

De l'invention du baromètre : une étape dans la connaissance des propriétés de l'air

Par **Robert LOCQUENEUX**

Professeur émérite, Université de Lille,
Sciences et Technologies

Cet article montre comment la réflexion sur la montée de l'eau dans les tuyaux va conduire à l'invention du baromètre et à des controverses sur ce que sont l'éther et le vide.

L'étrange observation des fontainiers de Florence

Au milieu du XVII^{ème} siècle, trois théories physiques s'affrontent :

- celle d'Aristote suppose un monde clos, limité par la sphère céleste. Ce monde est constitué de deux Régions bien distinctes. Au centre, celle de la **Terre**, emplie de quatre éléments : la *terre*¹, l'*eau*, l'*air* et le *feu*. Ces éléments ne se confondent pas avec les matières que nous voyons autour de nous, lesquelles n'en sont que des formes impures, exagérées ; ainsi, l'air que nous respirons est mélangé de *feu*, d'*eau*, de *terre* et d'*air*, qui, en raison de sa plus grande quantité dans le *mixte* considéré, lui donne le nom d'air, et ce mélange est pesant. Au-dessus de la Terre se trouve le **Ciel**, région de perfection, d'immutabilité, où tournent les planètes : il est rempli d'un cinquième élément, l'*éther*,

- la physique de Descartes suppose un monde qui s'étend indéfiniment où chaque étoile est un soleil ; ce monde est plein, composé de trois éléments : le premier est une matière subtile, faite de raclures extrêmement ténues, l'*éther* ; le second est fait de corpuscules ronds, le *feu* ; le troisième élément est la matière grossière qui entre dans la composition des planètes, la *terre*. La matière du premier élément se glisse partout et constitue la matière de tourbillons qui entraînent, par exemple, les planètes autour du soleil,

- la physique de Gassendi s'inspire de l'atomisme antique. Pour lui, le monde, comme celui de Descartes, s'étend indéfiniment mais il n'est pas plein : Gassendi croit aux atomes et au vide.

Pour Aristote, comme pour Descartes, « la nature a horreur du vide ». Quand les fontainiers du duc de Florence se trouvèrent dans l'incapacité de monter l'eau à plus de 11 mètres dans un tuyau, fallait-il penser que cette Nature n'a qu'une horreur limitée du vide ? Torricelli ne croit pas à l'horreur du vide, qu'elle soit ou non limitée ; il a l'heureuse idée de substituer à l'eau un liquide plus dense. Il emplit de « vif-argent » [mercure] un tuyau fermé à un bout et, appliquant un doigt au bout ouvert, il retourne le tuyau, le plonge dans un vase plein du métal, puis, retirant son doigt, il voit le

vif-argent du tuyau descendre jusqu'à 73 cm et laisser vers le haut un espace libre. Il en conclut que c'est le poids de l'air extérieur pesant sur le métal du vase qui équilibre la colonne de liquide du tuyau et que « *nous vivons au fond d'un océan d'air élémentaire... dont on sait, par des expériences indubitables, qu'il est pesant, et qu'il est si dense au voisinage de la surface de la Terre qu'il pèse à peu près le quatre centième du poids de l'eau* ».

L'intervention des Pascal

Le père Mersenne, le « correspondant de l'Europe savante », assiste aux expériences à Florence. Il veut les reproduire à Paris mais ne le peut : les tubes de verre qui y sont fabriqués cassent sous le poids du mercure.

En septembre 1646, Pierre Petit, ingénieur du roi et intendant des Fortifications, connaît l'expérience d'Italie et aussi la réputation des maîtres verriers de Rouen. Lors d'une tournée d'inspection proche de cette ville, il fait un détour chez les Pascal² où il fait et réussit cette expérience. C'est par une lettre adressée à Chanut, l'ambassadeur de France en Suède, que nous en avons le récit (avant d'être ambassadeur, Chanut avait assisté à la tentative malheureuse de Mersenne à Paris). Le compte rendu de cette expérience par Petit est un modèle du genre ; il s'attache à ce que son correspondant puisse la reproduire sans difficulté.

