

DU RÔLE DE L'ÉTHER EN PHYSIQUE

« Un jour viendra sans doute où l'éther sera rejeté comme inutile ».

H. POINCARÉ. *La Science et l'Hypothèse*.

Parmi les hypothèses les plus importantes en Physique et les plus généralement admises, il en est deux qui jouent un rôle particulièrement essentiel: l'hypothèse atomique, et l'hypothèse de l'éther. Nées toutes deux de conceptions métaphysiques qui, de nos jours, ne trouveraient plus guère d'adhérents, elles ont connu, dans le cours des temps, des vicissitudes nombreuses, et l'expérience aussi bien que la critique leur ont fait, pendant ces dernières années, un sort très inégal. On sait combien a été féconde, dans presque tous les domaines de la Physique et de la Chimie, la conception atomique; et le développement qu'a pris récemment la théorie des ions et électrons a constitué un nouveau triomphe de cette conception en nous faisant presque toucher du doigt l'existence de charges électriques atomiques. Cependant la critique philosophique semble encore à l'heure qu'il est ne pas pouvoir pardonner entièrement à cette hypothèse ses origines un peu douteuses. M. Ostwald¹ en particulier la traite avec une sévérité qu'il est loin d'appliquer à d'autres conceptions, et en particulier à celle de l'éther. C'est à peine si la critique a effleuré cette dernière. Le succès de la théorie ondulatoire de la lumière, et, plus récemment, celui de la théorie de Maxwell, ont fait taire les objections, et l'on ne s'est guère demandé dans quelle mesure cette notion d'éther, essentielle, il est vrai, dans le forme *actuelle* de ces théories, est aussi exigée par l'expérience, indépendamment de cette forme particulière. Et cepen-

¹ Voir en particulier l'article de M. Ostwald dans cette Revue N. I p. 16.

dant, une brève analyse historique suffira à nous montrer combien peu, en vérité, l'hypothèse de l'éther mérite la faveur universelle qui lui est accordée.

D'origine philosophique, l'éther n'a acquis droit de cité en Physique qu'avec Huygens, créateur de la théorie ondulatoire de la lumière; il n'était, d'ailleurs, à cette époque, à côté des fluides magnétique, calorique, électrique etc, qu'une nouvelle conception toute analogue, et qui eût certainement été acceptée sans grande difficulté par les physiciens, si la grande autorité de Newton n'était intervenue, faisant dominer pour longtemps la théorie émanative de la lumière. Le motif qui a porté Newton à rejeter les conceptions d'Huygens vaut qu'on s'y arrête; il est caractéristique.

L'observation de divers phénomènes de diffraction, et en particulier des anneaux de Newton, avait montré dès cette époque que la lumière est certainement un phénomène périodique, c'est-à-dire consiste en une succession d'états qui, au bout d'un certain temps, extrêmement court d'ailleurs, se renouvellent exactement de la même manière au même point de l'espace. C'est ce qui a lieu également pour le son, et c'est ce qu'exigeait la théorie d'Huygens; les profondes recherches mathématiques de ce savant, qui ont été la première base de la théorie ondulatoire, s'appliquent, quelle que soit l'hypothèse faite sur la *nature* du phénomène, pourvu que l'on conserve cette notion de périodicité dans le temps et dans l'espace suivant la loi mathématique d'Huygens. Mais ce savant avait de plus admis qu'il fallait considérer la lumière comme étant une vibration d'un corps impondérable, répandu dans tout l'espace; et comme les corps pondérables n'éprouvent aucune résistance de la part de cet « éther », soit que l'on considère les mouvements relatifs des corps à la surface de la terre, soit que l'on étudie à cet égard les mouvements célestes — et ici la précision de l'observation est extrêmement grande — il fallait concevoir l'éther comme un *fluide* extrêmement subtil. Or les fluides ne peuvent exécuter que des vibrations longitudinales, c. à d. des vibrations dont la direction est toujours celle dans laquelle se propage l'onde, et qui sont caractérisées en chaque point par une seule donnée: la densité du fluide en ce point. Telles sont les vibrations de l'air qui provoquent en nous l'impression du son; tandis que les vibrations produites lorsqu'on pince une corde de violon, lorsqu'on

