

LE VIDE ? QUELLE HORREUR !

par : André Ross
Professeur de mathématiques
Cégep de Lévis-Lauzon

Au début du XVII^e siècle, la représentation du monde physique est basée sur les enseignements d'Aristote pour qui le vide ne peut exister. L'univers est sphérique et partout rempli de matière. Dans le monde sublunaire, la matière est constituée de quatre éléments, terre, eau, air et feu. Dans le monde supra-lunaire, l'espace est rempli d'un éther invisible, le cinquième élément ou quintessence. Pour Aristote, la condition nécessaire au mouvement est l'existence d'un milieu matériel résistant. Dans le monde sublunaire, il y a deux sortes de mouvement. Tout corps laissé à lui-même tend à occuper sa place naturelle qui dépend de son élément dominant. C'est le mouvement naturel qui explique la chute des corps lourds mais également le fait que la fumée s'élève, que certains corps flottent et d'autres non. Il existe une autre forme de mouvement qu'Aristote qualifie de non naturel ou violent. C'est celui qui affecte un corps qui a été soumis à une force externe jusqu'à ce que l'effet de cette force se dissipe. Ainsi, une pierre lancée n'est plus en contact avec la force initiale qui l'a mise en mouvement mais l'air qui l'entoure continue à la propulser en hauteur jusqu'à ce que la tendance de la pierre à retrouver sa place naturelle soit plus forte que la force propulsive de l'air. Dans cette conception, le mouvement dans le vide est impossible, le vide ne peut donc exister. Cette conception du mouvement est celle enseignée par les aristotéliens au XVII^e siècle. Pour bien frapper l'imagination, ils avaient développé une formule choc : « la nature a horreur du vide ».

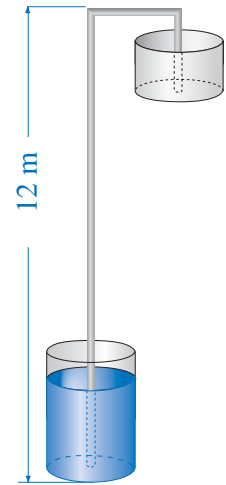
PREMIÈRES OBSERVATIONS

Les fontainiers de Florence avaient constaté qu'il était impossible de pomper l'eau à une hauteur supérieure à 18 brasses (environ 10 m ou 32 pieds). Intrigué par cette observation, Galilée suppose que c'est la force du vide qui agit à l'intérieur de la pompe et équilibre la colonne d'eau. Cependant, cette explication est nébuleuse. Qu'est-ce que la *force du vide* ? En 1630, le savant génois Giovanni Battista Baliani suggère une autre explication :

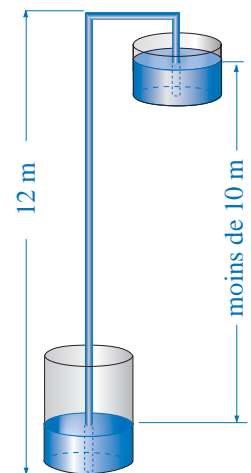
C'est le poids de l'air qui empêche l'eau de monter plus haut.

Cette explication n'est pas retenue par Galilée qui publie la sienne en 1638 dans ses *Discorsi e dimostrazione*

matematiche. Cependant, aucune explication n'est suffisamment convaincante pour entraîner l'adhésion des savants. Le problème est désormais posé : pourquoi est-il impossible de pomper l'eau à une hauteur supérieure à 10 m ? Des expériences sont tentées pour confirmer cette impossibilité et tenter de l'expliquer. En 1640, à Rome, Raffaello Magiotti et Gasparo Berti réalisent une expérience pour confirmer cette impossibilité. Ils ont construit un appareil constitué d'un tube de plomb de 12 m de haut dont la partie inférieure est fermée par un clapet et immergée dans un récipient d'eau. L'autre partie est recourbée et plongée dans un récipient vide.



L'appareil est muni d'un système de pompage et l'expérience consiste, après avoir ouvert le clapet de la partie inférieure, à mettre le système de pompage en marche.



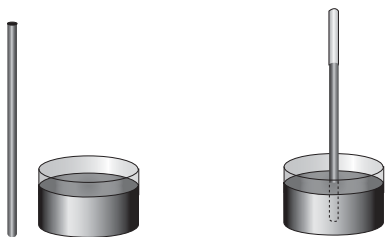
Les expérimentateurs s'attendent à confirmer qu'il est impossible de pomper l'eau à une hauteur supérieure à 10 m. Cependant, en actionnant la pompe reliée au système, l'eau monte dans le tube et se déverse dans le récipient supérieur.

Cette expérience semble infirmer l'observation première. Est-il possible de pomper l'eau à une hauteur supérieure à 10 m ? En fait, l'expérience n'est pas concluante car les expérimentateurs ont commis une erreur dans leur protocole expérimental. La mesure de la différence de niveau doit être prise entre les niveaux de liquide dans les deux récipients et non à partir du sol. La différence de niveau réelle est alors inférieure à 10 m.

