

# Philosophia Scientiæ

Travaux d'histoire et de philosophie des sciences

14-2 | 2010 Louis Rougier, De Torricelli à Pascal

# Chapitre VII - La découverte de la raréfaction spontanée des gaz

# **Louis Rougier**



#### Édition électronique

URL: http://journals.openedition.org/philosophiascientiae/184

DOI: 10.4000/philosophiascientiae.184

ISSN: 1775-4283

#### Éditeur

Éditions Kimé

#### Édition imprimée

Date de publication : 1 octobre 2010

Pagination: 141-154 ISBN: 978-2-84174-536-4 ISSN: 1281-2463

# Référence électronique

Louis Rougier, « — Chapitre VII — La découverte de la raréfaction spontanée des gaz », *Philosophia Scientiæ* [En ligne], 14-2 | 2010, mis en ligne le 01 octobre 2013, consulté le 15 janvier 2021. URL: http://journals.openedition.org/philosophiascientiae/184; DOI: https://doi.org/10.4000/philosophiascientiae.184

Tous droits réservés

# Chapitre VII – La découverte de la raréfaction spontanée des gaz

Les nouveautés dont Pascal entretenait Florin Périer en septembre 1647 demeurèrent inconnues des contemporains. Le problème du vide et le mystère de la suspension des liquides demeurèrent toujours irritants. Cependant, dans le courant de l'hiver 1648, Roberval réalise des expériences nouvelles qui vont changer la face des choses. Les savants, que les expériences de Rouen avaient en général ralliés à la cause du vide, vont l'abandonner, tandis que l'hypothèse de la colonne d'air, contre laquelle Roberval, en septembre 1647, accumulait les objections, va, grâce à lui, définitivement triompher. C'est cet ensemble de découvertes et ce processus d'idées qu'il convient de retracer. Le personnage en action n'est plus Blaise Pascal dont le rôle est tout à fait nul : c'est Roberval, professeur de mathématiques au Collège de France.

# 1 - Les expériences de Roberval

À la différence de celles de Mersenne, l'évolution des idées de Roberval semble suivre un progrès continu. Inclinant pour l'attraction et le vide au début, puis résolument contre la colonne et pour le vide absolu, il devient partisan de la colonne et du plein, au printemps 1648. Pendant l'hiver 1646, nous avons vu Roberval pencher, contre les scolastiques, en faveur du vide. Une chose gêne son adhésion sans réserve : c'est la propagation de la lumière au travers de la chambre barométrique, qui ne s'explique que par le passage de corpuscules lumineux ou la vibration d'une matière subtile, ce qui exclut, dans les deux cas, le vide absolu. Victime de ses idées cosmologiques, et du principe scolastique de la passivité des substances, il rejette l'hypothèse de Torricelli et incline à assimiler la suspension du mercure aux phénomènes de capillarité qu'il avait étudiés avant 1644. Telle était, en rapprochant la lettre à Des Noyers du 20 septembre 1647 d'une lettre manuscrite qui semble dater de cette époque, l'attitude de Roberval, lors de la visite de Descartes à Pascal, Crovant avoir résolu la question de la suspension du mercure, il continue à rechercher si le haut du tube est vide et y étudie les modifications qu'y subissent tous les phénomènes connus : le son, la lumière, la pesanteur, la vie. À en croire Le Tenneur dans sa lettre à Mersenne du 8 janvier 1648, Roberval se serait finalement rallié au vide absolu :

Qu'en dit Roberval, lui qui admet le vide absolu<sup>118</sup>?

Une longue dissertation, qui n'est point de l'écriture de Roberval, mais qui nous apporte manifestement l'écho de ses recherches, a été découverte par M. Brunschvicg à la Bibliothèque nationale dans les manuscrits de Roberval<sup>119</sup>. L'analyse de ce document, dont la forme est celle d'une missive adressée à Des Noyers, permet de reconstituer comment Roberval, partisan du vide absolu et de l'attraction, en est arrivé à une radicale volte-face.

Ses expériences sur le maintien de la vie dans le haut du tube ne lui ayant apporté que des résultats contradictoires, il a résolu de recourir, malgré la modicité de ses ressources, à de nouvelles expériences.

