

A LA RECHERCHE D'UN ORDRE NATUREL

Les savants recherchent-ils des satisfactions matérielles ? En quoi la recherche scientifique de nos jours diffère-t-elle de celle d'autrefois ? Le savant se sent-il responsable envers la société ? Des réponses à ces questions ont été fournies dans une causerie faite au cours du Colloque sur la physique contemporaine, qui a eu lieu à Trieste en juin dernier, par E.P. Wigner, Prix Nobel 1963, l'un de ceux des « Grands Anciens » qui ont accepté de parler sur le thème suivant : « Une vie consacrée à la physique ».

Je voudrais vous dire ce qui constitue, à mon avis, le mobile fondamental des actions de l'homme de science, comment la vie de l'homme de science a changé au cours de la période pendant laquelle j'ai essayé d'en être un, ce que l'homme de science peut attendre de la société et ce qu'il doit faire pour elle qui lui permet de jouir d'une vie toute consacrée à la physique.

Tout d'abord, je tiens à mentionner ceux à qui je dois beaucoup d'enseignements, qui se rapportent au sujet que je me propose de traiter. Mon premier maître a été Polányi et s'il me fallait dire tout ce que je lui dois, il ne me resterait pas de temps pour parler d'autre chose. J'ai aussi beaucoup appris en lisant « Grosse Männer » de Wilhelm Ostwald. C'est une série de biographies de grands savants, précédées d'introductions de caractère général donnant l'essentiel des vérités universelles que l'auteur a apprises en étudiant la vie de ses héros. Dans mes souvenirs viennent ensuite trois longues promenades faites avec James Franck à Princeton pendant les premiers jours, déjà sombres, du régime hitlérien. Nous avons parlé justement des questions auxquelles je voudrais consacrer ma causerie d'aujourd'hui. Enfin, il y a eu des conversations récentes avec des historiens et des philosophes des sciences, notamment M. Mehra qui se trouve aujourd'hui parmi nous ; ces conversations m'ont beaucoup aidé à éclaircir mes idées.

L'ORDRE DANS LE DESORDRE

Selon un de mes amis, qui se plaît à le répéter, j'aurais dit que mon but dans la vie était de laisser après moi un peu plus d'ordre et d'intelligence que je n'en ai trouvé moi-même. Je ne me rappelle pas lui avoir parlé de la sorte mais c'est vrai : Nous sommes dans un monde compliqué où une foule d'événements imprévisibles se produisent, et il est réconfortant pour l'esprit de trouver et de connaître quelque chose qui soit ordonné et permanent. Ce n'est pas tout. Si nous réfléchissons un peu plus sur nos relations avec le monde, nous comprenons vite que, si nous ne pouvions pas y trouver des règles, nous serions incapables d'influencer le cours des événements. Ces règles ou des régularités sont des liens entre des événements subséquents : par exemple, cette

gomme tombera sur la table si je la lâche. S'il n'y avait pas de telles régularités, nous ne pourrions exercer aucune influence sur les événements. Je ne pourrais pas produire un bruit étouffé avec la gomme et je ne pourrais pas la faire rebondir sur la table si je ne savais pas qu'en la lâchant j'obtiendrai ces effets. Par conséquent, les régularités rendent la vie possible; car, pour moi, vivre c'est influencer les événements.

Bien sûr, les régularités auxquelles nous physiciens nous intéressons sont beaucoup plus subtiles. Néanmoins, je pense que fondamentalement le désir et la recherche d'un ordre sont communs à tous les êtres vivants et qu'en fait ils sont étroitement liés à l'essence de la vie.

Une question se pose: «Quelles sont les limites de cette recherche d'un ordre?» Serions-nous plus heureux si l'ordre était parfait et que nous puissions tout prévoir, tout savoir, tout comprendre? Si l'analyse précédente de la cause de cette recherche est exacte, la réponse ne peut être que négative. En effet, si nous pouvions tout prévoir et que l'ordre fût parfait, nous nous retrouverions dans une situation dans laquelle nous ne pourrions rien influencer, tout étant déterminé; notre volonté et nos désirs n'auraient aucun moyen de se manifester. Par conséquent, dans ce sens, le monde tel qu'il existe est le meilleur: il y a certaines régularités et nous en avons besoin pour ce que nous appelons la vie. Mais il subsiste beaucoup d'irrégularités et celles-ci sont également indispensables à ce que nous appelons la vie.