Cet échec est intéressant car il illustre bien que le protocole expérimental joue un rôle important dans le résultat d'une expérience et il faut tenir compte de celui-ci dans l'interprétation des résultats. Par la suite, cette erreur de protocole a été corrigée et l'expérience a permis de vérifier les dires des fontainiers.

L'EXPÉRIENCE DE TORRICELLI

Torricelli s'intéresse au problème du poids de l'air et en 1643, il imagine une expérience qui sera réalisée avec son collègue et ami Vincenzo Viviani. Cette expérience consiste à remplir de mercure un tube dont l'extrémité est bouchée par une peau de porc. Ce tube est ensuite renversé et plongé dans une cuve de mercure. Le mercure descend dans le tube mais se stabilise avant d'atteindre le niveau de mercure dans la cuve. De plus, le mercure se stabilise toujours à la même hauteur dans le tube, environ 26 pouces trois lignes et demi.



INTERPRÉTATION DU RÉSULTAT DE L'EXPÉRIENCE

Deux questions importantes sont soulevées par l'expérience de Torricelli. La première porte sur la nature de l'espace libre au sommet du tube.

Quelle est la nature de l'espace laissé libre au sommet du tube par le liquide en suspension ? Cet espace est-il vide ou comporte-t-il une matière inconnue ?

Pour Torricelli, l'interprétation est évidente, c'est un espace vidé de toute substance. Pour les aristotéliens, et plus particulièrement les Jésuites, le vide ne peut exister. En effet, le vide est le non-être, or comment le non-être pourrait-il être ? Ils admettent la réalité du fait expérimental mais ils n'acceptent pas son interprétation. Pour eux, l'espace au sommet du tube ne peut être vide, il doit être pénétré d'une forme d'air assez subtile pour être invisible.

La deuxième question soulevée par cette expérience porte sur la cause.

Pourquoi le mercure se stabilise-t-il toujours à la même hauteur dans le tube ? Quelle est la force qui maintient le mercure à cette hauteur ?

Pour Torricelli, c'est le poids de l'air (pression atmosphérique) qui maintient le mercure dans le tube. Pour les aristotéliens, c'est l'horreur du vide qui empêche

que la matière subtile de l'espace au sommet du tube soit infiniment dilatée.

EXPÉRIENCES DE PASCAL

Blaise Pascal va s'intéresser à l'expérimentation sur le vide lors d'une visite à Rouen de son ami Pierre Petit. Ensemble, ils réalisent l'expérience de Torricelli. Après le départ de Petit, Pascal poursuit les expériences sur le sujet. Les aristotéliens prennent les devants et publient plusieurs textes sur l'impossibilité du vide en donnant leur interprétation de l'expérience de Torricelli. Entre autres, ils avancent que l'espace au sommet du tube est rempli de vapeur de mercure.

Pascal répond à cette interprétation en imaginant une autre expérience. Il fait produire deux tubes de quarante pieds qui sont consolidés par des supports de bois pour ne pas casser durant l'expérience. L'un des tubes est rempli d'eau, l'autre de vin et les tubes sont bouchés. À l'aide de poulies, les tubes sont renversés et plongés dans des cuves contenant le même liquide.

Cette expérience vise à répondre à l'objection des aristotéliens selon laquelle dans l'expérience de Torricelli le sommet du tube est rempli de vapeurs de mercure. En effet, selon cette interprétation, dans le tube rempli d'eau, le niveau de liquide devrait être supérieur à celui du vin puisque le vin a plus de vapeurs que l'eau. Ces vapeurs devraient, en se dilatant, occuper un plus grand volume que les vapeurs d'eau.

Cependant, selon Pascal, le niveau de liquide dans le tube contenant le vin devrait être supérieur car le vin est plus léger. Il faut donc une plus grande colonne de vin pour équilibrer la pression de l'air. La hauteur des liquides devrait être dans le rapport de leur pesanteur spécifique (densité). L'expérience démontre que l'objection des aristotéliens ne tient pas et la thèse de Pascal prévaut.

On reconnaît dans cette démarche de Pascal une attitude très moderne. L'une des théories prédit que le niveau de vin sera supérieur à celui de l'eau et l'autre prédit l'inverse. L'accord des résultats expérimentaux avec la prédiction est une forme de validation essentielle dans le développement de la science. Pascal met au point un protocole expérimental pour vérifier quelle théorie permet de faire la bonne prédiction.

À l'automne 1647, les Pascal s'installent à Paris où Mersenne et Roberval expérimentent et débattent acti-

vement du sujet. Le 8 octobre 1647, Pascal publie un opuscule sur ses principales expériences réalisées à Rouen. La figure suivante est une reproduction de sa page titre.

EXPÉRIENCES
NOUVELLES
TOUCHANT
LE VIDE

faites dans des tuyaux, seringues, soufflets,
& siphons de plusieurs longueurs & figures;
avec diverses liqueurs, comme vif-
argent, eau, vin, huile, air, &c.

Avec un discours sur le même sujet.

Où est montré qu'un vaisseau si grand qu'on le pourra
faire peut être rendu vide de toutes les matières
connues en la nature, & qui tombent sous les sens.

Et quelle force est nécessaire pour faire admettre ce vide.

Dédié à Monsieur PASCAL Conseiller du
Roy en les conseils d'État & Privé.