1) – Il chauffe la partie du tube qui paraît vide. Aussitôt, le mercure descend. Il y a donc un corps, quel qu'il soit, qui a occupé un espace plus considérable qu'auparavant. Toutefois, il ne pense pas à l'air, parce qu'il croit l'avoir chassé avec le plus grand soin<sup>120</sup>. Mersenne, tenu au courant, écrit le 20 janvier 1648 (et non le 20 novembre 1647, comme le rapporte M. Brunschvicg) à Hevelius :

Nous ne doutons pas du *vide aérien*, mais quant à savoir si quelque corps plus subtil ne pénètre le verre, dont il sort aussi facilement, et quel est ce corps, c'est ce dont nous doutons <sup>121</sup>.

2) – Une seconde observation lui fait soupçonner la dilatation spontanée des gaz. Ayant rempli un tube de mercure jusqu'à un pied et demi de l'extrémité supérieure, puis, ayant versé de l'eau par-dessus le mercure, il retourne le tube. Le mercure vient en bas, l'eau se dispose par-dessus, au sommet règne apparemment un espace vide. Mais voilà que du mercure montent incessamment des bulles d'air plus ou moins grosses, qui, prises ensemble, représentent un volume assez considérable. Incline-t-on le tube de façon que le vide disparaisse, les bulles d'air se rassemblent en une seule sous un volume beaucoup plus petit, ce que Roberval interprète ainsi : les bulles d'air tendent à se dilater dans le mercure où elles ne rencontrent pas d'obstacle et, peut-être, occupent-elles dans la première phase de l'expérience, tout l'espace qui apparaît vide. Dans la seconde, pressées par la dureté du verre, le poids de l'eau et du mercure, elles

<sup>118.</sup> D. A., V, p. 104.

<sup>119.</sup> Bibl. nat., fonds lat., no 11197, fos 26-38.

<sup>120.</sup> P. B., II, p. 311.

<sup>121.</sup> Bibl. nat., fonds lat., no 10347, fo 134.

se rassemblent par mutuelle attraction en une gouttelette sphérique, dont le volume est d'autant plus réduit qu'elles sont plus comprimées. Tout se passe comme dans les instruments de balistique à air comprimé qui lancent à grandes distances des balles de plomb. L'air violemment comprimé, dès que la pression se relâche, se dilate et tend à occuper autant d'espace que le permet la résistance qu'offre à son expansion les corps ambiants. Roberval commence donc à douter du principe scolastique de la passivité des substances, principe qui, dans sa lettre à Des Noyers, le 20 septembre 1647, l'avait conduit à condamner si catégoriquement la raréfaction spontanée de l'air.

3) – Pour mieux observer cette dilatation spontanée de l'air qui contraste si curieusement avec la passivité de l'eau, Roberval prend un nouveau tube, le remplit de mercure jusqu'à un pouce et demi du bord, sans achever de le remplir avec de l'eau. Il le renverse. L'opacité du mercure lui permet seulement de voir quelques grosses gouttes d'air, bien qu'il ne doute pas qu'elles soient en quantité innombrable, comme dans la précédente observation. Il introduit alors, en plus du mercure, de l'eau dans le tube, et assiste, comme il l'avait prévu, à l'ascension d'innombrables bulles d'air, facilement discernables à travers la couche d'eau. Mais voici l'effet paradoxal auquel il ne s'attendait pas:

Dans l'une ou l'autre expérience, soit que l'on introduisît de l'air seul au-dessus du mercure, soit que l'on mît de l'air et de l'eau, un grand changement se produisit dans la hauteur du vif-argent. Celui-ci apparut plus déprimé de quatre doigts pleins que d'habitude, si bien qu'il ne montait plus à la hauteur de deux pieds entiers. Aussi souvent que l'expérience fut répétée, aussi fréquemment le même phénomène apparut dans le tube, soit que l'on opérât avec de l'air uniquement, soit avec de l'air additionné d'eau. Cependant, quand on ajoute de l'eau seule, rien de semblable ne se produit 122.

Ayant pris d'autres tubes, la dépression se révèle d'autant plus grande qu'ils étaient plus courts, sans que, même dans les plus longs, le mercure reprît jamais sa hauteur normale de 2 pieds 1/24, une fois qu'on eut laissé rentré si peu d'air que ce fût.

<sup>122.</sup> P. B., II, p. 314.

Cette expérience un peu confuse révélait ce fait paradoxal : l'air, bien que plus léger que l'eau, pris sous le même volume initial, fait baisser la colonne de mercure plus que l'eau et cela d'autant plus que l'espace vide qui lui est laissé pour se détendre est plus court.

