

# Musée des arts et métiers

L E S C A R N E T S

BLAISE PASCAL



*« La machine d'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. »*

Blaise Pascal, Pensées (n° 627)

1623 - 1662

Conservatoire national  
des Arts et Métiers  
Musée National  
des Techniques

L E S H O M M E S

## Blaise Pascal

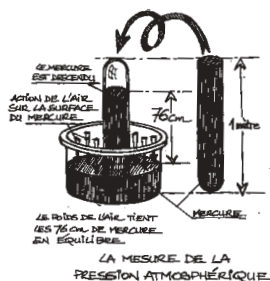
### En physique : de la statique des gaz à la mesure de la pression atmosphérique

Jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle, les fontainiers de Florence ne parvenaient pas, avec quelque pompe que ce soit, à faire monter l'eau des fontaines à plus de 10 mètres. Depuis Aristote, on connaissait pourtant l'ascension des liquides dans les tubes par aspiration. On pensait par ailleurs que l'air était pesant. Mais l'association entre ces deux phénomènes avait échappé, et l'on expliquait la montée de l'eau par aspiration avec « l'horreur de la nature pour le vide ».

Galilée, interrogé pour expliquer l'échec des fontainiers, conclut que « l'horreur de la nature pour le vide a des limites ».



L'eau des fontaines de Florence, gravure d'après Figuer



Torricelli, ancien élève de Galilée, eut l'idée de reproduire cette ascension en remplaçant l'eau par du mercure, partant de l'hypothèse que le poids de l'air était responsable de l'ascension du mercure. Ses idées, communiquées au R.P. Mersenne, dont la correspondance avec les savants de l'époque est notoire, parviennent à Pascal qui s'intéresse à ce problème. Par son expérience de l'équilibre des liqueurs, il parvient à montrer que la colonne de mercure varie selon l'altitude, c'est-à-dire selon le poids de la colonne d'air ou encore la pression atmosphérique. La croyance en la non-existence du vide est battue en brèche.

### En mathématique : les instruments de calcul jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle

Les premiers instruments de calcul renvoient aux doigts de la main et au boulier. Les instruments sont au carrefour des méthodes de calcul et des mécaniques.

#### ■ MACHINES

Dans l'Antiquité : des machines de levage, de guerre, avec vis, engrenages, poulies, leviers. -300 av J.-C., les premières machines utilisant l'hydraulique et la pneumatique pour produire l'heure, la musique, un geste (clepsydres, orgues, automates).

Les Romains inventent le principe du boulier.

1<sup>er</sup> siècle av J.-C. : 1<sup>er</sup> calendrier astronomique mécanique byzantin.

Fin XIII<sup>e</sup> siècle : les horloges mécaniques.

Les ingénieurs de la Renaissance inventent des machines complexes (un compteur de distance « l'odomètre », horloge à eau réveille-matin, machine à tailler les limes de Léonard de Vinci) XV<sup>e</sup> siècle, mécanique de précision et horlogerie (ressorts, rivets, roues dentées).

XVI<sup>e</sup> siècle : théâtres de machines

#### ■ CALCUL

Les premières opérations : les Égyptiens et l'addition. Les premiers calculs de type algébrique des astronomes babyloniens.

En Inde, invention de la numération de position : chaque chiffre occupe une place correspondant à son ordre décimal. Le chiffre zéro marque l'absence de chiffre.

A partir du VII<sup>e</sup> siècle, les Arabes vulgarisent et utilisent la numération de position. Ils publient des manuels d'arithmétique et d'algèbre élémentaire. Al-Khwarizmi donne son nom à l'algorithme (procédure de calcul en algèbre) (IX<sup>e</sup> siècle).

IX<sup>e</sup> siècle : une nouvelle forme d'abaque basée sur la numération de position en provenance d'Espagne ; la valeur du jeton ne vaut plus l'unité, mais celle du chiffre inscrit sur sa face. L'abaque ouvre la voie aux opérations écrites. Diffusion de manuels sur les opérations écrites. Calcul aux jetons

XVII<sup>e</sup> siècle : première machine arithmétique de Pascal

**Blaise Pascal**

Savant illustre, mais aussi philosophe et écrivain, Pascal s'intéresse aux mathématiques et à la physique tout en consacrant la fin de sa vie à des questions théologiques et philosophiques, dont témoignent ses deux ouvrages majeurs, les *Lettres provinciales* (1657) et les *Pensées* (publiées après sa mort, en 1670). Nous lui devons l'invention de la machine à calculer, du triangle arithmétique et de nombreux travaux en mathématiques sur les probabilités et l'analyse infinitésimale, ainsi que la mise en évidence de la pression atmosphérique et la constitution de l'hydrostatique comme science.