Par le sieur B.P, son fils

Le tout réduit en abrégé, & donné par avance d'un
plus grand traité sur le même sujet.

ARGUMENTS D'ÉTIENNE NOËL

En réponse à l'opuscule de Pascal, Étienne Noël, un ancien professeur de Descartes au Collège de la Flèche en fait paraître un lui aussi. La figure suivante est une reproduction de sa page titre.

LE
PLEIN
DU VIDE
OU

Le corps, dont le vide apparent
des expériences nouvelles
est rempli.

Trouvé par d'autres expériences, confir-
mé par les mêmes & démontré
par raisons physiques

Par le P. Étienne Noël, de la
Compagnie de Jésus.

À PARIS
Chez Jean du Bray, rue Saint Jacques

M. DC. XLVIII.
AVEC PERMISSION

Selon Noël, l'espace torricellien est rempli d'un air épuré qui a traversé les pores du tube. C'est cet air qui ralentit la descente jamais instantanée du mercure dans le tube au cours de l'expérience et qui stabilise celui-ci à toujours à une même hauteur. Le fait même que cet espace soit transparent à la lumière n'implique-t-il pas au minimum une forme d'éther ?

Plutôt que de plaider sur le fond et discuter les arguments du père jésuite, Pascal discute de son propre mode de raisonnement. Aux hypothèses et expériences du sens commun qui sont la base du raisonnement du jésuite, il oppose les effets de persuasion qui résultent de l'expérimentation artificielle. Les hypothèses de Noël sont probables comme explication du phénomène, mais pas plus que toutes les hypothèses avancées par d'autres. Pascal met également en garde contre le recours à la seule induction pour construire la connaissance. Il déclare:

Pour faire qu'une hypothèse soit évidente, il ne suffit pas que tous les phénomènes connus s'en ensuivent, au lieu que, s'il s'ensuit quelque chose de contraire à un seul des phénomènes, cela suffit pour assurer de sa fausseté.

En d'autres mots, même si une hypothèse est valide pour tous les cas vérifiés cela ne signifie pas qu'elle le sera également dans tous les cas qui ne l'ont pas encore été. De plus, il suffit d'un cas pour lequel l'hypothèse n'est pas valide pour conclure qu'elle ne l'est pas toujours. Pascal rappelle qu'il ne prétend pas avoir prouvé avec certitude l'existence d'un espace vide, mais seulement que :

Cet espace est vide, jusqu'à ce que l'on m'ait montré qu'une matière le remplit.

Dans sa réponse, Pascal cherche à faire reconnaître la méthode expérimentale comme mode de construction de la connaissance scientifique. Dans une approche expérimentale, une expérience confirmant une hypothèse ne démontre pas que celle-ci est toujours vraie mais seulement qu'elle est plausible. D'autres expérimentations pourraient infirmer l'hypothèse ou entraîner une modification de celle-ci. Cela suppose qu'il faut reconnaître que la connaissance évolue, elle est en progrès constant.

Les secrets de la nature sont cachés; quoiqu'elle agisse toujours, on ne découvre pas toujours ses

effets: le temps les révèle d'âge en âge, et quoique toujours égale en elle-même, elle n'est pas toujours également connue. Les expériences qui nous en donnent l'intelligence multiplient continuellement; et comme elles sont les seuls principes de la physique, les conséquences multiplient à proportion.

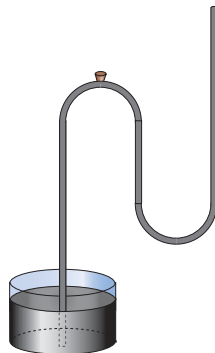
Sur le recours aux écrits des anciens comme source de la connaissance scientifique, il écrit :

De même, quand les anciens ont assurés que la nature ne souffrait point de vide, ils ont entendu qu'elle n'en souffrait point dans toutes les expériences qu'ils avaient vues, et ils n'auraient pu sans témérité y comprendre celles qui n'étaient pas en leur connaissance. Que si elles y eussent été, sans doute ils auraient tiré les mêmes conséquences que nous et les auraient par leur aveu autorisées à cette antiquité dont on veut faire aujourd'hui l'unique principe des sciences.

La deuxième question soulevée par l'expérience de Torricelli portait sur la cause. Qu'est-ce qui empêche le mercure de descendre dans le tube? Par l'expérience de l'eau et du vin, Pascal avait mis en évidence la relation entre la hauteur du liquide dans le tube et son poids spécifique. Il restait cependant à montrer que cette hauteur compense le poids de l'air sur le mercure de la cuve.

À la fin de 1647, une expérience appelée *expérience du vide dans le vide*, sera réalisée indépendamment par Pascal, par Gilles Personne de Roberval et par Adrien Auzout (1622-1691). La relation de cette expérience est donnée par Pascal dans le *Traité de la Pesanteur de la Masse de l'Air*.

Cette expérience consiste à utiliser un tube recourbé comportant un orifice obturé par un bouchon. L'extrémité du tube est également bouchée à l'aide d'une peau de porc. Le tube recourbé est ensuite renversé et plongé dans une cuve de mercure.