frappe une barre, ou qu'on jette une pierre dans une pièce d'eau, sont d'un caractère tout différent: elles ne sont pas accompagnées d'un changement de densité, et leur direction n'est pas déterminée par celle de la propagation; dans un corps solide indéfini, elle est dans un plan perpendiculaire à cette dernière, et il faut pour la caractériser, se donner sa *direction* dans ce plan, ou ses deux composantes suivant des axes de coordonnées situés dans le plan; dans une corde vibrante, la propagation a lieu dans la direction de la corde même, la vibration est perpendiculaire à celle-ci, et dépend de la direction dans laquelle a été pincée la corde. Dans aucun cas, une *seule* donnée ne suffit, comme pour les vibrations longitudinales, à déterminer le phénomène; il en faut au moins deux. Or les recherches de Huygens lui-même sur les phénomènes optiques que présente le spath d'Islande (polarisation) montraient que la lumière est caractérisée par une direction, ou, comme on dit, par un *vecteur*, c. à d. par plusieurs quantités, et non par une seule. Aussi Huygens ne put-il expliquer la variété des phénomènes que présente le spath, et Newton, qui certainement connaissait les vibrations transversales des solides, mais ne pouvait admettre qu'un solide se laissât pénétrer par les corps les plus divers sans leur opposer la moindre résistance, rejeta-t-il la théorie d'Huygens malgré ses avantages évidents. Ainsi, dès l'origine, cette matérialisation d'une conception mathématique d'ailleurs si féconde a été funeste à celle-ci. C'est une particularité que nous retrouverons presque à chaque pas de l'histoire de cette conception, et jusque dans ses développements les plus récents.

Pendant près d'un siècle, l'éther ne joua, dès lors, qu'un rôle extrêmement modeste, et lorsqu'enfin les travaux de Fresnel le remirent en honneur, et donnèrent une immense supériorité aux conceptions de Huygens sur celles de Newton, c'est au sans-gêne génial avec lequel le grand savant traita ce côté de la théorie qu'il faut attribuer une partie de son succès. Uniquement guidé par l'étude des phénomènes, il en chercha et en trouva les lois mathématiques, qu'on peut exprimer, sous leur forme la plus générale, par une certaine équation aux dérivées partielles du second ordre, et par certaines conditions auxquelles la lumière est assujettie lorsqu'elle se trouve à la surface de séparation de deux corps différents,

ou d'un corps et de l'éther. La difficulté de faire mouvoir librement les corps à travers un éther solide ne l'arrêta pas; il admit même, pour expliquer l'aberration, que l'éther ne partage pas le mouvement de la terre dans son orbite, en sorte que tous les objets et l'air qui nous entoure seraient parcourus par un vent d'éther à la vitesse de 30 kilomètres à la seconde, sans que nous puissions nous en apercevoir même par les expériences les plus délicates. Sa théorie était conforme à l'expérience, donc l'objection ne pouvait être insurmontable. Des expériences plus exactes mettraient en évidence, pensait-il, ce mouvement relatif des corps par rapport à l'éther, ou une analyse plus parfaite expliquerait tout. Et à vrai dire, nous en sommes encore au même point.

La théorie de Fresnel était purement phénoménologique, nous l'avons dit. Il s'agissait maintenant de déduire cet ensemble de formules d'une théorie complète de l'élasticité de l'éther, et les problèmes qui se posaient dans ce sens ont été pour beaucoup dans le vaste développement que prit alors, entre les mains de Navier, Poisson, Green et Cauchy, la théorie générale de l'élasticité des corps solides, qui n'existait auparavant qu'à un état rudimentaire. Le résultat de ces recherches fut qu'on peut caractériser le mouvement vibratoire le plus général d'un solide — et par conséquent de l'éther — par des équations du second ordre aux dérivées partielles, et par certaines conditions à la surface des corps — comme l'avait montré Fresnel pour la lumière. Malheureusement, il n'y avait pas identité des deux ordres de phénomènes, et des divergences subsistaient précisément aux points importants. On montre facilement que des considérations d'ordre général telles que la réversibilité d'un phénomène caractérisé par un vecteur, l'isotropie, la continuité etc. suffisent pour déterminer, à deux coefficients arbitraires près, la forme de l'équation aux dérivées partielles à laquelle satisfait le vecteur. Aussi des équations analogues reviennent-elles dans les domaines les plus divers de la Physique mathématique — p. ex. dans la théorie de la chaleur, du potentiel, de l'équilibre des corps élastiques etc. — sans qu'on puisse conclure, loin de là, à un rapport entre ces phénomènes. Or, pour passer des équations de l'éther, supposé un corps élastique, à celles de Fresnel, il faut donner à l'une des constantes une valeur impossible: la résistance qu'oppose le corps à une compression uniforme,

