

Citations sur l'état de la Physique à la fin du XIXème siècle

Compilation et commentaires
Gilles Montambaux

avril 2020

Plusieurs citations sur l'état et l'évolution de la physique à la fin du XIXème siècle sont souvent présentées sous une forme déformée dans la littérature ou sur internet, avec des phrases fausses ou coupées de leur contexte, comme celle-ci souvent attribuée à Kelvin « There is nothing new to be discovered in physics now. All that remains is more and more precise measurement ».

J'ai regroupé ici les phrases originales et entières, avec leur citation précise, avec une traduction en français et un court commentaire pour certaines.

En caractères gras, on y retrouvera ces phrases souvent reprises mais qui ont été soit déformées, soit totalement sorties de leur contexte. Les citations sont classées par ordre chronologique.

***1871* J.J. Maxwell** [Maxwell 1871]

This characteristic of modern experiments — that they consist principally of measurements — is so prominent, that the opinion seems to have got abroad, that in a few years all the great physical constants will have been approximately estimated, and that **the only occupation which will then be left to men of science will be to carry on these measurements to another place of decimals**. If this is really the state of things to which we are approaching, our Laboratory may perhaps become celebrated as a place of conscientious labour and consummate skill, but it will be out of place in the University, and ought rather to be classed with the other great workshops of our country, where equal ability is directed to more useful ends.

But we have no right to think thus of the unsearchable riches of creation, or of the untried fertility of those fresh minds into which these riches will continue to be poured. It may possibly be true that, in some of those fields of discovery which lie open to such rough observations as can be made without artificial methods, the great explorers of former times have appropriated most of what is valuable, and that the gleanings which remain are sought after, rather for their abstruseness, than for their intrinsic worth. But the history of science shews that even during the phase of her progress in which she devotes herself to improving the accuracy of the numerical measurement of quantities with which she has long been familiar, she is preparing the materials for the subjugation of the new regions, which would have remained unknown if she had been contented with the rough methods of her early pioneers. I might bring forward instances gathered from every branch of science, shewing how the labour of careful measurement has been rewarded by the discovery of new fields of research, and by the development of new scientific ideas.

Traduction:

*La caractéristique des expériences actuelles, qui consiste à effectuer des mesures, a pris tant d'importance que l'opinion générale à l'étranger semble être que dans quelques années toutes les constantes physiques importantes auront été estimées, et que **la seule occupation qui sera laissée aux scientifiques sera de raffiner les précisions de ces mesures en rajoutant des décimales.***

Si c'est vraiment la situation vers laquelle nous allons, la réputation de notre laboratoire deviendra peut-être elle d'un lieu de travail consciencieux de savoir-faire, mais il n'aura plus sa place dans l'Université, et devra plutôt être rangé parmi les autres grands ateliers de notre pays, où ce savoir-faire est tourné vers des objectifs plus utiles.

Mais nous n'avons pas le droit de penser en ces termes des richesses insondables de la création, ni de la fécondité intacte des jeunes esprits qui analyseront ces richesses. Il est tout à fait possible que, dans quelques-uns des domaines qui n'ont été explorés que superficiellement sans méthodes

sophistiquées, les grands découvreurs du passé se sont approprié l'essentiel et qu'il ne reste qu'à glaner quelques résultats, plutôt pour leur complexité que pour leur valeur intrinsèque. Mais l'histoire des sciences a montré que même dans les situations où il ne s'agit que d'améliorer la précision de la mesure de phénomènes connus depuis longtemps, il s'ouvre de nouvelles perspectives qui seraient restées inexplorées si on s'en était arrêté aux méthodes encore grossières des premiers découvreurs. On peut en citer des exemples dans toutes les branches de la science, en montrant comment un travail minutieux a été récompensé par la découverte de nouveaux domaines de recherche et par le développement de nouvelles idées scientifiques.

Commentaire :

La phrase en gras sortie de son contexte laisse à penser qu'il s'agit de l'opinion de Maxwell. Remise dans son contexte, elle prend un sens tout à fait différent. Au contraire, Maxwell pense que des domaines n'ont été explorés que superficiellement et que de nouvelles perspectives vont s'ouvrir si on va au-delà des méthodes grossières des premiers découvreurs (phrase soulignée).