En enlevant la peau qui bouche l'extrémité inférieure du tube, le mercure descend dans celui-ci, mais une partie est emprisonnée dans la section coude du tube. Le niveau de mercure se stabilise à la même hauteur dans les deux

branches de cette section. Cela signifie que la pression exercée sur le liquide est la même dans les deux branches. Dans l'autre partie du tube, le mercure se stabilise à une hauteur entre 26 et 27 pouces.

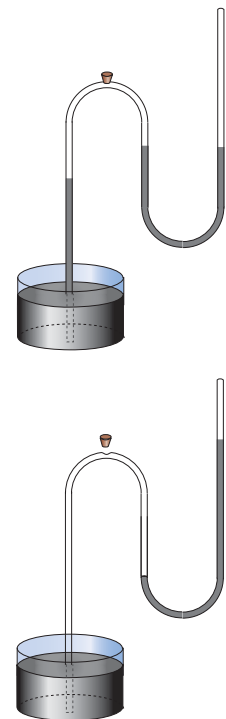
En enlevant le bouchon, la partie inférieure du tube se vide et le niveau est le même que dans la cuve. Dans l'autre partie, le niveau de mercure remonte brusquement. L'interprétation qui en est donnée est que la pression atmosphérique qui s'exerce dans l'une des branches fait remonter le liquide dans l'autre branche.

Pascal craint cependant que l'on puisse encore interpréter cette expérience par l'horreur du vide. Pour démontrer que c'est bien la pression de l'air qui empêche le mercure de descendre dans le tube, il imagine alors de réaliser l'expérience au pied, à flanc et au sommet d'une montagne. Cette éventualité passionne la communauté expérimentale parisienne. Si la cause est bien la pression de l'air, la hauteur du mercure au sommet d'une montagne devrait être inférieure à ce qu'elle est au pied de la montagne. Pour réaliser l'expérience, il choisit le Puy-de-Dôme en Auvergne. Cette montagne est voisine de Clermont-Ferrand

L'EXPÉRIENCE DU PUY-DE-DÔME

Le débat entre Blaise Pascal et Étienne Noël soulève des questions importantes pour le développement des sciences. Qu'est-ce que l'expérience ? Comment reconnaître la validité d'une expérience ? Comment être certain de l'interprétation des résultats ? À l'époque de Pascal, les réponses à ces questions sont puisées dans les écrits d'Aristote.

Dans les *Seconds analytiques*, Aristote présente l'expérience comme un fruit de la mémoire. La sensation plusieurs fois répétée engendre la mémoire, et celle-ci, accumulée, engendre l'expérience. L'expérience, au sens d'Aristote ne désigne pas l'observation d'un événement singulier. L'expérience est l'énoncé universel d'un fait éprouvé par tous. Un tel énoncé peut servir d'hypothèse dans une déduction scientifique, sans être contesté. Ainsi, nous savons *par expérience* que la nuit succède au jour parce que nous sommes habitués à voir cette succession se produire. Cela peut être peut servir



d'hypothèse dans une déduction scientifique, sans être contesté. Cet énoncé a valeur d'axiome comme en géométrie et ne requiert aucune preuve.

L'interprétation aristotélicienne de l'expérience impose des contraintes importantes. Un savant qui réfère à un phénomène naturel familier dans un débat n'a aucune difficulté à faire admettre son argumentation. Cependant, le savant qui réfère à un phénomène qu'il a lui-même provoqué doit élever celui-ci au rang de connaissance véritable en réalisant publiquement celle-ci ou en faisant un compte-rendu détaillé de l'expérience attestée par des témoins crédibles.

Pour réaliser une expérience de cet envergure, il faut trouver des gens prêts à la financer et à y participer. À cette époque, les centres de recherche universitaires sont le fief des aristotéliciens qui ne veulent surtout pas s'impliquer dans la réalisation de cette expérience. Pascal demande à son beau-frère Florin Périer, qui est déjà sensibilisé au problème et qui a déjà répété l'expérience de réaliser l'expérience du Puy-de-Dôme. Celui-ci s'assure le concours de notables qui pourront témoigner des résultats. Ce sont des dignitaires de la ville de Clermont-Ferrand, ecclésiastiques et séculiers. Il recrute le Très Révérend Père **Bannier**, l'un des pères minimes de la ville qui a été plusieurs fois supérieur de sa communauté. **Claude Mosnier**, chanoine de l'église cathédrale de Clermont. Deux conseillers en la cour des Aides: **Michel La Ville**, âgé de 38 ans, occupe son poste depuis 1633. **Victor Begon** âgé de 23 ans, cousin germain de Pascal qui fait preuve d'une grande curiosité d'esprit. **Ligier Laporte**, médecin à Clermont et ami proche de Florin Périer. Le Révérend Père **Chastin**, père minime de Clermont qui manifeste un grand intérêt pour les sciences et qui est doté d'un bon sens de l'observation.

C'est le 19 septembre 1648 que l'expérience est tenue. Deux cuves sont utilisées et l'expérience est répétée plusieurs fois dans le jardin du couvent des pères minimes. Chaque fois la hauteur du mercure est mesurée. Elle est toujours de 26 pouces trois lignes et demi. Un tube est laissé au couvent sous la surveillance d'un père minime et les autres membres de l'équipe se mettent en route. Florin Périer fait un compte-rendu de cette expérience dont voici un extrait.