Dès que ce résultat fut clairement compris de Roberval, il le conduisit à simplifier son expérience, d'une façon qu'on imagine être la suivante. Prenant deux tubes identiques, il introduit dans le premier une certaine quantité d'air pris sous la pression atmosphérique, et, dans le second, une quantité équivalente d'eau: il constate alors que l'air fait baisser le mercure plus de dix fois que l'eau.

Nous avons trouvé — écrit Mersenne à Constantin Huygens le 2 mai 1648 — qu'un doigt d'air pur dans le vide ne le ferait baisser que de 1/14 doigt<sup>123</sup>.

Sur ce prodige, le Minime revient dans sa lettre à Hevelius du  $1^{er}$  juin 1648, et, dans le *Liber novus proelusorius*, il consigne :

J'expérimente que neuf doigts d'air déprime le mercure de dix doigts, au lieu que deux doigts d'eau fait baisser le mercure d'un doigt seulement.

Ce résultat, comment Roberval va-t-il l'interpréter? M. Mathieu, qui se réfère aux seules citations de Mersenne, croit qu'il fut pour Roberval un nouvel argument contre la colonne d'air :

Contre la pression atmosphérique, Roberval trouva un nouvel argument. Deux tubes identiques étant en expérience dans la même cuve de mercure, il fit pénétrer dans le premier neuf pouces d'air, dans le second, neuf pouces d'eau; l'air fit baisser le mercure de dix pouces, l'eau, d'un pouce seulement. Ne pouvant concevoir la pression comme proportionnelle au poids spécifique, il en conclut que la cause du phénomène devait être toute autre chose qu'une pression. « Quel est ce prodige ?, écrivit Mersenne à Hevelius, l'air qui est si léger produit une pression dix fois plus forte que l'eau<sup>124</sup>. »

M. Mathieu, qui ne connaissait pas la Seconde Narration de Roberval, s'est sur ce point complètement trompé : bien loin de

<sup>123.</sup> Œuvres de Christian Huygens, I, p. 91.

<sup>124.</sup> R. P., 1906, p. 779.

le fortifier dans son opposition contre l'hypothèse de Torricelli, c'est le prodige que dénonce Mersenne qui va y rallier définitivement Roberval

En raisonnant à partir des lois de la mécanique, écrit Roberval, au sujet de la dépression du vif-argent produite par l'air, il m'apparut qu'il n'y avait pas d'explication plus élégante et plus conforme aux lois de la nature, que d'accorder que l'air spontanément et de lui-même se raréfie dans le tube, de façon à remplir tout l'espace qui apparaît comme vide, et cela sans que soit cependant épuisée sa tendance à se raréfier, en sorte que cet air, en cherchant à occuper un espace plus vaste, presse de toutes parts les corps qui l'entourent, parmi lesquels seul le vif-argent est apte à céder en refluant vers la partie inférieure, le tube résistant partout ailleurs 125.

Mais ce qui est vrai de l'air introduit dans le vide, l'est aussi de l'air extérieur que nous respirons. L'air possède une tendance naturelle à se dilater qui suit une loi de décroissance comparable à celles qui régissent les corps élastiques, les arcs, par exemple : à mesure que l'air est moins pressé, la force qui mesure sa tendance à la raréfaction diminue. C'est ce qui explique que la dépression du mercure, due à la pression de l'air intérieur, est d'autant plus grande que le tube est court : plus l'espace laissé vide est petit, moins l'air introduit peut se raréfier librement, en sorte qu'il conserve une plus grande tendance à se dilater et déprime davantage le vifargent. C'est ainsi que Roberval découvre la force d'expansion ou l'élasticité de l'air.

Lorsque, dans la chambre barométrique d'un tube de Torricelli, on introduit de l'air, celui-ci se dilate et fait baisser le mercure audessous de sa position normale. Mais, objectent les péripatéticiens, si la tendance de l'air à se raréfier est une force spontanée, inhérente à la nature — en vertu du principe aristotélicien que les caractères essentiels ne souffrent pas de latitude — elle ne comporte pas de degrés. Par son propre poids, le mercure tend à tomber dans la cuve; par sa propre force d'expansion, l'air tend à occuper non seulement l'espace laissé vide par le vif-argent déprimé, mais tout le tube, et même un tube plus grand si on le fournissait : comment le tube ne se vide-t-il pas en entier? Voilà pour le problème de la

<sup>125.</sup> P. B., II, p. 314.

force qui maintient en suspension le mercure : attraction intérieure ou pression extérieure ?

