Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 53 (1920)
Heft: 199

Artikel: Relativité et gravitation
Autor: Guillaume, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-270539

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Relativité et Gravitation

PAR

M. Ed. GUILLAUME

Conférence faite le 19 mai 1920, devant la Société vaudoise des Sciences naturelles.

MESDAMES ET MESSIEURS,

Les Grecs, qui furent et restent nos maîtres dans l'art de penser, essayèrent d'expliquer le mouvement. Zénon d'Elée, avec une subtilité inégalable, tenta de démontrer que le mouvement est impossible. Aujourd'hui encore, nous sommes incapables de réfuter ses arguments, et nous en sommes réduits à prouver la possibilité de se mouvoir comme le fit Diogène le Cynique : en marchant.

Expliquer le mouvement, c'est une entreprise vaine ; pour savoir ce que c'est, il faut le « vivre ».

Je veux prouver que le mouvement existe : je marche. Que constatez-vous ? Qu'un corps humain change de place sur le sol ? Savez-vous après cela ce que c'est le mouvement ? Je prétends que non. Pourquoi ? Parce que vous ne l'aurez pas vécu. Certes, vous pourrez marquer mes pas sur le plancher ; déterminer ainsi le chemin que je parcours, ma trajectoire, comme dirait un mécanicien. Avec une montre vous saurez le temps que j'aurai mis à passer d'une certaine position à une autre position, et vous pourrez ainsi connaître ma vitesse... mais l'essence même du mouvement vous échappe, comme elle avait échappé jusqu'ici aux savants.

Quelle est donc cette essence si subtile ? C'est justement cette fameuse relativité dont on parle tant aujourd'hui. Comprendre la relativité, c'est comprendre le mou-

vement. Mouvement et relativité, c'est au fond la même chose.

Essayons donc, non pas d'expliquer, mais d'évoquer cette relativité. Ce ne sera pas difficile.

Vous connaissez certes tous l'exemple que l'on donne habituellement lorsqu'on veut faire saisir cette notion. Imaginons, dit-on, que nous soyons dans un vagon en gare. Voici le vagon situé sur la voie parallèle qui s'ébranle. Est-ce lui ou est-ce nous qui bougeons ? Nous ne pouvons le dire, et seul un coup d'œil sur quelque objet fixé au sol peut nous renseigner, à moins que des secousses viennent bientôt nous avertir de notre mouvement.

Prenons un autre exemple. Ne vous est-il jamais arrivé de regarder fixement, du haut d'un pont, la nappe liquide d'une large rivière au courant rapide ? Vous aurez ressenti, au bout d'un instant, une sensation curieuse : Il vous semblera que l'eau devient brusquement immobile tandis que vous même avec le pont partez en sens contraire. Mais un regard sur la rive vous rappelle à la réalité, et vous pouvez ainsi vous donner l'illusion alternativement du repos et du mouvement d'une façon saisissante. L'illusion est si forte qu'elle peut donner le vertige à des personnes sensibles.

Enfin, le cinématographe va nous permettre de goûter toutes les sensations de la relativité. On voit souvent des films, qui sont pris d'un vagon en mouvement. Supposons que l'appareil ait été placé sur le dernier vagon et qu'on ait cinématographié vers l'arrière. Puisque nous sommes avertis, en regardant le film nous nous croirons emportés, et nous aurons l'impression de nous éloigner rapidement des objets situés le long de la voie. Cependant, comme aucune secousse ne fait trembler notre siège, il nous arrivera quelquefois de perdre notre illusion ; nous prendrons conscience de notre immobilité et il nous semblera simplement que le paysage fuit sur l'écran.

Ces quelques exemples permettent de bien comprendre ce qu'est la relativité. Nous voyons qu'on la « vit » lorsque, fixant avec attention un objet qui se déplace, nous finissons par ne plus savoir si c'est l'objet ou si c'est nous qui sommes en mouvement.

Mais, m'objecterez-vous, cette relativité, ce n'est qu'une sorte de mirage, et vous même n'avez-vous pas dit que nous étions le jouet d'une illusion lorsque vous décriviez les sensations éprouvées ?

Eh bien non, et voilà justement le point fondamental. Lorsque, regardant la nappe d'eau qui s'engouffre sous l'arche, nous ne savons plus très bien si c'est l'eau qui s'écoule ou si c'est nous qui sommes emportés avec le pont, nos sens ne nous trompent point ; ils ont raison contre notre esprit, et si nous *ne* considérons *que* l'eau, le pont et nous, peu importe que ce soit la première qui soit en mouvement et nous au repos, ou vice-versa ; car ce qui a de la réalité, c'est le mouvement de l'eau par rapport à nous, et il est vain de vouloir se demander si l'eau s'écoule « vraiment ». Seul le mouvement *relatif* a une existence.

Ainsi, nos sens nous renseignent exactement, et c'est notre esprit qui a tort. Comment s'y prend-il pour nous égarer ? C'est simple : il fait intervenir des éléments étrangers qui n'ont rien à faire avec la question. Nous pensons involontairement au sol, au plancher des vaches, sur lequel repose notre maison, et nous serions très désagréablement surpris si le pont qui nous porte se mettait en branle. Aussi, anxieux, nous jetons un regard sur la rive et sommes satisfaits de constater que le pont est toujours en place. Mais vous voyez que ce n'est plus le mouvement de l'eau par rapport au pont qui intervient ici, mais le déplacement du pont par rapport à la rive. C'est aussi un mouvement relatif, mais qui n'a absolument rien à faire avec le mouvement qui nous intéressait primitivement : celui de l'eau par rapport au pont.

Vous voyez donc que la relativité est bien l'essence même du mouvement, et nous comprenons que Zénon d'Elée pouvait ne pas se déclarer parfaitement satisfait de la démonstration de Diogène. En marchant, Diogène montrait la possibilité du déplacement, mais sa démonstration faisait intervenir trop d'éléments étrangers pour être vraiment saisissante et faire comprendre ce qu'il y a justement d'indéfinissable dans le mouvement : la relativité. Un Zénon aurait essayé en vain d'analyser ce qu'il voyait. Que voyait-il ? Involontairement il aurait pris le sol pour repère fixe et aurait constaté d'abord un mouvement d'ensemble du corps par rapport au sol ; puis il aurait constaté les mouvements des membres, qu'involontairement il eût rapportés au corps ; il aurait donc changé de repère, de système de référence, comme disent les mathématiciens, et cela sans s'en douter. Toute analyse devenait impossible.

Bien différent est l'exemple du fleuve qui s'écoule. Il y a ici deux systèmes de référence parfaitement définis : D'une part la nappe liquide supposée en mouvement tout d'un bloc ; d'autre part le pont avec l'observateur immobile. Ces deux systèmes ont l'un par rapport à l'autre un mouvement relatif unique et bien déterminé.

Cet exemple nous est précieux, car il nous montre immédiatement la condition à remplir avant toute autre si l'on veut comprendre comment la relativité s'introduit dans la Nature. Il nous faudra subdiviser l'Univers en portions suffisamment petites pour que nous puissions les considérer comme des touts rigides, et étudier les mouvements d'une de ces portions par rapport à une autre. C'est donc à un morcellement du monde que nous conduit l'application systématique de la relativité.