Qu'en l'expérience faite au plus bas lieu, le vif-argent restait à la hauteur de 26 pouces 3 lignes et demie.

En celle qui a été faite en un lieu élevé au-dessus du plus bas d'environ sept toises, le vif-argent est resté à la hauteur de 26 pouces 3 lignes.

En celle qui a été faite en un lieu élevé au-dessus du plus bas d'environ 27 toises, le vif-argent s'est trouvé à la hauteur de 26 pouces une ligne.

En celle qui a été faite en un lieu élevé au-dessus du plus bas d'environ 150 toises, le vif-argent s'est trouvé à la hauteur de 25 pouces.

En celle qui a été faite en un lieu élevé au-dessus du plus bas d'environ 500 toises, le vif-argent s'est trouvé à la hauteur de 23 pouces 2 lignes.

Et partant, il se trouve qu'environ sept toises d'élévation donnent de différence en la hauteur du vif-argent une demi-ligne. Environ 27 toises : 2 lignes et demie. Environ 150 toises : quinze lignes et demie, qui font un pouce 3 lignes et demie. Et environ 500 toises : 37 lignes et demie, qui font 3 pouces une ligne et demie.

Voilà au vrai tout ce qui s'est passé en cette expérience, dont tous ces Messieurs qui y ont assisté vous signeront la relation quand vous le désirerez.

Au reste, j'ai à vous dire que les hauteurs du vif-argent ont été prises fort exactement; mais celles des lieux où les expériences ont été faites l'ont été bien moins.

Si j'avais eu assez de loisir et de commodité, je les aurais mesurées avec plus de précision, et j'aurais même marqué des endroits en la montagne de cent en cent toises, en chacun desquels j'aurais fait l'expérience, et marqué les différences qui se seraient trouvées à la hauteur du vif-argent en chacune de ces stations, pour vous donner au juste la différence qu'auraient produit (sic) les premières cent toises, celle qu'auraient donné (sic) les secondes cent toises, et ainsi des autres; ce qui pourrait servir pour en dresser une table, dans la continuation de laquelle ceux qui voudraient se donner la peine de le faire pourraient peut-être arriver à la parfaite connaissance de la juste grandeur du diamètre de toute la sphère de l'air.

Je ne désespère pas de vous envoyer quelque jour ces différences de cent en cent toises, autant pour notre satisfaction que pour l'utilité que le public en pourra recevoir.

Si vous trouvez quelques obscurités dans ce récit, je pourrai vous en éclaircir de vive voix dans peu de jours, étant sur le point de faire un petit voyage à Paris, où je vous assurerai que je suis,

Monsieur,

Votre très humble et très affectionné serviteur,
Périer
De Clermont, ce 22 septembre 1648

En 1654, Pascal informe la communauté scientifique qu'il est sur le point de publier un ouvrage faisant la synthèse de ses recherches sur le vide. Ce traité ne sera publié qu'en 1663, après la mort de Pascal. La page titre de ce traité est reproduite à la figure suivante.

TRAITÉ
DE
L'ÉQUILIBRE
DES LIQUEURS
ET
DE LA PESANTEUR
DE LA
MASSE DE L'AIR.

Contenant l'explication des causes de divers effets de la nature, qui n'avaient point été bien connus jusqu'ici, particulièrement de ceux que l'on avait attribué à l'horreur du vide

Par Monsieur PASCAL
Seconde édition
À Paris
En la boutique de Charles Savreux
Chez Guillaume Desprez, au
pied de la tour de Notre-Dame du
côté de l'archevêché.

M. DC. LXIV.
AVEC PRIVILÈGE DU ROY.

AUTRES EXPÉRIENCES

LES SPHÈRES DE MAGDEBOURG

D'autres expériences seront réalisées pour démontrer la force de la pression atmosphérique. En perfectionnant la seringue, l'allemand Otto von Guericke (1602-1686) finit par construire la première machine pneumatique en 1650, c'est-à-dire la première machine permettant de pomper l'air d'un récipient fermé. Il en fait une démonstration publique à Magdebourg en 1654 devant l'empereur Ferdinand III et l'assemblée des princes.

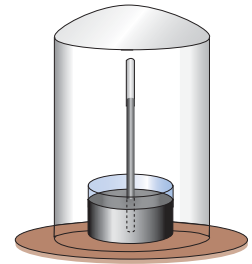
Deux hémisphères de laiton de 80 cm de diamètre sont réunies et l'assemblage est rendu étanche à l'aide d'un

mélange de graisse, de cire et de térébenthine. Le vide est fait à l'intérieur et sous l'influence de la pression atmosphérique, les deux hémisphères sont si bien accolés que deux attelages de huit chevaux chacun ne parviennent pas à les séparer.

En ouvrant une petite valve aménagée dans une des hémisphères, von Guericke laisse alors pénétrer l'air à l'intérieur à l'insu de l'auditoire et sépare les deux hémisphères à mains nues.