Roberval se réfère, pour y répondre, aux lois générales de l'attraction et de l'équilibre des éléments qu'il a développées dans son Aristarque. En dépouillant son langage du caractère hypothétique de ses conceptions cosmologiques, sa réponse est la suivante :

À la surface de la Terre, le poids et la pression de l'air, comprimé et pressé par les couches supérieures de l'atmosphère, est égal à la force qu'il faut pour soulever une colonne de mercure à 2 7/24 pieds de haut ou une colonne d'eau à trente-deux pieds environ. Dans l'expérience ordinaire de Torricelli, l'air extérieur, pressé et comprimé en raison de sa propre compression, presse le vif-argent contenu dans le tube, étant donné que la dureté du verre résiste à la pression des corps extérieurs ambiants : d'où, pour que la résistance du vif-argent contenu dans le tube équilibre la pression de l'air extérieur, reposant sur le mercure de la cuvette, il faut qu'il reste suspendu à la hauteur de 2 7/24 pieds<sup>126</sup>.

Si l'on introduit maintenant, dans la chambre barométrique, de l'air pris à la pression atmosphérique extérieure, cet air comprimé, ne rencontrant plus de résistance dans le vide, se dilate de façon à occuper toute la chambre barométrique. À cet état de raréfaction, sa force d'expansion est sensiblement moindre que celle de l'air extérieur normalement comprimé : elle s'exerce néanmoins sur le mercure à l'intérieur du tube et le fait baisser, en proportion de la puissance qui lui reste, jusqu'à ce que l'équilibre entre le système formé par l'air et le vif-argent à l'intérieur du tube et l'air extérieur pressant sur la cuvette soit de nouveau rétabli. Ainsi, en répondant à l'objection qui lui fut faite, Roberval, comme il en fait la remarque, se trouve avoir donné la raison de la suspension barométrique.

Une nouvelle objection amène Roberval à déduire de sa théorie un important corollaire qu'il confirme au moyen d'une expérience capitale. Cette expérience n'est autre qu'une variante de l'expérience du vide dans le vide.

Si, objecte quelqu'un, on arrivait par quelque artifice, soit à raréfier, soit à comprimer davantage

<sup>126.</sup> P. B., II, p. 318-319.

l'air extérieur qui repose sur la cuvette, la colonne mercurielle ne devrait-elle pas s'écarter de la hauteur de 2 pieds  $7/24^{127}$ ?

À cette question, Roberval répond, avant de tenter l'expérience, que le vif-argent descendrait, si l'air extérieur était raréfié; qu'au contraire, il monterait au-delà du niveau normal s'il était condensé. C'est ce que l'expérience confirma aux grincements de dents de ses adversaires, qui soutenaient que la suspension des liquides avait sa cause à l'intérieur du tube. Ainsi fut établi que le mystère de l'expérience de Torricelli résidait dans la raréfaction spontanée et la condensation violente de l'air.

- 4) Ceci ne résolvait pas la question dont était parti Roberval : le haut du tube est-il vide ou plein, plein d'air ou de quelqu'autre corps que ce soit? Roberval accumule les observations pour établir, contre ce qu'il a avancé dans sa première narration, qu'un peu d'air raréfié remplit la chambre barométrique, provenant soit de bulles d'air dissoutes dans le mercure, soit de bulles adhérentes aux parois du tube.
- 5) Pour mettre en évidence la raréfaction spontanée de l'air, de façon à convaincre les plus incrédules, Roberval imagina l'expérience dite de la vessie qu'il se plut à reproduire toujours avec un égal succès, en public et en particulier, plus de cent fois. Une vessie de carpe, soigneusement vidée, séchée et fermée, est assujettie au fond du tube. Aussitôt le tube renversé et le mercure descendu, on la voit se gonfler. Cette turgescence ne peut être due qu'à la dilatation spontanée de l'air resté dans la vessie, que ne contrarie plus, dans la chambre barométrique, la pression de l'air extérieur. Si l'on incline le tube, de facon que le mercure presse, puis entoure la vessie, celleci se dégonfle et revient à son volume primitif, et ainsi de suite, ce qui met lumineusement en évidence la raréfaction spontanée et la condensation violente de l'air. Quand Pascal fera l'ascension du Puv-de-Dôme en 1649 avec un ballon « flasque et mol », déprimé et bouché, qui se gonflera pendant la montée, quand Boyle introduira ce ballon dans le récipient de la machine pneumatique, ils ne feront que répéter l'expérience de la vessie.
- 6) Une sixième expérience, très élégante, mais dont la réalisation est dispendieuse, consiste à se servir des grands tubes de Pascal, de

<sup>127.</sup> P. B., II, p. 319.