Ceux qui fondèrent la science du mouvement n'avaient pas la conscience nette de cette relativité, et de toutes les conséquences qu'elle comporte. Les grands créateurs de la

Mécanique : Copernic, Galilée, Képler, Newton découvrirent les premières lois du mouvement en étudiant les « astres errants », comme les appelaient les Grecs, c'est-à-dire les planètes. Et de même que nous, tout à l'heure, sur notre pont, nous jetions un regard anxieux vers la rive pour constater que le pont est toujours en place, de même Newton voulut trouver une rive fixe pour repérer les mouvements des planètes. Il s'était bien rendu compte avec Copernic que notre pauvre petit globe n'était qu'un grain de sable dans l'immensité, et qu'on ne pouvait en faire le repère fixe, le système de référence, auquel on rapporterait tous les mouvements des astres. Aussi bien, il chercha quelque chose de plus majestueux, et crut trouver un repère stable dans les étoiles. Ainsi, la Voie lactée devenait les rives fixes du monde, et les planètes devaient se mouvoir dans cette sorte d'arène, comme les petits chevaux sur la table de jeu. Et cependant, on savait déjà que cette fixité n'était pas parfaite ; on savait que les étoiles se meuvent aussi, et que les constellations changent d'aspect de siècle en siècle. Dans l'Univers, il n'y a point de rivage.

Mais peu importe, se disait-on. Ces déplacements sont si lents qu'on peut les négliger, et que tous se passe comme si les étoiles étaient fixes parfaitement.

Acceptons donc pour l'instant la Voie lactée comme rivage de l'Univers ; nous avons ainsi notre repère stable. Mais cela ne suffit pas encore pour étudier les mouvements ; il nous faut connaître les vitesses des astres, et à cet effet une horloge nous est indispensable.

De toute éternité, la succession des jours et des nuits fut l'horloge humaine. C'est à la rotation de notre globe que nous demandons l'heure qu'il est, et cette habitude est si ancrée dans la vie humaine, qu'il ne nous viendrait pas à l'idée de choisir une autre horloge. Nous pouvons même avancer que tant qu'il y aura des hommes, c'est

notre mouvement diurne qui réglera notre vie. Mais, remarquerez-vous, ce mouvement doit aussi être un mouvement relatif ? Eh bien oui, il est repéré sur notre rive géante, la Voie lactée, et nous apercevons déjà ici un point essentiel que nous retrouverons plus tard : l'union intime du repère spatial fixe avec l'horloge choisie comme horloge fondamentale, en un mot l'union de l'espace et du temps *physiques*.

Ainsi en possession d'une rive fixe et d'une horloge, Newton put fonder la Mécanique, cette Science admirable, qui marque le début de toutes les autres, et à laquelle nous devons nos chemins de fer, nos automobiles, nos aéroplanes... Cette Science est si belle, si solidement assise, qu'on peut la comparer à la Géométrie, et pendant longtemps les savants caressèrent l'espoir de la mettre à la tête de toutes les sciences. L'Univers entier n'eût été qu'un vaste mécanisme.

Si nous n'avions pas connu d'autres mouvements que ceux des astres et de nos machines, nul doute que la Mécanique régnerait aujourd'hui en maîtresse sur la Science. Mais il existe toute une catégorie de phénomènes très importants, beaucoup plus importants même pour la science du mouvement : je veux dire les *phénomènes lumineux*, car, vous le savez, la lumière sillonne l'espace avec une vitesse qui donne le vertige, puisque en une seconde elle pourrait faire plus de sept fois le tour de la Terre.

Qu'est-ce que la lumière ? Est-elle composée, comme le voulait Newton, de particules infiniment ténues, qui seraient projetées dans toutes les directions par la source ; ou bien est-elle constituée par des vibrations, comme le son, ainsi que l'ont prétendu Huyghens et Fresnel ? Les recherches magistrales de ce dernier savant ont fait définitivement pencher la balance en faveur de la théorie des ondulations. Mais point de vibrations sans corps vibrant. Quel est ce corps ? Les physiciens furent contraints de

l'inventer, et ils lui donnèrent le nom d'*éther*. Ainsi, l'éther devenait le support des ondes lumineuses, comme l'eau est le support des vagues, l'air le support des vibrations sonores ; et de fait, l'analogie entre ces vibrations est frappante, mais ce n'est qu'une analogie et non une identité.

Peu importe, du reste. Il nous suffit que les phénomènes lumineux nous aient conduits à introduire un milieu, une substance nouvelle, dans lequel tout l'Univers serait plongé, et vous apercevez déjà l'importance incalculable de cette hypothèse : elle va nous fournir enfin ce repère fixe, ce rivage immuable que les physiciens désirent tant, et que les mécaniciens, faute de mieux, avaient placé dans les étoiles. Celles-ci deviennent inutiles ; nous avons un océan immobile, dans lequel tous les corps baignent comme des sous-marins dans la mer. C'est sur cet océan que désormais nous devons nous appuyer.

Aussi bien, le premier soin des physiciens sera-t-il d'essayer de déterminer le mouvement des corps par rapport à l'océan d'éther comme nous déterminons les vitesses des navires par rapport à la mer.

Nombreuses sont les expériences tentées à cet effet. Nous n'en décrirons qu'une, la célèbre expérience des physiciens américains Michelson et Morley.

Le principe en est très simple. Nous savons que notre Terre n'est pas immobile ; outre sa rotation diurne, elle effectue en une année une révolution autour du Soleil, et la vitesse qu'elle possède de ce fait est assez considérable puisqu'elle parcourt 30 km. à la seconde, soit 1800 km. à la minute, plus de 100,000 km. à l'heure. Cette vitesse est 10,000 fois moindre que celle de la lumière, qui parcourt 300,000 km. à la seconde ; elle est donc relativement faible, mais non négligeable.

Imaginons, pour un instant, que nous sommes en bateau, et jetons une pierre aussi loin que possible, afin d'at-

teindre l'eau calme ; nous créerons un rond, un bourrelet, dont le centre sera fixe par rapport au lac, et dont le rayon croît rapidement. Mais, puisque nous sommes emportés par le bateau, l'endroit où est tombée la pierre s'éloignera de nous. Semblablement, notre globe peut être considéré comme un faible esquif qui nous emporte dans la mer éthérée. Produisons un signal lumineux bref ; dans l'éther une onde sphérique prendra naissance ; son centre, immobile dans ce fluide, s'éloignera de nous à la vitesse de 30 km. à la seconde. Dans ces conditions, si nous faisons des expériences d'optique à la surface de la Terre, ne devrons-nous pas nous attendre à constater des différences selon l'orientation que nous donnerons aux rayons lumineux ?

Voici le dispositif très simple que Michelson et Morley utilisèrent en vue de mettre notre mouvement dans l'éther en évidence. Figurons-nous une grande équerre ; j'appelle A le sommet de l'angle droit, B et C les deux autres sommets, et je suppose les côtés AB et AC égaux. Plaçons en B et en C deux petits miroirs perpendiculaires aux côtés respectifs. Lançons le long de AB et le long de AC deux rayons lumineux ; ils vont frapper les miroirs et reviendront en arrière en suivant le chemin inverse. Si le tout est au repos dans l'éther, des rayons lumineux mettront le même temps à parcourir les côtés AB et AC. Qu'arrive-t-il, par contre, si l'équerre est emportée avec la Terre ? Orientons par exemple le côté AB dans le sens du mouvement de notre globe ; le rayon qui part de A dans l'éther pour aller vers B mettra plus de temps pour atteindre ce point que si l'éther était au repos, puisque B fuit le rayon ; à son retour, par contre, le rayon atteindra A plus tôt, puisque ce point vient à lui. Quant au rayon AC, il mettra autant de temps pour aller de A en C que pour revenir de C en A. Faisons maintenant pirouetter l'équerre autour de son sommet A. Les rayons AB et AC

vont invertir leur rôle ; c'est le rayon AB qui mettra autant de temps pour aller de A en B que pour revenir de B en A, tandis que le mouvement de la Terre produira son effet disymétrique sur le rayon AC. Dans ces conditions, si l'on utilise les rayons pour produire un phénomène optique en A, constatera-t-on une différence selon que l'équerre est dans la première ou dans la seconde positions ? Le calcul montre qu'étant donné la faible valeur de notre translation comparée à la vitesse de la lumière, tout se passera, en première approximation, comme si nous étions au repos dans l'éther. En seconde approximation, par contre, avec des appareils suffisamment sensibles, la disymétrie fera sentir ses effets. Les physiciens américains se servirent des interférences ; ils firent interférer les rayons AB et AC. Dans ce but ces rayons étaient lancés l'un contre l'autre, à leur retour en A, de façon que leurs ondes se mêlent intimement ; il se produit alors des alternatives de lumière et d'obscurité qu'on nomme franges d'interférences, et, d'après les calculs, on s'attendait à voir ces franges se déplacer lorsqu'on tourne l'équerre.

