

Patrice Delon

LES CONSTANTES FONDAMENTALES



Patrice Delon

Les Constantes
fondamentales

© Patrice Delon, 2021

ISBN numérique : 979-10-262-7682-1

Librinova”

Courriel : contact@librinova.com

Internet : www.librinova.com

Le Code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l’auteur ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Objets réels ou conventions ?

Les constantes fondamentales de la physique sont-elles les témoins d'une réalité cachée plus fondamentale ou ne sont-elles que le reflet d'une contingence ?

Introduction

Au cours du 20^e siècle nos connaissances dans les sciences fondamentales et plus particulièrement en physique ont fait un bond prodigieux : les lois de la mécanique de Newton ont été revisitées, complétées et réinterprétées entièrement par la mécanique relativiste proposée par Einstein, et dans le même temps vint la mécanique quantique qui s'attaqua à la délicate question de la description du monde microscopique, celui que nous ne pouvons pas voir de nos yeux, qui échappe à nos sens et qui de ce fait nous demande un perpétuel effort d'imagination pour construire une image mentale de ce à quoi il pourrait ressembler.

Cet apport de connaissances a permis un essor rapide des technologies mises à la disposition des populations mondiales : ce furent l'invention de l'électronique et sa principale conséquence la naissance de l'informatique puis des réseaux mondiaux de communications comme Internet. Ces nouvelles technologies se sont insinuées partout à tel point que l'homme s'en est rendu dépendant et s'est vite considéré comme ayant atteint un niveau de connaissance suffisant pour conquérir l'Univers et se poser la question de sa survie éternelle. Ce sentiment de toute-puissance doublée d'un sentiment d'invulnérabilité se retrouve par exemple dans la cinématographie dédiée à la science-fiction. Un petit virus, contraint de passer de l'animal à l'homme sous la pression écologique exercée sur la nature par la main de l'homme, a eu rapidement raison de ce sentiment d'invulnérabilité et de la croyance en une toute-puissance de nos technologies.

Ce très rapide développement des technologies a eu également comme corollaire de laisser de côté certaines questions de la physique fondamentale, principalement celles qui n'avaient pas d'influences immédiates sur le progrès technique comme par exemple la nature d'une charge électrique ou encore le concept de matière. Mais pour développer ces technologies, pour leur permettre d'atteindre une maturité suffisante pour être mises en œuvre par le monde industriel, il a été nécessaire de structurer les lois physiques décrivant le macroscopique et le microscopique. Il a donc fallu adosser ces lois empiriques à des modèles mathématiques permettant de calculer les valeurs nécessaires pour obtenir tel ou tel effet particulier de façon reproductible et fiable.

Lorsque l'on se livre à une telle manipulation on voit apparaître dans les relations algébriques des constantes dimensionnées, c'est-à-dire exprimées en fonction du système d'unités de mesure choisi. Certaines de ces constantes se révèlent après coup être calculables, c'est-à-dire exprimables par une relation mathématique quand d'autres ne sont que mesurables de façon empirique. Cette dernière catégorie est qualifiée de constantes fondamentales. Si l'on tente de faire disparaître ces constantes fondamentales, par exemple en modifiant le système d'unités de mesure, on les voit réapparaître sous une autre forme dans d'autres relations mathématiques ; elles semblent donc nécessaires, ce qui a convaincu les physiciens de leur nature fondamentale.

Mais que sont ces constantes ? Sont-elles toutes fondamentales ? Quelle est leur nature ? Sont-elles l'aspect « émergé » de lois physiques encore plus fondamentales ou de certains aspects inconnus de la nature ? Ce sont ces questions que nous allons tenter d'aborder dans cet essai. Nous n'allons pas apporter de réponses définitives à toutes ces interrogations car cela est tout simplement impossible. Il faudrait que l'homme puisse avoir accès à toutes les grandeurs de notre Univers, donc s'en extraire pour l'observer de l'extérieur. Même si cette Réalité absolue nous est à jamais cachée nous pouvons néanmoins nous interroger sur ce que représentent ces constantes et apporter des réponses partielles à certaines de ces questions. Nous pouvons également reformuler les questions qu'elles nous posent en changeant d'angle de vue. C'est le travail de tout homme que d'apporter une contribution à la connaissance permettant ainsi à l'humanité de progresser dans sa compréhension de ce qu'est véritablement la nature et notre rôle dans celle-ci. Cet essai se veut à la fois scientifique et philosophique, ce qui devrait être le cas, selon nous, de ce type d'ouvrage, la science ne pouvant à elle seule décrire la nature de notre réalité si complexe.

Unités de mesure et dimensions dans les sciences physiques

Pour commencer cette étude, il nous paraît essentiel de définir deux concepts qui vont se situer au centre de notre discussion : les concepts d'unité de mesure et de dimension, tous les deux associés à ces unités.

Lorsque l'on parle d'unités de mesure, il faut admettre comme préalable que notre système de perception soit capable de nous faire prendre conscience d'objets extérieurs à nous et dont nous pouvons décrire certaines caractéristiques à l'aide d'un ensemble fini de grandeurs. Notre système de perception n'est pas la cause de l'existence d'un système d'unités, mais il en est un élément de nécessité. Nos sens de perception nous conduisent de façon intuitive vers le concept de grandeur dont découle logiquement celui d'unité de mesure.

Par exemple, l'observation visuelle d'une pierre va nous permettre de définir plusieurs grandeurs observées par notre système de vision cette description étant complétée par notre sens du toucher : l'image émise par cet objet, constitué des ondes électromagnétiques émises par chaque atome ou molécule de sa surface, image que nous appellerons ici le sensible, va être transmise à notre œil en tant que récepteur de celle-ci un peu à la façon de l'image reflétée par un miroir.

