muséum Henri-Lecoq
CLERMONT-FERRAND

VILLE DE CLERMONT FERRAND

Si Blaise Pascal m'était compté…

Dossier pédagogique réalisé par le service des publics du Muséum d'histoire naturelle Henri-Lecoq

SOMMAIRE

I- Sa vie, son œuvre scientifique 2

II- Les systèmes de calculs à l'époque de Blaise PASCAL 5

II-1 En déplaçant des jetons… 5

II-2 … ou en prenant sa plume 6

III- La Pascaline 7

III – 1 Sa fabrication 7

III – 2 Son fonctionnement 8

III – 3 Les rescapées 12

Une Pascaline comment ça fonctionne ? 14

Références bibliographiques 14

Liens Internet utiles 14

I- Sa vie, son œuvre scientifique

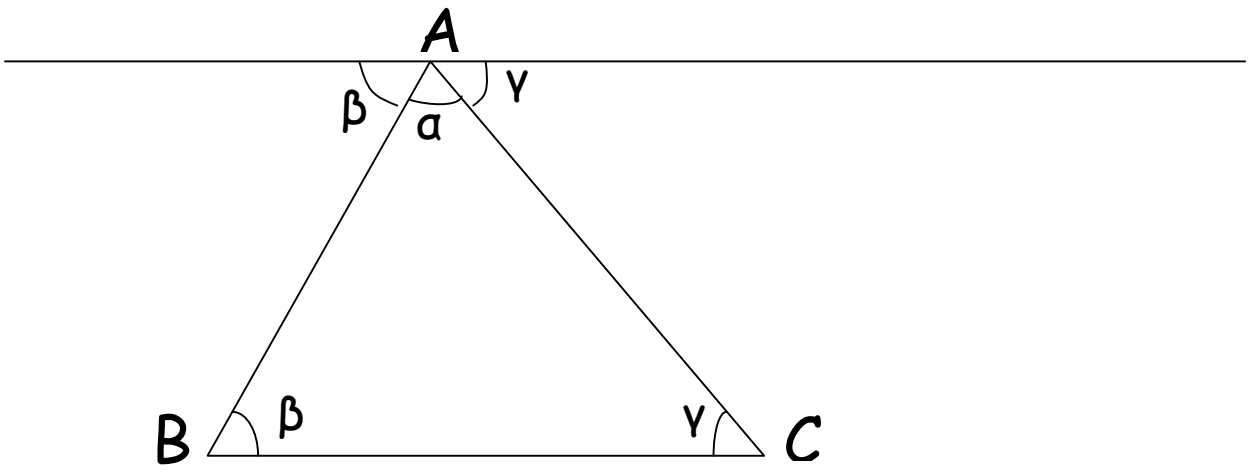
Blaise PASCAL, mathématicien, physicien, philosophe, moraliste et théologien français est né le 19 juin 1623 dans une famille aisée de 4 enfants, à Clermont-Ferrand. Son père Etienne PASCAL est alors président à la Cour des Aides de Clermont qui traite les affaires concernant les impôts.

Il connaît à peine sa mère Antoinette BEGON, car elle meurt lorsqu'il est âgé de trois ans.

Son père vend alors sa charge et s'installe à Paris en 1631 pour se consacrer à l'éducation de ses trois enfants. Il est fermement opposé à l'enseignement pratiqué dans les écoles qu'il trouve trop axé sur la religion. C'est ainsi qu'il va prendre en charge l'éducation de son fils. Il commence par l'apprentissage des Lettres et des Sciences Naturelles, en occultant les Mathématiques, pour que son fils ne se disperse pas. Il garde en réserve ces dernières pour plus tard.