Eh bien, il n'en fut rien. Les franges restèrent immobiles, et tout se passa comme si la Terre était fixe dans l'espace-éther.

Ainsi, il était démontré que nous ne pouvions mettre en évidence notre mouvement par rapport à l'éther. Notre repère fixe nous échappait ; celui qui devait symboliser le repos se dérobait. Où trouver ce repos absolu, objet de tous nos désirs ?

La question devenait angoissante. Le célèbre physicien hollandais, H.-A. Lorentz, proposa une explication curieuse. Il fit remarquer qu'il suffisait d'admettre que l'éther exerce, sur les corps en mouvement, une pression qui les contracte dans la direction de leur vitesse pour que la disymétrie entre les côtés AB et AC disparaisse, c'est-

à-dire pour que les rayons lumineux les parcourent en des temps égaux. C'est la fameuse hypothèse de la *contraction*. Ce qu'elle a de curieux, c'est qu'elle est impossible à vérifier directement, puisque tous les corps, quels qu'ils soient, se contractent instantanément dans la même proportion lorsqu'on les oriente dans le sens du mouvement. Si je veux utiliser un mètre pour mesurer une longueur, mon mètre se raccourcira en même temps que la longueur à mesurer, et je ne pourrai m'apercevoir de rien.

Et quel peut être l'ordre de grandeur de cette contraction ? Question insoluble, à laquelle nous ne pouvons répondre. Comment le saurions-nous ? Il faudrait connaître la vitesse de la Terre par rapport à l'éther ; or, justement, c'est cette vitesse qui nous échappe ! Nous savons bien que la Terre parcourt environ 30 km. à la seconde dans sa course autour du Soleil. Mais le Soleil lui-même nous entraîne avec le cortège des planètes vers un point du Ciel voisin de Véga ; de ce fait nous avons encore une vitesse d'une vingtaine de km. à la seconde par rapport aux étoiles. Et qui nous dit que toute notre Voie lactée ne se déplace pas dans l'éther avec quelque vitesse prodigieuse ? Ainsi, la vraie valeur de la contraction nous échappe. En admettant, — hypothèse bien grossière, — que tout se passe comme si le Soleil était immobile dans l'éther, la contraction provenant de notre translation de 30 km. à la seconde, serait de 1/200e de micron pour une règle rigide qui aurait un mètre lorsqu'elle est placée perpendiculairement au mouvement. Le rayon terrestre ne serait que de 6,5 cm. plus court dans le sens du mouvement.

Tout cela paraît fort étrange, et l'on conçoit que les physiciens en aient éprouvé de l'embarras. Mais, ce qu'il y a de très remarquable, c'est que cette hypothèse de la contraction fit découvrir à Lorentz une formule appelée « transformation de Lorentz », et qui permet de calculer tous les phénomènes de l'Optique des corps en mouvement.

En fait, la théorie de la relativité était créée. Les matériaux qui la composent avaient été réunis par les efforts de l'illustre physicien hollandais, qui lui-même s'était appuyé sur les découvertes de Faraday, Maxwell, et Hertz, le père de la télégraphie sans fil. Vous le voyez, en Science, point de révolution, mais une longue et lente évolution, la course du flambeau !

C'est à ce moment là que se produisit l'intervention d'Einstein. Si Einstein avait alors tenu un discours aux physiciens il leur aurait dit à peu près ceci : « Chercher le repère absolument fixe, c'est chercher la quadrature du cercle ou le mouvement perpétuel. Cela n'existe pas. L'éther n'existe pas. Seuls ont une réalité les mouvements de la matière par rapport à la matière, autrement dit, la relativité règne en maîtresse. »

Rappelons-nous alors ce que nous avons dit au début, et souvenons-nous de l'exemple du fleuve et du pont portant l'observateur. Nous avons vu qu'on ne peut appliquer la relativité qu'aux deux systèmes dont l'un est formé par la nappe liquide en mouvement, l'autre par le pont et l'observateur immobile. Si nous ne considérons que ces deux systèmes, si nous faisons abstraction de tout le reste de l'Univers, nous constatons que la relativité s'applique intégralement.

Ainsi, nous devons diviser la Nature en portions et ne considérer que les mouvements de ces portions prises deux à deux, chacune d'elles étant choisie de façon à former un ensemble rigide.

Mais ce n'est pas tout. N'ayant plus notre Voie lactée comme repère immuable, par rapport auquel nous pourrions déterminer exactement notre rotation diurne, et par là même les heures, comment connaîtrons-nous le temps ? Vous savez, en effet, que l'unité astronomique, le jour sidéral, est la durée comprise entre deux passages consécutifs d'une même étoile au méridien. Pour que deux

jours sidéraux soient parfaitement comparables, il faudrait que l'axe de la rotation terrestre soit immobile dans l'espace, et qu'il en soit de même de l'étoile prise comme point de repère. Or, s'il n'en est pas ainsi, si tout bouge, quel phénomène prendrons-nous comme horloge? Où irons-nous chercher le temps ?

Aussi bien, Einstein fait table rase. De même qu'il n'existe dans l'Univers aucun rivage fixe, aucun corps absolument immobile, de même il n'existe aucun temps absolu, aucune horloge capable de marquer ce temps, qui est une fiction, reste de la scolastique moyenageuse. Comme horloge, on peut prendre n'importe quel phénomène périodique : les vibrations d'une source lumineuse par exemple, ou celles d'un diapason, etc. Tout ce qu'il importera, c'est de régler entre elles des horloges éloignées l'une de l'autre. Comment ferons-nous ?

A cet effet, Einstein remarque que le résultat négatif de l'expérience de Michelson et Morley provient du fait que tout se passe comme si la vitesse de la lumière était la même le long de AB et le long de AC. Posons donc, — hypothèse hardie, — que la vitesse de la lumière est toujours constante, partout et en toute circonstance, et ne dépend jamais du mouvement de l'observateur. C'est le principe fondamental de la *constance de la vitesse de la lumière*. Remarquons que ce principe ne s'applique pas seulement à la lumière proprement dite ; il s'applique à toute l'énergie rayonnante quelle qu'elle soit, en particulier aux ondes Hertziennes utilisées en télégraphie sans fil.

En possession de ce principe, rien ne sera plus simple que de régler des horloges éloignées les unes des autres. Il suffit de procéder comme on le fait chaque jour. Vous savez que vers 11 heures, la tour Eiffel envoie à des milliers de km. à la ronde des signaux horaires qui permettent de régler nos horloges à 1 : 100e de seconde près. Vu

la faible distance qui nous sépare de la Tour Eiffel et la vitesse prodigieuse des ondes Hertziennes, il n'y a pas lieu de faire une correction pour tenir compte du retard dû à la propagation. Mais, théoriquement tout au moins, rien ne nous empêche de le faire, puisque par hypothèse, la vitesse de la lumière nous est connue, et ne dépend nullement de notre mouvement dans l'espace.