1894 A.A. Michelson

[Michelson 1894]

While it is never safe to affirm that the future of Physical Science has no marvels in store even more astonishing than those of the past, it seems probable that **most of the grand underlying principles have been firmly established** and that further advances are to be sought chiefly in the rigorous application of these principles to all the phenomena which come under our notice.

It is here that the science of measurement shows its importance — where quantitative work is more to be desired than qualitative work. **An eminent physicist has remarked that the future truths of physical science are to be looked for in the sixth place of decimals.**

In order to make such work possible, the student and investigator must have at his disposal the methods and results of his predecessors, must know how to gauge them, and to apply them to his own work; and especially must have at his command all the modern appliances and instruments of precision which constitute a well equipped laboratory, --- without which results of real value can be obtained only at immense sacrifice of time and labor.

Traduction : « Il n'est jamais sûr de pouvoir affirmer que le futur des Sciences Physiques n'a pas de nouvelles merveilles en réserve, des merveilles aussi extraordinaires que celles découvertes dans le passé. Néanmoins il semble probable que **la plupart des grands principes sous-jacents ont déjà été fermement établis** et que de nouvelles avancées doivent être recherchées principalement dans l'application rigoureuse de ces principes à tous les phénomènes à découvrir.

C'est là que la science de la mesure montre toute son importance, là où un travail quantitatif est plus important qu'un travail qualitatif. **Un scientifique éminent a noté que les nouvelles découvertes de la physique doivent être recherchées dans la sixième décimale.**

Pour rendre ce travail possible, l'étudiant, le chercheur doit avoir à sa disposition les méthodes et les résultats de ses prédécesseurs, doit savoir les évaluer et les appliquer à son propre travail. Tout particulièrement, il doit avoir à sa disposition tous les appareils modernes et les instruments de précision qui constituent un laboratoire bien équipé, sans lesquels des résultats de valeur ne peuvent être obtenus qu'avec un immense sacrifice de temps et de travail.

Commentaire :

La première phrase en gras est assez négative. Mais là encore, il faut lire le contexte : Michelson croit en de nouvelles avancées à venir. Il faut rappeler que ce texte est celui d'un discours prononcé à l'inauguration de son laboratoire à Chicago. Il insiste sur l'importance de la physique expérimentale de pointe pour découvrir de nouveaux phénomènes. La seconde phrase en gras n'est pas négative, si

elle est précédée de la phrase précédente soulignée et qui souvent est oubliée. Evidemment, si on ne garde que les deux phrases en gras, Michelson apparait comme sans aucune vision. La question du « eminent physicist » a fait couler beaucoup d'encre ! Je ne pense pas que ce soit Kelvin. Se pourrait-il que ce soit Maxwell (texte plus haut ?)

***1900* William Thomson, Lord Kelvin** [Kelvin 1901]

The beauty and clearness of the dynamical theory, which asserts heat and light to be modes of motion, is at present obscured by two clouds. I The first came into existence with the undulatory theory of light, and was dealt by Fresnel and Dr. Thomas Young; it involved the question, How could the earth move through an elastic solid, such as essentially in the luminiferous ether? II The second is the Maxwell-Boltzmann doctrine regarding the partition of energy.

Commentaire :

Ce texte fameux sur les « deux nuages » de Kelvin est très souvent mal cité. En voici un exemple : « La physique est définitivement constituée dans ses concepts fondamentaux : tout ce qu'elle peut désormais apporter, c'est la détermination précise de quelques décimales supplémentaires. Il y a bien deux petits problèmes : celui du résultat négatif de l'expérience de Michelson et celui du corps noir, mais ils seront rapidement résolus et n'altèrent en rien notre confiance » [Boudenot 2001, 2005], phrase qui mélange une mauvaise citation à Kelvin et une mauvaise citation à Michelson 1894/1903 ! Le premier nuage est le résultat négatif de l'expérience de Michelson-Morley qui conduira à la relativité restreinte. Le développement du second nuage porte sur le problème de la capacité thermique (chaleur spécifique) des molécules polyatomiques qui n'était pas décrit pas le théorème classique de l'équipartition de l'énergie (les degrés de vibration n'étant pas excités, cf. modèle d'Einstein). Bien que ce papier soit souvent explicitement cité en référence au corps noir, à aucun endroit dans ce papier sur les nuages, n'est mentionné le problème du corps noir !!. Rappelons d'ailleurs que l'équipartition de l'énergie comme interprétation de la partie IR du rayonnement du corps noir a été proposée par Rayleigh en juin 1900 et que la conférence sur les nuages date d'avril 1900...