EXPÉRIENCE DE ROBERT BOYLE

Dans les années 1660, Robert Boyle effectue une série d'expériences pour répondre aux objections de Franciscus Linus qui réfute l'existence du vide. L'une de ces expériences consiste à répéter celle de Torricelli sous une cloche de verre dont on enlève l'air à l'aide d'une pompe à vide. Pour y parvenir, il s'adjoint les services de Robert Hooke qu'il a rencontré lors de la démonstration de la pompe pneumatique que celui-ci avait construite en se basant sur la méthode développée par von Guericke.



Cette expérience est très convaincante car on peut voir, à chaque coup de pompe, le mercure descendre dans le tube à mesure que l'air se raréfie sous la cloche.

CONCLUSION

L'histoire des expériences sur la pression atmosphérique illustre qu'il ne suffit pas d'observer et tenter une explication pour faire de la science. Rappelons les faits, il y a d'abord une observation fortuite, celle des fontainiers de Florence. Cette observation éveille l'intérêt des scientifiques qui mettent au point des protocoles expérimentaux pour reproduire et comprendre le phénomène.

Pour vérifier l'hypothèse de la pression de l'air comme cause du phénomène, Torricelli réalise une expérience au cours de laquelle il fait une autre observation, celle d'un espace ne contenant pas de mercure au sommet du tube. Cet espace est-il vide de toute matière ou contient-il une matière subtile qui ne pouvant se dilater indéfiniment retient le mercure dans le tube ? L'hypothèse du vide sape les fondements de la physique aristotélicienne. Faut-il rejeter la théorie du mouvement d'Aristote ou rejeter l'existence du vide ? Pour en avoir

le cœur net, il faut voir ce que chacune des théories permet de prédire et développer un ou des protocoles expérimentaux qui vont permettre de vérifier si ces prédictions se réalisent.

Il a donc fallu interpréter les résultats et échafauder des hypothèses explicatives. Déterminer un protocole pour vérifier ces hypothèses en vérifiant la conformité des résultats et des prédictions découlant des théories. Les acteurs de cet épisode de la science ont développé une approche nouvelle de construction de la connaissance scientifique qui se caractérise par le recours à l'expérimentation pour juger de la validité d'une théorie scientifique. Cependant, aucun des acteurs de l'expérience du Puy-de-Dôme n'a pensé à décrire mathématiquement la relation entre l'altitude et la hauteur de la colonne de mercure. À l'époque, ce type de description des relations entre variables n'était pas encore en usage. Dans son compte-rendu, Périer envisage tout au plus de construire une table de correspondance entre l'altitude et la hauteur de la colonne de mercure pour bien illustrer que cette hauteur dépend de l'altitude.

On constate avec le recul que ce n'est pas la nature qui avait horreur du vide mais les défenseurs de la physique d'Aristote. Pour eux, reconnaître l'existence du vide sapait les fondements de la théorie du mouvement d'Aristote. Une découverte scientifique impose parfois de modifier les théories en vigueur. Galilée avait déjà amorcé les travaux qui allaient mener à une nouvelle théorie du mouvement. Cette théorie nécessitera l'invention d'un nouveau langage mathématique le calcul différentiel et intégral que l'on doit à Isaac Newton et Gottfried Wilhelm Leibniz.

QUELQUES-UNS DES PERSONNAGES

ROBERT BOYLE (1627-1691)

Le chimiste irlandais Robert Boyle a étudié au Collège Eton de 1635 à 1639. En 1639, à l'âge de 12 ans, il entreprend une tournée des pays européens avec un tuteur privé. Durant ce voyage, il étudie les œuvres de Galilée. Après cette tournée, qui s'est déroulée surtout en Suisse, il retourne en Angleterre et entreprend ses expérimentations scientifiques et la rédaction d'essais éthiques.



À partir de 1656, il travaille à Oxford où il rencontre Robert Hooke, lors de la démonstration de la pompe pneumatique que celui-ci avait construite. Boyle s'en sert pour étudier les propriétés physiques de l'air, ce qui lui permet de montrer que la présence de l'air est nécessaire à la respiration et à la combustion. En 1661, il rapporta sa découverte à l'effet que le volume d'un gaz est inversement proportionnel à sa pression. Cette propriété est appelée depuis, la loi de Boyle (ou loi de Boyle-Mariotte), la formulation est du physicien anglais Richard Towneley.

MARIN MERSENNE (1588-1648)

Mersenne fait ses études chez les jésuites. Après deux années de théologie à la Sorbonne, il rejoint en 1611 l'ordre des Minimes et enseigne la philosophie au couvent de la congrégation à Nevers. Quelques années plus tard, il entre au couvent minime de l'Annonciade, à Paris, pour y rester jusqu'à sa mort, en 1648.



Il fait ses premiers pas sur la scène intellectuelle européenne en 1623, en attaquant la magie et l'occultisme au profit de la rationalité. A la même période, il commence à entrer en contact avec de nombreux savants et entretient avec eux une correspondance abondante. Mersenne joue ainsi rapidement un rôle prépondérant dans le milieu scientifique et crée en 1635 l'Académie parisienne.

