

« La nature a horreur du vide. »

Mais d'autant qu'il ne saurait y avoir d'espace vide en aucun endroit de l'univers, et que les parties de la matière, étant rondes, ne sauraient se joindre si étroitement ensemble, qu'elles ne laissent plusieurs petits intervalles au recoin entre elles : il faut que ces recoins soient remplis de quelques autres parties de cette matière.

Descartes, *Principia philosophiae*, 1644

L'esprit humain a toujours manifesté un vertige instinctif face à la notion de vide. Depuis l'Antiquité, il y avait même dans la nature quelque chose que l'on appelait « *horror vacui* », l'horreur du vide. Comment imaginer un espace où il n'y aurait rien, pas même de l'air, un incréé monstrueux, un néant échappant à tout créateur ?

L'idée de Démocrite (v^e siècle av. J.-C.) selon laquelle des particules se mouvaient dans du vide fut écartée par Aristote au prétexte que le vide n'existait pas. Enseignée dans les universités médiévales créées au XIII^e siècle, la scolastique reposait essentiellement sur l'analyse et le commentaire des textes d'Aristote revus par Thomas d'Aquin. Par tradition, ce système dogmatique nia toujours l'existence du vide. Ainsi, Descartes imaginait un monde plein, peuplé de tourbillons de matière, ce qui expliquait le phénomène de chute. Cette théorie des tourbillons, issue de la physique médiévale, reposait sur la liquidité des cieux : les corps pesants étaient emportés comme sur l'eau par les tourbillons de matière céleste.

Vers 1640, des expériences barométriques menées avec du plomb, de l'eau puis du mercure suggéraient

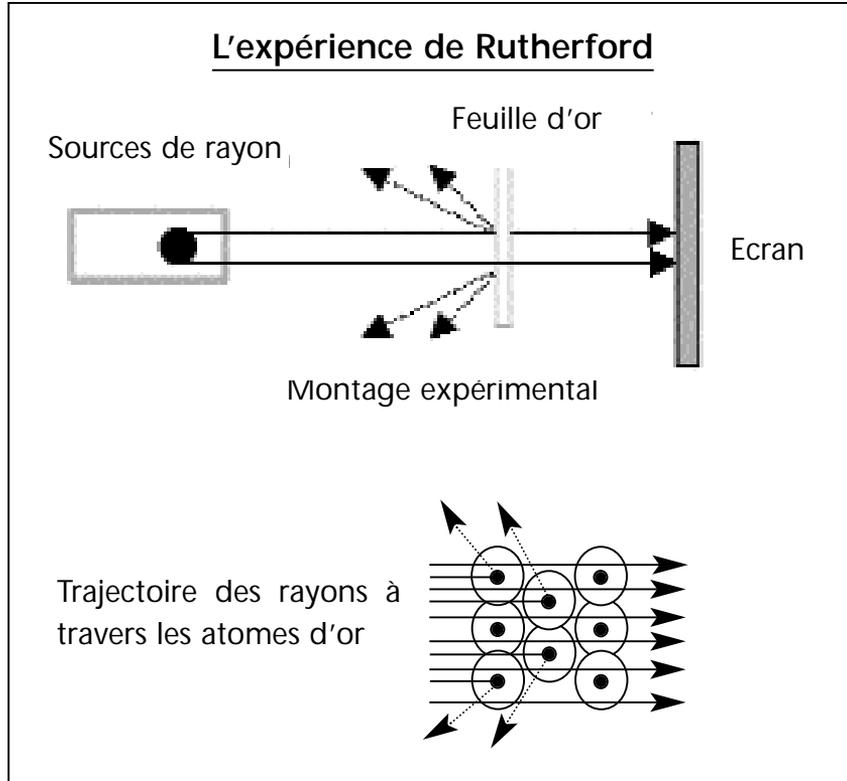
pourtant la présence du vide. L'Italien Evangelista Torricelli inventa le baromètre sous la forme d'une colonne de mercure. Les fontainiers de Florence ne comprenaient pas pourquoi l'eau ne montait pas plus haut que dix-huit brasses (10,50 mètres). Torricelli mit en évidence, par son invention, la pression atmosphérique (10,50 mètres d'eau ou 760 millimètres de mercure), ainsi que le vide. Pour cela, il utilisa un tube barométrique en verre, fermé d'un côté. En le remplissant de mercure, puis en le retournant (extrémité bouchée par un doigt) dans une cuve de mercure, il observa que la colonne de liquide s'équilibrait à une hauteur de 76 centimètres. L'air, que l'on croyait jusqu'à présent sans pesanteur, exerçait donc une pression (c'est la pression atmosphérique). En haut du tube subsistait un espace créé par la descente du mercure, qui devait être absolument vide puisque l'air n'avait pu y pénétrer.