LA PRECISION DERAISONNABLE DES LOIS DE LA PHYSIQUE

Cette situation est particulièrement marquée en physique. Nous avons des conditions initiales qui ne font apparaître aucune régularité et les lois de la nature qui expriment des régularités d'une précision miraculeuse. Mais il y a une distinction encore plus nette que l'on ne s'y attendrait entre le domaine des régularités et celui de l'arbitraire et c'est peut-être là le résultat le plus remarquable des théories physiques. Le philosophe Charles Pierce a parlé de la précision déraisonnable des lois physiques et Paul Dirac a souligné le fait que nous n'avons aucune raison, aucun indice, qui nous permette de penser que les lois de la physique seraient aussi exactes et, en un sens, aussi simples qu'elles le sont en réalité. Ainsi, dans un sens plus profond, loin d'avoir mis fin aux miracles, la science a défini et mis en lumière un miracle absolument extraordinaire qui nous tient, nous hommes de science, dans la crainte et la servitude plus, beaucoup plus même, que les autres hommes.

Le désir de trouver un ordre naturel se manifeste non seulement dans nos efforts pour mettre en évidence des régularités dans une succession d'événements, mais également dans les structures que nous avons nous-mêmes créées, c'est-à-dire, nos théories et nos concepts. Les mathématiques sont entièrement consacrées à la recherche de régularités dans les relations entre des concepts créés précisément à cette fin. Mais les théories de la physique ont également des structures imbriquées les unes dans les autres et l'élucidation de ces structures, par exemple la mise en évidence des parties de la théorie qui sont à

l'origine de certaines conclusions, nous apporte également beaucoup de satisfaction.

La découverte par Klein et Noether qu'une loi de conservation est valide pour l'énergie dans toutes les mécaniques comportant un lagrangien indépendant du temps, doit leur avoir procuré un sentiment d'exaltation, la sensation d'être tout-à-coup plus propre et de sortir du bain. Ceux d'entre nous qui n'ont pas été favorisés par une découverte comme celle de la charge électrique élémentaire et de l'existence de porteurs de charge dans les métaux, ou celle de l'équation décrivant ces porteurs de la manière la plus adéquate, peuvent avoir obtenu assez de satisfaction pour toute leur vie s'ils ont éclairci, peut-être pas la structure des événements, mais au moins la structure des théories, qui sont une « cristallisation » des régularités entre les événements. Le plaisir ainsi éprouvé ressemble beaucoup à celui du mathématicien. Ce n'en est pas moins un plaisir réel.

CONSEQUENCES DE L'ACTIVITE DE L'HOMME DE SCIENCE

J'ai dit que l'activité de l'homme de science n'a pas pour objet de satisfaire son désir d'influencer le monde qui l'entoure, mais qu'elle permet une sublimation, une idéalisation de ce désir. Je crois que c'est vrai. Cependant il est clair que très fréquemment elle influence sur le monde environnant. Sans la science moderne nous n'aurions pas la radio, la télévision, les automobiles avec lesquelles les étudiants peuvent construire des barricades, les missiles antibalistiques. Ce sont des conséquences très réelles de l'activité des hommes de science. Néanmoins, je maintiens ce que j'ai dit parce que les faits que j'ai mentionnés sont les conséquences et non les motifs de l'activité de l'homme de science. En fait, certains de nos collègues souffrent lorsqu'ils apprennent que leurs résultats et leurs conclusions ont été mis à profit pour produire un nouveau produit chimique ou un matériel nouveau. Ils ont l'impression que leur désir sublimé est en quelque sorte recristallisé et ils pensent que l'on avilit leur science pure et sublime en l'appliquant à l'avantage de la société qui devrait subvenir à leur entretien sans en retirer d'avantages. Je ne souscris pas à cette attitude qui cependant prouve certainement que, chez l'homme de science, le mobile est une sublimation de son désir instinctif d'influencer le cours des événements, et non pas ce désir lui-même.