La page Wikipedia en anglais, https://en.wikipedia.org/wiki/William_Thomson,_1st_Baron_Kelvin, rétablit à peu près la version correcte. Cependant elle coupe la citation (complète plus haut) à Michelson, ne gardant que le caractère négatif de son argumentation :

The statement "There is nothing new to be discovered in physics now. All that remains is more and more precise measurement" has been widely misattributed to Kelvin since the 1980s, either without citation or stating that it was made in an address to the British Association for the Advancement of Science (1900).^[83] There is no evidence that Kelvin said this,^{[84][85]} and the quote is instead a paraphrase of [Albert A. Michelson](#), who in 1894 stated: "... it seems probable that most of the grand underlying principles have been firmly established ... An eminent physicist remarked that the future truths of physical science are to be looked for in the sixth place of decimals."^[85] Similar statements were given earlier by others, such as [Philipp von Jolly](#).^[86] The attribution to Kelvin giving an address in 1900 is presumably a confusion with his "Two clouds" speech, delivered to the [Royal Institution](#) in 1900 (see above), and which on the contrary pointed out areas that would subsequently see revolutions.

Pour von Jolly, voir plus bas.

***1903* A.A. Michelson**

[Michelson 1903]

Before entering into these details, however, it may be well to reply to the very natural question: What would be the use of such extreme refinement in the science of measurement? Very briefly and in general terms the answer would be that in this direction the greater part of all future discovery must lie. The more important fundamental laws and facts of physical science have all been discovered, and these are now so firmly established that the possibility of their ever being supplanted in consequence of new discoveries is exceedingly remote. Nevertheless, it has been found that there are apparent exceptions to most of these laws, and this is particularly true when the observations are pushed to a limit, i. e., whenever the circumstances of experiment are such that extreme cases can be examined. Such examination almost surely leads, not to the overthrow of the law, but to the discovery of other facts and laws whose action produces the apparent exceptions.

As instances of such discoveries, which are in most cases due to the increasing order of accuracy made possible by improvements in measuring instruments, may be mentioned :

first, the departure of actual gases from the simple laws of the so-called perfect gas, one of the practical results being the liquefaction of air and all known gases; second, the discovery of the velocity of light by astronomical means, depending on the accuracy of telescopes and of astronomical clocks ; third, the determination of distances of stars and the orbits of double stars, which depend on measurements of the order of accuracy of one-tenth of a second an angle which may be represented as that which a pin's head subtends at a distance of a mile. But perhaps the most striking of such instances are the discovery of a new planet by observations of the small irregularities noticed by Leverrier in the motions of the planet Uranus, and the more recent brilliant discovery by Lord Rayleigh of a new element in the atmosphere through the minute but unexplained anomalies found in weighing a given volume of nitrogen. Many other instances might be cited, but these will suffice to justify the statement that "**our future discoveries must be looked for in the sixth place of decimals.**" It follows that every means which facilitates accuracy in measurement is a possible factor in a future discovery, and this will, I trust, be a sufficient excuse for bringing to your notice the various methods and results which form the subject-matter of these lectures.

Commentaire : Ce texte reprend l'argumentaire de 1894. Loin d'être négatif, ce texte montre que c'est une physique expérimentale de plus en plus sophistiquée qui permettra de futures découvertes. Là encore c'est la phrase en gras qui est souvent citée, mais pas le texte qui précède, en particulier la phrase soulignée.

