

Introduction

Matière : n. f. (du latin *materia*, *materies*, d'abord « bois de construction », puis « matière »). **1.** En philosophie : fond indéterminé de l'être, que la forme organise. **2.** En philosophie et sciences : substance qui constitue les corps, est objet d'intuition dans l'espace et possède une masse mécanique. **3.** Sens courant : substance ayant les caractéristiques de la matière et connaissable par les sens, qu'elle prenne ou non une forme déterminée (matière organique et inorganique, matière friable, matière précieuse, matière première, ...). **4.** Abstrait : ce qui constitue l'objet, le point de départ ou d'application de la pensée.¹

Quel sens donner au concept de matière ?

Le mot *matière* appartient à cette catégorie de termes que l'on qualifie de *polysémique*, c'est-à-dire pouvant revêtir plusieurs sens distincts. En français, il en possède au moins quatre comme l'indique la définition qu'en donne le *Petit Robert*. D'une part, il peut signifier ce qui est concret par opposition aux idées et à l'esprit qui échappent au monde dit *matériel*. D'autre part, il fait référence à un concept générique, abstrait, qui englobe tout ce qui compose les objets par opposition au vide qui se définit en l'occurrence comme l'absence de matière. Ou encore, dans une autre acception, il contient la notion de *matériau*, de *substance* comme instantiation particulière de la matière générique. Il trouve cette signification dans des expressions comme *matière première* ou *matière*

¹ Définition du *Petit Robert*.

vivante ou encore *matière précieuse* ou *matière grasse*... Enfin, il peut prendre le sens de *discipline* dans le cadre d'un enseignement, d'une étude, d'une manière générale, d'un travail de réflexion.

L'étymologie du mot *matière* (*matter* en anglais, *Materie* en allemand, *materiale* en italien, *materia* en espagnol, etc.) est riche d'enseignement. *Matière* tire son origine du mot latin *materia* qui dérive du latin *mater*, la mère, qui vient lui-même du grec *mêtêr*. Or *Mêtêr* était, selon la mythologie et la cosmogonie grecques, la Grande Mère, la génératrice du Monde¹. Dans les cultures occidentales, la notion de matière porte donc, par une hérédité qui remonte à l'Antiquité grecque, un sens qui lui confère une dimension ontologique² bien plus profonde que celle de substance. Prise dans cette acception, elle devient la matrice de l'univers, c'est-à-dire l'origine de toutes choses. La physique contemporaine, en réduisant les constituants de la matière à une poignée de particules élémentaires, se réfère aussi à une entité génératrice de toutes choses : les *champs* définis dans le modèle standard des particules. Cette idée de matière en tant que « substance » génératrice du Monde renvoie inévitablement à celle d'unité. L'univers serait finalement pétri des mêmes constituants qui, par leurs diverses combinaisons, donneraient naissance à la diversité des matériaux. La matière apparaît, à travers cette unité, comme l'essence des choses. Comme l'exprime Patrick Juignet, la matière n'est pas comprise uniquement comme substance mais également comme élément unificateur :

Le terme matière oscille entre la désignation du concret (ce dont semble composer durablement les choses) et une substance qui renvoie au réel dernier et qui serait censée constituer unitairement le monde.³

¹ Alain Séguy-Duclot, *La réalité physique*, Ed. Hermann, 2013.

² Ontologique signifie *qui se rapporte à l'être*.

³ Patrick Juignet, *L'idée de matière* in *Philosophie, science et société* [en ligne]. 2017. Disponible à l'adresse : <https://philosciences.com/philosophie-generale/ontologie-reel-realite/225-idee-de-matiere>.

Ainsi, la matière revêt-elle un double sens : la chose en tant que ce qu'elle a de plus concret – le réel – et le principe de cette chose – la matière comme constituant de la chose. Laurent Cournarie ne dit rien d'autre :

Qu'est-ce que la matière ? C'est l'ensemble de la réalité accessible à l'expérience ordinaire et scientifique. Ou plutôt la matière c'est le monde ou ce dont il est fait. Cette différence n'est pas mince : le matérialisme consiste précisément à soutenir la première thèse en l'identifiant à la seconde. La matière y joue en effet le double rôle d'objet à expliquer – il n'y en a pas d'autre : c'est le réel, sans arrière-monde – et de principe d'explication.¹