45 pieds de haut, remplis d'eau ou de vin, et à suivre à l'œil nu l'ascension de bulles d'air, dont le volume grossit à mesure qu'elles s'élèvent, ce qui s'explique par leur dilatation croissante à mesure que diminue la hauteur du liquide qui les presse, jusqu'à ce que, parvenues dans la chambre barométrique, elles s'y raréfient librement.

Le résultat brut des expériences de Roberval semblait être le suivant :

- 1) L'air se raréfie spontanément, contrairement au principe scolastique de la passivité des substances.
- 2) Le haut du tube est rempli d'air raréfié. Roberval ne soupçonne pas la vaporisation spontanée des liquides dans le vide, mais il lui apparaît que la chambre barométrique n'est point un vacuum absolu.
- La pression de l'air extérieur est la cause de la suspension du mercure.

L'ordre de ses découvertes montre bien l'enchaînement de ses idées. Il veut savoir si le haut du tube est réellement vide et les expériences qu'il entreprend à ce sujet le conduisent à la découverte de la raréfaction spontanée de l'air. Si la force d'expansion de l'air, raréfié à l'intérieur, a pouvoir de déprimer la colonne mercurielle, a fortiori, la force d'expansion de l'air, condensé à l'extérieur, a pouvoir de soulever la colonne mercurielle en pressant sur le vif-argent de la cuvette. Les partisans de la colonne d'air disaient : c'est le poids de la colonne d'air qui fait équilibre au poids de la colonne de mercure. Roberval corrige cette façon de parler. C'est le poids de l'atmosphère qui comprime l'air extérieur au niveau du bassin de mercure et c'est la force d'expansion ou l'élasticité de l'air condensé qui presse sur le vif-argent. Déjà, à Ricci, qui lui objectait :

Si on place un couvercle sur le bassin de mercure, la colonne d'air pèse sur le couvercle, et non pas sur le mercure et pourtant le vif-argent dans le tube garde la même hauteur.

## Torricelli répondait :

Si elle place le couvercle de manière à enfermer dans le bassin une certaine quantité d'air, je demande si votre Seigneurie admet que l'air enfermé soit au même degré de condensation que l'air extérieur; alors le vif-argent se soutiendra à la même hauteur qu'auparavant.

# 2 – L'interprétation théorique de la raréfaction spontanée des gaz

Par quel mécanisme pouvait-on rendre compte du nouveau phénomène découvert par Roberval : la raréfaction spontanée de l'air ? La suite de la narration de Roberval nous apprend que, si personne ne peut contester le fait reconnu par Roberval, chacun s'efforce de le concilier avec les principes de sa physique.

Trois écoles sont en présence : les atomistes, que Roberval appelle épicuriens ou démocritiens ; les cartésiens, et formant la grosse majorité, les péripatéticiens.

Pour les atomistes, rien de plus aisé que l'interprétation de la raréfaction. Du moment que l'on admet les atomes et le vide, celle-ci correspond à l'espacement des atomes qui remplissent un volume d'air donné. Reste à expliquer la spontanéité de cet espacement. La théorie cinétique, avec les frères Bernoulli, y satisfera. Les molécules qui composent un gaz sont agitées d'un perpétuel mouvement en tous sens, si bien qu'elles tendent à envahir tout l'espace laissé à leur libre disposition, ce qui explique l'expansion des gaz. La pression exercée par un gaz sur les parois d'une enceinte correspond aux chocs de ses molécules et la loi de l'équipartition de la pression que formulera Pascal résulte de l'état de mouvement désorganisé des molécules d'un gaz. Pour s'imposer, cette théorie qui rendra compte aussi de la loi de Gay-Lussac devra renverser le dogme fondamental de la physique péripatéticienne : quidquid movetur ab alio movetur.