Supposons donc que les horloges soient réglées de la sorte. Qu'en résultera-t-il ? Einstein montre, — chose curieuse, — que deux corps en mouvement doivent paraître raccourcis l'un à l'autre dans la direction de leur vitesse relative, et cette contraction est justement de la grandeur indiquée par Lorentz. Ainsi donc, la contraction se réduit à une sorte d'apparence ; elle est purement relative, et non pas due, comme pour Lorentz, à quelque pression de l'éther. Elle semble provenir du fait qu'on règle des horloges par des signaux lumineux.

Vous voyez alors l'aspect que nous offre l'Univers Einsténien : il se compose d'une multitude de parties, chacune d'elles formant un tout rigide, qu'on supposera habité par des observateurs munis de montres réglées entre elles par des échanges de signaux lumineux. Imaginez toutes ces parties en mouvement les unes par rapport aux autres. Figurez-vous que les observateurs se voient mutuellement aplatis par le mouvement, et vous aurez l'image du monde selon Einstein.

Le monde se composerait ainsi de sortes d'unités, de monades à la Spinoza-Leibniz, qui n'auraient aucune vue d'ensemble sur l'Univers considéré comme un tout. Bien plus, pour Einstein, cela n'a pas de sens de parler de l'Univers entier. Il ne connaît que les actions au contact immédiat, et la théorie qu'il nous propose est le triomphe de la méthode dite des « *coïncidences spatiales* ». Affirmer qu'un train part de Lausanne à midi, c'est affirmer que le départ du train et la position des aiguilles de l'horloge sur la di-

vision douze du cadran sont des événements simultanés. Dire que ce train arrive à 2 heures à Genève, c'est dire que l'entrée du train en gare de Genève et la position de la petite aiguille de l'horloge de cette même gare sur la division II sont des événements simultanés. Vous remarquerez que je spécifie : 2 h. à Genève et non à Lausanne. Quand il est 2 h. à Genève, quelle heure est-il à Lausanne ? Posée de la sorte, cette question n'a pas de sens pour Einstein. Il faut se contenter de dire ceci : Si, au coup de 2 h., j'envoie de Genève un sans-fil à Lausanne, l'horloge de la gare devra marquer 2 h. et 1/5000e de seconde au moment de la réception. C'est tout. Vouloir aller au delà, parler d'événements simultanés lorsque les événements ne se passent pas au même endroit, c'est ne pas savoir ce qu'on dit.

Quoi qu'il en soit, et quoi qu'on puisse penser de cette nouvelle métaphysique, la théorie se montra d'une fécondité vraiment merveilleuse. Tous les phénomènes optiques et électriques qu'on avait eu tant de peine à calculer jusqu'alors, s'en déduisaient comme par enchantement. Le temps me manque, malheureusement, pour vous les décrire. Je ne vous parlerai que d'une des conséquences de la théorie, la plus inattendue, celle qui *unit la masse des corps à l'énergie.*

Vous savez que Lavoisier a posé le principe : « Rien ne se perd, rien ne se crée », c'est-à-dire le principe de la conservation de la matière. D'autre part, depuis le début du XIXe siècle, nous admettons le principe de la conservation du travail ou de l'énergie. Eh bien, la théorie de la relativité conduit à fondre ces deux grands principes fondamentaux en un seul. Masse et énergie deviennent équivalentes et peuvent se transformer l'une dans l'autre. La masse des corps n'est plus constante comme le pensait Lavoisier ; elle varie avec la vitesse et deviendrait infinie si le corps pouvait atteindre la vitesse de la lumière. Corrélativement, l'énergie possède de la masse, et un rayon

lumineux, par exemple, a une certaine masse, une certaine inertie, comme s'il était composé de particules matérielles. Ainsi, nous assistons à un premier retour aux idées de Newton, qui pensait que la lumière était formée de projectiles infiniment ténus, projetés par la source.

On ne saurait exagérer l'importance de la découverte d'une relation entre la masse et l'énergie rayonnante. La matérialisation de l'énergie est certainement un des plus gros résultats de la Science moderne. Il jette en effet un pont entre la lumière, les ondes Hertziennes, — donc l'Optique et l'Electricité, — et les phénomènes ou la masse des corps intervient, c'est-à-dire la gravitation, qui n'avait fait aucun progrès depuis Newton.

Aussi bien, les physiciens vont se mettre à l'œuvre et essayer d'attaquer cette gravitation si mystérieuse.

Einstein, nous l'avons vu, avait posé à la base de toute la physique, le principe de la constance de la vitesse de la lumière. Ayant supprimé l'absolu du temps et de l'espace, il avait au moins conservé celui de la vitesse lumineuse, et il était naturel que les physiciens s'y appuyassent pour aller de l'avant dans les conquêtes physiques.

C'est ce que firent les physiciens allemands Mie et Nordström. Ils élaborèrent d'intéressantes théories en prenant pour base le principe de la constance absolue de la vitesse de la lumière.

Einstein, de son côté, ne demeurait pas inactif, et s'était attaqué à la gravitation. Mais, tandis que les disciples restaient fidèles au principe posé par le maître, le maître lui-même brûlait ce qu'il avait adoré et jetait par-dessus bord la constance de la lumière.

Ce fut, on peut le dire, un scandale dans le monde savant. Comment pouvait-on abandonner un principe aussi fécond, qui avait fait ses preuves et qui était appuyé solidement par l'expérience ? Et puis, que resterait-il donc d'absolu ? Vraiment, cet Einstein est bien déconcertant,

disait-on. Sitôt que quelque chose le gêne aux entournures il en fait bon marché et jette par-dessus bord les notions les plus sacrées de temps, d'espace, de vitesse...

Et cependant, Einstein avait raison d'abandonner la constance de la vitesse de la lumière, et ces raisons sont si simples que vous allez les comprendre immédiatement.

Nous avons vu qu'un rayon lumineux est doué de masse, et ressemble ainsi à un courant matériel. Or, lorsqu'on parle de la *masse*, il est naturel de penser au *poids*, et ces deux notions sont si intimement liées toujours et partout que nous avons même de la peine à les bien distinguer. Je suis certain que peu de personnes ici savent faire nettement la différence. Cependant elle est grande ; un homme peut pousser un vagon sur un rail ; il aura quelque peine, mais il y arrivera ; par contre, aucun homme, serait-il un hercule, ne pourrait soulever le vagon, fût-ce d'un cheveu. Dans le premier cas, c'est la masse qui intervient, dans le second, c'est le poids.

Donc, pour en revenir au rayon lumineux, si celui-ci possède de la masse, ne doit-il pas avoir du poids ? Mais, s'il est pesant, il tombera, tout comme un boulet, même lancé avec une très grande vitesse ; or, si le rayon tombe, sa vitesse ne peut pas demeurer constante. Et vous le voyez, le principe de la constance de la vitesse de la lumière se trouve violé.

L'union inséparable du poids et de la masse parut être une vérité si profonde à Einstein qu'il n'hésita pas à tout lui sacrifier.

Tout ? Non. Il y a quelque chose qu'Einstein pose d'une façon absolue, si j'ose dire : c'est la relativité. Celle-là, il n'a pas voulu l'abandonner ; au contraire, il chercha à l'étendre jusqu'à son extrême limite, et se demanda comment il fallait la transformer pour l'adapter aux phénomènes de gravitation.

Cela semblera bien difficile.

Reprenons les exemples que nous avons donnés au début pour illustrer la relativité des mouvements.