ou, ce qui revient au même, la vitesse des oscillations longitudinales, doit être nulle. Aussi Cauchy et Green ont-ils rejeté cette hypothèse, et ont-ils admis qu'au contraire l'éther est incompressible, et que des ondes de compression ne peuvent s'y produire. À vrai dire, les principes généraux de la Mécanique exigent, dans cette hypothèse, l'introduction d'une pression hydrostatique, qui serait ce qu'on appelle le facteur de Lagrange correspondant à la condition d'incompressibilité à laquelle est soumis le mouvement. Mais il n'y aurait plus eu identité avec les équations de Fresnel; sans beaucoup d'explications, on laissa cette pression de côté. Malheureusement, cela ne suffit pas. Parmi les conditions qui doivent être satisfaites à la surface de séparation de deux milieux, les unes, qui expriment simplement la continuité, sont bien communes à la théorie de l'élasticité et à l'optique; mais ce sont — comme nous l'avons dit plus haut de la forme générale des équations — précisément celles qui ne sont à aucun degré caractéristiques, et ne contiennent pas les constantes physiques des deux corps. Quant aux deux conditions qui contiennent ces dernières, il a fallu les abandonner; elles étaient inconciliables avec les expériences de Fresnel. On les a remplacées par d'autres principes, impliquant des hypothèses nouvelles, et c'est en particulier l'hypothèse atomique qui a permis à Kirchhoff d'énoncer l'explication mécanique la plus plausible de ce problème si difficile. Plus tard, lord Kelvin trouvant que, pour les cristaux, malgré tous ces « coups de pouce », l'hypothèse de l'incompressibilité de l'éther ne donnait rien de satisfaisant, revint à la solution rejetée par Cauchy et Green, d'un éther infiniment compressible; il montra que si l'éther est *infini*, l'hypothèse cesse d'être nécessairement absurde. Mais elle reste fort étrange, car elle revient à attribuer toute l'énergie potentielle de l'éther aux changements d'orientation de ses éléments de volume, changements qui, pour l'élasticité des corps solides finis, sont sans influence aucune, mais peuvent jouer un rôle, au moins apparent, lorsqu'il s'agit de l'éther: car celui-ci, par hypothèse, ne peut tourner dans son ensemble à la manière d'un solide. Il reste, il est vrai, cette objection qu'il suffit, pour provoquer en un point de l'éther un changement de densité fini, d'une compression infiniment faible. Lord Kelvin suppose par conséquent que l'énergie de l'éther contient des termes qui

s'opposent à la compression, mais sont d'un degré supérieur au second, en sorte qu'en Optique, où les déformations sont supposées infiniment petites, ils restent négligeables. Les conditions aux limites deviennent alors identiques à celles de Fresnel; aucune difficulté ne semblait plus subsister et, si la conception d'un éther élastique n'avait joué aucun rôle effectif dans la découverte des lois de l'Optique, du moins semblait-elle capable de les expliquer après coup. Cependant Lord Kelvin abandonna cette hypotèse pour la remplacer par une autre plus subtile, celle de l'éther gyrostatique; il semble que ce soit l'identité des phénomènes lumineux et des oscillations électriques, découverte par Maxwell, qui l'y aient amené.

