

Pascal savant

par Louis de BROGLIE

*de l'Académie française,
Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.*

Le rôle qui me revient dans l'hommage rendu aujourd'hui à la mémoire de Blaise Pascal étant de parler de son œuvre scientifique, je dois d'abord rappeler que, si Pascal dès sa sortie de l'enfance a manifesté pour les sciences un goût et des aptitudes remarquables, c'est non seulement parce que c'était une des tendances innées de son fulgurant génie, mais aussi parce qu'il avait trouvé dans sa famille un milieu favorable au développement de cette tendance. Son père, Étienne Pascal, était président de la Cour des Aides de Clermont-Ferrand, mais esprit d'une grande envergure, il ne bornait pas son activité à l'accomplissement de son métier de haut fonctionnaire de l'administration des finances : comme il était fréquent à cette époque, il cultivait les sciences à ses moments de loisir, il était un excellent géomètre et c'est à lui, et non à son fils, qu'une des courbes classiques de la géométrie doit de s'appeler « le limaçon de Pascal ». Étienne Pascal était en relations constantes avec tout le groupe de savants auquel le Père Mersenne servait alors à la fois d'animateur et de secrétaire, groupe qui devait plus tard prendre, grâce à Colbert, une existence officielle et devenir l'Académie des Sciences.

Discours à la Sorbonne, 13 juin 1962.

Blaise Pascal, né en 1623, fut on le sait, un enfant très précoce. Il ne faudrait pas croire cependant que son père, le voyant très doué, l'ait poussé de bonne heure vers l'étude des mathématiques. Au contraire, il cherchait plutôt à l'en détourner, voulant d'abord lui faire acquérir une forte culture classique et littéraire. Mais les sciences l'attiraient invinciblement et bien que son père n'ait pas voulu orienter ses études de ce côté, il fut très jeune en cette matière un véritable autodidacte. Des récits faits plus tard par des personnes de sa famille nous apprennent qu'à l'âge de onze ans, son attention étant attirée vers l'étude des phénomènes sonores, il composa un véritable petit traité d'acoustique. A douze ans, il aurait retrouvé lui-même toute la première partie de la géométrie d'Euclide jusque et y compris la trente-deuxième proposition suivant laquelle la somme des angles d'un triangle est toujours égale à deux angles droits, proposition dont il donna une démonstration par une méthode très directe.

Il est difficile de dire s'il y a ou non quelque exagération dans les prouesses mathématiques enfantines que l'on prête à Blaise Pascal, mais il paraît certain qu'il fit preuve à un très jeune âge d'une intelligence extraordinairement précoce et déjà tournée vers les problèmes scientifiques. Ce qui est tout à fait certain, c'est qu'à seize ans, il écrivit un « traité sur les coniques » contenant des résultats d'une grande originalité. Dans ce travail et dans ceux qui suivirent, Pascal s'inspirant des travaux antérieurs de Desargues, en fait aux courbes qu'on nomme, depuis les géomètres grecs, les « sections coniques » d'immenses et très importantes applications nouvelles. Un des résultats les plus remarquables qu'il obtint ainsi est un théorème fameux relatif aux hexagones inscrits dans une conique, théorème qui en somme donne la condition pour que six points pris dans un plan se trouvent placés sur une même conique. Ce théorème, parfois désigné sous le nom d'hexagramme mystique, lui avait été inspiré par un résultat analogue obtenu par Desargues, mais il en constituait une généralisation très étendue. Bien que Descartes toujours très personnel et peu bienveillant ait jugé assez sévèrement le travail du génial adolescent, ce travail, par les méthodes employées autant que par les résultats obtenus, n'en constituait pas moins une étape décisive dans les progrès de la géométrie : animé d'un esprit très différent de celui qui avait inspiré à Descartes sa géométrie analytique, il restait dans la ligne classique de la géométrie traitée directement sans le recours de

l'algèbre et il ouvrait la voie de ce qui devait devenir plus tard, grâce surtout à Poncelet au début du XIX^e siècle, la géométrie projective.