Y a-t-il chez l'homme de science des traits négatifs qui lui permettent de se détourner plus facilement des buts recherchés par la plupart des hommes, de refuser de s'associer aux entreprises auxquelles se vouent la plupart de ses amis et connaissances ?

Il me semble, mais je n'en suis pas absolument certain, que son désir d'influence est sublimé à tel point que le désir commun de puissance et d'influence est chez lui inférieur à la moyenne. Je pense que, jusqu'à il y a quelques années, peu d'entre nous pensaient à cette soif de puissance et d'influence qui est malheureusement très répandue. Lorsque la fréquence de ce phénomène m'est apparue, il y a six ou sept ans, j'ai abordé la question avec des collègues, et avec des amis qui n'appartiennent pas au monde de la physique. La plupart

de mes collègues n'ont pas compris de quoi je parlais et la plupart de mes amis non physiciens n'ont pas compris pourquoi j'en parlais; la chose leur paraissait si évidente. Je me suis rappelé alors beaucoup d'observations à ce sujet que j'avais entendues lorsque j'étais plus jeune, notamment l'explication donnée par mon père de la raison pour laquelle tant de personnes convoitent de grandes richesses, et des événements qui jusqu'alors étaient demeurés mystérieux pour moi sont devenus plus clairs.

Quoi qu'il en soit, je pense qu'au moins les hommes de science qui sont mes contemporains ont une tendance marquée à se tenir à l'écart des conflits qui secouent notre société, et qu'ils ont un certain penchant pour la vie monastique et que c'est même une caractéristique de ceux qui choisissent par vocation la carrière scientifique. Franck a dit, au cours d'une de nos promenades, que nous hommes de science utilisons la science comme un stupéfiant qui nous permet d'oublier ce qui nous entoure et d'en dégager notre responsabilité. Le jeune scientifique d'autrefois voulait apprendre loin du monde, trouver de nouvelles idées dans la solitude et dans la retraite.

L'EVOLUTION DE LA SCIENCE

Il n'est pas certain que cette tendance de l'homme de science à se tenir à l'écart, ce penchant pour la vie monastique existe autant de nos jours qu'il y a trente ans ou plus, et j'en arrive ainsi à parler des grands changements qui se sont produits dans la science pendant ma propre vie de physicien.

Je devais avoir 17 ans lorsque mon père m'a demandé ce que je voulais faire dans la vie. J'ai dit que je voulais étudier les sciences et, de préférence, faire de la physique. Il devait s'y attendre, mais sa réponse fut une autre question: «Hm, combien de postes de physiciens y a-t-il dans toute la Hongrie?». J'ai donné le chiffre un peu exagéré de quatre. Sans tenir compte de cette exagération, il m'a demandé si je pensais obtenir l'un de ces quatre postes. Nous sommes tombés d'accord qu'il vaudrait mieux que j'étudie quelque chose ayant une plus grande valeur pratique, par exemple la chimie industrielle, et c'est dans cette matière que j'ai été diplômé. Toutefois, pendant la période relativement courte qui s'est écoulée entre ma dix-septième année et mon diplôme, le monde a subi des grands changements. En premier lieu, il s'est rétréci. La distance entre l'Allemagne et la Hongrie a diminué non pas tant en ce qui concerne la durée du voyage que du point de vue intellectuel, et l'idée de se faire une situation en dehors de la Hongrie ne paraissait plus si absurde. En second lieu, le nombre de postes de physicien avait considérablement augmenté. Mon maître Polányi, dans une conversation sérieuse avec mon père et moi a dit qu'une carrière scientifique ne semblait plus être quelque chose de romantique et que nous devions l'envisager sérieusement. En effet, la situation de l'homme de science avait considérablement changé pendant les six années en question. En 1919, il était considéré, tout au moins en Hongrie, comme un personnage vénérable et original. En 1924, c'était devenu une carrière, sans doute retirée, mais qui pouvait être sérieusement envisagée en Allemagne. Même en Hongrie, le sourire qu'elle provoquait était devenu un sourire de tolérance.