Tout d'abord, nous étions dans un vagon, et en regardant le vagon voisin nous ne pouvions savoir si c'était lui ou nous qui bougions, à moins, ai-je ajouté, que des secousses viennent nous avertir de notre mouvement. Ainsi, les secousses ont un sens absolu ; nous n'avons pas besoin de regarder au dehors pour voir si notre vagon est ou non immobile ; les trépidations suffisent.

Prenons le second exemple. Nous assistons, au cinématographe, à un film qui nous déroule un paysage vu d'un train. L'illusion n'est pas toujours parfaite, avons-nous remarqué, car notre siège est trop immobile.

Eh bien, qui nous empêche de rendre l'illusion parfaite en communiquant à notre siège d'habiles trépidations ? Vous avez tous vu de ces films pris à bord d'un bateau de pêcheurs sur la mer houleuse. On aperçoit le rivage et la ligne d'horizon qui se balancent d'une façon déconcertante, et, ici, il faut beaucoup de bonne volonté pour se croire dans le bateau d'où le film est tourné. Pourquoi ? Parce qu'il manque cette sensation désagréable que l'on éprouve lorsqu'on monte et descend alternativement, lorsqu'on subit ces balancements qui donnent le mal de mer.

Comment ces balancements agissent-ils sur l'organisme ? Ce n'est évidemment pas par la vitesse, puisque nous n'éprouvons rien dans un vagon en translation rapide. C'est la *variation* de vitesse qui agit, ce qu'on nomme l'*accélération*. Nous connaissons tous la sensation désagréable que l'on éprouve lorsqu'un ascenseur se met à descendre brusquement. Mais, sitôt que la vitesse de la cabine devient uniforme, nous n'éprouvons plus rien.

Ainsi donc, pour donner à des spectateurs l'illusion véritable du tangage ou du roulis, il faudrait leur communiquer des mouvements de va-et-vient de haut en bas, il

faudrait les balancer. Nul doute que les cinématographes n'offrent un jour ce genre de sensation à leurs spectateurs.

Or, une question se pose, d'une importance fondamentale, non pas tant pour les entreprises de cinéma que pour les physiciens : Est-il nécessaire de balancer les spectateurs, c'est-à-dire de les mettre en mouvement pour leur communiquer ces sensations ? Ne pourrait-on leur communiquer le mal de mer en les laissant parfaitement immobiles sur leurs sièges ?

Einstein n'hésite pas à répondre oui : il suffit de faire agir une certaine force sur leurs entrailles, et cette force n'est pas autre chose que la *gravitation universelle.*

Nous pourrons donc laisser les spectateurs immobiles ; en compensation nous devrons amener sous la salle un corps immense, auquel nous communiquerons un mouvement de va-et-vient. Si ce corps a la densité de la Terre, il devra en avoir la grandeur. Vous voyez que le moyen n'est guère à la portée des entreprises de cinéma.

En un mot, Einstein pose le principe de l'*équivalence de l'accélération et de la gravitation ;* il l'admet comme une des lois les plus générales de la nature, et pense en conséquence qu'elle doit former la base d'une théorie de la gravitation.

Il y a longtemps du reste que cette équivalence a été constatée par les physiciens.

Suspendons par exemple une balance à ressort, un peson, dans une cabine d'ascenseur, et accrochons-lui un poids de 10 kg. Si l'on met l'ascenseur en marche vers le haut avec une vitesse uniformément croissante, de façon que la cabine aille toujours plus vite, on pourra constater que le peson marque un poids plus grand, onze kg., par exemple, et cela tant que dure le mouvement accéléré. Ainsi, notre poids de 10 kg. prendrait un poids apparent de 11 kg. A la descente ce serait l'inverse qui se produirait, et si vous imaginez que le peson avec son poids tombe en chute libre, le peson marquera zéro ; pour lui le poids

n'aura plus de poids. Ils tomberont tous deux également vite, et le ressort ne pourra plus être tendu.

Ayant donc posé le principe de l'équivalence de la gravitation et de l'accélération, Einstein peut retrouver sa chère relativité. Vous voyez comment. Vous êtes dans une cabine d'ascenseur et vous lisez l'indication d'un peson auquel est suspendu un poids. Ce poids est de 11 kg., direz-vous en constatant que l'index est sur la division 11. — Erreur, vous répondrai-je, ce poids n'est que de 10 kg., par contre la cabine est animée vers le haut d'un mouvement accéléré. Mais tout se passe comme si la Terre exerçait une attraction plus forte sur le poids. Il y a *équivalence* entre l'effet de la pesanteur et celui d'une accélération appropriée.

Le truc, si j'ose me servir de cette expression familière, consiste donc à s'arranger pour qu'on ne sache jamais si l'on est en mouvement ou au repos. Quelles que soient les expériences que l'on fasse dans une chambre close, on ne pourra jamais dire si cette chambre est immobile ou en mouvement dans l'espace. Bien plus, poser même la question de ce mouvement est une absurdité.

C'est en cela justement que réside la relativité.

Bien entendu, cette relativité ne pourra être applicable qu'à des portions d'Univers très limitées.

Considérez, par exemple, le champ de gravitation terrestre. Ses directions sont définies par toutes les verticales qu'on peut mener en chaque point de notre globe. Ce sont des droites qui vont converger vers le centre de la Terre. Or il est bien évident qu'il est impossible de trouver un état de mouvement accéléré qui reproduise d'une façon durable un tel champ convergent.

Nous sommes donc encore conduits à morceler l'Univers, et, pendant qu'on y est, ne nous arrêtons pas. Avec Einstein, nous arriverons à résoudre le monde en un ensemble de points, qu'on numérotera afin de les reconnaître.

Ainsi, vous voyez, cette Nature que nous admirons si

souvent, se trouve résolue en un amas de points numérotés. Ce ne sont pas des points matériels ; il faudrait les appeler « énergético-matériels ». Seule la rencontre de deux d'entre eux a un sens physique. C'est le triomphe du « principe des coïncidences ». Le temps, l'espace, les notions de distance, de durée, de simultanéité, de corps rigides, tout ce qui paraissait si solidement acquis, serait définitivement mis au rancard, comme des derniers vestiges de la scolastique moyenageuse.

Tels sont les principes généraux qui ont guidé Einstein dans sa recherche d'une théorie de la gravitation. Il me reste à vous parler des résultats effectivement acquis.

Les principes, si beaux soient-ils, ne suffisent pas au physicien : il lui faut avant tout des formules conduisant à des résultats numériques vérifiables par l'expérience.

C'est ici l'endroit de rendre un éclatant hommage aux mathématiciens. La partie mathématique de la théorie existait depuis longtemps. Elle est l'œuvre d'une pléïade illustre représentée par Gauss, Riemann, Christoffel, Levi-Civita. Sans le patient et disintéressé labeur de ces savants, Einstein eût été dans l'impossibilité complète d'élaborer sa théorie, et moins que jamais, l'on n'aura le droit de demander ironiquement à quoi servent ces constructions mystérieuses que les mathématiciens échafaudent en silence. Il arrive toujours un moment où ces constructions reçoivent une application, et l'on sait que si les Grecs n'avaient pas étudié les sections coniques, Képler n'eût pu énoncer les lois qui régissent les mouvements des astres.

Maintenant une question se pose : Les formules de la théorie expriment-elles vraiment les principes généraux que nous avons esquissés ?

Vous me permettrez de répondre à cette question par un énorme point d'interrogation. Quant à moi, je n'en suis nullement convaincu, et la théorie est encore trop jeune pour qu'on en sache grand'chose.

Par contre les résultats mathématiques sont extrêmement remarquables.

Voici en deux mots, comment les physiciens ont été amenés à demander secours aux mathématiciens.