Pendant que débutait ainsi si brillamment la précoce carrière scientifique de Blaise Pascal, son père, après avoir quitté la Cour des Aides de Clermont et avoir séjourné quelques années à Paris, avait été envoyé à Rouen par le cardinal de Richelieu comme Intendant de Normandie : il conserva cette charge de 1632 à 1648. C'est alors qu'ayant à peine dépassé vingt ans, le jeune Pascal désireux d'aider son père, qui avait à effectuer des calculs compliqués pour la répartition des impôts, invente et dirige lui-même la construction de la première « machine arithmétique » : il obtient pour la fabrication de cette machine un « privilège du chancelier Séguier et en tire un bénéfice commercial. Bien que la machine arithmétique repose sur des principes simples n'exigeant aucun raisonnement mathématique compliqué, sa mise au point était délicate surtout à cette époque où l'on n'employait pas le système décimal et où, pour faciliter les calculs d'Étienne Pascal, il fallait tenir compte du fait que l'unité monétaire d'alors, la livre, valait vingt sous, chaque sou valant douze deniers. L'invention de la machine arithmétique par Pascal a fourni le premier prototype simple d'une machine à calculer. Là encore Pascal fut un grand précurseur : on s'en rend compte particulièrement aujourd'hui puisque, depuis une vingtaine d'années, grâce aux ressources que la science de l'électronique met à la disposition des techniciens, ont été construites et sans cesse perfectionnées ces puissantes et coûteuses machines qu'on nomme des « calculatrices électroniques » et qui effectuent en quelques secondes les calculs que le cerveau humain mettrait des heures ou même des années à effectuer. L'idée de construire une machine susceptible de faire rapidement des calculs fut donc une idée féconde et pleine d'avenir. Pascal qui mit neuf années à mettre complètement au point son invention a clairement aperçu sa portée, mais en même temps ses limites. Comme s'il présentait à l'avance les exagérations de certains cybernéticiens contemporains, il a écrit fort justement : « La machine arithmétique fait des effets qui approchent plus de la pensée que tout ce que font les animaux, mais elle ne fait rien qui puisse faire dire qu'elle a de la volonté comme les animaux. »

Mais se tournant sans cesse vers de nouvelles investigations, Pascal est encore plongé dans ses travaux pour réaliser la machine

arithmétique que déjà en 1644 l'attention de ce jeune homme de vingt et un ans est attirée par un autre problème car le Père Mersenne vient de lui révéler l'invention faite en Italie d'un admirable instrument nouveau : le baromètre. Au début de ses réflexions sur ce nouveau sujet, Pascal paraît avoir ignoré que l'invention du baromètre était due à Torricelli et n'avoir pas connu les idées de ce disciple de Galilée sur la pesanteur de l'air. Le fait depuis longtemps connu que, si l'on aspire par l'extrémité supérieure l'air contenu dans un tube dont l'extrémité inférieure plonge dans un liquide, le liquide monte dans le tube et vient remplir la portion de celui-ci où l'on a fait le vide était depuis longtemps interprété en disant que « la Nature a horreur du vide ». C'était là une manière en somme acceptable de traduire le fait expérimental, mais ce n'était à aucun degré une véritable explication. Or, à l'époque dont nous parlons, des ingénieurs fontainiers de Florence venaient de découvrir une circonstance fort troublante : si l'on cherche à faire monter une colonne d'eau dans un très long tube par aspiration au sommet du tube, on constate que l'eau refuse de s'élever à plus d'environ dix mètres laissant vide le haut du tube. Galilée qui avait eu connaissance de ce fait inattendu l'avait interprété en disant que l'horreur de la Nature pour le vide avait une « limite » et Pascal paraît avoir d'abord adopté cet assez singulier point de vue. Mais bientôt il se ravisa et adopta l'explication proposée par Torricelli pour rendre compte de la hauteur limitée de la colonne de mercure dans son tube barométrique. Cette explication, fort rationnelle celle-là, admet que l'atmosphère exerçant une certaine pression sur la base de la colonne de liquide la fait monter dans le tube évacué, mais que cette ascension s'arrête quand le poids de la colonne surélevée équilibre la pression de l'atmosphère. Dès que Pascal s'est rallié à cette idée, il proclame que la Nature n'a aucunement l'horreur du vide et qu'au-dessus du niveau du liquide qui s'est élevé dans le tube barométrique le sommet de ce tube est bien réellement vide : il se met ainsi en contradiction flagrante avec les idées de Descartes dont les revendications de priorité en ce qui concerne les admirables expériences de Pascal ne paraissent guère fondées. Se montrant aussi habile expérimentateur que profond théoricien, Pascal imagine et réalise de très ingénieuses expériences, très difficiles à mener à bien avec les moyens dont on disposait alors : elles lui apportent des preuves très convaincantes en faveur de ses vues théoriques. Mais comme ses adversaires continuaient à adresser