Extrêmement soucieux de précision, il prône inlassablement la prudence dans les procédures expérimentales, la répétition des expériences et la publication des résultats numériques. Si ses pôles d'intérêt balaient de nombreux domaines scientifiques, sa passion demeure l'acoustique. Dans deux travaux publiés en 1634, les *Questions harmoniques* et *Les préludes de l'harmonie universelle*, il fait une analyse scientifique du son et de ses effets sur l'oreille et l'âme. Par ailleurs, les découvertes de Galilée suscitent chez lui un grand intérêt.

La question du vide préoccupe Mersenne depuis longtemps puisqu'il a demandé, dès 1628, que soient réalisés des expériences sur le vide. C'est d'ailleurs l'un des sujets qu'il aborde avec Torricelli, lors de son

voyage en Italie. À son retour en France, il diffuse tous les renseignements nécessaires et se met lui-même à la tâche.

Mersenne est connu pour sa correspondance avec tous les savants et philosophes de son époque, contribuant ainsi à transmettre les découvertes et à favoriser les échanges d'idées entre les savants. Il est également connu pour ses travaux en théorie des nombres.

Sa cellule à Paris était un lieu de rendez-vous des savants de l'époque qui, par la correspondance que Mersenne entretenait, étaient ainsi informés des découvertes de tous les savants européens. Cette correspondance a joué un rôle important durant cette période car les revues scientifiques n'existaient pas encore. À sa mort, on découvrit dans sa cellule des lettres de 78 correspondants incluant Fermat, Huygens, Pell, Galilée et Torricelli.

Mersenne s'est porté à la défense des idées de Descartes et de Galilée contre les attaques et critiques des théologiens et s'est élevé contre les pseudo-sciences que sont l'alchimie et l'astrologie. Il a poursuivi certains des travaux de Galilée en optique et proposé à Huygens l'utilisation du pendule pour mettre au point la première horloge à pendule. Il a également traduit et publié certains des travaux de Galilée, contribuant à les faire connaître à l'extérieur de l'Italie. Lorsque Pascal a imaginé l'expérience du Puy-de-Dôme, Mersenne a entrepris des démarches pour inciter certains de ses correspondants à réaliser l'expérience. Ceux-ci ont rejeté la demande de Mersenne à cause de l'organisation que suppose la réalisation de cette expérience. Il faut monter une cuve et un tube de mercure au sommet d'une montagne, ce qui n'est pas simple.

BLAISE PASCAL (1623-1662)

Le mathématicien et philosophe français Blaise Pascal est né à Clermont-Ferrand. Son père Étienne était lui-même mathématicien amateur et le limaçon de Pascal a été nommé en son honneur à la suggestion de Gilles Personne de Roberval (1602-1675). Vers 1634, Blaise s'initie aux mathématiques contre la volonté de son père qui craignait que cette étude ne le passionne au point de nuire à sa santé et à l'étude du



latin et des langues. Cependant, il surprend un jour son fils, âgé de 12 ans, cherchant à résoudre des problèmes dans une géométrie qu'il avait lui-même développée. Étonné de la précocité de son fils, il lève l'interdiction et lui donne une copie des *Éléments* d'Euclide. Par la suite, Blaise entreprend l'étude des travaux de Gérard Désargues (1591-1661). À 14 ans, il est admis à l'Académie de Marin Mersenne (1588-1648) dont font également partie Désargues, Roberval et son père Étienne Pascal. Dès l'âge de 16 ans, il y expose des théories intéressantes dont la découverte d'une propriété des coniques appelée par la suite *hexagone de Pascal*. Parmi ses contributions mathématiques, il faut signaler l'invention d'une machine à calculer, des travaux sur les probabilités qui lui ont permis d'établir un lien entre les probabilités, le triangle arithmétique et les combinaisons et d'élaborer la méthode de démonstration connue sous le nom d'induction mathématique.

Pascal s'est intéressé entre autres à l'étude des coniques, aux probabilités et à l'analyse. Profondément religieux, converti au jansénisme, il abandonne tout en 1654 pour suivre les jansénistes. Il rejoint alors sa jeune soeur à Port-Royal. Les jésuites ayant attaqué les jansénistes, Pascal leur répondit en 1656 et 1657 par dix-huit lettres appelées *Lettres Provinciales* qui constituent une des grandes créations de la littérature française. Dans le même temps, il entretient une correspondance mathématique avec Pierre de Fermat, Christian Huygens et René François de Sluse (1622-1685). En 1658, il fait un retour aux mathématiques. Souffrant d'un mal de dents, il s'attaque à l'étude de la cycloïde pour se distraire. En décembre 1658, il publie neuf fascicules sous le nom de Amos Dettonville (un anagramme de Louis de Montalte rendu célèbre par les *Lettres Provinciales*). Dans ces fascicules, il présente les méthodes et résultats de ses travaux mathématiques. En 1659, gravement malade il abandonne définitivement toute recherche scientifique et consacre ses dernières années à la rédaction de ses *Pensées*. Le 19 août 1662, il meurt à l'âge de 39 ans.