***1924* M. Planck**

[Planck 1924]

Als ich meine physikalischen Studien begann und bei meinem ehrwürdigen Lehrer Philipp v. Jolly wegen der Bedingungen und Aussichten meines Studiums mir Rat erholte, schilderte mir dieser die Physik als eine hochentwickelte, nahezu voll ausgereifte Wissenschaft, die nun-mehr, nachdem ihr durch die Entdeckung des Prinzips der Erhaltung der Energie gewissermaßen die Krone aufgesetzt sei, wohl bald ihre endgültige stabile Form angenommen habenwürde. Wohl gäbe es vielleicht in einem oder dem anderen Winkel noch ein Stäubchen oder ein Bläschen zu prüfen und einzuordnen, aber das System als Ganzes stehe ziemlich gesichert da, und die theoretische Physik nähere sich merklich demjenigen Grade der Vollendung, wie ihn etwa die Geometrie schon seit Jahrhunderten besitze. Das war vor fünfzig Jahren die Anschauung eines auf der Höhe der Zeit stehenden Physikers.

English translation by J.D. Wells:

As I began my university studies I asked my venerable teacher Philipp von Jolly for advice regarding the conditions and prospects of my chosen field of study. He described physics to me as a highly developed, nearly fully matured science, that through the crowning achievement of the discovery of

the principle of conservation of energy it will arguably soon take its final stable form. It may yet keep going in one corner or another, scrutinizing or putting in order a jot here and a tittle there, but the system as a whole is secured, and theoretical physics is noticeably approaching its completion to the same degree as geometry did centuries ago. That was the view fifty years ago of a respected physicist at the time.

Commentaire : Ce texte est souvent résumé sous la forme "Planck was told around 1875 by one of his teachers (Philipp von Jolly) not to go into physics as there almost everything is already discovered, and all that remains is to fill a few unimportant holes". See for example A few holes to fill Nature Physics volume 4, page 257 (2008).

***1925* De Broglie** [de Broglie 1925]

« Lord Kelvin, en 1900, annonçait que deux nuages noirs apparaissaient menaçants à l'horizon de la Physique. L'un de ces nuages représentait les difficultés soulevées par la fameuse expérience de Michelson et Morley qui paraissait incompatible avec les idées alors reçues. Le second nuage représentait l'échec des méthodes de la Mécanique statistique **dans le domaine du rayonnement noir**; le théorème de l'équipartition de l'énergie, conséquence rigoureuse de la Mécanique statistique, conduit en effet à une répartition bien définie de l'énergie entre les diverses fréquences dans le rayonnement d'équilibre thermodynamique; or, cette loi, la loi de Rayleigh-Jeans, est en contradiction grossière avec l'expérience et elle est même presque absurde car elle prévoit une valeur infinie pour la densité totale de l'énergie, ce qui évidemment n'a aucun sens physique. »

Commentaires :

Texte étrange : L. de Broglie lui-même semble citer le corps noir comme un des deux nuages de Kelvin ! Plusieurs possibilités :

1) de Broglie n'a pas lu le papier de Kelvin. En tout cas, il ne cite pas sa source.

2) Il existe un autre papier ou une autre conférence de Kelvin dont on aurait perdu la trace?

3) Le problème du corps noir avec la physique classique ne peut avoir été évoqué avant Rayleigh 1900, ni même avant Einstein 1905. La discussion initiale de Kelvin sur le fait que l'équipartition de l'énergie (Maxwell-Boltzmann doctrine) n'explique pas la vibration des molécules a sans doute été mélangée avec le problème du corps noir dont la description classique (Rayleigh) était de même nature (équipartition de l'énergie) dans les années 1905-1911 et il y a eu une sorte de consensus pour associer les deux qui se sont mélangés dans une référence à Kelvin qui est devenue fausse.

Apparemment la confusion à propos de cette citation de Kelvin semble donc loin d'être récente et remonterait donc au moins à 1925.

***2010* S. Weinberg** [Weinberg 2010]

...by the 1890s an odd sense of completion had spread to many scientists. In the folklore of science there is an apocryphal story about some physicist who, near the turn of the century, proclaimed that physics was just about complete, with nothing left but to carry measurement to a few more decimal places. The story seems to originate in a remark made in 1894 in a talk at the University of Chicago by the American experimental physicist Albert Michelson: "While it is never safe to affirm that the future of Physical Science has no marvels in store even more astonishing than those of the past, it seems probable that most of the grand underlying principles have been firmly established and that further advances are to be sought chiefly in the rigorous application of these principles to all the phenomena which come under our notice... An eminent physicist has remarked that the future

truths of Physical Science are to be looked for in the sixth place of decimals." Robert Andrews Millikan, another American experimentalist, was in the audience at Chicago during Michelson's talk and guessed that the 'eminent physicist' Michelson referred to was the influential Scot, William Thomson, Lord Kelvin. A friend has told me that when he was a student at Cambridge in the late 1940s, Kelvin was widely quoted as having said that there was nothing new to be discovered in physics and that all that remained was more and more precise measurement.