### ■ Une jeunesse tounée vers les sciences (1623 - 1651)

Né à Clermont (Puy-de-Dôme) le 19 juin 1623, Blaise Pascal s'installe avec sa famille à Paris en 1631. À travers les conversations scientifiques de son père, il découvre les *Éléments* d'Euclide et, à 16 ans, rédige un *Traité des coniques* (1640). Passionné par les mathématiques et impressionné par les calculs de son père, intendant, il met au point à 22 ans, l'une des premières machines à calculer, la Pascaline. Quelque temps plus tard, Pascal prend connaissance de l'expérience nouvelle de Torricelli sur la montée du mercure barométrique. Pour tester ses hypothèses et convaincre de l'existence de la pression atmosphérique, il fait procéder par son beau-frère Périer, à la grande expérience de l'équilibre des liqueurs du Puy-de-Dôme, qui le rend célèbre.

### ■ Période mondaine et développement des travaux scientifiques (1651 - 1654)

Lorsque, en 1651, son père meurt, Pascal dispose d'une grosse fortune. Il a 28 ans et commence une vie mondaine tout en poursuivant ses recherches scientifiques : il perfectionne sa machine à calculer, met au point la presse hydraulique, conçoit un système de transport en commun : « les carrosses à cinq sols ». Infatigable, il rédige



Expérience du Puy-de-Dôme, gravure de Figuiet

aussi le *Traité de la pesanteur de la masse d'air*, et le *Traité de l'équilibre des liqueurs*, ouvrages qui confirment l'existence du vide et fondent la science de l'équilibre des fluides : l'hydrostatique. Précédant Leibniz et Newton, il entreprend de nombreux travaux mathématiques : l'analyse infinitésimale, déjà étudiée par Fermat, la théorie de la cycloïde, l'étude des suites de nombres entiers avec le *Traité du triangle arithmétique* auquel son nom reste attaché et enfin, le calcul des probabilités.

*Blaise Pascal*

Autographe de Pascal inscrit sur la boîte de la Pascaline (inv. 823-1).

Une statue de Blaise Pascal, réalisée en marbre par Jules Cavelier à la demande de la ville de Paris en 1855, est déposée en 1856 au-dessous de la tour Saint-Jacques la Boucherie, rue de Rivoli à Paris. Cette statue évoque l'expérience célèbre de variation barométrique selon la hauteur des lieux, répétée par Pascal au pied et au sommet de la tour peu de temps après celle du Puy-de-Dôme exécutée par son beau-frère Périer en 1648. Une copie en plâtre de l'original est déposée au Musée des arts et métiers.

### ■ Le penseur chrétien (1654 - 1662)

À 31 ans, trois événements dramatiques transforment la vie de Pascal et sa vision du monde. Il se tourne alors définitivement vers le christianisme et s'installe à l'abbaye de Port-Royal. Dès lors, sa vie change du tout au tout : bien que malade, il se lance dans la défense du jansénisme et fait paraître en 1656 et 1657 les dix-huit *Provinciales* où il dénonce la casuistique et la morale jésuite. Il continue ses recherches scientifiques et met au point, en 1658, sa théorie de la cycloïde. Quatre ans plus tard, à la fin de sa vie, il parvient même à mettre en route le réseau des carrosses à cinq sols auquel il a longtemps pensé et dont les bénéfiques étaient destinés aux pauvres.

