

AMPÈRE - GAUSS - WEBER

**Les véritables précurseurs
de la physique atomique**



*La portée scientifique de la correspondance
de 1845 entre Gauss et Weber*

Introduction

Au milieu du siècle dernier, Carl Gauss, Wilhelm Weber et un petit groupe de collaborateurs réalisèrent une révolution dans la physique — une révolution dont la véritable nature et le contenu sont cependant aujourd'hui presque entièrement inconnus du monde scientifique.

A partir d'un petit nombre d'expériences d'électrodynamique particulièrement ingénieuses, Weber et ses collaborateurs purent prouver, et en fait *mesurer*, l'existence d'une *singularité* rigoureusement définie dans le domaine microscopique de l'espace-temps physique. Ils jetèrent ainsi les bases de ce que seront plus tard la physique quantique, la physique atomique ainsi que la théorie de la relativité. De plus, ils réalisèrent cela grâce à une méthode bien supérieure à ce qui allait dominer toute la physique du XX^{ème} siècle. Nous n'exagérons pas en affirmant que la physique moderne n'a pas encore rattrapé son retard en ce qui concerne toutes les implications de ce que l'école de Gauss et de Weber a accompli, il y a déjà cent cinquante ans.

Ceci devrait déjà suffire pour recommander la lecture de l'article principal de ce magazine, écrit par Laurence Hecht, auprès de nombreux membres de la communauté scientifique.

L'objet de cet article est de faire revivre l'esprit révolutionnaire de découverte qui animait des scientifiques comme Gauss et Weber. Laurence Hecht tente également de se frayer un chemin à travers les mythes et l'obscurantisme qui ont imprégné l'enseignement de l'électrodynamique et des matières associées, depuis que Maxwell, Helmholtz, Clausius et d'autres se sont efforcés, dès 1850, de faire disparaître l'œuvre des cercles de Gauss, Weber et Riemann. Si, en mettant son nez un peu partout, Hecht a découvert quelques cadavres dans les placards ou s'il a réveillé le chat qui dort dans l'univers « si parfait » des manuels scientifiques, il aura réussi à joindre l'utile à l'agréable. Nous espérons qu'il provoquera chez les chercheurs impliqués dans la fusion nucléaire contrôlée, la physique des plasmas, les faisceaux relativistes, l'astrophysique



que et la biophysique, un sursaut pour s'affranchir de certains blocages mentaux qui tendent à paralyser tout progrès dans des domaines potentiellement révolutionnaires.

Cependant, pour pouvoir profiter pleinement de cet article, le lecteur devra surmonter un certain nombre de difficultés conceptuelles. Celles-ci ne sont pas en tant que telles liées à la branche de la physique dont il est question ici ; mais elles découlent plutôt de la *propagation systématique, depuis plus d'un siècle, de contre-vérités* sur la nature réelle du travail scientifique et sur les principes à l'origine de l'extraordinaire progression de la science et de la technologie, commencée à la Renaissance.

Pour mieux identifier le domaine de difficulté, je voudrais attirer l'attention sur le problème général de la « mesure » [dans le sens « action de mesurer », NdT] — un sujet très mal compris de nos jours, bien qu'il ait été abondamment traité par Nicolas de Cuse au XV^{ème} siècle. En fait, les idées de Cuse, développées notamment par Kepler et Leibniz, constituent le fondement essentiel des travaux de Gauss et de Riemann sur la mesure et la géométrie de l'espace-temps physique. Ces travaux, à leur tour, sont non seulement directement liés au programme de recherche expérimentale en électrodynamique de Weber et de ses collaborateurs, mais en ont également fourni le contexte conceptuel.

Mesure, hypothèse et singularités

Cuse a posé le problème de la mesure dans son dialogue *Idiota de Sapientia*,

écrit dans un langage accessible à tous. Dans ce dialogue, qu'il vaut la peine de lire aujourd'hui plus que jamais, Cuse insiste sur le fait qu'il n'existe aucune mesure sans hypothèse. Même les types de mesures apparemment les plus évidentes en soi, les plus « objectives », les plus ordinaires telles que les mesures du poids, de la longueur ou même du nombre, présupposent tout un ensemble d'axiomes de base sur la nature et l'organisation de l'univers.