Cette évolution s'est poursuivie. Peut-être suis-je un peu vieux jeu ; mais je m'attends que ceux qui choisissent la carrière scientifique le fassent sans espérer en retirer des avantages matériels, dans une passion irrésistible pour une vie consacrée à l'étude et peut-être créatrice. Le fait est que beaucoup de jeunes gens choisissent la carrière scientifique avec cette passion, mais qu'aussi beaucoup d'autres en attendent des profits matériels, une situation influente, des distinctions honorifiques et d'une manière générale, ce que l'on appelle le succès. Je ne sais pas lequel de ces deux états d'esprit finira par prévaloir. Peut-être y aura-t-il un mélange des deux ; peut-être les plus ambitieux abandonneront-ils la science pour assumer des fonctions administratives à l'intérieur ou à l'extérieur du monde scientifique. En tout état de cause, il est certain que l'esprit et le caractère que l'on considérait comme inséparables de l'homme de science du début du vingtième siècle ne peuvent plus être considérés comme immuables : celui d'aujourd'hui est beaucoup plus semblable, par son attitude envers la vie, à ses contemporains non-scientifiques que ne l'était l'homme de science d'il y a trente ans. Cela n'est ni nécessairement bon, ni nécessairement mauvais ; le changement est peut-être même moins marqué qu'il ne me paraît, mais il existe. L'assurance que manifeste le physicien d'aujourd'hui est très différente de l'attitude que manifestaient ses aînés, qui en étaient presque à s'excuser d'avoir choisi des centres d'intérêt et des objectifs différents de ceux du commun des mortels.

AVENEMENT DE LA GRANDE SCIENCE

Autre changement important : l'avènement de la « grande science », avec ses laboratoires occupant plusieurs milliers de personnes. Nous sentons tous que le physicien travaillant dans un tel laboratoire a une condition tout à fait différente de celle du scientifique qui travaille en solitaire, que l'utilisation d'un accélérateur de 70 Gev par une équipe d'une vingtaine de physiciens sous l'autorité d'un conseil d'administration, est très différente de la vie contemplative qui était encore l'essentiel sinon la totalité de la science au début du siècle. Je ne veut pas parler en détail de ce que Alvin Weinberg a appelé la « grande science ». Il est certain qu'elle a accéléré considérablement l'acquisition des connaissances. Il est également certain qu'elle réclame les talents de ceux des hommes de science qui ne se tiennent pas trop à l'écart, dont l'attitude est plus classique, qui sont plus entreprenants, qui possèdent l'état d'esprit que j'ai signalé tout à l'heure.

Ayant parlé des années qui ont précédé le début de ma carrière de physicien, il faudrait maintenant que je poursuive en vous parlant de cette carrière et des travaux qui m'ont procuré les plus grands plaisirs. Mais il serait difficile de passer en revue mes travaux. Quelqu'un a dit que j'avais apporté des contributions infinitésimales à une infinité de sujets. C'est une accusation injuste, car je n'ai pas apporté de contributions à une infinité de sujets.

UNE HYPOTHESE COURAGEUSE

Ma thèse de doctorat a été une tentative — qui s'est révélée plus tard correcte — de calculer la vitesse des réactions chimiques d'association, comme