Les Pascal furent ravis d'ouïr parler d'une telle expérience, tant par sa nouveauté que parce que, depuis longtemps, ils admettent le vide. Blaise Pascal entreprend alors une série d'expériences, dans lesquelles il ne veut voir que la preuve de l'existence du vide. Si certaines de ses expériences sont aisément réalisables, quelques autres nous laissent sceptiques. Il est question d'expériences faites avec de l'eau teintée de vin, de tubes d'une quinzaine de mètres fixés à des mâts de navire, irréalisables en son temps. Robert Boyle nie d'ailleurs qu'elles aient été réalisées.

Disons le tout de suite, l'expérience de Torricelli ne permet ni d'affirmer, ni de réfuter l'existence du vide. Ajoutons encore qu'au vu des travaux ultérieurs de Huygens, de Fresnel...

¹ Pour éviter toute confusion, nous mettrons en italiques le nom des éléments, en droites le nom des matières, avec une majuscule le nom d'un astre et en gras celui des régions cosmiques : *terre*, terre, Terre, **Terre**.

² Le père et le fils, Blaise, appartiennent à un groupe de recherche en mathématiques.

sur la lumière, et de Maxwell sur l'électricité et le magnétisme (qui admettent et s'appuient sur l'existence de l'éther), il est légitime de supposer que la position intellectuelle de Pascal aurait stérilisé la physique si elle avait été aveuglément adoptée. Pendant l'été 1647, Blaise Pascal revient à Paris. En octobre 1647, il publie les *Expériences nouvelles touchant le vide*, le récit de ces expériences tient en peu de pages et est présenté comme l'abrégé donné par avance d'un plus grand traité sur le même sujet : un *Traité du vide*, qu'il ne publiera pas.

La controverse de Blaise Pascal avec le père Noël

La parution de ce bref opuscule marque le début d'une controverse entre Pascal et le père Étienne Noël, jésuite, physicien estimé en son temps, recteur du collège de Clermont à Paris, après avoir été recteur du collège de La Flèche au temps où Descartes y était élève ; le père Noël est resté fidèle aux idées d'Aristote, bien que d'un esprit ouvert : Baillet écrit, dans sa biographie de Descartes, « *Le père Noël, quoique péripatéticien [aristotélicien] de profession, n'était pas fort éloigné des sentiments de Monsieur Descartes* ».

La polémique porte principalement sur deux points : l'espace et le vide, l'absence ou la présence d'une matière subtile dans le haut du tube barométrique. Les aristotéliciens et Descartes se rejoignent dans leur refus d'admettre le vide, un refus fondé sur une conviction, l'irréalité d'un espace existant par lui-même. Pour Pascal, Gassendi est le vrai novateur en physique, celui qui secoue le joug d'Aristote. Comme Gassendi, Pascal oppose l'espace immobile et pénétrable au corps mobile et impénétrable.

Selon le père Noël, le vide en haut du tube barométrique ne peut être qu'apparent ; il convient donc de rechercher quel est le corps qui prend la place du liquide. Lisons ce qu'il écrit : « *L'air que nous respirons est un mélange de feu, d'eau, de terre, et d'air qui, pour sa plus grande quantité, lui donne le nom d'air. Présupposons une chose vraie, que le verre a grande quantité de pores, que nous colligeons non seulement de la lumière, qui pénètre le verre plus que d'autres corps moins solides dont les pores sont moins fréquents, quoique plus grands, mais aussi de ce qu'une bouteille de verre bouchée hermétiquement ne se casse point en un feu lent sur des cendres chaudes* ». Quels sont ces corps qui sont susceptibles de remplir ce vide apparent ? « *Or, ces pores du verre si fréquents sont si petits que l'air mélangé ne saurait passer à travers ; mais, étant séparé et plus épuré de la terre et de l'eau, il pourra pénétrer le verre,*

comme l'eau boueuse ne passera pas à travers un linge bien tissu, où elle passe facilement étant séparée. Or, voici la force et la violence qui tirent l'air de son mélange naturel et le font pénétrer le verre ; le vif-argent qui remplit le tube et touche l'air subtil et igné que la fournaise a mis dans le verre et dont les pores sont remplis, descendant par sa gravité, tire après soi quelques corps. Il tire le feu et l'air subtil qui sont dans les pores du verre, et ceux-ci, par continuité et connexité, tirent après eux l'air qui les touche en l'épurant de ses constituants les plus grossiers qui restent dehors ». On retrouve, *mutatis mutandis*, des scénarii de ce style tout au long du XVIII^{ème} siècle dans les recherches sur l'électricité. La modernité est du côté du père Noël.