Derrière le mot « matière » se cache également une idée de permanence. Antoine Lavoisier (1743-1794) l'a très bien exprimée dans sa phrase restée célèbre « *rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme* »² qui pose l'un des grands principes de la chimie moderne : la permanence des éléments chimiques. Les penseurs de la Grèce antique en avaient eu une intuition aiguisée en plaçant cette permanence au cœur d'un débat sur le changement qui s'étendit sur plusieurs siècles. Au cœur de ce débat il y a cette question : comment la matière peut-elle être à la fois permanente par essence et changeante en apparence comme dans le cas du mouvement ? Cette question ne sera définitivement tranchée qu'avec la « révolution scientifique » du XVII^e siècle qui, en inventant le concept de masse, dissociera la matière du mouvement. La masse fait de la matière une grandeur physique quantifiable sur laquelle agissent des forces qui engendrent le mouvement. Celui-ci n'est alors plus une propriété intrinsèque des objets mais devient un phénomène physique. La matière, *a contrario*, occupe dès lors le rôle de *ce qui ne change pas* dans le déroulement de ce phénomène.

La permanence de la matière sera consacrée par l'idée d'atome. La théorie atomiste permet aux substances de changer de nature (un mélange d'oxygène et d'hydrogène se transforme en eau) tout en assurant la

¹ Laurent Cournarie, *La matière*, Notes de cours publiées aux éditions numériques Philopsis (www.philopsis.fr), 2008.

² Cette maxime aurait été inspirée par la réflexion du philosophe présocratique Anaxagore : « Rien ne naît ni ne périt, mais des choses déjà existantes se combinent, puis se séparent de nouveau ».

permanence d'éléments plus fondamentaux : les atomes. La matière, au sens d'élément constitutif de l'univers, est alors assimilée à l'atome, ou *les* atomes, devrions-nous dire, car la science en recense très tôt une bonne centaine de représentants différents. Mais cette « incarnation » de la matière par les atomes est de courte durée : on découvre au XX^e siècle que ceux-ci sont en fait composés de particules – électrons, protons, neutrons. L'atome n'apparaît plus que comme un assemblage de composants plus fondamentaux encore. Si l'on parvient à concevoir empiriquement ce qu'est de l'oxygène, du chlore, du cuivre ou du fer à partir de notre appréhension de la *réalité*, la nature des particules élémentaires échappe en revanche totalement au champ de notre expérience. Cette distanciation avec la *réalité, notre réalité* telle que vécue au quotidien, est accentuée par le fait que cette matière *fondamentale* semble obéir à des lois physiques – les lois de la physique quantique – qui ne sont pas les *nôtres*, celles du monde macroscopique dans lequel nous vivons, comme si elles appartenaient à un autre monde, en quelque sorte. Il est courant de parler du *monde quantique* comme s'il s'agissait d'un autre univers (j'utilise moi-même fréquemment cette expression dans cet ouvrage). Cette « nouvelle » version de la matière s'habille donc d'abstraction. Pour la physique contemporaine, la matière a définitivement pris le sens de concept et abandonné celui de substance.

Une affaire de relations

Etudier les particules, les composants les plus fondamentaux de la matière, c'est dans les faits, étudier leurs interactions, la manière dont elles agissent les unes sur les autres, car il n'existe pas de microscope pour sonder l'intérieur des particules. On ne dispose pour ce faire que d'autres particules. C'est pourquoi l'objet de la physique des particules s'est très vite transformé de l'étude des propriétés des particules en celles de leurs interactions. Le véritable tour de force du *modèle standard de la physique des particules* n'a finalement pas été de décrire les particules mais bien leurs interactions ; les théories qui le composent sont celles des interactions électromagnétique, forte et faible.

Au final, la matière se caractérise donc par la nature des relations qu'entretiennent les particules entre elles plus que par les particules elles-mêmes. Même la notion de masse a perdu de sa « substance », si l'on peut dire. De propriété intrinsèque des particules, elle est aujourd'hui décrite comme le résultat de l'interaction de celles-ci avec le champ de Higgs. Le mécanisme par lequel une particule acquiert une masse – le *mécanisme de Higgs* – s'apparente, très schématiquement, à la résistance que rencontre un objet quand il se déplace dans un fluide visqueux comme la mélasse par exemple. Freiné par les forces de viscosité, un objet qui s'y meut semble acquérir une inertie qu'il n'a pas dans le vide. La masse n'est donc pas une propriété première de chaque particule mais une grandeur secondaire engendrée par leur interaction avec le champ de Higgs. La matière se réduit donc à un ensemble de relations qui construisent le Monde tel que nous l'appréhendons.