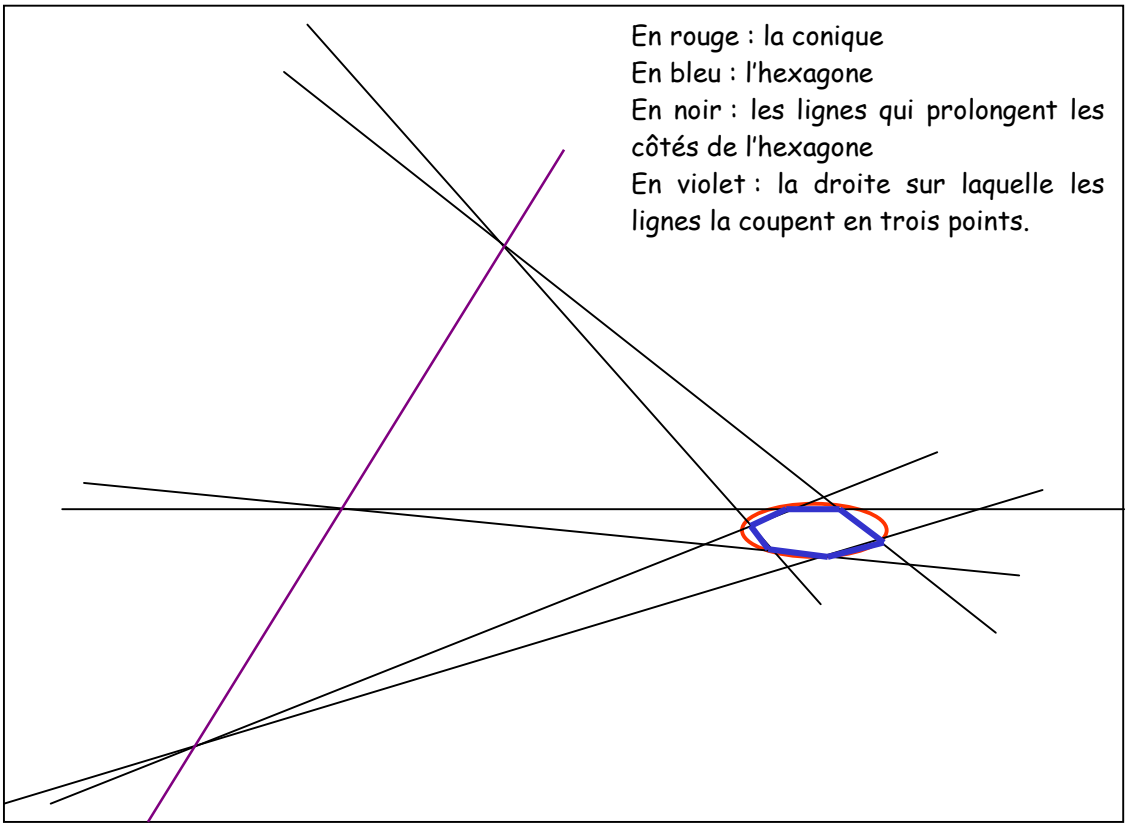
Mais très vite, Blaise PASCAL, curieux, étudie tout de même les Mathématiques en cachette dans la bibliothèque familiale. Il fait alors preuve de génie quand, à 12 ans seulement, il retrouve tout seul la 32ème proposition d'Euclide.

Proposition 32 : La somme des trois angles intérieurs d'un triangle est égale à 180° (soit $\alpha + \beta + \gamma = 180°$).



Puis, il compose un traité des sections coniques à 16 ans : six points choisis sur une conique* forment un hexagone, les prolongements des côtés opposés de l'hexagone se coupent en trois points alignés.

Une *conique est l'intersection d'un cône du second degrés avec un plan ne contenant pas le sommet (pour en savoir plus, consulter les liens Internet).



En 1640 à Rouen, Etienne PASCAL devient *commissaire député par sa Majesté pour l'impôt et la levée des tailles*. C'est un travail délicat qui exige beaucoup de diplomatie et nécessite l'exécution de longs et lourds calculs.

Blaise PASCAL a alors l'idée de créer une machine, la Pascaline (cf III), pour faciliter ces calculs fastidieux. Il réfléchit d'abord au principe de calcul puis il s'appuie sur les progrès de l'horlogerie pour concevoir la mécanique.

Blaise PASCAL est également connu pour ses expériences sur l'existence du vide et la pression atmosphérique.
En 1646 à Rouen, il refait avec son père les expériences de Torricelli sur le vide.
Quatre ans auparavant, Torricelli avait effectué une expérience décisive pour la controverse de l'existence du vide; il renversa un long tube rempli de mercure, fermé à l'extrémité dans un bac contenant également du mercure. Il avait alors remarqué que le mercure descendait dans le tube et s'arrêtait à une certaine hauteur H. Ce niveau ne changeait pas en faisant varier la hauteur du tube.