On sait que Maxwell part de ce principe énoncé par Faraday, que les attractions et répulsions électriques et électromagnétiques sont dûes, non à une action à distance, mais à une sorte de pression qu'exerce sur les corps électrisés le milieu dans lequel ils sont plongés; ce milieu est lui-même, de proche en proche, modifié par la présence de charges électriques. Maxwell montra comment on peut transformer et compléter les équations de l'Electricité de manière à ce qu'elles expriment cette nouvelle manière de voir; pour les oscillations électriques, il trouva exactement la forme d'équation et les conditions données par Fresnel; il ne s'agissait plus, comme dans la théorie de l'éther élastique, d'un à-peu-près: les constantes, déterminées par des méthodes purement électriques, étaient identiques elles-mêmes à celles de l'Optique. Cette belle découverte constitue la théorie électromagnétique de la lumière; elle laisse d'ailleurs ouverte la question d'une explication mécanique par les propriétés élastiques de l'éther, mais exige que cette explication s'applique, non seulement à l'Optique, mais à l'ensemble, bien plus compliqué, des lois de l'électricité et du magnétisme. Pour des corps au repos parcourus par des courants, Maxwell a donné une telle explication; mais la structure extrêmement compliquée qu'il a été obligé de donner à l'éther permet de sonder toute la difficulté du problème, plutôt qu'elle n'en constitue une solution; pour les corps en mouvement, et pour les actions électrostatiques, Maxwell n'avait d'ailleurs pas réussi à trouver une explication analogue, et, dans l'exposé définitif de la Théorie dans son célèbre Traité, il ne mentionne plus son explication primitive.

Il est impossible de décider dans quelle mesure ces spéculations sur la structure de l'éther l'ont aidé dans ses découvertes; l'existence d'une relation étroite entre la lumière et l'électricité avait été entrevue par Gauss, et la découverte remarquable, faite par W. Weber et Kohlrausch, que le rapport des unités électrostatique et électrodynamique est égal à la vitesse de la lumière, avait porté un mathématicien célèbre, B. Riemann, à des spéculations sur le même sujet, et a dû vivement frapper Maxwell.

Les équations de l'Optique n'étant qu'un cas très particulier de celles de l'Electrodynamique, il faut que les interprétations mécaniques de ces dernières soient des généralisations de théories mécaniques de la lumière. Le choix, on l'a vu, n'est pas grand, et, malgré les efforts de nombreux savants, parmi lesquels il faut citer en première ligne Lord Kelvin, aucune solution n'a été trouvée. J'écarte, bien entendu, les mécanismes ingénieux et compliqués relatifs à tel ou tel cas particulier; j'écarte encore les considérations générales, où interviennent des masses imperceptibles à nos sens, et dont on ne précise pas le mouvement, parce que, affirme-t-on, seule l'expression de leur énergie cinétique et potentielle importe. On a pu dire, il est vrai, qu'il suffit de montrer que le principe de la moindre action s'applique à un phénomène lorsqu'on introduit dans l'expression de l'énergie du système des termes de ce genre, pour avoir par là même démontré la possibilité d'une réduction aux lois de la mécanique. Mais il faut s'entendre: si l'on exclut les actions à distance entre les parties de ce mécanisme; si l'on exige, de plus, l'impénétrabilité et l'indestructibilité de ces masses invisibles, cette réduction cesse *en général* d'être possible, et le problème reste tout entier. Il est d'ailleurs facile de voir où git la difficulté, lorsqu'on veut passer d'une théorie élastique de la lumière à une théorie électrodynamique: partout où il existe une charge électrique, les équations deviennent inhomogènes; quelle que soit l'hypothèse que l'on fasse sur le mouvement et la déformation de l'éther dans un champ donné, tout se passe comme si, aux réactions élastiques, venait s'ajouter une force nouvelle, exercée par la charge électrique sur l'éther qui est en contact avec elle. Considérons, par exemple, une charge électrique sphérique. Son action sur l'éther environnant se réduira, par symétrie, à une pression ou une tension dans la direction du rayon. Si l'éther est incom-