celle qui a été décrite au cours du colloque par M. Salpeter : deux atomes d'hydrogène entrent en collision pour former une molécule. Il y avait deux problèmes. Si l'on considère la collision des atomes dans le système centre de masse, les deux atomes doivent former une molécule au repos et l'énergie de cette molécule est quantifiée. Il est donc infiniment improbable que l'énergie cinétique des atomes soit exactement telle que l'énergie du système coïncide avec l'un des niveaux d'énergie de la molécule. Born et Franck, dans une communication rédigée en collaboration, avaient fait cette remarque. Il en avait été conclu que la réaction d'association était infiniment improbable. La situation était encore pire : le moment cinétique de la molécule était aussi quantifié et il était également improbable que les atomes entrant en collision aient exactement le moment cinétique voulu par rapport à leur centre de masse. Tout cela se passait bien entendu des années avant la découverte de la mécanique quantique. Il eût donc été naturel de conclure que les réactions d'association simples sont impossibles ou qu'elles ont une probabilité nulle, s'il n'y avait pas eu une quantité impressionnante de résultats expérimentaux, provenant de réactions chimiques réelles, montrant que ces réactions ont effectivement lieu. La solution du problème que j'ai proposée, sur la base des résultats d'expériences et de l'étude de l'établissement de l'équilibre chimique, a été : a) que les niveaux d'énergie ne sont pas rigoureusement tranchés, mais ont une certaine largeur de bande et que la réaction peut avoir lieu si l'énergie de la paire d'atomes entrant en collision tombe dans cette bande ; b) que la limitation due au moment cinétique doit être ignorée, le moment cinétique de la paire d'atomes se trouvant porté automatiquement et mystérieusement au multiple entier suivant de la constante de Planck. Ces deux prescriptions garantissent l'établissement de l'équilibre chimique de dissociation. Elles donnent également un tableau fidèle des réactions de résonance en général et j'ai continué à m'intéresser à ces réactions, comme la plupart d'entre vous le savent. J'ai raconté cette petite histoire parce que j'ai pensé que vous aimeriez peut-être savoir un peu dans quel état d'esprit se trouvaient les scientifiques de l'âge de la mécanique pré-quantique. Il s'agissait alors de deviner plus que de démontrer et le courage dont il fallait faire preuve dans l'hypothèse était bien plus grand que maintenant, lorsque l'insuffisance de la théorie dont on dispose n'est pas établie. Rien de ce qui précède ne contredit bien entendu la conclusion de M. Salpeter que la réaction d'association simple, la création d'une molécule d'hydrogène par collision de deux atomes de cet élément, est un phénomène extrêmement improbable : les niveaux d'énergie de la molécule d'hydrogène sont étroits et éloignés les uns des autres. J'ai calculé, beaucoup plus tard, la vitesse de formation de la molécule à la suite de la collision de trois atomes d'hydrogène.

LE PLAISIR D'EXPLORER

Ayant entendu l'histoire de l'un de mes calculs, je suis sûr que vous ne voulez pas connaître celle de tous les autres. Je ne peux vraiment pas dire lequel m'a procuré le plus de plaisir. J'ai toujours travaillé avec joie et chaque fois que j'ai pu aboutir à une conclusion, j'ai toujours pensé qu'il y avait un peu plus d'ordre dans mon esprit et dans ma pensée. Il en est de même, le plus souvent, lorsque je lis un article que je peux comprendre ; bien souvent,

j'éprouve une sorte d'exaltation, presque d'euphorie. De plus, le plaisir d'explorer n'a pas diminué au fil des ans. La vieillesse apporte bonheur et paix; à condition que l'on ne soit pas constamment ramené à prendre conscience du déclin de ses forces, c'est la période la plus heureuse de la vie. J'ajouterai que, sauf l'inquiétude qu'inspirait le succès du travail et l'issue de la guerre, le travail pour le Gouvernement pendant la guerre était également intéressant et satisfaisant. Les amitiés que j'ai nouées à la suite de la collaboration avec d'autres physiciens est également une source constante de plaisir et de satisfaction.

Le dernier sujet sur lequel je voulais échanger des idées avec vous concerne les relations entre l'homme de science et la société.

Tant qu'il n'y avait que quatre physiciens pour une population de 7 millions d'habitants, ces relations n'avaient pas une importance capitale. Mais maintenant les Etats-Unis, par exemple, dépensent 20 milliards de dollars par an pour la recherche sur un revenu national de 800 milliards de dollars, si bien que directement ou indirectement environ 5 millions de personnes travaillent pour la recherche d'une manière ou d'une autre dans un pays de 200 millions d'habitants; l'importance de la question est d'un ordre de grandeur tout différent. Cela reste vrai même si l'on trouve une raison — et il y en a — de modifier sensiblement mes chiffres.