Les physiciens se sont donc aperçus que ce qui importait était peut-être moins l'objet « particule » en lui-même – la matière – que la manière dont celui-ci interagit avec les autres. D'une certaine manière, le changement, à travers les événements que sont les interactions, a pris le dessus sur la permanence. Les interactions, en tissant un réseau de relations entre les particules, seraient en définitive l'essence de l'univers. Au terme de 2 500 ans de débats et de découvertes, l'idée de matière a donc finalement intégré celle de changement. En définitive, la matière se caractérise par une dualité de contraires : *permanence et changement*.

La matière nous apparaît comme le support de la réalité. La matérialité du Monde. Pourtant la physique contemporaine, en la sondant au plus profond de sa nature, lui a retiré toute forme de *matérialité*. La matière des physiciens des particules est un ensemble de fonctions mathématiques définies sur tout l'espace et le temps, que l'on appelle sous le vocable mystérieux de *champs*. Le caractère concret de la réalité s'évapore dans une abstraction mathématique souvent absconse pour les non-initiés. Les champs ont remplacé dans les équations les particules qui, comme le nom le suggère, étaient représentées en physique classique par de minuscules billes solides indéformables, un peu comme les atomes de Démocrite. Si

les noms des particules ont été conservés – on parle toujours d'électrons, de protons, de neutrons... – les entités auxquelles ils se réfèrent sont radicalement différentes. Leurs noms semblent leur rendre leur matérialité. En utilisant le mot « électron » plutôt que « champ de bi-spineurs » on croit donner un sens à cette chose que l'on appelle électron ; il s'habille tout à coup de réalité. Pourtant personne n'a jamais vu un électron et personne, au final, ne sait vraiment ce que c'est... sinon un « champ de bi-spineurs » qui reste la meilleure façon de le caractériser. Derrière les mots de la physique des particules, on trouve parfois des concepts flous comme celui de particule... mais surtout des mathématiques pures ! Des mathématiques qui scellent des relations logiques entre des grandeurs physiques abstraites. Finalement, la réalité n'est devenue qu'une affaire de relations : relations entre les entités au travers de leurs interactions et relations de ces mêmes entités dans les équations mathématiques.

A la recherche de la nature de la matière

Comme on peut aisément le concevoir, la matière n'a pas de tous temps été pensée selon les modes de représentation que nous propose aujourd'hui la physique des particules. Entre les conceptions des philosophes présocratiques et celles de la physique contemporaine, il y a plus de vingt-cinq siècles d'histoire marqués par de grandes révolutions de la pensée comme la révolution scientifique du XVII^e siècle, la relativité et la mécanique quantique. Pourtant, le grand débat sur la nature de l'être, entamé par les philosophes de l'Antiquité est, au final, toujours d'actualité. Pour comprendre les questions qui se posent autour de la notion de matière, le premier chapitre explore l'histoire de ce concept à travers les âges.

Aujourd'hui, la nature profonde de la matière est décrite par la physique *quantique*. Voilà un mot bien mystérieux qui s'habille de tous les fantasmes. La physique quantique, pour étrange qu'elle soit, reste de la physique, avec des principes solidement établis. Le second chapitre vous invite donc à pénétrer dans ce monde de l'infiniment petit, à découvrir les lois physiques qui se cachent derrière les apparents paradoxes.

Armés de la mécanique quantique, les physiciens se sont alors attaqués à la construction des modèles théoriques qui décrivent le comportement de la matière à l'échelle des particules élémentaires. Ils ont découvert un monde finalement simple, malgré la complexité mathématique sous-jacente, et surtout un monde régit par l'harmonie des symétries ; des symétries subtiles, abstraites mais d'une grande profondeur. Ils ont construit un magnifique édifice théorique qu'ils ont appelé le *modèle standard de la physique des particules*. Le troisième chapitre se propose de le découvrir.

Mais d'où vient donc toute cette matière, cette inconcevable quantité de matière et d'énergie qui remplit l'univers ? Comment expliquer l'existence des électrons, des protons et des neutrons ? Quelle est leur origine ? Ont-ils toujours existé ou sont-ils issus de quelque transformation dans un lointain passé ? Le quatrième chapitre remontera le cours du temps au plus près du Big Bang que la science nous le permet. Nous y verrons naître les protons et les neutrons, les noyaux des éléments chimiques, les atomes... et nous assisterons même à l'apparition de la matière.

Enfin, au terme de ce voyage au cœur de l'infiniment petit, le cinquième chapitre sera l'occasion de faire une pause et de réfléchir sur ce que nous dit la science sur la matière et, au final, sur la réalité.