

## LA MATIERE

Pour nos ancêtres préhistoriques la religion expliquait le monde, il existait alors autant de dieux que de phénomènes naturels : un dieu vent, un dieu tonnerre, un dieu pluie, un dieu foudre. Ces dieux furent peu à peu remplacés par quatre éléments air, terre, eau, feu qui pendant plusieurs siècles, et parallèlement à d'autres théories, tentèrent de rendre compte de la nature de la matière. Ce système a perduré avec une remarquable ténacité ; sans parvenir néanmoins à une totale hégémonie : il suffit, à cet égard, d'évoquer la physique chinoise qui admettait un cinquième élément, le fer, centre des points cardinaux habités de « nos » quatre éléments.

Il fallut attendre l'école grecque de Milet (vers -550) pour que commence une réelle réflexion sur la nature de la matière. Presque chaque savant-philosophe avait sa propre théorie : Thalès (-637 -548) supposa qu'il n'existait qu'un seul élément, l'eau, qui, sous différents aspects, rendait compte de la diversité des matières, Anaximandre (-610, -545), disciple et ami du philosophe abandonna l'eau comme élément fondamental et la remplaça par l'apeiron, c'est à dire quelque chose d'indéterminé, peut-être l'espace. Anaximène (-585 -528) proposa l'air, Héraclite (-570 -480) porta ses préférences sur le feu : tout ceci ne fit accomplir aucun progrès à la science.

L'idée d'une matière unique remplissant l'univers succéda à la théorie de points accolés développée par Pythagore (VI<sup>ème</sup> siècle avant JC), mais cette matière unique niait le mouvement. Finalement seule la théorie des quatre éléments – air, terre, eau, feu –, supposés capables de se transformer les uns dans les autres, réussit à concilier logique et réalité. Mais ces quatre éléments devaient, pensa-t-on, exister dès l'origine et la moindre parcelle de matière devait receler tous les corps possibles et imaginables. Démocrite (-460 -370) se demanda si toutes les choses ne seraient pas formées de petites parcelles agglutinées, qu'il baptisa atomes. Ceux-ci n'ont rien de commun avec les atomes de notre siècle, mais l'idée était lancée. Platon donna une vision du monde plus philosophique en expliquant que celui-ci devait être constitué par des éléments géométriques et par les plus beaux d'entre eux.

Rome conquiert le monde, mais les romains furent techniciens avant d'être scientifiques et la connaissance de la matière ne fit pas de progrès sous leur domination. Il fallut attendre que des liens avec l'Egypte s'établissent pour qu'un nouveau développement prenne naissance. L'Egypte était le pays de la métallurgie de l'or, science jalousement gardée par les prêtres. Quand les envahisseurs occupèrent le pays, ils exigèrent de l'or en grandes quantités. Les prêtres ne voulant pas divulguer leurs secrets eurent recours à la fraude : ils baptisèrent or les métaux qu'ils alliaient au métal, en particulier le plomb, et auxquels ils communiquèrent la couleur jaune. Cette supercherie fonda l'idée de la transmutation du plomb en or.

La science s'égarait alors, et pour plusieurs siècles, dans l'alchimie et le mysticisme, par un savant amalgame de croyances pharaoniques, de magie babylonienne, de religion judaïque, d'empirisme syrien, de croyances persanes, etc.

L'an mil arrive et avec lui, croit-on, la fin du monde, mais, miracle, le monde continue à tourner, hélas sous la domination des théologiens qui imposent leurs vues pendant près de quatre siècles, l'univers réel était remplacé par une pâle copie livresque. Les Croisades font découvrir la science arabe très proche de l'alchimie, elle aussi, et aucun progrès majeur sur la nature de la matière ne voit le jour.

La science a pour but d'expliquer les phénomènes ou ceux-ci sont expliqués par la Bible, voilà pourquoi la science en était toujours aux quatre éléments en 1200. De l'antiquité à Archimède la science avait conduit une vigoureuse offensive, du V<sup>ème</sup> au XII<sup>ème</sup> siècle elle perdit le terrain conquis, à partir des croisades elle se ressaisit, mais, jusqu'au XV<sup>ème</sup> siècle, il fallut réassimiler la science hellénique sous l'œil sévère des ecclésiastiques.