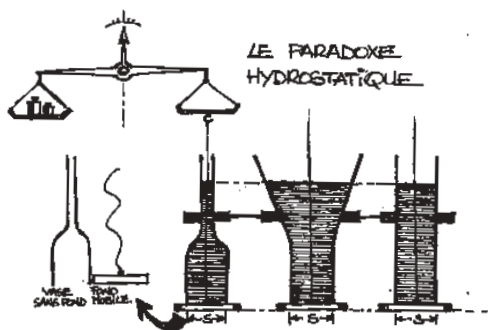
Il meurt à l'écart du monde le 19 août 1662 à l'âge de 39 ans.

## Blaise Pascal

LES PRINCIPES DE L'HYDROSTATIQUE  
ÉTABLIS PAR PASCAL

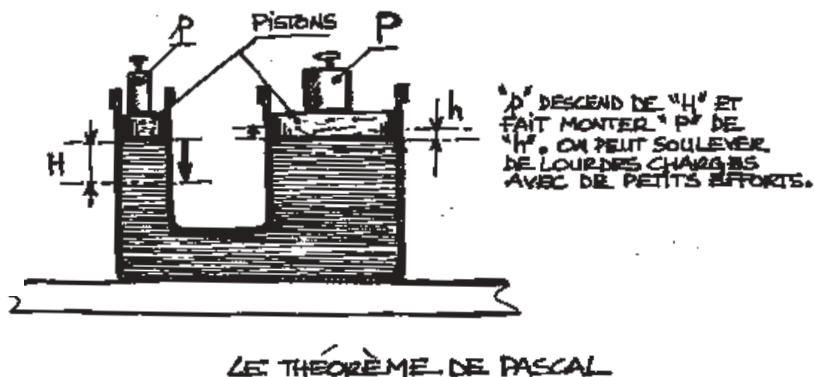
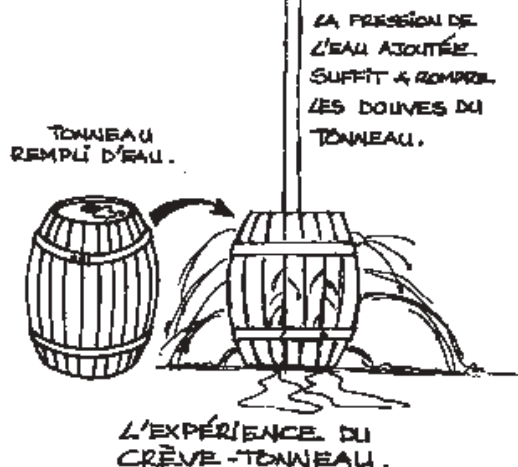
## ■ Le paradoxe hydrostatique

Pour un liquide donné et pour une même hauteur de liquide, le poids que supporte le fond du vase est le même, quelle que soit la forme du vase.



## ■ Le crève-tonneau de Pascal

Comment faire éclater un tonneau rempli d'eau avec un litre d'eau supplémentaire ? Placez sur l'ouverture supérieure du tonneau un tube cylindrique de  $1 \text{ cm}^2$  de section et de 10 m de hauteur et versez un litre d'eau dedans. Vous constatez que le tonneau éclate : la pression des 10 m d'eau (presque une atmosphère) se transmet à l'eau du tonneau qui appuie alors trop fort sur les parois, qui se déforment, et les fait éclater.



## ■ Le théorème de Pascal

La presse hydraulique permet d'équilibrer une force importante  $F$  en exerçant une force moindre  $f$ . Quand on utilise la presse, les travaux se conservent selon la relation  $P \times H = p \times h$  (en supposant une absence de frottements). Les liquides transmettent intégralement les variations de pression.



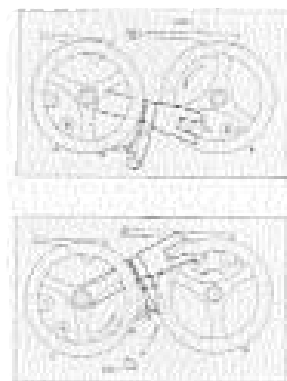
*Blaise Pascal*

Schéma du détail du sautoir

*L'énergie nécessaire est accumulée grâce au sautoir soulevé progressivement au fur et à mesure qu'un cylindre avance. Le sautoir retombe au moment du passage de 9 à 0 en faisant avancer d'un chiffre le cylindre d'ordre immédiatement supérieur. Les additions s'effectuent simplement en manœuvrant chaque roue étoilée comme un cadran de téléphone.*



### ■ LA MACHINE À CALCULER (LA PASCALINE) INV. 823 - 1

Seule contribution de Pascal au progrès des techniques, la machine arithmétique est une réalisation profondément novatrice. Par l'ingéniosité de sa conception, les soins apportés à sa fabrication, puis à sa diffusion, cette machine constitue le point de départ de dispositifs qui devaient conduire aux calculatrices électromécaniques et électroniques modernes.