Il y a fort longtemps que les mathématiciens ont introduit une certaine notion, à laquelle ils ont donné le nom de *covariance*, ce qui signifie « qui varie avec ». Or, lorsque les physiciens essayèrent de mettre en formules les propriétés du mouvement relatif, il s'aperçurent qu'ils tombaient justement sur les formules de covariance, inventées de longue date par les mathématiciens. Dès lors, il n'y avait plus qu'à choisir dans le musée des formules de covariance celles qui s'adaptaient aux mouvements naturels.

En résumé, mouvement, relativité, covariance, ne sont que des expressions humaines différentes d'une même manifestation naturelle. Et vous saisissez maintenant ce que j'ai dit au début : Les savants n'ont su ce qu'était le mouvement que le jour où ils en ont pleinement compris la relativité et qu'ils ont exprimé mathématiquement cette dernière par la notion subtile de covariance. En marchant, Diogène prouvait bien que le mouvement, ou mieux le déplacement, est possible mais il n'en montrait pas cet aspect essentiel et indéfinissable en mots : la relativité.

Les formules de covariance donnèrent à Einstein deux résultats fondamentaux.

Le premier concerne le mouvement du périhélie de Mercure. Cette planète, la plus voisine du Soleil, tourne autour du foyer central en décrivant une ellipse. Or, Leverrier déjà signala un fait curieux : cette ellipse n'est pas fixe autour du Soleil ; elle tourne elle-même d'une petite quantité : 43″ d'arc par siècle, comme Leverrier l'indiqua. Malgré tous les efforts des astronome et des mathématiciens, la loi de l'attraction universelle de Newton ne put jamais expliquer cette anomalie.

N'est-il pas merveilleux que les équations de covariance

d'Einstein conduisent immédiatement à ce mouvement de la trajectoire de Mercure, et que sa grandeur calculée soit de 43″ par siècle, exactement le nombre observé par Leverrier il y a cent ans ?

La seconde conséquence concerne la lumière. Si un rayon lumineux a du poids, en passant près d'une grosse masse attirante il doit y tomber quelque peu et être dévié de sa route, tout comme un bolide. Certes cette déviation doit être extrêmement faible, ainsi qu'un calcul grossier permet de le voir. Un rayon lumineux qui vient d'une étoile et rase la surface de la Terre tomberait de 4 m 90 pendant la première seconde, s'il était formé de particules analogues à la matière. Sur le Soleil, il tomberait de 135 m. Mais, pendant une seconde, les particules auraient parcouru 300 000 000 de mètres, de sorte qu'elles n'auraient pas eu le temps de « tomber » les 135 m., si j'ose dire, et que leur chute serait bien minime. Heureusement, la nouvelle loi de gravitation d'Einstein prévoit une chute plus forte, à peu près double de la précédente. D'autre part les astronomes, habitués à la haute précision, peuvent mesurer des quantités très faibles.

Les observations furent entreprises par deux missions anglaises lors de l'éclipse du Soleil du 29 mai 1919, il y a donc presque un an exactement. Pendant l'éclipse, la lumière est assez atténuée pour qu'on puisse apercevoir les étoiles qui sont dans le voisinage du Soleil. Les rayons qu'elles nous envoient passent très près de sa surface et s'y trouvent attirés; ils convergent donc légèrement vers le centre et, parvenant à notre œil, ils nous feront voir l'étoile plus éloignée du bord du Soleil qu'il ne le faudrait. En un mot, toutes les étoiles du voisinage immédiat sembleront repoussées par le Soleil.

Eh bien, les photogrammes pris le 29 mai dernier ont montré que les rayons sont effectivement déviés, et cela de la quantité prévue par les calculs d'Einstein. Il était

donc prouvé que la lumière est pesante, et cela conformément à la nouvelle loi de gravitation.

Je n'ai pas besoin d'insister sur l'importance énorme de ces résultats pour toute la Science. Un grand pas en avant a été fait, et, depuis Newton, c'est-à-dire depuis deux siècles, c'est la première fois qu'on enregistre un fait nouveau dans la question de l'attraction universelle.

Mais, rendons à César ce qui appartient à César. Newton, avons-nous dit, avait adopté pour la lumière la théorie de l'émission. Il était dès lors naturel de se demander si les particules lumineuses obéissaient à la gravitation universelle ; aussi bien, dans son *Optique*, l'illustre Anglais posa la question de la pesanteur de la lumière. Pourquoi, dans ces conditions, les astronomes n'ont-ils jamais tenté l'expérience de l'éclipse ? Walther Ritz nous l'apprend. C'est au sans-gêne génial avec lequel Fresnel, partisan de la théorie ondulatoire, traita les idées de Newton, que l'on dut d'attendre deux siècles pour découvrir la pesanteur lumineuse. Vous voyez que, parfois, trop de génie peut nuire.

Vous comprenez l'émoi que ces découvertes ont jeté dans le monde savant. Mais, comme on l'a fait remarquer à la Société royale britannique, l'importance de ces découvertes réside moins dans les faits eux-mêmes que dans les méthodes absolument nouvelles dont on les déduit, c'est-à-dire, en définitive, de la méthode de covariance.

Aussi importe-t-il maintenant de chercher à approfondir ces méthodes et d'en bien pénétrer le mécanisme.

Cela m'amène à vous parler d'une conséquence bizarre de la théorie, la conséquence la plus contestable, et qui a fait verser beaucoup d'encre : le « temps relatif ».

Nous avons vu que la notion même de relativité nous a amenés à décomposer l'Univers en portions quasi indépendantes. Chaque portion est supposée habitée par un observateur muni d'une montre.

Imaginez donc deux de ces portions, d'abord au contact. Les montres marquent la même heure. Puis ces portions se séparent ; elles vont chacune de son côté, accomplir un long voyage, jusqu'au moment où elles se rencontrent de nouveau. Alors, les observateurs comparent leurs montres, et — ô stupéfaction — elles marquent toutes deux des heures bien différentes. Pour fixer les idées, supposez que l'une des portions soit la Terre et l'autre le boulet de Jules Vernes. Envoyons ce boulet accomplir un voyage dans les espaces interstellaires avec une vitesse voisine de celle de la lumière, — inférieure de 1/20,000e à cette vitesse, par exemple, — et supposons que le boulet avec son observateur reste deux ans en randonnée. Eh bien, lorsqu'il reviendra sur la Terre, l'observateur trouvera cette dernière vieillie de 200 ans, 2 siècles ! Du coup, Jules Vernes lui-même en resterait bouche bée, et vous voyez que lorsqu'ils le veulent, les savants ne le cèdent en rien aux romanciers les plus fantasques.

Cette conséquence, il est à peine besoin de le dire, a jeté une grande méfiance sur la théorie, et il était vraiment regrettable qu'un aussi beau monument de la pensée en soit discrédité.

Il était naturel de se demander comment on pourrait y échapper. Permettez-moi de vous dire en quelques mots de quelle façon on peut, à mon avis, écarter le paradoxe.

Puisque les deux portions de l'Univers se quittent nécessairement au même instant, et qu'elles ne peuvent se retrouver qu'au même instant, c'est qu'il s'est écoulé la même durée pour toutes les deux entre l'instant de leur départ et celui de leur arrivée. Si donc les formules donnent des nombres différents pour chacune des portions, c'est que nous ne nous sommes pas servis de la même montre pour mesurer cette durée, autrement dit, nous nous trouvons simplement en présence de deux mesures différentes du même intervalle de temps. La grande aiguille

d'une montre, par exemple, nous donne 60 minutes pour la mesure de l'heure, tandis que l'aiguille des secondes indique 3,600 de ces unités ; les nombres 60 et 3 600 sont des mesures différentes de la même durée.