des critiques à ses interprétations, Pascal qui s'occupe de ce problème depuis près de deux ans se décide à l'automne de 1647 (il n'a encore que vingt-quatre ans) à faire exécuter sous sa direction une expérience cruciale consistant à mesurer simultanément la hauteur du mercure dans un baromètre au pied d'une haute montagne, au sommet de cette montagne et éventuellement à mi-hauteur. Habitant Paris, il en peut exécuter lui-même l'expérience, mais, comme son beau-frère Florin Périer, le mari de sa sœur Gilberte, est conseiller à la Cour des Aides de Clermont-Ferrand, il lui écrit le 15 novembre 1647 pour lui demander d'effectuer les mesures nécessaires dans Clermont au pied du puy de Dôme et au sommet de cette assez haute montagne : il lui donne à cet effet toutes les instructions nécessaires. Pour diverses raisons, Périer ne peut pas donner très vite satisfaction à son beau-frère et c'est seulement le 19 septembre 1648, date mémorable dans l'histoire de la science, qu'il peut exécuter les mesures avec l'aide de quelques savants religieux de Clermont-Ferrand.

L'histoire de cette expérience est trop connue pour que j'y insiste ici : je rappellerai seulement qu'elle a apporté une confirmation complète et irréfutable des idées de Pascal sur la cause qui produit l'ascension du mercure dans le tube barométrique. Sans doute, le mérite de la réalisation de l'expérience revient à Périer et à ses collaborateurs clermontois, mais Pascal qui avait fait le plan de l'expérience et qui en avait de loin dirigé toute l'exécution avec une extrême précision nous apparaît ici comme un des premiers metteurs en œuvre de la rigoureuse méthode expérimentale de la science moderne.

Pascal, qui a répété à Paris, toujours avec des résultats positifs, mais sur une plus petite échelle, entre le bas et le haut de la tour Saint-Jacques et sans doute entre le rez-de-chaussée et l'étage supérieur d'une maison l'expérience du puy de Dôme, en a tout de suite aperçu quelques applications pratiques telles que l'évaluation des altitudes par les variations de la pression barométrique et l'emploi des corrélations existant entre les phénomènes météorologiques et les variations de la pression atmosphérique au niveau du sol pour la prévision du temps, prévision qui, trois siècles plus tard, reste encore assez incertaine.

Mais Pascal, profond théoricien, avait clairement aperçu la relation entre les lois de la pression atmosphérique qu'il avait vérifiées et les lois plus générales de l'équilibre des fluides. Quelques

années après l'expérience du puy de Dôme, en 1653, il a développé sous une forme qui reste encore entièrement valable aujourd'hui les principes généraux de l'hydrostatique dans deux ouvrages intitulés *Traité de l'équilibre des liqueurs* et *Traité de la pesanteur de la masse d'air*. On trouve notamment dans ces écrits l'énoncé du principe que nous nommons encore « le principe de Pascal » et la théorie de la presse hydraulique qui, permettant de soulever un grand poids à l'aide d'une petite force, est l'analogue hydrostatique du levier. Il en a tiré la conséquence que « ce que l'on gagne en force est perdu en vitesse », énoncé qui peut être considéré comme un cas particulier du principe général de la conservation de l'énergie qu'il était réservé au XIX^e siècle de découvrir dans toute sa généralité.

