

onde sans milieu sous-jacent. Autrement dit, la notion d'onde, qui, jusque vers 1865, ne semblait correspondre qu'à la déformation d'un milieu, devint brusquement un être à part entière, qui n'avait plus besoin de substrat. L'onde, ou plutôt le champ, devient un objet physique.

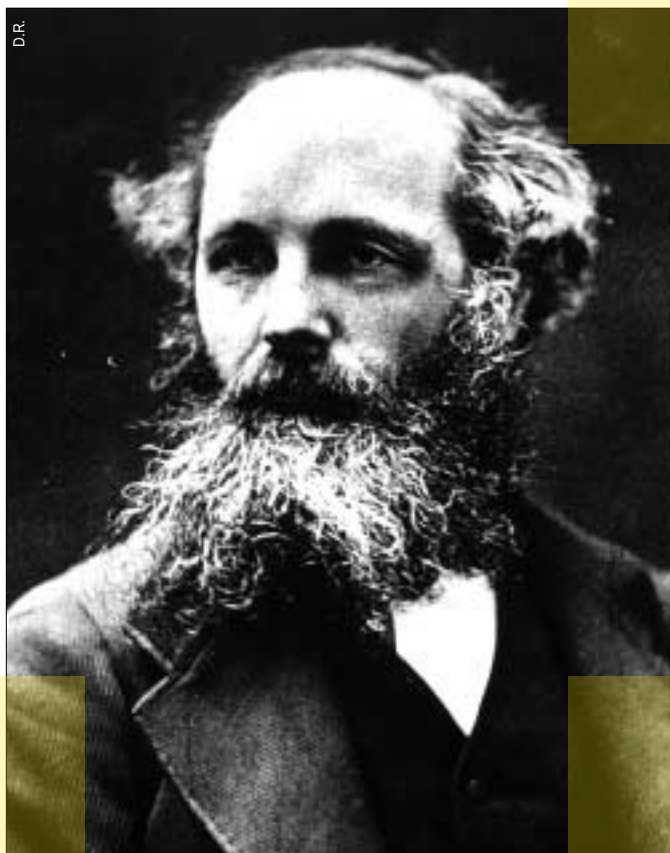
Pouvait-on alors mesurer directement la vitesse de la lumière par rapport à la Terre? Dans un train, on peut mesurer la vitesse des sons émis à une extrémité du wagon : elle est différente de celle que l'on mesure à partir du repère immobile des rails : le son, qui se propage dans le couloir du wagon à 300 mètres par seconde, se propage à 300 mètres par seconde plus 10 ou 20 mètres par seconde (la vitesse du train) pour quelqu'un qui est immobile sur le quai d'une gare. Peut-on faire la même expérience avec la lumière? C'est la fameuse expérience du physicien américain Albert Michelson (1851-1931), qui donna un résultat négatif, au début du siècle. Le résultat était inattendu : la vitesse de la lumière ne s'additionnait pas avec celle de la Terre, comme on s'y attendait depuis Galilée.

Pourquoi la vitesse de la lumière refusait-elle obstinément de s'ajouter? Albert Einstein montra qu'elle est une limite absolue, valable pour tous les corps. On découvrit d'abord que la vitesse de la lumière est identique dans tous les repères : la lumière émise par un corps qui se déplacerait aux neuf dixièmes de la vitesse de la lumière serait, pour nous, toujours, de 300 000 kilomètres par seconde. À la fin du XIX^e siècle, la vitesse de la lumière apparut ainsi comme une limite.

Naturellement des physiciens proposèrent alors de procéder comme pour les températures, afin que la vitesse de la lumière, valeur inaccessible (sauf pour la lumière), soit considérée comme infinie : de même qu'il est de plus en plus difficile de s'approcher de la température du zéro absolu, il est de plus en plus difficile de s'approcher de la vitesse de la lumière. En revanche, une différence apparut, parce qu'il semble exister deux types d'objets matériels. Nous sommes habitués aux objets massifs, tels les atomes ou leurs particules : quand on les accélère, leur masse, c'est-à-dire leur quantité de matière, ne change pas, mais

leur inertie, c'est-à-dire la résistance à la transformation de l'état de mouvement, croît indéfiniment. D'autre part, les photons, ou «grains de lumière», ont toujours la vitesse de la lumière : comme les neutrinos, sans doute, ils ont une inertie nulle.

Ces considérations approfondissent la notion de vitesse. Dans un train, il existe plusieurs façons de mesurer la vitesse



2. Le physicien écossais James Clerk Maxwell (1831-1879) expliqua la relation inattendue entre l'électrostatique, où les charges électriques sont immobiles, la magnétostatique, où les aimants ne bougent pas, et la propagation de la lumière.

par rapport aux rails. La plus banale consiste à regarder par la fenêtre et à examiner les bornes kilométriques, ainsi que les horloges sur les quais des gares. En divisant la distance parcourue par le temps écoulé entre deux gares, on obtient la vitesse moyenne entre les deux gares. La vitesse ainsi mesurée est toujours inférieure à celle de la lumière, quelle que soit l'accélération du train. Imaginons maintenant que nous soyons enfermés dans un wagon, que quelqu'un ait baissé le rideau et que nous voulions connaître la vitesse du train. Dans le wagon, on ne ressent pas l'impression de vitesse, mais on sent l'impression d'accélération éventuelle : une valise peut tomber d'un filet quand le train accélère beaucoup, et un pendule s'incline. La mesure d'une accélération peut ainsi se faire de l'inté-

rieur d'un système physique. Or l'accélération est le taux de variation de la vitesse avec le temps : ayant mesuré l'accélération, on peut l'«intégrer» en fonction du temps, afin de calculer la vitesse moyenne. Dans le cadre de la mécanique classique, galiléenne, ces deux mesures de vitesse donnent les mêmes résultats. La deuxième mesure, c'est-à-dire l'intégration de l'accélération dans le train, est une mesure beaucoup plus naturelle, intrinsèque. Or cette mesure-là, curieusement, dans le cadre einsteinien, donne un nombre qui peut aller jusqu'à l'infini.

Pourquoi? Parce que la notion de vitesse galiléenne a plusieurs propriétés. C'est le rapport de l'espace parcouru au temps mis à le parcourir. C'est aussi une grandeur qui s'ajoute, mais dans le cadre einsteinien, cette seconde propriété correspond à une nouvelle grandeur. Les physiciens la nomment plutôt rapidité. Les deux grandeurs sont liées : connaissant l'une, on peut calculer l'autre et réciproquement, mais ce sont deux généralisations différentes de la notion initiale de la vitesse.

D'autres inattendus sont-ils... attendus? Toutes les constantes de la physique peuvent-elles être considérées comme infinies, par une méthode analogue à celle que nous avons déjà examinée deux fois? Ne généralisons pas, mais ne soyons pas non plus surpris ou choqués, si l'on découvre une nouvelle limite : pen-

sons par exemple à l'âge de l'Univers, que les astrophysiciens calculent égal à 15 milliards d'années environ. On peut montrer que cette valeur finie a, en réalité, un contenu infini. Ainsi, l'Univers peut être à la fois âgé de 15 milliards d'années et infiniment vieux...

Jean-Marc LÉVY-LEBLOND est professeur de physique à l'Université de Nice. Il publie aux éditions Gallimard le livre *Aux contraires (L'exercice de la pensée et la pratique de la science)*.

Ce texte est une transcription partielle du débat enregistré avec Émile Noël au Palais de la Découverte. Ce débat sera diffusé sur France Culture le 6 novembre 1996.