L'analyse de cette image, par notre cerveau, va nous conduire en s'appuyant sur notre expérience, notre vécu, et nos connaissances acquises, à définir la forme de cet objet en la comparant à d'autres objets, de même nature auxquels nous avons été confrontés soit directement par expérience, soit par apprentissage au sein de notre entourage ou de diverses expériences, et qui vont nous servir de référence. La préemption de cette pierre va nous permettre, toujours par comparaison, à évaluer l'intensité de la force de gravitation qui s'exerce sur elle comme sur notre corps, donc la quantité de matière présente caractérisée par sa masse que nous relierons logiquement au phénomène de gravitation. En plus de ces grandeurs auxquelles nous allons attribuer une valeur comparative par rapport à un ensemble d'objets de référence, nous allons énoncer pour cette pierre un ensemble de qualités comme par exemple sa couleur, sa dureté, sa brillance, etc...

Avec l'ensemble de ces éléments, ces caractéristiques, nous allons pouvoir délivrer une description de cette pierre et la classer selon un système logique de référence. Si nous pouvons comparer les qualités d'un objet par rapport à une collection d'autres objets similaires, nous ne pouvons pas directement leur attribuer une valeur numérique en se référant à une échelle conventionnellement fixée. Dire que notre pierre est jaune foncé pourra conduire à situer cette couleur sur une palette de couleur établie à partir d'observations sur plusieurs objets considérés comme des références, mais aucune valeur numérique ne pourra être déduite sauf de manière purement conventionnelle. Par contre, la comparaison de sa forme va nous permettre de comparer ses dimensions : sa largeur, sa longueur et sa hauteur ; de même en utilisant une balance il va nous être possible de comparer sa masse avec celle d'objets de référence et donc d'attribuer une valeur quantitative à cette masse.

Cette attribution de valeurs numériques à des quantités repose également sur un préalable : le choix et la définition d'une unité de référence à laquelle on va attribuer une valeur numérique conventionnelle égale à une unité et celui d'un système de numération, par exemple décimal, associé à un ensemble de lois mathématiques à partir desquelles nous allons pouvoir effectuer des opérations mathématiques telles que par exemple les additions, les multiplications et les opérations de symétrie, d'associativité et de commutativité conduisant à une structure de corps pour ce système de numération. En agissant ainsi nous lions le résultat de notre perception sensorielle à un ensemble de théories mathématiques définies a priori qui vont nous permettre d'ordonner, de classer et de modéliser l'ensemble des phénomènes accessibles à nos sens ou aux appareils de mesure qui n'en sont le plus souvent que les prolongements.

Une unité de mesure est ainsi définie, de façon naturelle, comme la grandeur associée à un objet que nous choisissons de façon arbitraire. Ce choix répond principalement à des raisons de commodités par rapport à nos activités quotidiennes et à un souci de stabilité dans le temps. C'est ainsi que la première unité de longueur reconnue internationalement fut celle liée à une barre de métal dont la longueur était justifiée comme une fraction du méridien terrestre, la valeur choisie de cette fraction conduisant à une taille pratique en cohérence avec l'ensemble des activités humaines : elle était proche de la taille d'un homme et donc pouvait correspondre à de nombreux objets utilisés par le plus grand nombre.

La référence définie comme unité peut être matérialisée par un artefact, comme ce fut le cas jusqu'en 2019 pour l'unité de masse, le kilogramme, ou bien faire référence à un phénomène dont la nature, la stabilité et l'utilisation seront acceptables par toutes les catégories d'utilisateurs. Par exemple, définir la référence de l'unité de longueur, le mètre, comme le temps de vol dans le vide d'un photon d'une durée convenue présente un degré de précision suffisant, une mise en pratique abordable par l'ensemble des utilisateurs professionnels, les industriels et les laboratoires de métrologie, et fait référence à la vitesse de propagation de la lumière, phénomène reconnu comme indépendant du lieu et du moment d'observation par tous les utilisateurs.

Mais une unité définie de cette manière laisse plusieurs questions sans réponses :

Doit-on nécessairement utiliser pour référence une quantité de la grandeur considérée qui est compatible avec l'échelle humaine ?

Doit-on obtenir nécessairement le consensus de l'ensemble de tous les utilisateurs y compris celui de l'homme de la rue ?

Si un artefact présente nécessairement une instabilité intrinsèque liée à sa matérialisation, quels sont les critères de choix d'une référence physique matérialisée ?

Un système de mesure est donc un ensemble de références, appelées unités, qui sont choisies par convention. Le nombre de ces unités est, sauf exception que nous étudierons plus loin, supérieur ou égal au nombre des unités nécessaires pour mesurer toutes les grandeurs existantes dans l'Univers, unités que nous qualifions de primaires. Le principe de base de tout système d'unités est que toutes les mesures réalisées sur une même grandeur, dans les mêmes conditions doivent conduire, aux erreurs de mesure près, au même résultat numérique quel que soit le point de l'espace-temps considéré. Ce principe toujours vérifié depuis l'antiquité se trouve battu en brèche depuis l'apparition de la mécanique quantique qui postule que le résultat d'une même mesure pratiquée avec le même dispositif de mesure ne conduira au même résultat de mesure que de façon statistique. Cette indétermination fondamentale liée aux concepts de la physique quantique conduit à une limite dans la recherche sur une précision toujours plus grande dans les actes de mesure.

Le choix des références pour chaque catégorie de grandeur a toujours dépendu