LE PRIVILEGE D'UNE VIE PLEINE DE SATISFACTIONS

Ce que je voudrais, c'est que nous comprenions tout ce que nous devons à la société. Elle subvient à notre entretien — et quand je regarde autour de moi, je constate qu'elle le fait avec prodigalité — pour que nous fassions ce que nous ferions de toute manière, c'est-à-dire ce qui nous procure le plus de plaisir. Je pense qu'en retour nous devrions faire preuve de sociabilité et manifester moins de contrariété si l'une de nos conclusions ou découvertes aboutit à une application pratique. Le livre d'Ostwald montre que presque tous ses «Grands Hommes» ont, à un moment ou un autre, consacré du temps à la solution d'un problème pratique, à la lutte contre la maladie, à l'augmentation de la production ou à quelque chose d'analogue. Il montre également que presque tous ont consacré du temps, habituellement vers la fin de leur carrière, à donner des avis à leur gouvernement sur des questions ayant trait à l'administration d'une entreprise scientifique et sur la possibilité de l'appliquer dans la pratique. Nous, envers qui la société est si généreuse, devrions faire preuve d'humilité et de gratitude et non pas de mépris pour les non-scientifiques. On peut faire valoir, je ne l'ignore pas, que la société tire profit de l'appui qu'elle nous donne — mais il en est de même de l'homme qui se jette à l'eau pour en sauver un autre. Dire, par exemple, qu'«on peut juger la valeur d'une société d'après l'existence qu'elle fait à ses savants» me paraît tout simplement horrible. De telles affirmations provoquent naturellement des déclarations en sens contraire comme celle du professeur Harry S. Johnson, lequel a dit: «L'argument d'après lequel la société devrait faire la vie facile aux individus possédant un talent pour la recherche diffère très peu de celui qui était avancé autrefois pour justifier le droit du propriétaire foncier à mener une existence oisive, et il est accompagné par l'affirmation parallèle de la valeur sociale de

l'individu privilégié, que l'on prétend supérieur au commun des mortels». Je pense que nous devrions faire tout notre possible pour éviter une telle critique, la confrontation qui en résulte ne peut que faire du mal tant à la société qu'à la science et particulièrement à la grande science.

LANDAU, UN GRAND SAVANT ET UN EMINENT PROFESSEUR

En 1962, la communauté scientifique mondiale a été frappée d'une profonde tristesse à l'annonce du grave accident de la circulation dont venait d'être victime L.D. Landau, un des physiciens et des professeurs les plus éminents de l'Union soviétique. Toutes les ressources de son pays et l'aide généreuse de beaucoup d'autres ont été mises à contribution pour le sauver, mais au début de l'année, la longue lutte qu'il menait pour recouvrer ses facultés s'est terminée dans la mort.

Au cours du Colloque sur la physique contemporaine, organisé en juin à Trieste, M. Eugène Lifschitz, professeur à l'Institut de physique théorique de l'Académie des sciences de l'Union soviétique, à Moscou, a rendu hommage devant un parterre d'hommes de science parmi lesquels certains des plus éminents du monde, au «grand homme qui fut pendant de nombreuses années un maître et un ami».

Le professeur Lifschitz a rappelé la réaction spontanée suscitée par la nouvelle de l'accident et évoqué comment s'étaient rassemblés à l'hôpital où L.D. Landau avait été transporté des centaines de personnes désireuses de faire tout ce qui était en leur pouvoir pour aider les médecins. Des jeunes diplômés aux membres de l'Académie des sciences, tous assurèrent des gardes de nuit et de jour et restèrent en contact avec des institutions lointaines pour obtenir les produits et le matériel qui pouvaient être nécessaires. Il fut toujours répondu rapidement et avec empressement aux demandes adressées à d'autres pays. La lutte dura six ans avant de s'achever dans la soixantième année de L.D. Landau.

Le secret de son extraordinaire popularité tenait au fait qu'il était non seulement un grand physicien mais également un homme aimable et loyal, une personnalité brillante et exceptionnelle à laquelle le pompeux et le solennel étaient étrangers. Son sens de l'humour peut être illustré par l'explication qu'il se plaisait à donner de son surnom de Dau ; il l'attribuait au fait que les gens connaissaient le français et l'appelaient « l'âne Dau ».