Les cartésiens ne pouvaient expliquer la dilatation de l'air par le vide. Ils admettent qu'une matière très subtile, n'offrant aucune résistance sensible, traversant le verre et les substances les plus dures, est répandue par toute la nature, « soit qu'ils l'appellent matière subtile, éther, esprit aérien ou quelqu'autre nom ». Dès lors, la raréfaction de l'air s'explique comme l'indique Descartes en ses *Principes* :

Toutes les fois que nous voyons un corps raréfié, nous devons penser qu'il y a plusieurs intervalles entre ses parties, lesquels sont remplis de quelqu'autre corps... tout de même que, voyant une éponge pleine d'eau ou de quelqu'autre liqueur, nous n'entendons point que chaque partie de cette éponge ait pour cela plus d'étendue, mais seulement qu'il y a des pores ou intervalles entre les parties, qui sont plus grands que lorsqu'elle est sèche et plus serrée.

Tout d'abord, l'expérience de la vessie, qui fut connue dès le mois de mars, semble tourner à la justification de Descartes. Parlant des *Expériences nouvelles* de Pascal, dans une lettre du 17 mars 1648 à Constantin Huygens, Mersenne déclare :

Pour son livre du vide, on commence ici à croire que ce n'est pas le vide, à cause qu'une vessie, aplatie et toute vide d'air, étant mise dans ce vide, s'y enfle incontinent <sup>128</sup>.

On explique d'abord l'enflement de la vessie, que l'on croyait d'abord purgée d'air, par la matière subtile, qui, s'introduisant au travers des parois, la gonflait de façon à empêcher le vide. On s'aperçut bien vite que cette explication n'expliquait rien :

J'oubliais, écrit le 2 mai Mersenne à Constantin Huygens, de vous entretenir de notre vide et particulièrement sur ce que vous m'avez dit de la vessie (en une lettre perdue), qui s'enfle dans le vide. Vous croyez comme nous que c'est quelque particule d'air qui, étant demeurée dedans, s'enfle et se raréfie. Mais la raréfaction n'étant pas intelligible, comme vous savez que M. Descartes l'a abandonnée à cause de cela, contre quoi pouvez-vous encore tenir cette raréfaction? Et même la qualité subtile n'est pas capable de faire cet enflement, car elle passe partout, aussi aisément que l'eau par un filet de pêcheur, et partant elle passerait à travers la vessie sans l'enfler 129.

Nous voyons par là que Christian Huygens, indépendamment de Roberval, avait découvert la véritable cause de l'enflement de la vessie dans la raréfaction spontanée de l'air. Mersenne, qui est cartésien de cœur, repousse cette explication comme inintelligible. Plus tard, convaincu sans doute par Roberval, il y reviendra dans son *Liber novus praelusorius*, comme à l'unique solution possible.

Les péripatéticiens n'admettaient ni le vide et les atomes, ni l'intervention d'un corps étranger. Selon eux, l'air raréfié ou condensé offre une parfaite continuité, ce qui paraît contradictoire. Sommé de prendre parti, Roberval déclare qu'il lui déplaît de trancher dogmatiquement en physique, lorsque la question ne comporte ni principes évidents, ni déductions certaines. Les expériences prouvent que le haut du tube qu'on

<sup>128.</sup> Œuvres de Christian Huygens, I, p. 83-84.

<sup>129.</sup> Œuvres de Christian Huygens, I, p. 91.

croyait vide est occupé d'air raréfié. Elles ne tranchent pas le problème de la possibilité du vide; elles établissent la dilatation spontanée de l'air : elles n'expliquent pas comment se fait cette raréfaction. Il renvoie du laboratoire aux écoles ces questions actuellement pendantes, où elles seront peut-être éternellement discutées.

Toutefois, s'il se dérobe à ceux qui le somment de se prononcer catégoriquement, il incline personnellement en faveur de la possibilité du vide. Ce que les péripatéticiens rapportent à l'horreur du vide, il l'attribue à l'attraction mutuelle de tous les éléments, d'où résultent leur pesanteur et la pression qu'ils créent les uns sur les autres.