Pascal est favorable à l'existence du vide mais ne trouve pas cette démonstration suffisante. Il émet alors les hypothèses suivantes, soit la partie supérieure du tube n'est pas vide (l'air entre par des pores du verre, mais alors le mercure devrait descendre complètement), soit un vide se forme. Il se demande alors pourquoi le mercure s'arrête toujours à la même hauteur.

Il pense que la pression de l'atmosphère empêche le mercure de descendre complètement dans le tube et que la hauteur H est ainsi déterminée par la pression atmosphérique et la densité du liquide.

Pour le prouver, il va faire varier la densité du liquide en utilisant de l'eau et du vin, deux liquides moins denses que le mercure, avec lesquels la hauteur H augmente. Il fera également varier la pression atmosphérique lors de sa fameuse expérience du puy de Dôme où il demanda à son beau frère Florin PERIER d'effectuer une mesure place de Jaude puis une au sommet du puy de Dôme.

En 1653, il rédige les « *traités de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air* ».

Blaise PASCAL meurt à Paris le 19 août 1662.

NB : La chronologie des œuvres de Pascal est difficile à établir. En effet de nombreux textes ne sont pas datés et ont été publiés tardivement. Certains n'ont été connus qu'un siècle ou plus après le décès de Blaise Pascal ; d'autres sont fragmentaires ou connus à travers ses correspondances.

Essai pour les coniques (1642)
Expériences nouvelles touchant le vide (1647)
Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs (1648)
Traité du triangle arithmétique (1654)
La Règle des partis (1654)
Les Provinciales (Correspondances 1656-1657)
Élément de géométrie (1657)
De l'Esprit géométrique et de l'Art de persuader (1657)
Histoire de la roulette (1658)
L'Art de persuader (1660)
Pensées (1670, posthume)

II- Les systèmes de calculs à l'époque de Blaise PASCAL

Au 17ème siècle, calculer est encore loin d'être une chose facile. Il faut de l'application et de la patience pour réussir des opérations qui nous semblent aujourd'hui élémentaires, comme les soustractions ou les additions de plusieurs nombres.

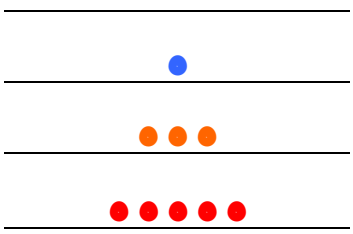
Il y avait alors deux méthodes rivales, les opérations avec jetons pour les uns, les opérations à la plume pour les autres.

II-1 En déplaçant des jetons…

On dispose d'une table avec plusieurs lignes disposées horizontalement, parallèles entre elles. La première ligne représente les unités, la deuxième les dizaines, la troisième les centaines, la quatrième les mille et la cinquième les dizaines de mille.

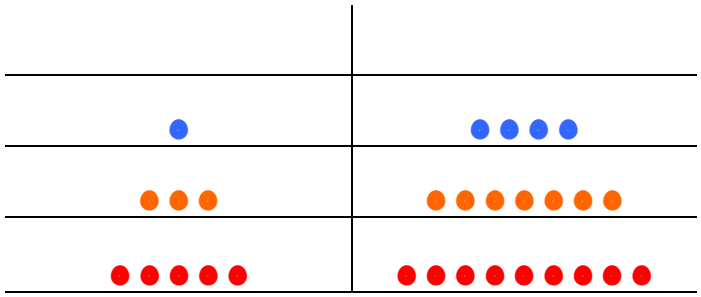
Pour écrire un chiffre avec ce système on dispose le nombre de jetons correspondant à chaque degré de chiffre (unité, dizaine, centaine…) sur les lignes de la table.

Exemple :
Pour écrire le chiffre 135, on dispose 5 jetons sur la ligne des unités, 3 jetons sur la ligne des dizaines et 1 jeton sur la ligne des centaines.

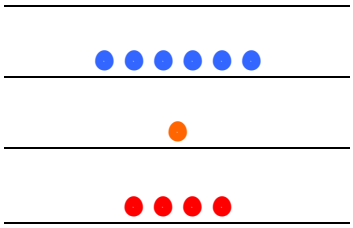


On inscrit ainsi sur la table tous les chiffres que l'on veut additionner ou soustraire. L'opération consiste à grouper par dix les jetons sur chaque ligne et à remplacer chaque dizaine par un jeton sur la ligne supérieure.