Le modèle définitif de la Pascaline fut en état de fonctionner en 1645. Mais l'usage de la machine

arithmétique ne se répandit pas dans la pratique : le prix restait élevé et le public, dans l'ensemble, n'avait pas réellement besoin de telles machines. Ce n'est qu'au XIX<sup>e</sup> siècle que ces machines deviendront usuelles.

Considérée comme l'une des premières machines à calculer, la Pascaline sera reproduite en vingt exemplaires. On connaît aujourd'hui neuf exemplaires authentiques. Quatre d'entre eux sont conservés au Musée des arts et métiers.



La Pascaline, 1642

### PASCAL : UN NOM COMMUN

#### ■ PASCAL : une unité de pression

Le Pascal (Pa) est la pression à laquelle est soumis un gaz comprimé dans un cylindre par un piston sur lequel on exerce une force de un newton par m<sup>2</sup>.

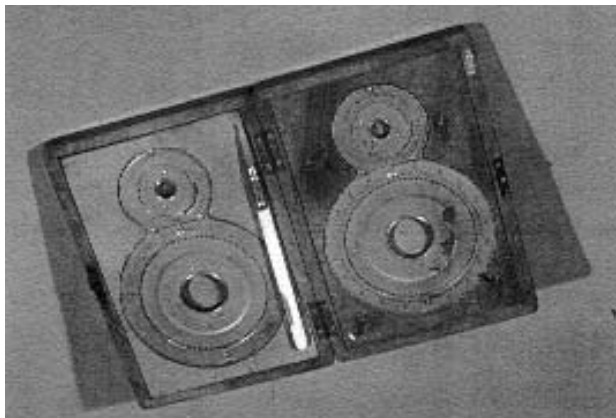
Correspondance :  
1 atmosphère normale =  
10 1325 Pa = 1013 mbars  
= 1013 hPa

#### ■ PASCAL : un langage de programmation

inventé en 1968 par  
N. Wirth, de Zurich

#### ■ PASCAL : une base de données

pour la littérature scientifique et technique créée par le CNRS en 1971, interrogeable à partir des réseaux CYCLADES, ESANET, TYMNET.



Additionneur de Webb, 1889, inv 14354

Pascaline, 1642,  
inv. 823 - 1

Machine de Pascal destinée  
aux comptes monétaires,  
1645, inv. 19600

Machine arithmétique  
(attribuée à Lépine), 1725,  
inv. 801 bis

Balance hydrostatique à  
réservoir central de l'abbé  
Nollet, v. 1760, inv. 7509

Baromètre ou baroscope,  
dit chambre de Pascal,  
v. 1790, inv 1585

Additionneur de Roth,  
v. 1840, inv. 5475

Additionneur de Roth,  
v. 1843, inv. 11345-7

Additionneur de Webb,  
breveté aux États-Unis en  
1889, inv. 14354 .

Les collections du Musée des arts et métiers sont  
aussi consultables sur Internet.

Adresse électronique :

<http://www.cnam.fr/museum/>

## ■ POUR EN SAVOIR PLUS

Edouard Morot-Sir

Pascal , Paris, Presses universitaires de France, 1973

L'œuvre scientifique de Pascal , Paris, Presses universitaires de France, 1964

Pascal, l'homme et l'œuvre , colloque de Royaumont, Paris, Minuit, 1956

De la machine à calculer de Pascal à l'ordinateur : 350 ans d'informatique, catalogue d'exposition , Paris, Musée national des Techniques, 1990

Michel Ellenberger, Marie-Marthe Collin

La machine à calculer de Blaise Pascal , Paris, Nathan, Musée national des techniques, 1993

Robert Massain

Physique et Physiciens , Paris, Magnard, 1982

Voir « Une expérience vieille de trois siècles »

Jean Marguin

Histoire des instruments et machines à calculer, trois siècles de mécanique pensante, 1642-1942 , Paris, Hermann, « Cultures du monde », 1994

Blaise Pascal : comment a-t-il démontré l'existence de la pression atmosphérique ?