« Puisqu'il est impossible de lire les Anciens et de discuter, observons la nature » déclare Descartes (1596-1650). La science sort enfin de son ignorance, et la connaissance de la matière fait quelques progrès. On commence par rejeter les quatre éléments d'Aristote. La notion de gaz apparaît vers 1650, mais l'explication de la combustion par l'existence d'une terre inflammable freine de nouveau ce bel élan, cette théorie devait empoisonner tout le XVIII<sup>ème</sup> siècle sous le nom de 'phlogistique'. Toujours sous l'impulsion de Descartes on cherche à mieux comprendre ce qu'est la matière, on décompose les corps en éléments plus simples, c'est à dire dans des éléments qui ne soient pas décomposables. On remplace les vertus mystiques et les versets de la Bible par de vulgaires considérations mécaniques : même l'animal devient machine.

Pendant des siècles, toute spéculation à propos de la matière n'a cessé de buter et de se compliquer sur l'article de l'atomisme et sur la divisibilité à l'infini. Il s'agit de décider s'il existe une limite à un processus réitéré de fragmentation en deçà de laquelle, nécessairement, une substance change de nature. Question, au vrai, non mineure : on la trouve formulée par Aristote ; elle dérangera les scolastiques ; elle suscitera étonnements et disputes sur le fait du mystère eucharistique où le pain et le vin tout en gardant les mêmes propriétés et les mêmes apparences ne sont plus du pain et du vin. Cette question de la transsubstantiation, à ne pas confondre avec la transmutation, fut prétexte et motif d'un renversement radical de la difficulté de concevoir, dans sa permanence, l'objet d'une physique entre le XI<sup>ème</sup> et le XVII<sup>ème</sup> siècle. La question de la connaissance du monde physique, savoir celle du rapport entre qualités sensibles évanescences et substance rémanente, se trouvait posée, à cela près que les philosophes avaient à aborder une situation que définissait une persistance des apparences connexe d'une substitution de substances. Un embarras insidieux en résulta dans la formulation des thèmes fondateurs d'une physique qui se donne pour tâche de rendre raison des

phénomènes sensibles, en posant l'existence d'une réalité matérielle qui les excède et d'où on les puisse déduire.

Considérable par ses « effets de connaissance », cette dispute, greffée sur des matières de dogme, a renforcé, au terme de détours inattendus, l'étude de la matière et sa quantification. Les conceptions héritées de l'Antiquité en firent enfin les frais.

Compte tenu des avancées ultérieures de la physique, les changements les plus significatifs tournèrent à l'abandon des classements selon les qualités, au profit de critères quantitatifs d'extension et de nombre, qui autorisèrent la représentation abstraite des propriétés mécaniques.

Les doutes, les questions sur la nature des espèces n'en furent pas pour autant épuisés. Perfectionné par Thomas d'Aquin, l'hylémorphisme devait être, pour longtemps, la solution la plus commode, la plus assurée, aux antagonismes de la physique et de la théologie. Tout corps, dans les vues du théologien, procède des deux principes métaphysiques que sont la matière et la forme. L'extension des corps est due à leur matière (*materia prima*) ; leurs qualités, activités et propriétés sont le fait de la forme. Une substance particulière est toujours le produit de ces deux principes.

Judicieusement, Alexandre Koyré soulignait que ce fut « en créant de toutes pièces une espèce nouvelle de formes substantielles pouvant se passer de matière », que saint Thomas sut concilier l'aristotélisme et les vérités de la foi. L'intelligibilité de la transsubstantiation découle, en effet, de la distinction opérée, dans la substance, du substrat matériel et de la forme substantielle.

Une telle conception trouvera des échos chez des penseurs arabes ; l'affirmation de la « corporité commune » des choses qui leur confère de l'étendue et assure la continuité de l'univers connaîtra une fortune scientifique assurée. Tout corps réel est alors justiciable de quantification et de mesure ; en conséquence, l'extension peut être le sujet des qualités sensibles prises dans leur diversité.

Et, dès lors, la matière pouvait être considérée à nouveaux frais : par l'examen des aspects singuliers des choses matérielles, irrésistiblement tourné vers le quantitatif. Ainsi la conception d'une matière étendue, composée de parties susceptibles de combinaisons, permettait de « sauver les phénomènes », plus sûrement, plus économiquement, sur le chemin de la scientificité moderne. Lier les attributs à l'extension, en identifiant matière et quantité, tout en soutenant que l'on ne peut connaître d'une substance que les aspects individuels, non les principes métaphysiques – des « noms » –, c'était là, en ce mixte d'idées, la « machine de guerre » de l'École d'Oxford, au XIV<sup>ème</sup> siècle.