Exemple :
Si l'on veut additionner 135 et 479, on aura en plus des jetons de l'exemple du dessus une autre colonne de jetons avec 9 jetons sur la ligne des unités, 7 jetons sur la ligne des dizaines et 4 jetons sur la ligne des centaines.



Ainsi, sur la première ligne se trouvent 9 et 5 jetons. Le calculateur en retire 10, il en reste 4, et ajoute un jeton sur la ligne des dizaines. Il y trouve maintenant 7+3+1=11 jetons. De nouveau il en retire 10, il en reste 1, et il ajoute un jeton à la ligne des centaines. Celle-ci porte maintenant 4+1+1=6 jetons.

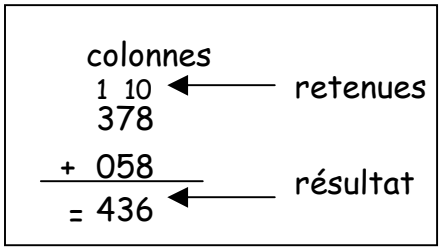


Le résultat apparaît alors sur la table : 614.

Cette méthode élémentaire et archaïque était déjà utilisée par les Romains qui ne pouvaient procéder autrement avec leurs « chiffres – lettres » compliqués. Quant au boulier encore utilisé en Asie, il fonctionne sur le même principe.

II-2 … ou en prenant sa plume

L'autre méthode utilisée à cette époque est celle de la plume. C'est celle que nous utilisons toujours actuellement. Elle met à profit la simplicité du système numéral indien et la représentation graphique des chiffres arabes pour faire les reports d'une colonne à l'autre.
Le calculateur fait successivement les sommes par colonnes, de droite à gauche.
Cette méthode, très simple pour nous, comporte deux inconvénients. D'une part, il y a des risques d'erreurs avec les retenues. D'autre part, il faut connaître par cœur ses tables d'additions. Aujourd'hui, les enfants les apprennent à l'école mais pas au 17ème siècle !



III- La Pascaline

III – 1 Sa fabrication

Pour aider son père dans sa comptabilité pour la collecte d'impôts, Blaise PASCAL, à 19 ans seulement, décide de fabriquer une machine permettant de réduire le temps de travail, les erreurs et surtout d'automatiser les calculs.

A cette époque, le travail de calcul est long et fastidieux et chaque erreur est sévèrement sanctionnée. La famille Pascal est « sous la protection » du Cardinal de Richelieu mais le Premier ministre de Louis XIII décède. Le Cardinal de Mazarin le remplace. Une fois en place, ce dernier commence à mettre des « protégés » à des postes-clés. Etienne PASCAL est menacé et doit redoubler d'efforts afin d'être irréprochable.

Se basant sur la mécanique de précision des horloges, Blaise PASCAL imagine une machine pourvue d'engrenages, de roues, de loquets pouvant effectuer des calculs ou des conversions tout en inscrivant des retenues. Il faut que la machine soit robuste, résistante à l'usure et facile d'utilisation.

Avec l'aide d'un horloger de Rouen qui lui confectionne les pièces nécessaires à la construction, il fabrique trois machines, la dernière seulement lui donnera satisfaction. La conception de cette machine s'étend de 1642 à 1644 et Pascal essaye de la perfectionner en créant une cinquantaine de modèles en différents matériaux (cuivre, ébène, ivoire…).

Malheureusement, Blaise PASCAL se heurte à deux mauvaises surprises.
L'une vient du fait que la Pascaline se révèle être très onéreuse, son prix équivalait, pour l'époque, à trois mois de salaire moyen et seuls les riches pouvaient se la procurer.
La seconde est que sa machine a été copiée par un horloger de Rouen peu scrupuleux mais dans la légalité car les inventions n'étaient, à l'époque, pas protégées par des brevets.

Cependant, en 1649 et grâce au Chancelier SEGUIER, Pascal obtient pour sa machine le « Privilège Royal » du jeune Louis XIV alors âgé de 11 ans. Il obtient donc l'autorisation d'être le seul à avoir le droit de fabriquer et de commercialiser sa machine.