Cela nous amène à nous poser la question suivante : Qu'est-ce qu'Einstein entend par horloge ? Comment mesure-t-il le temps ? Newton avait eu soin de nous indiquer son régulateur central : la rotation terrestre. Einstein le jette par-dessus bord, mais ne met à la place que des montres réglées entre elles par des échanges de sans-fils. On prendra pour horloge, nous dit-il, tout phénomène que l'on peut considérer comme rigoureusement périodique en vertu du principe de raison suffisante. C'est vague ; aussi convenait-il de scruter la théorie pour voir s'il n'y avait pas quelque hypothèse cachée.

Un examen attentif montre qu'en réalité c'est la lumière elle-même qu'Einstein prend comme horloge fondamentale, comme « horloge-mère », dirons-nous. Par le seul fait de poser le principe de la constance de la vitesse de la lumière, on définit complètement la mesure du temps dans chaque portion de l'Univers. Ainsi, tandis qu'en Mécanique, il n'y a qu'une horloge-mère, dans la théorie de la relativité, chaque portion d'Univers possède son horloge-mère sous la forme d'un rayon lumineux. Ce n'est plus une horloge circulaire, c'est une horloge linéaire, une sorte de clepsydre lumineuse ; mais cela ne crée aucune difficulté. Voici comment il est possible de la réaliser commodément... en théorie. Imaginons deux miroirs parallèles entre lesquels un rayon lumineux va et vient. Puisque nous pouvons nous donner la distance entre les miroirs et que, par hypothèse, nous connaissons la vitesse de la lumière, nous avons tout ce qu'il faut pour marquer le temps dans un système quelconque, en comptant le nombre des allées et venues du rayon lumineux.

Mais, me ferez-vous remarquer, si toutes ces horloges vont également vite en vertu même de nos principes, n'avons-nous pas le même « temps » dans toutes les portions d'Univers, donc le temps universel ? C'est parfaitement exact, et vous voyez l'importance fondamentale de bien définir les horloges. Le temps universel est simplement caché dans la théorie. Il suffit de le mettre en évidence, et c'est ce qu'on peut faire mathématiquement.

Ici encore nous devrons, une fois de plus, rendre hommage à Newton. Ouvrons ses célèbres *Principes mathématiques de philosophie naturelle*, au chapitre du temps. Nous verrons que le génial astronome avait eu soin de distinguer les deux aspects fondamentaux de la notion de temps.

« Le temps absolu vrai et mathématique, écrit Newton, sans relation à rien d'extérieur coule uniformément et s'appelle durée. Le temps relatif apparent et vulgaire est cette mesure sensible et externe d'une partie de durée quelconque (égale ou inégale), prise du mouvement : telles sont les mesures d'heures, de jours, de mois, etc., dont on se sert ordinairement à la place du temps vrai... Car les jours naturels sont inégaux, quoiqu'on les prenne communément pour une mesure égale du temps ; et les astronomes corrigent cette inégalité afin de mesurer les mouvements célestes par un temps plus exact. Il est très possible qu'il n'y ait point de mouvement parfaitement égal qui puisse servir à la mesure exacte du temps, car tous les mouvements peuvent être accélérés ou retardés, mais le temps absolu doit s'écouler toujours de la même manière. »

N'est-ce point admirablement défini ? Et la théorie de la relativité ne vient-elle pas donner pleinement raison à Newton ? C'est parce que nous ne sommes pas satisfaits de notre régulateur central, la Terre, que nous changeons d'horloge ; nous croyons trouver mieux dans la lumière,

espérant qu'elle, au moins, possède un mouvement « vraiment » uniforme ; autrement dit, nous ne faisons que poursuivre la recherche de cette chose indéfinissable que nous sentons tous : le temps absolu. Qu'il soit marqué par une horloge unique ou par une foule d'horloges, *allant toutes également vite*, peu importe à la chose. Nous avons l'intuition première d'un temps unique, et cela suffit.

Qu'arrive-t-il lorsqu'on introduit le temps universel dans la théorie ? On tombe sur deux résultats essentiels.

Le premier concerne le temps.

Supposons qu'on ait placé une horloge lumineuse sur le boulet et une autre sur la Terre. Si on compare à l'aide des formules de la théorie, les indications des horloges au moment où celles-ci se quittent et à l'instant où le boulet revient sur notre globe, on constate que ces indications sont les mêmes, comme cela est naturel. Pourquoi avions-nous donc des nombres différents, les nombres 2 et 200, si vous vous souvenez ? Simplement parce que l'une des horloges, celle de la Terre par exemple, était, sans qu'on le dise, supposée observée non pas par l'observateur terrestre, mais depuis le boulet, c'est-à-dire depuis un système en mouvement. Dès lors, les nombres différents 2 et 200 n'expriment qu'une simple apparence, provenant du fait que la vitesse de la lumière sur la Terre, vue depuis le boulet, ne peut pas être la même que pour l'observateur terrestre.

Figurez-vous un bateau, qui fait du 20 à l'heure, et un promeneur qui en parcourt le pont, de la poupe à la proue, à la vitesse de 5 km. à l'heure. Pour un observateur situé sur le rivage, le promeneur ne fera pas du 5, mais du 25 à l'heure. Eh bien, c'est exactement ce qui se passe dans la théorie qui nous occupe, sauf que l'addition des vitesses est un peu plus compliquée. En un mot, de même que les nombres 5 et 25 peuvent être considérés comme des mesures différentes de l'heure, de même les nombres 2 et

200 sont des mesures différentes d'un seul et unique intervalle de temps, et l'erreur a consisté à mettre la même unité « années » après ces nombres, de sorte qu'on arrivait à identifier deux ans avec deux siècles !

Chose curieuse, on peut trancher par l'expérience le différend entre le temps Einsténien et le temps universel.

Einstein, en effet, a déduit de la théorie une troisième vérification expérimentale, dont je n'ai pas encore parlé. D'après lui, le temps doit s'écouler moins vite sur le Soleil que sur la Terre ; ce serait un effet de la gravitation sur tous les phénomènes, et si nous pouvions vivre à la surface Solaire, nous y deviendrions plus vieux. Eh bien, les sources lumineuses sont aussi des espèces d'horloges. Elles doivent donc y vibrer moins vite, de sorte qu'un rayon lumineux venu du Soleil nous apporterait une lumière plus rouge qu'un rayon issu d'une source identique, mais située à la surface de notre globe. D'éminents observateurs ont essayé de découvrir cette différence de couleur. Il y a bien, en gros, un léger déplacement vers le rouge, mais il ne correspond nullement à la valeur indiquée par Einstein.

L'expérience se prononce donc en faveur d'un temps unique et absolu.

Le second résultat auquel conduit l'introduction du temps universel dans la théorie, est tout aussi remarquable. Lorsqu'on fait le calcul, d'ailleurs très simple, une surprise récompense vos peines : la « contraction » de Lorentz disparaît comme par enchantement. Ainsi, cette fameuse « contraction » est toute fictive, et ne tenait qu'à la façon très spéciale dont on mesurait le temps. Voilà un gros point éclairci, et un espoir s'empare de nous : pourrons-nous enfin savoir comment toutes ces portions d'Univers se meuvent les unes par rapport aux autres ? Pourrons-nous en quelque sorte les palper, comme nous palperions les pièces d'une machine afin d'en suivre les

déplacements relatifs ? Nous ne sommes pas encore au bout de nos peines, et cette relativité est bien mystérieuse. Voici ce que l'on constate : Ces diverses portions se meuvent comme d'habitude, j'entends comme des touts rigides ordinaires ; mais voilà ! elles ne sont pas là où on croit les apercevoir. Elles jouent, les unes par rapport aux autres, à une sorte de cache-cache. Imaginez que depuis la fenêtre d'un vagon vous regardiez défiler le paysage à travers un prisme. Les objets vous apparaîtraient dans une direction différente de leur direction réelle, et vous ne pourriez les situer exactement dans l'espace. C'est justement ce qui nous arrive avec la théorie de la relativité.