Vers 1647, un ingénieur en fortifications, Von Guericke, fabriqua la première « pompe à vide » ; il chassa l'air de deux hémisphères contigus et montra que deux attelages de huit chevaux ne pouvaient les séparer. C'est avec une telle pompe, installée dans la Bibliothèque Royale, que le jeune physicien français Denis Papin conservera une pomme en état, sous vide, pendant des mois. Exilé à Londres, cet aristocrate fortuné passionné de sciences, connut une gloire précoce en inventant un « bain-marie à vis » qui n'est autre que notre cocotte-minute !...

C'est à cette époque qu'un jeune prodige Blaise Pascal, publia ses *Expériences nouvelles touchant le vide*. Contre la doctrine dogmatique de Descartes, il fera des expériences les « seuls principes de la physique. ». Cet illustre savant – mathématicien, physicien, philosophe, écrivain, inventeur de la première machine à calculer – poursuivit les recherches de

Torricelli, interrompues par sa mort prématurée. En observant le comportement du mercure lors de l'ascension du puy de Dôme, il expliqua l'« *horror vacui* » par la baisse de la pression. On établit en effet que la pression de l'air diminuait avec l'altitude, en relation avec une raréfaction de cet air.

Une autre expérience célèbre, menée environ deux cent cinquante ans plus tard révélera la structure extraordinairement lacunaire de la matière. Cette expérience, conçue en 1911 par Ernest Rutherford, reposait sur l'utilisation d'une source de rayon α^* . Ces particules positives sont éjectées par des éléments radioactifs avec une vitesse et une énergie colossales. Rutherford bombarda une mince feuille d'or avec ces particules invisibles. Ces dernières étaient ensuite dirigées vers un écran fluorescent sur lequel elles apparaissaient sous forme de scintillations.



D'abord, certaines particules rebondissaient vers l'arrière (en trait discontinu sur le schéma), ce qui impliquait que les atomes de la feuille d'or contenaient un constituant plus lourd et chargé positivement : le minuscule noyau de l'atome concentrant toute la masse venait d'être découvert.

Ensuite, et c'était là l'observation la plus extraordinaire, pratiquement toutes les particules traversaient la feuille d'or comme à travers un fantôme : une particule sur cent mille environ seulement était déviée. La matière apparut pleine de vide !

L'atome étant neutre, Rutherford comprit qu'il était constitué d'un noyau chargé positivement et d'un cortège électronique chargé négativement. Ces électrons papillonnent autour du noyau à une distance extravagante : imaginez une orange (c'est le noyau) au milieu de la place de la Concorde à Paris. Le noyau atomique est environ cent mille fois plus petit que l'atome lui-même et les électrons sont eux-mêmes minuscules devant ce noyau ; on comprend mieux le fait que les particules traversent impunément la matière. Ce noyau est si petit et les électrons si éloignés que l'atome est vide à 99,999999999999 % !...