Il appose même sur ses machines la citation suivante :
« Esto probati instrumenti symbolum hoc. Blasius Pascal Arvenus Inventor »
« Que ceci soit le symbole d'une machine vérifiée ! Blaise Pascal inventeur auvergnat »

III – 2 Son fonctionnement

La plupart des Pascalines se présentent sous la forme d'une boîte rectangulaire en laiton et en bois d'environ trente centimètres de long sur douze de haut.

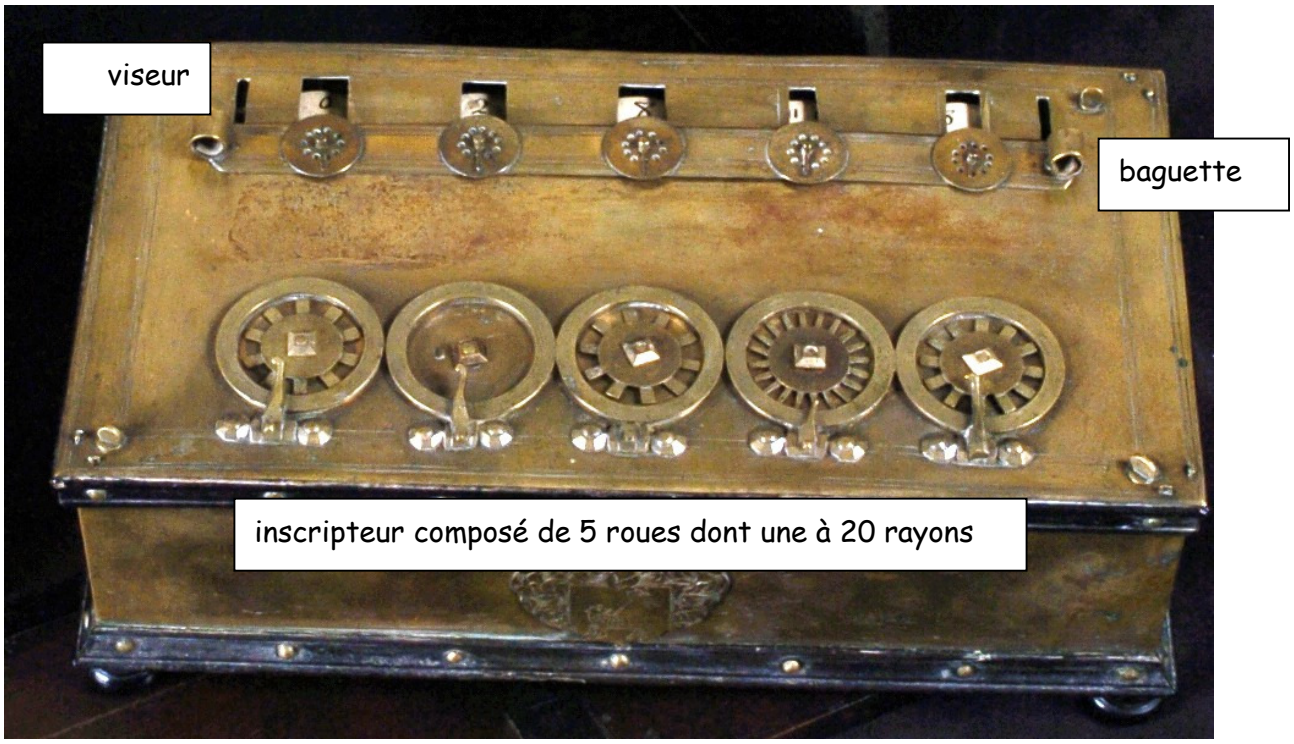
Toutes les commandes de la machine se trouvent sur le plateau supérieur.

La machine possède un inscripteur, un viseur ou afficheur et un totalisateur.

L'inscripteur, qui permet l'introduction des nombres, correspond à l'ensemble des roues d'inscription pourvues de rayons fonctionnant comme un cadran de téléphone. Le nombre de rayons est variable selon les machines. Le nombre de roues varie, quant à lui, de cinq à dix.