pressible — c'est l'une des deux hypothèses admissibles en Optique — cette pression ne le modifiera pas. Si, au contraire, comme le voulait Lord Kelvin, il est infiniment compressible, un flux continu d'éther dirigé radialement, s'établira, et il faudra renoncer à l'indestructibilité de l'éther. Aura-t-on recours à des termes d'ordre supérieur comme en Optique? Ces termes, ici, ne pourront plus être considérés comme négligeables, puisque ce sera d'eux que dépendra le phénomène; et nous nous trouverons en contradiction avec les lois de l'Electricité, qui n'admettent pas de tels termes. M. Poincaré, dans ses Leçons sur l'Electricité et l'Optique¹, a nettement mis en lumière le caractère général de ces difficultés, et il nous suffira de dire qu'elles n'ont pas reçu de solution, même dans la théorie de Larmor. Cette dernière repose sur la conception, mentionnée plus haut, de *l'éther gyrostatique*, conception qui mérite qu'on s'y arrête. On sait que lorsqu'un appareil contient une masse en rotation rapide il tend à conserver son orientation, et oppose une résistance à la main qui cherche à le faire tourner dans un certain sens: la toupie, de même, résiste à l'action de la gravitation qui ne la fera tomber que lorsque les frottements auront suffisamment réduit sa vitesse de rotation. Supposons de telles masses en rotation dans chaque élément de volume de l'éther: cet élément opposera à un changement d'orientation une certaine résistance, et nous avons vu que c'est précisément ce qu'exige l'Optique quand on renonce à l'incompressibilité. Cette ingénieuse explication a été appliquée par M. Larmor aux phénomènes électriques; mais il n'est pas parvenu à vaincre diverses difficultés (voir M. Poincaré, loc. cit.), et l'on ne voit pas comment la notion de charge électrique, en particulier, peut se déduire de ces considérations, à moins de renoncer à l'indestructibilité de l'éther. Effectivement il est remarquable que si l'on admet que la matière est une source continue d'éther, ou absorbe continuellement ce corps, on arrive avec B. Rieman (dont les recherches ont été récemment reprises par M. Brill) à l'explication hydrostatique des attractions et des répulsions que nous étudions en Electrostatique et dans la théorie de la Gravitation. Mais ici le mot « explication » ne s'applique certainement plus; il faudrait dire « analogie ».

¹ H. POINCARÉ. *Electricité et Optique*, 2^{ème} édition, Paris 1901, 4^{ème} Partie (pp. 578 et suiv.).

La Gravitation, dont nous n'avons pas parlé jusqu'ici, complique encore le problème. Lorsqu'un milieu quelconque, après avoir été soustrait à toute influence extérieure, est soumis à une déformation, la stabilité du milieu exige que son énergie potentielle s'accroisse. Or, et c'est Maxwell qui l'a remarqué, pour un champ de Gravitation, cette énergie diminuerait, au contraire; aussi Maxwell considère-t-il ses conceptions comme inapplicables à la Gravitation, qui reste ainsi encore plus « inexplicable » que les phénomènes électriques. On n'évite la conclusion qu'en renonçant, comme on l'a vu, à l'indestructibilité de l'éther. Quant-aux idées de Lesage, qui font de l'éther une sorte de gaz très raréfié, où les corps matériels se protègent mutuellement contre les chocs des atomes d'éther et sont ainsi poussés les uns vers les autres, il est douteux qu'elles expliquent réellement la Gravitation; mais, certainement, elles sont absolument incompatibles avec les lois de l'optique. Enfin, citons les travaux de Bjerknes qui, comme d'autres auteurs l'avaient déjà fait, trouve une analogie de la Gravitation avec un système de corps vibrants, plongés dans un fluide incompressible. Il considère, en particulier, des sphères qui s'étendent et se contractent alternativement: mais il faut qu'il y ait non seulement identité de période pour toutes les molécules ou sphères, mais encore identité de phase, et cette dernière condition est plus inexplicable que la Gravitation elle-même.

En résumé, aucune conception mécanique de l'éther n'a conduit au but. L'expérience a-t-elle réussi là où la théorie a échoué? Beaucoup de recherches ont été entreprises pour mettre en évidence, par le moyen si délicat des interférences, un mouvement de l'éther, soit dans le voisinage de corps aimantés ou électrisés, entraînés dans un mouvement de rotation rapide; soit près de courants électriques, ou dans un champ d'oscillations hertziennes. Le résultat a été constamment négatif, et cet échec, confirmant celui de la théorie, et s'ajoutant aux difficultés nombreuses déjà signalées, telles que le passage libre des corps à travers l'espace matériellement vide, a amené un grand nombre de savants à renoncer définitivement à une conception mécanique de l'éther, et à en faire ce que M. Drude appelle un *espace physique*, c.à.d. un espace qui ne se distingue de celui de la Géométrie qu'en ce qu'il est le siège d'une énergie spéciale, l'énergie électroma-