En 1653, Pascal âgé de trente ans est dans la période de sa vie que l'on a appelé la « période mondaine » bien qu'il soit probable que cette « mondanité » n'ait été que relative. Il a pour ami le chevalier de Méré, homme intelligent, mais assez frivole, fort préoccupé des problèmes que posent les jeux du hasard parce qu'il s'y adonne avec excès. Il signale certains de ces problèmes à l'attention de Pascal. Et voici ce grand esprit, qui s'engageant dans une voie toute nouvelle pose les bases du calcul des probabilités, cette grande discipline mathématique que développeront ensuite Huygens, Bernouilli et plus tard Laplace et Henri Poincaré. Pascal n'a rien publié sur le calcul des probabilités, mais il a étudié les problèmes que lui avait posés Méré et il en a donné des solutions dans des lettres adressées à son ami Fermat. C'est sans doute l'étude de cette « géométrie du hasard », comme on disait alors, qui a conduit Pascal à écrire en 1654 son *Traité du triangle arithmétique* dans lequel introduisant un tableau de nombres de forme triangulaire, il en montre diverses propriétés plus ou moins cachées et en déduit des formules qui sont restées fondamentales en algèbre et en calcul des probabilités. D'autres petits traités, écrits sans doute vers la même époque, mais publiés plus tard, contiennent toute une série de très remarquables résultats d'arithmétique, d'algèbre et d'analyse.

L'année 1654 est dans la vie de Pascal une année de réorientation. Il est très jeune encore, il n'a que trente et un ans, mais il a accompli en quelques années une œuvre scientifique d'une originalité et d'une importance extrêmes et cela est d'autant plus remarquable que sa santé est fragile et qu'il souffre constamment de

maux divers. C'est alors qu'il subit une sorte de crise intérieure et qu'à la suite de la fameuse « nuit de feu » du 19 décembre 1654, les préoccupations d'ordre métaphysique, religieux et mystique prennent dans son esprit la première place. Pendant les huit années qui lui restent à vivre jusqu'au 19 août 1662, il va être presque exclusivement l'homme de Port-Royal, des *Provinciales* et des *Pensées*. Il semble qu'il se détourne des recherches scientifiques qui avaient tenu jusque-là dans sa vie une si grande place. Il ne les abandonne cependant pas tout à fait et continue notamment à correspondre avec des savants amis sur les problèmes du calcul et des probabilités. Et soudain en 1658 se produit comme le bouquet final du feu d'artifice de la pensée scientifique pascalienne : les recherches sur la roulette. On appelait alors « roulette » la courbe que nous appelons aujourd'hui « cycloïde » : C'est la courbe décrite par un point de la jante d'une roue qui roule sans glisser sur un plan horizontal. A la suite, dit-on, d'une rage de dents dont il cherchait à se distraire, Pascal se pose toute une série de problèmes concernant cette courbe et ouvre un concours public pour voir qui saura les résoudre. Ceux qui se hasardent à répondre aux questions posées par Pascal échouent tous plus ou moins, mais, lui, en donne la solution et dans son traité de la roulette, dernier éclair de son génie scientifique, il emploie pour cette solution des méthodes empruntées à la théorie des indivisibles de Cavalieri et, par la profondeur des vues qu'il développe, il mérite d'être considéré comme un des grands précurseurs de l'analyse infinitésimale dont bientôt, par des voies différentes, Leibniz et Newton vont établir les bases définitives.