La matière est donc le royaume absolu du vide. Cette plongée dans le monde microscopique nous montre à quel point notre perception de l'environnement (macroscopique) est trompeuse : une table en bois nous paraît bien pleine, bien solide alors qu'un voyageur réduit 10 milliards de fois ne verrait que quelques atomes vibrants, séparés par d'immenses espaces vides. Inversement, l'univers nous semble incommensurablement vide à cause de notre taille ridicule ; nous sommes minuscules comparés aux étoiles, comme les atomes sont minuscules à notre échelle. Si nous pouvions grandir à l'échelle de l'univers, il

nous apparaîtrait comme un objet plein et homogène, les étoiles jouant le rôle des atomes, à l'image de notre table en bois.

Ainsi donc, à toutes les échelles de grandeur, la matière apparaît comme extraordinairement lacunaire. La solidité, la compacité sont le résultat des interactions qui s'exercent de noyaux à noyaux. Entre ces centres très petits et très denses où se concentre la matière, il n'y a absolument rien. Il y a moins de cent ans, on ne connaissait que deux forces animant la nature : la gravitation universelle qui fait tomber les pommes et l'électromagnétisme qui fait se dresser les cheveux. La physique actuelle considère que quatre forces fondamentales gouvernent la nature : les forces nucléaires fortes et faibles agissant à très courte distance et les forces électromagnétiques et gravitationnelles exerçant leurs effets à toute distance. Ce sont ces forces (exception faite de la gravité) qui structurent les particules élémentaires de l'atome dans un vide considérable, contribuant à abuser nos sens.

Imaginons que nous puissions vaincre les forces de répulsions internucléaires (les noyaux atomiques, de mêmes charges électriques positives, se repoussent entre eux) au point de regrouper tous les noyaux de notre corps : nous n'occuperions alors qu'un invisible espace dérisoire. En comprimant ainsi l'humanité entière, on pourrait la faire tenir dans un dé à coudre...

Cet inconcevable volume vide autorise le déploiement de particules singulières, les électrons, présentes à tout instant et occupant tout l'espace sous la forme d'un nuage électronique diffus.

Dans l'atome, de prodigieuses forces obligent ces électrons à tourner autour du noyau fixe à une vitesse folle : un tour est effectué en environ 150 attosecondes, c'est-à-dire 150 milliardièmes de

milliardième de seconde... En mettant en commun leurs électrons, des atomes s'associent pour bâtir ces molécules. Les collisions innombrables de ces atomes engendrent ainsi, par des réactions chimiques*, des molécules à la diversité vertigineuse – on en dénombre actuellement plus de 20 millions – immense loterie d'où émergea la vie.

Selon Démocrite, les atomes se déplaçaient dans le vide, en se heurtant et s'agglutinant selon la congruence de leur forme. Pour qu'ils restent fixés ensemble, Lucrèce (98-55 av. J.-C.) imagina des crochets. Postérité étonnante de l'atomisme antique : cette image de l'atome crochu perdurera jusqu'à nos jours.

Amedeo Avogadro, juriste de métier et chimiste autodidacte, introduisit en 1811 l'expression « molécule ». Il énonça aussi une loi étrange, stipulant que tous les gaz, à conditions identiques, contiennent le même nombre de molécules : c'est N , le nombre d'Avogadro. Si l'on parvenait à mesurer ce nombre bien déterminé, la réalité moléculaire ne serait plus contestable ; c'est ce que fit le savant Jean Perrin un siècle plus tard. Aujourd'hui, le nombre N est connu avec précision : il est égal à 6×10^{23} . Insistons sur son énormité ; ce paramètre permet de déterminer le nombre de molécules dans un volume quelconque, par exemple dans chaque cm^3 d'air, soient 30 milliards de milliard. Dans le vide de l'espace interplanétaire, il reste encore 100 millions de molécules par cm^3 ...

La structure microscopique de la matière est donc composée d'une infinité de molécules, qui sont elles-mêmes des entités habitées de vide, ce qui révèle l'ultime paradoxe, la divine farce, le caractère immatériel de la matière ! L'aphorisme de Spinoza, « La Nature a horreur du vide », s'applique donc seulement au domaine philosophique...