gnétique. Son état est défini par la « force électrique » et la « force magnétique ». A vrai dire, ces vecteurs n'y produisent par hypothèse aucun changement qui soit susceptible de tomber sous nos sens; et l'on peut se demander ce que de tels énoncés renferment de réel et quelle est la part des mots lorsque l'on continue à parler d'une action de ce « milieu » sur les corps. C'est ce que nous allons examiner en partant de la théorie électrodynamique de Lorentz qui est établie sur cette conception de l'éther. Nous trouverons que le rôle de l'éther, bien modeste déjà, doit encore être réduit, et, d'abstraction en abstraction, nous arriverons à n'y plus voir qu'un système de coordonnées absolues, un fantôme mathématique, qui, à son tour, ne subsistera pas devant l'expérience.

L'éther est considéré, nous l'avons dit, comme étant le réservoir de toute l'énergie électrodynamique, optique etc. Nous pourrions donc nous attendre à ce que certains points de l'éther, situés soit à distance finie, soit à l'infini, soient l'origine de perturbations électrodynamiques. Un corps rayonnant, au lieu de perdre constamment de son énergie, pourrait aussi en gagner constamment, par l'apport d'ondes convergeant vers lui, et venant, par conséquent, de l'infini. Un tel appareil, tirant son énergie de l'éther sans que d'autres corps en perdent une quantité équivalente, serait bien précieux: il constituerait un *perpetuum mobile*. Il est facile de montrer¹ qu'effectivement les équations de Maxwell, de Hertz et de Lorentz admettent de telles solutions, ce qui constitue certainement une grave objection à ces théories, d'autant plus que, pour les écarter d'une manière absolument générale il faut introduire de nouvelles hypothèses qui ne supportent guère une critique rigoureuse. Pour la théorie de Maxwell et pour celle de Hertz on n'y a pas réussi jusqu'ici; dans celle de Lorentz, on n'y réussit qu'en admettant par hypothèse que toute solution qui ne peut pas se mettre sous la forme de « potentiels retardés », c.à.d. d'actions des divers éléments de charge tout analogues aux anciennes actions à distance, mais non instantanées, doit être écartée. Nous voilà donc revenus aux actions élémentaires, que Maxwell s'était fait fort d'écarter de la

¹ Pour plus de détails sur ces questions, consulter un Mémoire de l'auteur: « Recherches critiques sur l'Electrodynamique générale », dans les *Annales de Chimie et de Physique*, février 1908 (Paris, Gauthier-Villars).

théorie; et il est bon de remarquer qu'aucun énoncé équivalent à cette hypothèse, et plus conforme aux idées de Maxwell, ne semble possible. La difficulté est, en effet, essentielle: l'hypothèse nouvelle rend les phénomènes électromagnétiques essentiellement irréversibles, tandis que les équations primitives énonçaient leur réversibilité. Mais admettons l'hypothèse comme un fait d'expérience; alors les équations s'intègrent complètement, et, comme l'a fait remarquer M. Lorentz lui-même, le champ, les vecteurs électrique et magnétique, disparaissent du résultat, qui n'énonce plus que des relations d'espace et de temps, où interviennent certains coefficients invariables dits « charges électriques ». Ces actions « retardées » peuvent *complètement* remplacer les équations aux dérivées partielles; tandis que la proposition inverse n'est pas vraie. Ainsi, en Optique, nous n'aurons plus à nous préoccuper de ce qui se passe dans l'éther pur; tout se réduira à des actions exercées par les charges mobiles ou ions de la source de lumière sur celles de l'écran, de l'appareil optique, de la rétine ou de la plaque photographique. Les points de l'éther ne sont plus, comme l'admettaient Huygens et Fresnel, autant de centres d'ébranlement, émettant de nouvelles ondes dans toutes les directions: seuls, les points électrisés sont centres d'ondes; malgré cela, les deux manières de voir conduisent au même résultat, conforme à l'expérience. Mais combien est profonde la différence entre le rôle joué par l'éther dans l'une et l'autre théorie! Chez Lorentz, en fait, il n'est plus qu'un système de coordonnées absolu, c'est-à-dire indépendant de la matière au sens ordinaire, et par rapport auquel il faut mesurer toutes les vitesses (et en particulier celle de la lumière) qui entrent dans les équations. L'éther, qui aurait pu manifester son existence par des ondes émanant de lui, se dérobe une fois de plus.