Noël critique aussi ce sentiment de Pascal que cet espace vide en apparence est véritablement vide, et destitué de toute matière. Pour Noël, « *tout ce qui est [espace est] corps* » et le vide apparent n'étant ni esprit ni accident (qualité) d'aucun corps, il s'en déduit nécessairement qu'il est corps. « *En effet, cette proposition qu'un espace est vide, prenant le vide pour une privation de tout corps, non seulement répugne au sens commun mais, de plus, se contredit manifestement.* » Mettez-vous un instant à la place du père Noël, à l'occasion d'une controverse scientifique, le voici obligé d'exposer des évidences pour qui a la moindre culture scientifique ; n'enseigne-t-on pas dans les écoles qu'il ne faut pas confondre l'espace des géomètres avec le lieu, c'est-à-dire confondre un schéma mental avec la réalité physique ? Lorsque les professeurs enseignent que le monde est enclos dans la sphère des fixes, ils ont à cœur de bien préciser qu'en dehors de la sphère des fixes il n'y a rien. Concevez qu'il est triste pour un savant tel que Noël de devoir répéter de telles évidences ! Ajoutons ici qu'il en est de même du temps : chez Aristote, le monde est éternel et le temps coextensif aux événements du monde ; il est ressenti comme éternel, mais la Bible nous enseigne qu'il y a eu un commencement à tout. Il convient donc de pratiquer une distinction entre le schéma mental qui conçoit l'éternité du monde et la réalité physique d'un monde créé par Dieu.

Les « expériences de Pascal » sur le vide

Les 23 et 24 septembre 1647, Pascal reçoit les visites de Descartes. Depuis quelque temps, celui-ci s'intéresse au baromètre et à la prévision du temps. Il suggère à Pascal de faire une expérience en bas et en haut d'une montagne, afin de démontrer que c'est la pesanteur de l'air qui cause



Périer mesurant la hauteur du tube de Torricelli sur le haut du Puy-de-Dôme

la montée du mercure dans le tuyau. Dans une lettre datée du 15 novembre de cette même année, Pascal écrit à Florin Périer, son beau-frère, magistrat à Clermont-Ferrand, pour lui demander de réaliser une expérience barométrique entre le bas et le sommet du Puy de Dôme, afin de montrer que l'équilibre de l'air avec le liquide est dû à la pesanteur de l'air. Mais Périer était alors dans un emploi à Moulins et ne peut faire l'expérience qu'en septembre de l'année suivante. Il est quasiment certain que cette lettre à Périer, publiée avec le *Récit de la grande expérience* à la fin de 1648, est antidatée ou a été modifiée avant sa publication. La date donnée par Pascal lui assure la priorité de l'idée de cette expérience, mais on ne peut que s'étonner qu'il ait fallu attendre dix mois pour passer à sa réalisation : il eût été facile de trouver, à défaut de Périer, un autre exécutant. Dans son expédition, Périer était aidé par plusieurs amis, aucun d'eux n'était physicien. La lettre par laquelle il relate cette expérience est un modèle inégalé de compte rendu d'expériences : on ne peut s'empêcher de penser que, dans toute cette histoire, B. Pascal n'a été que la mouche du coche. Mais Pascal a eu d'autres travaux pour trouver une place de choix dans l'histoire : les *provinciales* lui firent un nom dans la noblesse de robe et la haute bourgeoisie, qui, tout au long du XVIII^{ème}, eurent des sympathies pour le jansénisme, même si leur jansénisme était intellectuellement très corrompu et si se dire janséniste n'était qu'une manière de s'opposer aux jésuites. Et, puis, il y eut la publication posthume des *Pensées*.

Ajoutons encore que les papiers de recherche de Pascal sont pleins de ses querelles avec ceux qui ne convenaient pas de ses interprétations ou qui voulaient marcher sur les mêmes plates-bandes que lui sans être de ses amis...

Pour en savoir plus : Robert Locqueneux, *Baromètres, machines pneumatiques & thermomètres - Chez & autour de Pascal, d'Amontons & de Réaumur*, Paris, éd. L'Harmattan, 2015.