Chacune de ces roues correspond à un symbole du chiffre que l'on veut écrire : ainsi, pour les machines en base 10, il y en a une pour le symbole des unités, une pour les dizaines, une pour les centaines. Le système continuant comme cela jusqu'aux milliards pour les plus grosses machines.

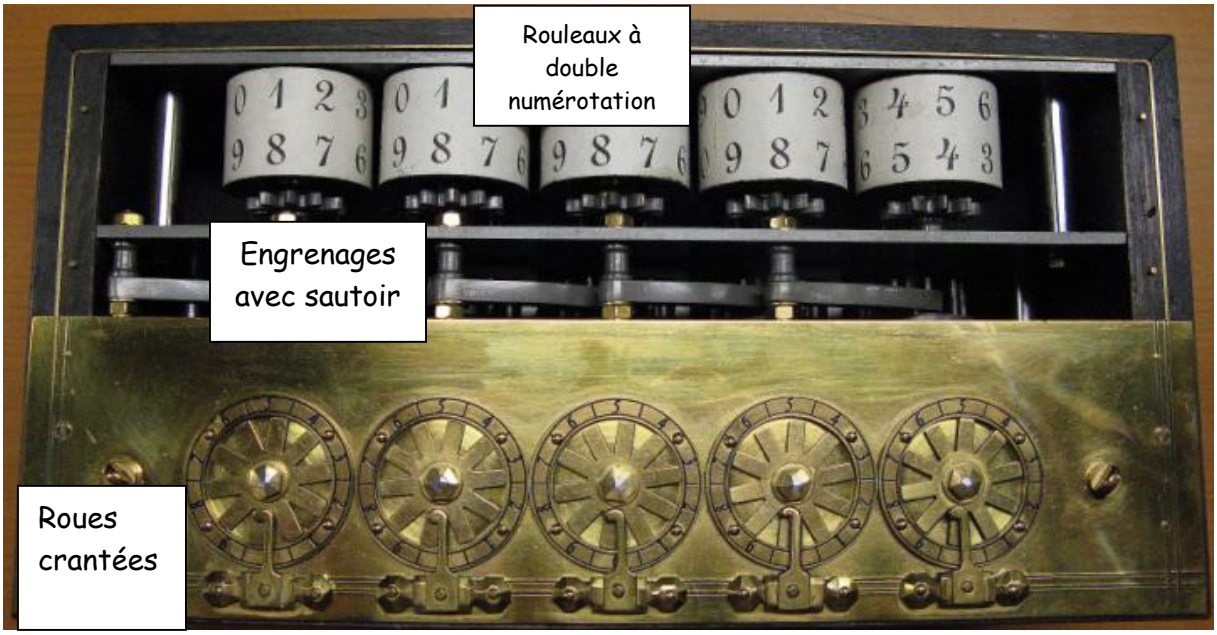
Mais toutes les machines ne sont pas en base 10. En effet, pour celles effectuant les comptes monétaires, 1 livre est égale à 20 sols et 1 sol vaut 12 deniers. De la même façon, pour les machines effectuant les calculs de distances 1 pied est égal à 12 pouces. C'est la variation du nombre de rayons sur les roues qui permet d'effectuer ces correspondances.



La Pascaline du Chevalier DURANT-PASCAL, Muséum d'Histoire naturelle Henri-Lecoq.

Pour actionner une roue, on place la pointe d'un stylet, appelé directeur, dans l'intervalle de deux rayons et on tourne dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'au butoir. Le chiffre apparaît alors dans le viseur.

Le viseur correspond donc aux lucarnes rectangulaires où apparaissent les chiffres du totalisateur.