Par ailleurs, de même que le simple acte de peser ne pourrait jamais nous donner la valeur et la nature physique des unités de mesure « livre » ou « kilogramme », de même l'origine et la légitimité des hypothèses sur lesquelles repose tout type de mesure, ne se trouvent pas dans le processus de mesure lui-même, mais doivent plutôt être cherchés dans un autre domaine — un domaine particulier aux révolutions scientifiques, et qui sépare la science proprement dite de la simple technique.

L'argument de Cuse prend toute sa signification dès que l'on se penche sur l'histoire du processus par lequel la connaissance humaine s'est progressivement développée, depuis l'échelle de grandeurs propres aux perceptions sensorielles de l'homme jusqu'aux domaines du « très grand » et du « très petit ». Chaque fois que nous poussons nos recherches sur des processus physiques dont les intensités atteignent des valeurs aux limites des échelles déjà connues, nous sommes inmanquablement témoins d'un événement : les concepts et les axiomes qui semblaient jusque-là établis, grâce à une multitude de preuves expérimentales, nous font subitement défaut. Nous sommes alors obligés de reconnaître la nature imparfaite et inadéquate de la connaissance existante et de former de nouvelles hypothèses ou, en d'autres termes, d'« oser plonger dans l'inconnu ».

Le résultat de ceci est une suite ininterrompue d'hypothèses successives, chacune d'entre elles introduisant un nouveau principe de mesure — et, implicitement, un nouveau type de technologie — nous permettant d'élargir notre domaine expérimental au-delà des

limites de l'échelle et du domaine de validité associés à l'hypothèse précédente. Bien entendu, *ces limites ne prennent une forme déterminée que du point de vue nouveau de l'hypothèse supérieure*. Le *changement* de l'hypothèse précédente, relativement inférieure, à la suivante, relativement supérieure, constitue une *singularité* bien définie ; une singularité dont est ainsi établie l'*existence physique* dans la « région frontière » où les nouveaux principes de mesure divergent par rapport aux anciens. La découverte par Weber (grâce à l'aide de Gauss) d'une *singularité* électromagnétique dans le domaine microscopique, nous fournit un très beau cas d'école.

Espace-temps physique

Situer la découverte de Gauss et Weber dans ce contexte est essentiel. Sans cela, beaucoup de nos lecteurs pourraient mal interpréter le propos de Hecht, en projetant sur ces travaux une conception de l'espace-temps a priori, qui est en fait l'opposé de ce que représentait l'école Gauss-Weber-Riemann.

Ce problème nous ramène à l'époque des attaques de Paolo Sarpi et de Galilée contre la méthode géométrique et platonicienne de Johannes Kepler. Ils considéraient, avec entêtement, comme allant de soi l'idée selon laquelle notre univers est un ensemble d'objets discrets évoluant dans un espace fixe parfaitement continu et indéfiniment étendu. Cette idée profondément inscrite dans notre esprit fait en sorte que beaucoup d'entre nous souffrent d'une très forte fixation — quasi-animale — sur les objets de perceptions sensorielles. Il devient dès lors très difficile d'accepter l'idée que notre univers puisse être gouverné par des objets d'un type totalement différent.

Pour saisir la conception *platonicienne* de la physique de Gauss, Weber et Riemann, nous devons commencer par libérer notre esprit de l'idée que ce sont les objets de nos perceptions sensorielles qui priment, et de nous concentrer plutôt sur un genre d'objet plus réel, plus substantiel : *les changements dans les caractéristiques de l'action*. La forme d'un *changement dans la géométrie de l'espace-temps physique* n'est pas quelque chose que nous pouvons « voir » directement ; elle doit être complétée, *conceptualisée* par des moyens qui, à première vue, peuvent sembler très indirects.

L'un des plus anciens et des plus

beaux exemples de cela est, comme l'a fait remarquer Lyndon LaRouche, la méthode utilisée par Eratosthène pour prouver l'existence, ou plus précisément pour mesurer, la courbure de la Terre, vingt-et-un siècles avant que la forme sphérique de la Terre ait été rendue visible aux yeux des astronautes en orbite. Ce n'est pas un accident si la généralisation de la notion de *courbure de l'espace-temps physique* élaborée par Gauss et Riemann a joué un rôle central dans leur projet ambitieux de recherche expérimentale, comprenant les domaines tels que l'astronomie, la géodésie, le géomagnétisme, l'électrodynamique, etc.