Ayant donné ainsi un aperçu général de l'œuvre scientifique de Blaise Pascal, je voudrais maintenant présenter quelques remarques au sujet de cette œuvre si brillante et si variée.

Soulignons d'abord que Pascal a ouvert à la pensée scientifique dans de multiples directions des voies entièrement nouvelles. En géométrie, restant dans la ligne de la géométrie des grecs et sans s'attacher aux procédés analytiques de Descartes, il a utilisé des méthodes directes qui ont conduit à tous les développements modernes de la géométrie projective. Il a le premier conçu et réalisé une machine arithmétique prototype de ces machines à calculer dont l'emploi vient dans ces dernières années de fournir un auxiliaire d'une puissance inouïe aux recherches de la science contemporaine. En physique, Pascal a établi sur des bases solides toute

l'hydrostatique, c'est-à-dire la science de l'équilibre des fluides et, dans d'admirables expériences, il a démontré quelle est la véritable cause des phénomènes barométriques. Dans les expériences qu'il a lui-même effectuées et dans celle du puy de Dôme qu'il a dirigée de loin, il s'est montré le véritable fondateur de la méthode expérimentale moderne. Dans une tout autre direction, il a aperçu le premier les principes fondamentaux du calcul des probabilités, calcul qui forme aujourd'hui une des branches les plus importantes de la science aux innombrables applications. Enfin, dans ses études sur la cycloïde, il a su le premier montrer dans un cas particulier la puissance de la méthode qui allait bientôt devenir l'analyse infinitésimale. Il complétait ainsi les précieuses contributions qu'il avait déjà apportées à l'arithmétique, à l'algèbre et à l'analyse.

L'œuvre scientifique de Pascal est donc à tous points de vue admirable : on a pu cependant lui adresser quelques critiques. Pascal a abordé et résolu d'une magistrale façon de nombreux problèmes importants : il a ainsi laissé l'empreinte de son génie sur de nombreuses branches de la science, mais il ne s'est jamais attaché avec continuité à aucune d'elles. Si l'on peut s'exprimer ainsi, dans le jardin de la science, il a sans cesse « papillonné ». Il est assez facile d'en comprendre les raisons. D'abord il était d'une constitution physique faible et malade, sans cesse accablé par des crises diverses, ce qui ne facilite pas la persévérance dans l'effort. Et puis son génie même avait comme contrepartie une universelle curiosité, une continuelle anxiété devant l'inconnu, ce qui l'entraînait sans cesse vers des directions nouvelles. Aussi a-t-il laissé toutes ses œuvres comme inachevées : la géométrie projective dont il avait eu le pressentiment n'a été constituée qu'un siècle et demi après sa mort; s'il a solidement fondé l'hydrostatique, il a laissé à d'autres le soin de faire l'étude plus générale du mouvement des fluides; s'il a été le père du calcul des probabilités, il a également laissé à d'autres la tâche d'en faire un corps de doctrine cohérent; enfin, s'il a génialement aperçu quelques-unes des conceptions du calcul infinitésimal, c'est Newton et Leibniz qui ont eu la gloire d'en faire une nouvelle branche maîtresse de la science mathématique. Et d'ailleurs, comme l'a très bien remarqué Pierre Humbert, il ne faut pas juger les savants du XVII^e siècle suivant les mêmes normes que les savants d'aujourd'hui. Ceux-ci, généralement professeurs ou chercheurs, sont presque tous des « professionnels » dont il est naturel d'attendre qu'ils se consacrent à

poursuivre et à compléter leur œuvre : les savants contemporains de Pascal étaient au contraire presque tous des « amateurs » ayant des professions ou des occupations variées qui étudiaient de temps en temps, avec plus ou moins de succès, les problèmes qui, souvent par hasard, attiraient leur curiosité. Blaise Pascal aussi fut en matière de science un amateur, un amateur de génie, et l'on ne doit pas lui reprocher d'avoir été de son temps.