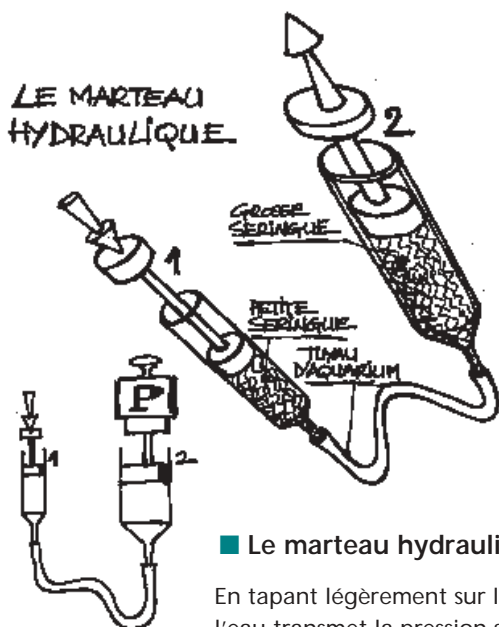
Les cahiers de Science et Vie, hors série n° 27, juin 1995

- Rédaction : Claudette Balpe
- Schémas : Serge Picard
- Coordination : Élisabeth Drye
- Conception graphique :  
Agnès Pichois, atelier Michel Bouvet,  
sur une idée de Olivier Delarozière
- Photos : Musée des arts et métiers
- Musée des arts et métiers , Service éducatif  
292, rue Saint-Martin - 75003 Paris

ISBN : 2-908207-44-3



## Blaise Pascal



## ■ Le marteau hydraulique

En tapant légèrement sur le piston 1, l'eau transmet la pression supplémentaire et fait sortir le piston 2 de la seringue, ce qui soulève le poids P.

## ■ Le triangle arithmétique

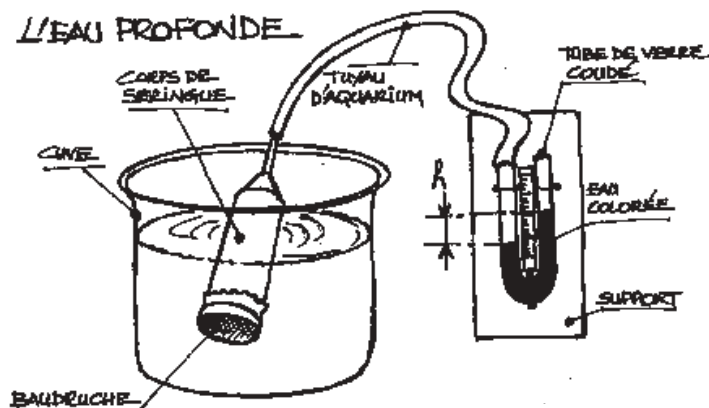
Un triangle qui se construit tout seul ! Chaque numéro est la somme des 2 chiffres de la ligne précédente : celui directement au-dessus et son voisin de gauche.

	6 <sup>e</sup> colonne					
	1 + 0	0	0	0	0	1 <sup>re</sup> ligne
	1	1 + 0	0	0	0	2 <sup>e</sup> ligne
	1	2 + 1	0	0	0	3 <sup>e</sup> ligne
	1	3 + 3	1 + 0	0	0	4 <sup>e</sup> ligne
	1	4 + 6	4 + 1	0	0	5 <sup>e</sup> ligne
	1	5	10	10	5	6 <sup>e</sup> ligne
etc.						etc.

## ■ « L'oreille hydraulique »

Plus la seringue descend, plus la dénivellation « h » augmente : la pression de l'eau de la cuve augmente avec la profondeur ; elle se transmet à l'air de la seringue qui repousse alors l'eau colorée. Lorsque nous nageons sous l'eau, notre oreille est aussi sensible à la pression.

## UNE OREILLE HYDRAULIQUE POUR EXPLORER L'EAU PROFONDE



Prix : 10 F