'ai montré au prix de quels efforts persévérants, et souvent de quels dangers, les géodésiens nous ont procuré les quelques notions que nous possédons sur la figure de la Terre. Est-ce bien là une question de méthode ? Oui, sans doute, cette histoire nous enseigne en effet de quelles précautions il faut entourer une opération scientifique sérieuse et ce qu'il

faut de temps et de peines pour conquérir une décimale nouvelle.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Ce que j'ai cherché à expliquer dans les pages de ce livre, c'est comment le savant doit s'y prendre pour choisir entre les faits innombrables qui s'offrent à sa curiosité, puisqu'aussi bien la naturelle infirmité de son esprit l'oblige à faire un choix, bien qu'un choix soit toujours un sacrifice. Je l'ai expliqué d'abord par des considérations générales, en rappelant, d'une part, la nature du problème à résoudre et, d'autre part, en cherchant à mieux comprendre celle de l'esprit humain, qui est le principal instrument de la solution. Je l'ai expliqué ensuite par des exemples ; je ne les ai pas multipliés à l'infini ; moi aussi, j'ai dû faire un choix, et j'ai choisi naturellement les questions que j'avais le plus étudiées. D'autres que moi auraient sans doute fait un choix différent ; mais, peu importe, car je crois qu'ils seraient arrivés aux mêmes conclusions.

Il y a une hiérarchie des faits ; les uns sont sans portée ; ils ne nous apprennent rien qu'eux-mêmes. Le savant qui les a constatés n'a rien appris qu'un fait, et n'est pas devenu plus capable de prévoir des faits nouveaux. Ces faits-là, semble-t-il, se produisent une fois, mais ne sont pas destinés à se renouveler.

Il y a, d'autre part, des faits à grand rendement ; chacun d'eux nous enseigne une loi nouvelle. Et, puisqu'il faut faire un choix, c'est à ceux-ci que le savant doit s'attacher.

Sans doute, cette classification est relative et dépend de la faiblesse de notre esprit. Les faits à petit rendement, ce sont les faits complexes, sur lesquels des circonstances multiples peuvent exercer une influence sensible, circonstances trop nombreuses et trop diverses, pour que nous puissions toutes les discerner. Mais je devrais dire plutôt que ce sont les faits que nous jugeons complexes, parce que l'enchevêtrement de ces circonstances dépasse la portée de notre esprit. Sans doute, un esprit plus vaste et plus fin que le nôtre le jugerait-il différemment. Mais peu importe ; ce n'est pas de cet esprit supérieur que nous pouvons nous servir, c'est du nôtre.

Les faits à grand rendement, ce sont ceux que nous jugeons simples ; soit qu'ils le soient réellement, parce qu'ils ne sont influencés que par un petit nombre de circonstances bien définies, soit qu'ils prennent une apparence de simplicité, parce que les circonstances multiples dont ils dépendent obéissent aux lois du hasard et arrivent ainsi à se compenser mutuellement. C'est là ce qui arrive le plus souvent, et c'est ce qui nous oblige à examiner

d'un peu près ce que c'est que le hasard. Les faits où les lois du hasard s'appliquent deviennent accessibles au savant, qui se découragerait devant l'extraordinaire complication des problèmes où ces lois ne sont pas applicables.

Nous avons vu que ces considérations s'appliquent non seulement aux sciences physiques, mais aux sciences mathématiques. La méthode de démonstration n'est pas la même pour le physicien et pour le mathématicien. Mais les méthodes d'invention se ressemblent beaucoup. Dans un cas comme dans l'autre, elles consistent à remonter du fait à la loi, et à rechercher les faits susceptibles de conduire à une loi.