Désormais, la progression « scientifique » des représentations de la matière achoppera sur le problème de l'action à distance entre corps, aux diverses échelles que la mécanique avait à considérer. Il convenait d'abord de présupposer à ce genre d'action un caractère de causalité extérieure à la matière, afin d'éviter l'accusation de « matérialisme » ; autrement dit, la gravité ne devait pas être tenue pour une « qualité essentielle » de la

matière. Indice d'un tel interdit, la réaction de Newton aux commentaires d'un de ses adeptes, le révérend Bentley ; en 1693, le célèbre physicien se défend vivement de concevoir qu'« une matière brute et inanimée » pût affecter une autre matière sans contact mutuel ; il fallait alors écarter toute parenté avec la conception épicurienne d'atomes capables de volonté ; la matière devait être conforme au sentiment de Berkeley : «stupid, thoughtless and inactive».

Aussi se demandera-t-on comment il est concevable de dénier à l'attraction la qualité de propriété essentielle tant des corps que de leurs parties ? Ce qui est en cause est bel et bien le refus de penser une matière active, animée, spontanément. Après Descartes et Huygens, Newton le proclame. Bentley l'aura compris, en définitive, et, à l'instar de Clarke, il précisera que, dans le système de Newton, la matière n'a guère de part : l'Univers est surtout vide ; de la matière, il y a peu à dire. En revanche, ce qui compte, c'est l'attraction - et la répulsion - « imprimée et infuse par une puissance divine », qui maintient l'ordre et le mouvement de l'Univers.

Chose bien remarquable, il arrive que ce projet divin ne soit pas entouré de mystères ; et c'est apparemment en toute certitude que Newton déclare en 1721 : « Dieu, au commencement des choses, a formé la matière en particules solides, massives, dures, impénétrables, mobiles. » Sa cosmogonie veut qu'« elles ne s'usent ni ne se brisent jamais », étant les sujets à jamais persistants de séparations et d'associations dont l'interminable jeu assure la durée de la nature.

A partir de 1750 des découvertes majeures sont faites en mathématiques, en physique et en chimie, mais celles-ci conduisent au déterminisme, à l'athéisme et au matérialisme.

Un nouvel essor dans l'explication de la matière provient alors de la cristallographie qui permet de développer des théories cohérentes. Avant même que l'hypothèse « atomique » ne soit universellement reçue – elle est encore contestée à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle –, les idées d'arrangements discriminatoires s'imposent aux chimistes. En 1843, A. Laurent proclame sans ciller que, « dans les corps inorganisés [...], la forme, le nombre et l'ordre sont plus essentiels que la matière » ; il est de ceux pour qui l'atome n'est pas une entité définie et, contre une partie de ses collègues, il soutient, à l'occasion, que « les atomes des chimistes ne sont pas des unités indivisibles, mais des groupes d'éléments plus petits disposés dans un certain ordre ». En 1912, Max von Laue découvre la diffraction des rayons X par les cristaux ; on put, dès lors, entreprendre de se représenter métriquement la distribution « réelle » des corpuscules composant les solides.

En ce début du XX<sup>ème</sup> siècle, il n'est point de science qui puisse faire l'économie de modèles, fussent-ils implicites ; ils résultent généralement de la tentative d'accommoder des segments de théorie partiellement incompatibles. Les modèles des structures subatomiques qui sont proposés depuis quelques décennies avec leur essaim de particules hypothétiques résultent de l'obligation que se sont faite les physiciens d'interpréter les transactions entre matière et énergie ; et, plus généralement, elles proviennent de la difficulté encore

insurmontée de réunir sous une même théorie les grandeurs caractéristiques de la gravitation et de l'électromagnétisme, sans omettre les champs d'interactions spécifiques.