Je voudrais encore insister sur un autre aspect de la personnalité si complexe et si riche de Pascal. Lui qui dans le domaine de la philosophie et de la métaphysique fut un si profond penseur, lui qui en science fut un si grand théoricien, il a su montrer à l'occasion qu'il était capable de s'intéresser à des problèmes très concrets et de résoudre des questions essentiellement pratiques. Sans doute il est inexact qu'il ait inventé la brouette qui existait avant lui et il est peut-être douteux qu'ayant eu l'idée par raison de commodité d'attacher sa montre à son poignet, il ait été, ce qui serait vraiment bien curieux, l'inventeur du bracelet-montre. Mais il est certain, nous l'avons vu, qu'il avait contribué lui-même avec une grande habileté technique à la réalisation de la machine arithmétique et qu'il avait monté avec un talent consommé d'expérimentateur, malgré l'insuffisance des moyens dont il disposait, ses célèbres expériences sur la pesanteur de l'air. Et n'est-ce pas lui qui, dans les derniers mois de sa vie, eut l'idée d'organiser dans Paris un service de voitures publiques, les carrosses à cinq sols, qui pour un prix modique pouvaient transporter rapidement les citoyens d'un point à l'autre de la capitale? Cette création qui lui est due a fonctionné après sa mort pendant un certain nombre d'années. Les carrosses à cinq sols disparurent ensuite et c'est seulement plus d'un siècle plus tard, sous la Restauration, que reparurent ces voitures à chevaux publiques et payantes que les plus âgés d'entre nous ont encore vu circuler dans Paris sous le nom d'omnibus. N'est-il vraiment pas curieux que ce soit Blaise Pascal l'auteur des *Pensées*, qui ait été en France le premier promoteur des transports en commun?

Je voudrais terminer par une dernière remarque. Dans le domaine philosophique et littéraire, c'est surtout le livre des *Pensées* qui a rendu immortel le nom de Blaise Pascal. Mais cette œuvre si émouvante si unique en son genre dans la littérature du monde entier, Pascal l'aurait-il écrite de la même façon s'il n'avait pas eu derrière lui tout un passé d'homme de science? A travers les phrases denses,

parfois d'une construction grammaticale étrange, du livre des *Pensées*, on voit souvent jaillir comme de fulgurants éclairs de saisissantes images que seul pouvait enfanter le cerveau d'un savant génial. Quand Pascal s'écrie : « Le silence éternel de ces espaces infinis m'effraie », ne sentons-nous pas l'homme qui connaît les récentes conquêtes de l'astronomie de son temps et qui, à la suite des Kepler et des Galilée, voit s'ouvrir avec effroi devant lui les insondables profondeurs des cieux? Dans le célèbre passage sur le ciron qui commence par les mots : « Qu'est-ce qu'un homme dans l'infini?... » Pascal n'est-il pas le physicien qui pressent l'infinie complication des structures les plus fines du monde physique et qui, déjà! sent avec angoisse son esprit vaciller au bord du monde atomique? Et quand il écrit : « La distance infinie des corps aux esprits figure la distance infiniment plus infinie des esprits à la charité », ne reconnaît-on pas le mathématicien qui, l'un des premiers, a réfléchi profondément sur les ordres respectifs d'infinitude des diverses grandeurs? Enfin, le célèbre argument du pari sur lequel on a tant discuté ne s'est-il pas présenté naturellement à l'esprit de celui qui fut le premier promoteur du calcul des probabilités? On pourrait multiplier les exemples de ce genre. Oui vraiment, dans sa splendide étrangeté, le livre des *Pensées* ne pouvait être que l'œuvre d'un génial homme de science.

Trois siècles après la mort de Blaise Pascal, après tant d'études consacrées à sa personne et à son œuvre, nous n'avons pas encore fini de faire l'inventaire et l'analyse de tous les jets de lumière qu'ont projetés les innombrables facettes de cette lumineuse intelligence, de ce prodigieux esprit, de cet « effrayant génie » comme a dit Chateaubriand.