Il faut avouer que nous sommes bien loin de toutes les conceptions auxquelles l'étude de la nature a jusqu'ici conduit les savants; et, peut-être, n'avons nous pas le droit de nous étonner beaucoup que l'expérience, interrogée souvent et avec un soin et une précision extrêmes, ait donné un démenti formel à une hypothèse si étrange et abstraite. Le mouvement de translation si rapide de la Terre dans son orbite est sans influence sur les phénomènes optiques et électriques, de même qu'il est sans influence en Mécanique. La théorie de Lorentz

n'explique que quelques-uns de ces résultats négatifs; aussi ce savant a-t-il cherché quelles hypothèses supplémentaires sont nécessaires pour que l'influence d'un mouvement de translation uniforme d'un système soit rigoureusement nulle. Il a trouvé qu'il faut:

1° renoncer à l'existence de corps solides, dont les dimensions ne sont altérées par aucun mouvement: notion qui est à la base de la géométrie;

2° renoncer à l'invariabilité de la masse, qui devient fonction de la vitesse — de même, d'ailleurs, que dans la théorie primitive de Lorentz ¹;

3° faire du temps, de la simultanéité, de l'égalité de deux temps, des notions toutes relatives, définies différemment suivant le mouvement de l'observateur;

4° renoncer enfin au parallélogramme des vitesses, qui ne serait qu'une approximation admissible aux faibles vitesses; deux électrons émis par un grain de Radium en sens inverse avec une vitesse de 250,000 km. par seconde, auront une vitesse relative non de 500,000 km., mais d'environ 296,000 km. C'est dire que la signification de tous ces mots a totalement changé.

Les physiciens consentiront-ils, pour sauver l'éther et les équations de Maxwell, ou du moins le peu qui en reste, à admettre de gaieté de coeur de telles complications? Ne se diront-ils pas plutôt que, une fois de plus, l'image « éther » qu'ils s'étaient faite pour expliquer la non-instantanéité de la lumière, loin de les conduire à prévoir des résultats nouveaux confirmés ensuite par l'expérience, comme c'est le cas pour la théorie atomique et en général pour toute théorie qui mérite d'être retenue, ne leur a même pas permis d'expliquer les résultats de l'observation et leur a créé des difficultés toujours nouvelles?

La théorie émanative de la lumière n'introduisait pas le mouvement absolu. Si au contraire la lumière se *propage*, ce ne peut-être que dans un corps différent des corps matériels, et remplissant tout l'espace; ce corps introduira nécessaire-

¹ Lorsqu'on renonce au mouvement absolu et à la notion d'éther, les expériences de M. Kaufmann ne permettent plus d'affirmer la variabilité de la masse. Celle-ci peut être d'origine électromagnétique, mais elle est constante; ce sont les forces qui varient avec la vitesse.

ment le mouvement dit absolu; l'expérience démontre donc qu'il n'y a pas *propagation*. Nous sommes ainsi amenés à considérer l'énergie lumineuse comme *projetée*, et non comme *propagée*; nous reviendrons, dans un certain sens, à une théorie émanative de la lumière et de l'électricité, mais sous une forme nécessairement toute nouvelle, et sans oublier un instant qu'il ne s'agit que d'une image destinée à nous rendre sensible le retard qu'éprouvent les actions lumineuses et électriques, retard qui seul est l'objet des expériences. Cette image satisfera en même temps à ce besoin de notre esprit d'introduire partout la notion de substance, besoin auquel nous devons les anciens fluides calorique, magnétique, etc. et le nouveau fluide énergie. Une telle entreprise semblait, au point de vue de la théorie ondulatoire classique, condamnée d'avance; il en est tout autrement dans les vues nouvelles que nous devons à Lorentz. Pour ne nous occuper que de l'Optique, la considération des actions élémentaires retardées nous permettra de scinder le problème en deux autres: il faudra d'abord conserver la formule analytique qui exprime la force subie par un ion au moyen d'une somme d'actions dépendant de la position et de l'accélération (périodiques) des autres ions, pris à de certains instants antérieurs; puis, parmi les diverses lois de propagation que peut nous suggérer l'hypothèse émanative, et qui toutes satisferont au principe de la relativité du mouvement, nous choisirons celle qui sera conforme à l'expérience. Les instants antérieurs ou instants d'émission déterminés par la nouvelle loi ne différeront jamais beaucoup de ceux qu'exigerait la loi adoptée par Lorentz, et basée sur la notion de système de coordonnées absolues; dans beaucoup d'expériences, où les vitesses sont négligeables, il y aura identité complète. Les ondes de l'éther seront remplacées par une distribution de l'émanation, périodique dans le temps et dans l'espace. J'ai d'ailleurs montré (loc. cit.) que sur ces bases on peut édifier non pas une, mais une infinité de théories électrodynamiques; conservant la théorie des électrons et les autres hypothèses physiques si fécondes introduites par Lorentz, conservant même son principe de superposition, on n'a qu'à discuter séparément d'une part l'influence des divers termes qui constituent ensemble l'expression de la force subie par un électron, et de l'autre celle de la loi de propagation, pour déterminer les changements, très étendus d'ailleurs, qu'il est permis d'y apporter sans qu'il y ait con-