Pour mettre ce point en évidence, j'ai montré à l'œuvre l'esprit du mathématicien, et sous trois formes; l'esprit du mathématicien inventeur et créateur; celui du géomètre inconscient qui, chez nos lointains ancêtres, ou dans les brumeuses années de notre enfance, nous a construit notre notion instinctive de l'espace; celui de l'adolescent à qui les maîtres de l'enseignement secondaire dévoilent les premiers principes de la science et cherchent à faire comprendre les définitions fondamentales. Partout, nous avons vu le rôle de l'intuition et de l'esprit de généralisation sans lequel ces trois étages de mathématiciens, si j'ose m'exprimer ainsi, seraient réduits à une égale impuissance.

Et, dans la démonstration elle-même, la logique n'est pas tout; le vrai raisonnement mathématique est une véritable induction, différente à bien des égards de l'induction physique, mais procédant comme elle du particulier au général. Tous les efforts qu'on a faits pour renverser cet ordre et pour ramener l'induction mathématique aux règles de la logique n'ont abouti qu'à des succès, mal dissimulés par l'emploi d'un langage inaccessible au profane.

Les exemples que j'ai empruntés aux sciences physiques nous ont montré des cas très divers de faits à grand rendement. Une expérience de Kaufmann sur les rayons du radium révolutionne à la fois la Mécanique, l'Optique et l'Astronomie. Pourquoi? C'est parce qu'à mesure que ces sciences se sont développées, nous avons mieux reconnu les liens qui les unissaient, et alors nous avons aperçu une espèce de dessin général de la carte de la science universelle. Il y a des faits communs à plusieurs sciences, qui semblent la source commune de cours d'eau divergeant dans toutes les directions et qui sont comparables à ce nœud du Saint-Gothard d'où sortent des eaux qui alimentent quatre bassins différents.

Et alors nous pouvons faire le choix des faits avec plus de discernement que nos devanciers qui regar-

daient ces bassins comme distincts et séparés par des barrières infranchissables.

Ce sont toujours des faits simples qu'il faut choisir, mais parmi ces faits simples nous devons préférer ceux qui sont placés à ces espèces de nœuds du Saint-Gothard dont je viens de parler.

Et quand les sciences n'ont pas de lien direct, elles s'éclairent encore mutuellement par l'analogie. Quand on a étudié les lois auxquelles obéissent les gaz, on savait qu'on s'attaquait à un fait de grand rendement; et pourtant on estimait encore ce rendement au-dessous de sa valeur, puisque les gaz sont, à un certain point de vue, l'image de la Voie Lactée, et que ces faits, qui ne semblaient intéressants que pour le physicien, ouvriront bientôt des horizons nouveaux à l'Astronomie qui ne s'y attendait guère.

Et enfin quand le géodésien voit qu'il faut déplacer sa lunette de quelques secondes pour viser un signal qu'il a planté à grand'peine, c'est là un bien petit fait; mais c'est un fait à grand rendement, non seulement parce que cela lui révèle l'existence d'une petite bosse sur le géoïde terrestre, cette petite bosse serait par elle-même sans grand intérêt, mais parce que cette bosse lui donne des indications sur la distribution de la matière à l'intérieur du globe et par là sur le passé de notre planète, sur son avenir, sur les lois de son développement.

H. POINCARÉ,

Membre de l'Académie française et de
l'Académie des Sciences.



LA VALEUR LOGIQUE ET LE ROLE DE L'EXPÉRIMENTATION

Si la science s'oppose aux méthodes philosophiques des anciens, c'est par le souci constant de l'exactitude dans l'observation et dans l'expérience. Souci des mesures précises, — le progrès scientifique se réduit souvent à l'emploi de moyens plus délicats de mesures (1). Souci de noter toutes les circonstances d'un fait: il n'y a pas d'induction rigoureuse, si l'on ne s'appuie sur des données complètes et très exactement formulées.

Mais il ne suffit pas encore d'observer les faits avec cette rigueur: à cette idée de la précision nécessaire s'est liée celle d'expérimentation comme moyen indispensable de développement scientifique et de contrôle décisif des idées. L'expérimentation

(1) Cf. G. LEBON. *L'édification scientifique de la connaissance* (Revue Scientifique, 1^{er} février 1908).