Il est absolument crucial ici de se rendre compte que l'idée de Gauss est quelque chose de très différent d'une simple généralisation mathématico-formelle de la géométrie élémentaire d'Euclide. Bien au contraire, chez Gauss et Riemann, « courbure » désigne très rigoureusement un certain type de *métaphore*, qui se trouve inscrite dans une notion générale : le type de mode de découverte basé sur l'hypothèse. Il y a plus de 2000 ans, cette métaphore permit à Eratosthène et à d'autres de connaître avec une précision remarquable la forme de la Terre et les dimensions du système solaire.

En gardant cela à l'esprit, le lecteur évitera de tomber dans des pièges tels que le lieu commun selon lequel Weber serait newtonien. Il est, par exemple, bon d'apprécier l'ironie que laisse paraître la présentation de Weber sur sa loi en électrodynamique avec son utilisation d'un formalisme newtonien — il parle d'interaction couplée de « masses électriques ». A vrai dire, ce formalisme était un *artifice* que Weber utilisa pour arriver à une conclusion qui non seulement constituait une anomalie dans le schéma newtonien de l'époque, mais qui en fait le démontait complètement. Weber en était parfaitement conscient ; Helmholtz, Maxwell, Kelvin et d'autres également, et ce fut une raison pour laquelle ils s'acharnèrent à enterrer le travail de l'école Gauss-Weber-Riemann.

C'est dans un contexte où il démontra et mesura un *nouveau degré de courbure de l'espace-temps physique*, que Weber put développer ses conclusions extraordinaires concernant la « quantification » de la matière pour des échelles de grandeur qu'il avait lui-même estimé à partir de son programme de recherche expérimentale en électrodynamique. La singularité de ce travail ne réside cependant pas dans une repré-

sentation mythologique des « particules élémentaires » vues comme des petites billes dures évoluant dans un espace newtonien vide, mais dans le changement réussi d'hypothèse portant sur la géométrie *antnewtonienne, implicitement discontinue* de l'espace-temps.

Tout ceci nous conduit à une dernière remarque d'une non moindre importance que le reste. De toutes les choses qui pourraient provoquer un concert de protestations dans la communauté scientifique, l'aspect le plus provocateur des travaux de Gauss, Weber et Riemann, est certainement la conséquence suivante : toute notion rigoureuse de l'espace-temps physique doit prendre en compte le processus de formation d'hypothèses lui-même comme l'une de ses caractéristiques centrales et déterminantes. L'on criera « Non-scientifique ! Vous introduisez des considérations subjectives ! », « Vous n'avez pas le droit d'attribuer une existence physique objective à une simple idée ! ».

Néanmoins, ce sont ces singularités de changements réussis dans les hypothèses fondamentales qui sont la *cause* profonde du progrès technologique et, par conséquent, de l'élargissement du *pouvoir physique* de l'homme sur l'univers. Ne sommes-nous pas obligés d'attribuer une existence physique à ce qui manifestement a des effets physiques de plus en plus importants ? Les réussites dans le domaine théorique de l'école Gauss-Weber-Riemann sont, par exemple, indissociables d'une série de percées dans l'*expérimentation*, ce qui conduisit à des améliorations de plusieurs ordres de grandeur dans la précision avec laquelle beaucoup d'effets physiques purent être observés et mesurés. La mise en œuvre de ces nouveaux moyens expérimentaux dans de nouvelles machines de production conduisirent à une forte « impulsion » dans l'augmentation des pouvoirs productifs de l'homme, dont les effets bénéfiques se font encore ressentir aujourd'hui.

Ce que nous présentons ici est une approche à la question plus profonde, sur *comment on peut mesurer* le processus de formation de l'hypothèse lui-même ! Et la question liée à celle-là, comment peut-on définir la notion de « rigueur scientifique », en gardant à l'esprit que ceci ne peut pas consister en un simple raisonnement logique, mais plutôt en la possibilité de maintenir un processus croissant de « sauts dans l'inconnu » *réussis*, dont les travaux de Gauss, Weber et Riemann sont un très bel exemple. **Jonathan Tennenbaum**