FLORIN PÉRIER (1605-1672)

Avant d'être le beau-frère de Pascal, Florin Périer appartenait déjà à la famille. Sa mère était la cousine germaine d'Etienne Pascal, le père. Originaire de Clermont, où il naît en 1605, il se consacre avec assiduité aux études et devient conseiller de la cour des Aides vers 21 ans. Remarqué, il est envoyé en mission dans différentes régions de France. C'est ainsi qu'en 1640, il arrive en Normandie pour une affaire impor-

tante. Là, il y retrouve Étienne Pascal, nommé intendant par Richelieu. Séduit par la droiture et la compétence de ce jeune homme, Pascal père lui propose sa fille Gilberte en mariage. Périer l'épouse en 1641.

D'après le récit que fait l'une de ses filles, lui et sa femme deviennent brusquement très pieux, en 1646, après s'être rendus au chevet d'Etienne Pascal, à Rouen. Ce dernier s'étant démis la cuisse, les soins lui sont prodigués par deux jansénistes qui s'empressent de convertir le malade.

Les Périer s'appliquent, dès leur retour à Clermont, à vivre dans des conditions de vie très strictes. Vers 1660, Périer s'installe à Paris pour quelques années avant de retourner dans sa ville natale. Il y meurt le 23 février 1672.

PIERRE PETIT «1594 OU 1598-1677 »

Pierre Petit est un autre personnage de notre histoire. Après un début comme contrôleur de l'élection à Montluçon, Petit s'installe à Paris en 1633 pour occuper le poste de commissaire provincial de l'artillerie.

Quinze ans plus tard, il devient intendant général des fortifications. Parallèlement à sa carrière professionnelle, il fréquente assidûment le cercle de savants qui se réunit chez Marin Mersenne. Passionné d'astronomie, il possède la meilleure collection de télescopes de Paris et prône l'installation d'un observatoire royal.

Un voyage va le conduire à Rouen où il va réussir à reproduire l'expérience de Torricelli avec l'aide du jeune Blaise Pascal. Il retournera ensuite à sa passion pour l'astronomie, notamment pour écrire sa *Dissertation sur la nature des comètes*.

EVANGELISTA TORRICELLI (1608-1647)

Le physicien italien Evangelista Torricelli est né le 15 octobre 1608 à Faenza en Romagne et est décédé le 25 octobre 1647 à Florence en Toscane. Il a étudié au collège des Jésuites de sa ville natale avant de poursuivre ses études à Rome où il reçoit une formation mathématique. Celle-ci lui est donnée par l'abbé Benedetto Castelli, qui était mathématicien, ingénieur,



disciple et ami de Galilée. À partir de 1632, année de la publication du *Dialogue sur les deux plus grands Systèmes du Monde*, Torricelli correspond avec Galilée et s'initie aux travaux de celui-ci. Après avoir pris connaissance d'un travail réalisé par Torricelli sur les corps pesants, Galilée l'invite à Arcetri près de Florence, dans la villa où il a été assigné à résidence après son procès. Torricelli répond à l'invitation et agit comme secrétaire de Galilée pendant trois mois, jusqu'à la mort de celui-ci, le 8 janvier 1642.

Torricelli s'apprête à repartir pour Rome lorsque le Grand-Duc Ferdinand II de Toscane le nomme au poste de mathématicien officiel de sa cour laissé vacant par la mort de Galilée. Torricelli s'adonne alors à la recherche dans plusieurs domaines avec une prédilection pour la géométrie. En 1644, il publie *Opera geometrica*, seul ouvrage publié de son vivant. Il développe une grande habileté dans la fabrication de lentilles de télescope mais garde le secret sur ses techniques. Parallèlement à ses travaux de recherche, il correspond avec les mathématiciens de son époque, en particulier avec Roberval et Mersenne. Torricelli a également démontré que la vitesse d'écoulement d'un liquide par une ouverture est inversement proportionnel à la racine carrée de la hauteur du liquide.

BIBLIOGRAPHIE

- Ball, W. W. R. *A Short Account of History of Mathematics*, New York, Dover Publications, Inc., 1960, 522 p.
- Bernal, J.D. *A History of Classical Physics, From Antiquity to the Quantum*, New York, Barnes & Nobles Books, 1997, 317 p.
- Blaise Pascal, *Les Cahiers de Sciences et Vie*, Les grandes expériences de la physique, Hors série N° 27, juin 1995.
- Boyer, Carl B. *A History of Mathematics*, New York, John Wiley & Sons, 1968, 717 p.
- Collette, Jean-Paul. *Histoire des mathématiques*, Montréal, Éditions du Renouveau Pédagogique Inc., 1979 2 vol., 587 p.
- Eves, Howard. *An Introduction to the History of Mathematics*, New-York, Holt Rinehart and Winston, 1976, 588 p.
- Gribbin, John, *A Brief History of Science*, New York, Barnes & Nobles Books, 1998, 224 p.
- Silver, Brian L. *The Ascent of Science*, New York, Oxford University Press, 1998, 534 p.
- Smith, David Eugene. *History of Mathematics*, New York, Dover Publications, Inc. 1958, 2 vol. 1 299 p.
- Struik, David. *A Concise History of Mathematics*, New York, Dover Publications, Inc. 1967, 195 p.