tradiction avec aucune expérience faite jusqu'ici. Ce nouveau retour à des conceptions plus anciennes n'est, en somme, que le prolongement tout naturel d'une évolution dans laquelle M. Lorentz a eu la plus large part, et qui nous a écartés progressivement des idées primitives de Maxwell, en nous ramenant à la considération des charges électriques et en reléguant de plus en plus à l'arrière-plan l'influence du milieu. Il ne s'agit pas, bien entendu, d'un retour aux actions à distance; mais que l'on choisisse comme milieu intermédiaire un « espace physique » ou une émanation fictive, dès l'instant où l'action éprouvée par une charge électrique ne dépend que de la disposition et de l'état du milieu dans son entourage immédiat, on pourra dire qu'il n'y a pas action à distance. Peut-être cet énoncé contiendra-t-il même, dans la nouvelle hypothèse, une plus grande part de réalité que dans l'ancienne. Car l'éther, nous l'avons vu, n'est pas modifié, suivant les vues de Lorentz, par l'action de la matière; il reste immobile. La matière, au contraire, est mise en mouvement par l'action de l'éther: le principe de l'égalité de l'action et de la réaction n'est pas satisfait. Or M. Poincaré a montré qu'en attribuant à l'énergie rayonnée une quantité de mouvement, on rétablit le principe. Un système, dit-il, qui rayonne de l'énergie dans une certaine direction, recule comme une pièce d'artillerie. Ce recul, les expériences sur la pression de la lumière l'ont mis en évidence. Or n'est-il pas plus naturel d'attribuer une quantité de mouvement à une énergie *projetée*, comme le veut l'image émanative, qu'à une énergie *propagée*? L'émanation agira donc sur les corps électrisés, mais son mouvement sera, d'après le principe de l'action et de la réaction, modifié lui-même, au moins en général; et cette modification (p. ex. la réflexion du rayon lumineux qui exerce une pression sur un miroir) sera perceptible à nos sens, lorsque celle de l'éther, en supposant qu'elle existe (c'est le cas dans la théorie de Hertz), ne l'était pas. Dans la théorie de l'éther, ainsi que l'a montré M. Poincaré, le principe de l'action et de la réaction semble inconciliable avec l'expérience de Fizeau sur l'entraînement des ondes par les corps en mouvement: la théorie de Hertz, qui satisfait au principe, est inconciliable avec l'expérience; celle de Lorentz, qui n'y satisfait pas, explique très bien l'observation de Fizeau. Dans l'hypothèse nouvelle, c'est l'inverse qui a lieu: supprimons la réaction de l'électricité

sur l'émanation, et la théorie ne sera pas en accord avec l'expérience.

Concluons. L'expérience ne nous a jamais révélé trace de quelque chose qui subsisterait dans les espaces vides de matière au sens ordinaire. Il nous sera toujours loisible, cependant, d'y supposer un intermédiaire servant de véhicule aux actions des corps les uns sur les autres, et cette conception pourra même être fort utile, à la condition de ne pas trop la prendre au sérieux, c.à.d. à la condition de ne pas oublier qu'il s'agit d'une simple construction mentale et non d'une réalité, construction qu'il faudra abandonner, pour la remplacer par une autre, dès que l'expérience ou l'économie de la pensée l'exigeront.

Göttingen.

W. RITZ