Mais où sont-elles donc toutes ces portions d'Univers ? Heureusement, les mathématiciens vont encore venir à notre secours. Ils vont nous donner une formule remarquable qui nous permettra de calculer les vitesses vraies, connaissant les vitesses apparentes. Cependant, une nouvelle difficulté se dresse. Si nous nous demandons, en effet, quelle est la vitesse vraie de la lumière, nous trouvons une valeur infinie. Voilà certes qui est déconcertant. Comment donner un sens à ce résultat ?

Nous avons vu que la masse matérielle et l'énergie pouvaient se fondre l'une dans l'autre. Or, la théorie montre que la masse d'un corps en mouvement augmente avec la vitesse, mais cette masse ne peut pas augmenter au delà de toute limite. Si le corps pouvait atteindre la vitesse de la lumière, la masse deviendrait infinie, ce qui équivaut à dire que cette vitesse reste interdite à la matière. Or, si énergie et matière ne sont que des aspects différents d'une même manifestation physique, nous serons tout naturellement portés à croire que la lumière également ne peut atteindre cette vitesse limite inaccessible à la substance. Nous parviendrions ainsi à l'image suivante : L'énergie tendrait à s'élancer dans l'espace avec une vitesse aussi grande que possible. Mais, sitôt en mouvement,

elle se *matérialiserait*, ce qui ralentirait son élan et lui ferait acquérir une vitesse de régime constante, celle-là même que nous révèlent nos instruments de mesure. Autrement dit, l'énergie apparaîtrait toujours sous forme matérielle ; cette forme serait en quelque sorte son véhicule. Lorsque le voyageur, courbé par la fatigue, aperçoit au loin le village tant désiré, ses pensées s'élancent vers lui; mais son désir, si fort soit-il, ne peut le transporter. Ce service, il doit le demander à la matière, à son corps.

L'énergie ne serait-elle pas semblable à un désir, à une tendance ? Elle resterait donc essentiellement distincte de la matière ; elle ne ferait que l'animer, où, si vous préférez, la matière serait un vêtement qu'elle revêtirait pour sillonner les espaces. Les physiciens seraient condamnés à ne jamais connaître que ce vêtement.

Je m'aperçois, Mesdames et Messieurs, que j'arrive aux confins de nos connaissances positives.

Aussi, je m'arrête.

Sur une mutation de Narcissus angustifolius Salisb.

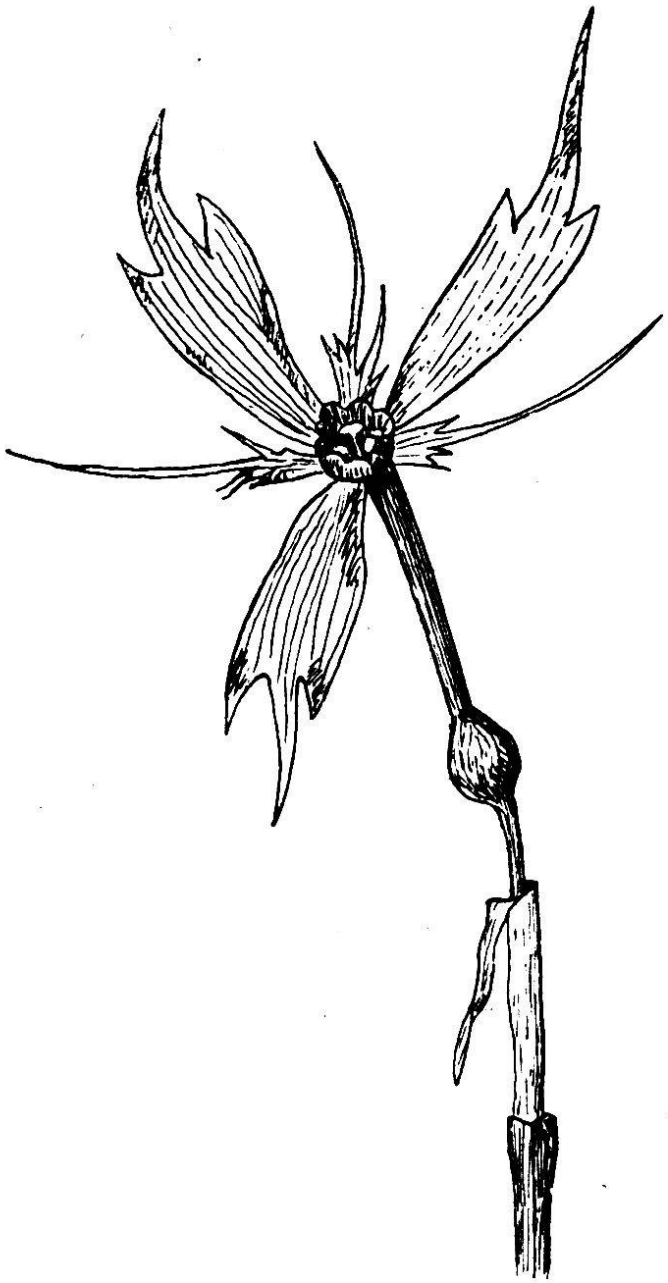
PAR

DOLF RIESER

Les anomalies des narcisses sont fréquentes dans les Préalpes vaudoises (voir Perriraz, Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 50, p. 413), mais on n'a pas encore démontré qu'aucune de ces anomalies fût héréditaire. La forme que je vais décrire est probablement dans ce cas, quoique la culture n'ait pas encore pu être effectuée. J'ai en effet trouvé six plantes placées côte à côte dans une prairie à Sonloup, sur les Avants, présentant les six la même anomalie florale, ce qui démontre qu'on n'a pas à faire dans le cas présent à une simple anomalie due à un facteur du milieu, puisque la forme se transmet en tout cas par reproduction végétative. Ces plantes se trouvaient au milieu de milliers d'autres ne présentant rien d'anormal ; on ne peut donc pas non plus incriminer une influence de milieu ayant agi sur les six plantes de la même façon.

Les fleurs de ces six plantes ont un périgone formé de six pièces ; les trois internes sont laciniées à lobe médian très étroit, les trois externes sont plus larges et tripartites. Les lobes externes sont légèrement fermés en cuiller à leur extrémité. La coronule est jaune et non orange, comme dans le type. Il y a six étamines ; trois arrivent à l'ouverture de la gorge de la corolle et sont stériles, et les trois autres, fertiles, sont insérées plus bas dans le tube.

Les six bulbes ont été plantés soit au jardin botanique de Lausanne, soit dans un vase au Laboratoire de bota-



Narcissus angustifolius Salisb. mu atio *laciniata* Rieser.

nique ; vu la difficulté qu'il y a à réussir la culture des narcisses à partir de bulbes fleuris, il y a peu de chances que la culture réussisse. La station de Sonloup sera en tout cas explorée de nouveau au printemps, car la forme nouvelle mériterait d'être multipliée par la culture pour son élégance, ainsi qu'on peut en juger par la figure. Je propose de donner à cette mutation le nom de mutation *laciniata*.

Diagnose : **Narcissus angustifolius** Salisb. mutatio nov. **laciniata** Rieser ; *perigonii phylla dissimilia, exteriora angusta, basin versus tridentata, dente medio filiformi longe producto ; interiora oblanceolata, apice tridentata, dente medio lanceolato.*