Au système entier de la Terre et des éléments terrestres. écrit-il dans son Aristarque<sup>130</sup>, et à chacune des parties de ce système est inhérent un certain accident ou une certaine propriété semblable à la propriété que nous avons attribuée au système du monde pris dans son entier. Par la force de cette propriété, toutes les parties de ce système se réunissent en une seule masse, se portent l'une vers l'autre et s'attirent mutuellement : elles sont étroitement cohérentes et ne peuvent être séparées par une force plus grande. Mais les diverses parties des corps terrestres participent inégalement à cette propriété ou à cet accident, car une partie y participe d'autant plus qu'elle est plus dense... Dans les trois corps appelés terre, eau et air, cette propriété est ce que nous nommons habituellement la gravité ou la légèreté; car, pour nous, la légèreté n'est qu'une gravité moindre comparée à une gravité plus grande.

De cette tendance mutuelle à s'agréger en un système unique, naît la pression des corps; de cette pression, l'ascension des liquides dans les tubes, siphons, seringues, etc., jusqu'à une certaine hauteur nécessaire pour que l'équilibre entre les éléments de la nature soit établi. Attribuer les effets de cette attraction mutuelle des éléments à l'horreur du vide équivaudrait à interpréter de même l'attirance mutuelle du fer et de l'aimant.

S'il s'en prend ainsi aux péripatéticiens, après avoir déclaré s'abstenir de toute discussion dogmatique, Roberval est plus sévère encore à l'égard de Descartes. Nous savons que ce dernier arriva à Paris au début de juin 1648. Les savants parisiens se réunissaient alors chez l'abbé

<sup>130.</sup> Cet ouvrage fut réimprimé en  $1647,\ {\rm au}$  tome III des  $Cogitata\ physico-mathematica$  de Mersenne.

Picot ou aux Minimes de la Place Royale, jusqu'au fort de la maladie du père Mersenne. On essaya, mais vainement, de réconcilier les deux philosophes. Ce fut en l'une de ces assemblées, nous raconte Baillet, qui se tenait chez une personne de marque, que Roberval entreprit de pousser Descartes à bout sur tous les points de sa physique auxquels il était contraire.

Il l'attaqua non seulement sur le vide et sur l'impossibilité des atomes, qu'il rejetait, et sur la matière qu'il supposait divisible à l'infini. Il l'entreprit d'un ton si magistral et si semblable à celui dont il avait coutume d'épouvanter les écoliers de sa classe, que M. Descartes, qui n'était point venu en France pour disputer, en parut étourdi; et la crainte de trouver un second Voetius dans ce professeur fit qu'il aima mieux se taire que de lui laisser prendre pied sur ce qu'il pourrait lui dire pour l'embarquer dans des contestations 131.

C'est cette charge contre Descartes que la narration de Roberval reproduit

Il attaque, comme un abus du nominalisme, la réduction cartésienne des corps à l'espace, sous prétexte qu'on ne connaît rien de réel dans la nature que l'étendue. Roberval appelle, avec toute l'école, corps, ce qui se meut, est matériel, n'est pas intimement pénétrable, par opposition avec l'étendue spatiale ou solide géométrique, qui est immobile et pénétrable par tous les corps. Confondre sous le même vocable deux entités aussi distinctes que l'espace géométrique et le corps physique ou matériel, c'est abuser de l'équivoque. Certes, mathématiciens et physiciens peuvent étudier le même objet, mais à des points de vue différents. Le mathématicien n'envisage les corps qu'en tant qu'ils ont une certaine extension dans l'espace, des dimensions et une figure : il fait abstraction de leur matière. Le physicien étudie les corps en tant que matériels et mobiles, changeants ou invariables, corruptibles ou incorruptibles, etc. La critique tourne vite à la satire et Roberval moque les Méditations de Descartes, qui l'ont tellement élevé au-dessus de la science du vulgaire, qu'il voit clairement et distinctement l'identité du corps et de l'espace, dont le commun s'obstine à faire deux réalités distinctes.

### 3 – L'abandon du vide absolu

Les expériences de Rouen avaient converti au vide un très grand nombre de savants que n'offusquaient pas les préjugés de l'École. Les expériences

<sup>131. [</sup>Baillet, Vie de Descartes, II, p. 345-346.]

de Roberval ramenèrent au plein l'immense majorité des esprits, sans préjuger toutefois de la question du vide relatif et de la possibilité du vide absolu.