La construction de l'espace-temps des relativistes au début du XX<sup>ème</sup> siècle a remis les conceptions qui soutinrent longtemps la formalisation des « données » perceptibles. À mesure que la théorie physique étend sa juridiction sur le monde « réel », son objet se dépouille d'une concrétude qui passe pour « préscientifique ». Autrement dit, sont introduits les concepts d'« inséparabilité » et de « non-localité » qui opèrent dans le continuum d'événements où se définit une physique de la dématérialisation. Les intuitions d'Épicure avaient autrefois accrédité la nécessité du vide comme condition de la structuration ordonnée du monde des « atomes » ; de nos jours, les formalismes mathématiques qui expriment les vicissitudes de la matière l'identifient à des événements singuliers de lignes d'univers, où nous sommes pris nous-mêmes, sans que nous en ayons conscience. Ce processus d'englobement, Philipp Frank l'avait déjà caractérisé, dès les années quarante lorsqu'il écrivait ces lignes décisives : « Là où la mécanique classique ne voyait que l'interaction des particules dans une sphère très petite, la nouvelle physique est conduite par toutes ses hypothèses à faire intervenir le monde tout entier. » Une sorte de mondialisation à la Teilhard de Chardin.

A partir du XX<sup>ème</sup> siècle la science et la connaissance de la matière ont atteint les subtilités que l'on connaît, mais au prix d'une réelle complication. Citons par exemple la théorie de la mécanique ondulatoire qui associe une onde à chaque particule ou la théorie de la relativité qui introduit la notion d'espace-temps et la relation d'équivalence entre la masse et l'énergie.

La matière, aujourd'hui, est moins bien définie ou plutôt moins bien appréhendée intellectuellement qu'elle ne l'était il y a un siècle ou deux. Elle est tout à la fois corpuscules (avec une masse), onde et énergie pure. L'univers dans lequel elle se situe est tout aussi compliqué : il est courbe, illimité mais en extension, il a vraisemblablement 17 dimensions, il est peuplé de corps comme les trous noirs que par définition même on ne peut ni voir ni approcher, sa structure serait celle de « cordes ». On parle même d'univers parallèles accessibles par des « trous de ver ».

Enfin pour simplifier le tout, la masse de l'univers serait cachée pour plus de 90 %. Cette matière inconnue, qui reste invisible car elle n'émet ni n'absorbe aucun rayonnement, pose une énigme qui reste sans solution depuis les années 1930. Les astronomes sont en effet convaincus que les masses des galaxies sont au moins dix fois plus élevées que celles des étoiles que l'on y discerne. Où est cette masse supplémentaire ? Sous quelle forme se présente-t-elle ? Quelle est sa distribution ?

Cependant, quelques autres suggestions ont été proposées. Par exemple, que l'Univers pourrait contenir, en plus de la matière « ordinaire », une contribution importante à sa densité d'énergie (selon la relativité générale, énergie et masse sont deux moyens d'exprimer la même grandeur) sous forme d'une espèce de

particule encore inconnue, ou bien sous la forme de ce que l'on appelle une constante cosmologique. Une telle composante additionnelle apporterait une contribution déterminante, peut-être dominante, à la masse cachée. Il est cependant important de garder à l'esprit que, contrairement aux raisonnements précédents, il n'existe aucun argument vraiment convaincant en faveur de cette hypothèse, qui est, tout au plus, vraisemblable.

On parle ainsi de masse cachée « chaude », « tiède » ou « froide », une classification qui provient des modèles de formation des galaxies, de « cosmions », de « cosminos », de W.I.M.P. (Weakly Interacting Massive Particles), etc. La règle du jeu est d'essayer de faire correspondre à un profil « idéal » cosmologique, construit de toutes pièces, celui d'une particule qui rentrerait dans le cadre de telle ou telle variante d'une théorie de physique des particules. L'imagination des physiciens des particules ne se lasse pas de concevoir une multitude de candidats aux propriétés façonnables presque à la demande. Mais il est difficile de confirmer ou d'infirmer les multiples propositions, ou même de juger leur degré de sérieux : monopôles magnétiques, trous noirs primordiaux, agrégats ou « pépites » de quarks, candidats liés aux idées de grande unification, de supersymétrie, de supergravité, etc.

Il faut encore attendre avant que nous soit dévoilée la nature de ce qui constitue notre Univers.

Le texte ci-dessus est une compilation de "L'Histoire de la Science" de Pierre Rousseau (Arthème Fayard, 1946) et de "Encyclopedia Universalis" Cd-Rom version 8.