I have not been able to find this remark in Kelvin's collected speeches, but there is plenty of other evidence for a widespread though not universal, sense of scientific complacency in the late nineteenth century. When the young Max Planck entered the University of Munich in 1875, the professor of Physics, Jolly, urged him against studying science. In Jolly's view there was nothing left to be discovered. Millikan received similar advice. In 1894' he recalled, "I lived in a fifth-floor flat on sixty-fourth street, a block west of Broadway, with four other Columbian graduate students, one a medic and the other three working in sociology and political science, and I was ragged continuously by all of them for sticking to "finished", yes, a "dead subject" like physics when the new, "live" field of the social sciences was just opening up.

Commentaire : Ce texte montre bien que cette mauvaise référence à Kelvin ne date pas d'hier !

Références

[de Broglie 1925], L. de Broglie, thesis (1925)

Boudenot 2001] Jean-Claude Boudenot, *Histoire de la physique et des physiciens: de Thalès au boson de Higgs*, Ellipses (2001)

[Boudenot 2005] Jean-Claude Boudenot, *Comment Einstein a changé le monde ?* EDPSciences (2005)

[Kelvin 1901] W. Thomson, lord Kelvin, *Nineteen century clouds over the dynamical theory of heat and light*, lecture delivered at the Royal Institution of Great Britain, April 27, 1900

[Maxwell 1871] J.J Maxwell, *Introductory Lecture on Experimental Physics*, held at Cambridge in October 1871, re-edited by W. D. Niven (2003) in Volume 2 of *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, Courier Dover Publications, p. 241.

[Michelson 1894] A.A. Michelson, speech at the dedication of Ryerson Physical Laboratory, University of Chicago, 1894, quoted in *Annual Register of the University of Chicago*, 1896, p. 159.

[Michelson 1903] A.A. Michelson, *Light Waves and Their Uses*, published by The University of Chicago Press, 1903, pp 23-25.

Preface : This series of eight lectures on "Light Waves and Their Uses" was delivered in the spring of 1899 at the Lowell Institute. In the preparation of the experiments and the lantern projections I was ably assisted by Mr. C. R. Mann, to whom I am further indebted for editing this volume.

I have endeavored, possibly at the risk of inelegance of diction, to present the lectures as nearly as possible in the words in which they were originally given, trusting that thereby some of the interest of the spoken addresses might be retained. While it is hoped that the work will be intelligible to the general reader, it is also possible that some of the ideas may be of interest to physicists and astronomers who may not have had occasion to read the somewhat scattered published papers.

A.A. Michelson, Ryerson Physical Laboratory, The University of Chicago, October 1902

[Planck 1924] M. Planck, Vom Relativen zum Absoluten, Gastvorlesung gehalten in der Universität München am 1. Dezember 1924, 24 pages, Verlag S. Hirzel, Leipzig (1925) (From the Relative to the Absolute, address to the University of Munich); reprinted on pp. 128-146 of *Wege zur Physikalischen Erkenntnis: Reden und Vorträge*, Verlag von S. Hirzel, Leipzig (1933); reprinted in M. Planck, in *Vorträge Reden Erinnerungen*, Roos H., Hermann A. eds. Springer (2001); reprinted in M. Planck, *Wege zur Physikalischen Erkenntnis*, Klaus-Dieter Sedlacek eds. (2018); reprinted (In a slightly different version where the reference to von Jolly is lacking) in *Naturwissenschaften*, 16 January 1925, Vol.13, Issue 3, pp 53–59, Springer.
Wrong reference : Sci. Am, Feb 1996 p.10

[Weinberg 2010] S. Weinberg, *Dreams Of A Final Theory: The Search for The Fundamental Laws of Nature*, Random House (2010)