Ce sont l'expérience de la vessie et celle de l'abaissement du mercure lorsqu'on chauffe le haut du tube qui opérèrent cette volte-face. Dans une lettre du 17 mars à Constantin Huygens, Mersenne pose nettement la question :

Pour son livre du vide (*Les Expériences nouvelles* de Pascal), on commence ici à croire que ce n'est pas le vide, à cause qu'une vessie aplatie et toute vide d'air étant mise dans ce vide s'y enfle instantanément<sup>132</sup>.

Dans le courant d'avril, Christian Huygens répond à Mersenne :

C'est une belle expérience que vous avez communiquée à mon père, mais je ne doute point que ceux qui l'ont faite, avant que d'en voir l'effet, en aient bien vu la cause, qui est l'air qui est resté dans la vessie, qui est contraint de se dilater pour être également distribué par tout l'espace vide tant qu'il est possible. Je vous prie que quand vous en aurez fait d'autres de la sorte, comme de la clochette et de la pesanteur de l'air, de m'en faire part<sup>133</sup>...

Dans une lettre à Constantin Huygens du 2 mai, Mersenne revient sur l'expérience de la vessie, que n'explique pas la matière subtile de Descartes, qu'expliquerait bien la raréfaction si elle n'était inintelligible :

Vous voyez donc l'affaire insoluble, si la clarté de votre esprit n'y remédie  $^{134}.$ 

Sa lettre se croise avec une du 3 mai 1648 de Constantin Huygens, décidément rallié à l'explication de son fils, le « petit Archimède ». Le 5 mai, Pecquet écrit à Mersenne :

Monsieur de Roberval fait ici des merveilles, et réussit fort bien hier à l'opération de sa vessie de carpe; il a grand nombre d'auditeurs<sup>135</sup>.

<sup>132.</sup> Œuvres de Christian Huygens, I, p. 84.

<sup>133.</sup> Bibl. nat., nouv. acq. fr., 6206, fo 6.

<sup>134.</sup> Œuvres de Christian Huygens, I, p. 91.

<sup>135.</sup> Bibl. nat., nouv. acq. fr., 6204, fo 320.

Le bruit de cette expérience parvint jusqu'en Pologne, d'où Des Noyers écrit à Mersenne, de Nerecke, le 21 mai 1648 :

L'on m'écrit de Paris que l'on découvre qu'il n'y a plus de vide dans la nature. J'attends d'en être rassuré par vous ou M. Roberval... À notre retour à Varsovie, je vous demanderai ce que le père Valérian pense sur l'expérience de la vessie. Je m'imagine que c'est par ce moyen qu'on aura découvert que le peu d'air qui peut s'attacher en quelque façon aux corps se raréfie suffisamment pour remplir ce qu'on croyait vide, mais pourtant avec grande contrainte<sup>136</sup>.

Dans la troisième *Préface* de ses *Reflexiones* qu'il rédigea en juin 1648, Mersenne dit le grand changement qui s'est produit depuis la fin de l'automne 1647 : des expériences nouvelles réalisées au cours de l'hiver, « presque tous concluent qu'il n'y a pas de vide absolu dans ces tubes, mais que diverses particules d'air qui montent après la chute du mercure, remplissent la partie supérieure du tube abandonnée par le mercure (ex novis observationibus omnes fere concludant non inesse tubis illis vacuum absolutum, sed varias aëris particules, quae post mercurii casum ascendunt, implere tuborum partem superiorem a mercurio relictam) ». Enfin, le 29 juillet, à la veille de sa mort, écrivant à Hevelius pour lui annoncer l'envoi de son nouvel ouvrage, il déclare :

Des expériences presque toutes encore inédites que nous avons multipliées, nous pouvons enfin conclure qu'il y a de l'air raréfié, non du vide $^{137}$ .

La notoriété que Pascal s'était attirée par ses expériences de Rouen était ainsi compromise. Il semble bien que, se rendant compte du terrain perdu, il esquisse, dans sa *Lettre à Le Pailleur*, comme nous le verrons, une prudente palinodie. Mais comme son amour-propre doit souffrir de voir Roberval lui ravir le prestige que ses *Expériences nouvelles* lui avaient acquis, aux yeux de ses contemporains, [...]

[page manquante ou ligne manquante]

<sup>136.</sup> Bibl. nat., nouv. acq. fr., 6204, fo 265.

<sup>137.</sup> Bibl. nat., nouv. acq. fr., 6204, fo 182.