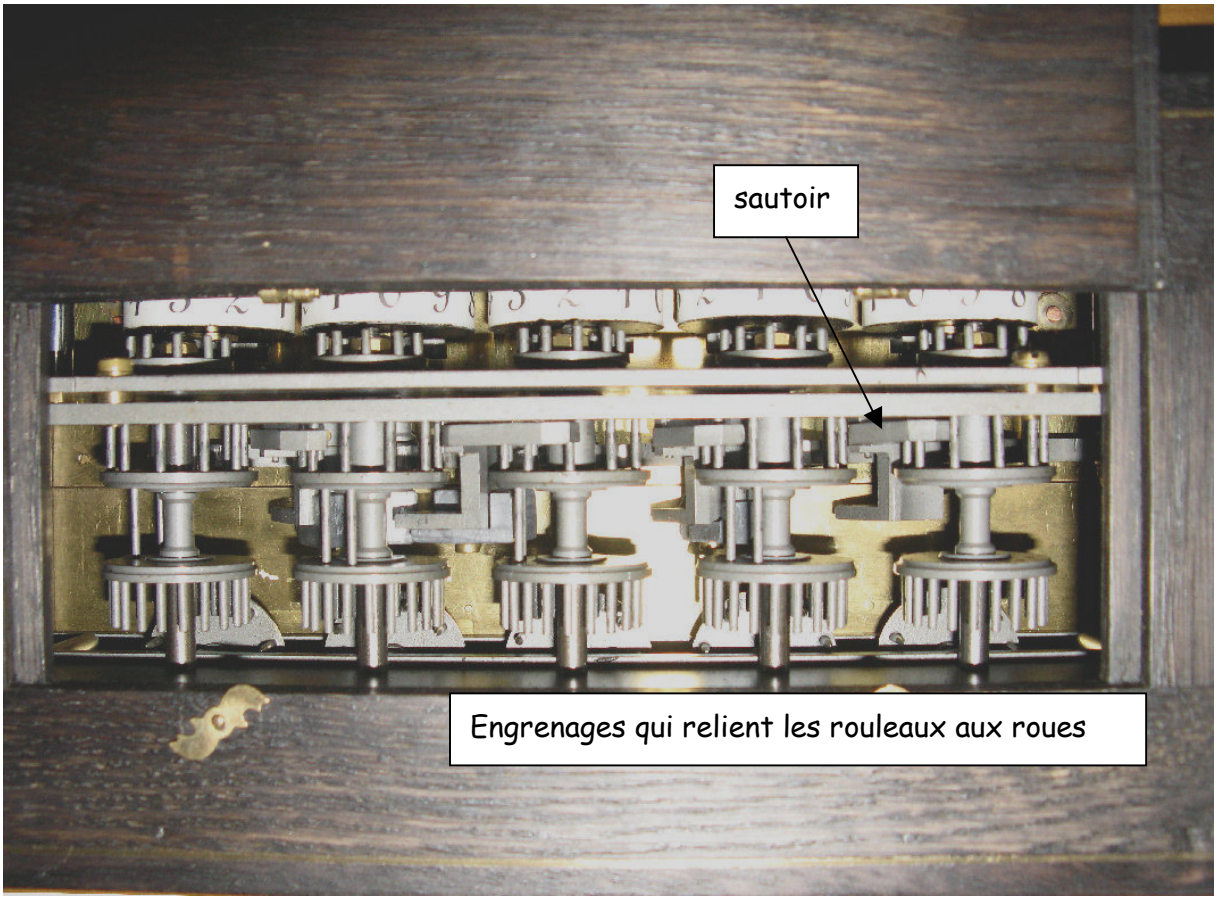
Reproduction fonctionnelle de la Pascaline, vue de dessus
(Muséum d'Histoire naturelle Henri-Lecoq).

Les rayons de l'inscripteur sont reliés à des pignons. Ces derniers s'emboîtent dans des chevilles solidaires des rouleaux (appelés aussi tambours) qui portent la double numérotation, directe et complémentaire. C'est ainsi que les mouvements de l'inscripteur se transmettent aux rouleaux de chiffres.

Sur la partie supérieure des rouleaux, les chiffres défilent dans l'ordre croissant alors que sur la partie inférieure ils décroissent.

Une longue baguette mobile cache soit la rangée de chiffres supérieurs portant les chiffres de 0 à 9 (pour les additions) ou bien la rangée de chiffres inférieurs se déroulant de 9 à 0 (pour les soustractions).

L'ingénieux mécanisme de la Pascaline réside dans son sautoir qui fait avancer d'une unité chaque cylindre quand le précédent a effectué un tour complet.
Il se soulève progressivement au fur et à mesure que le cylindre correspondant passe de 0 à 9. Il se libère quand le cylindre passe de 9 à 0. En retombant, le cliquet pousse d'une unité le cylindre immédiatement à gauche. Quand plusieurs retenues sont nécessaires (999 + 1), les sautoirs s'activent en cascade, progressivement, de la droite vers la gauche.

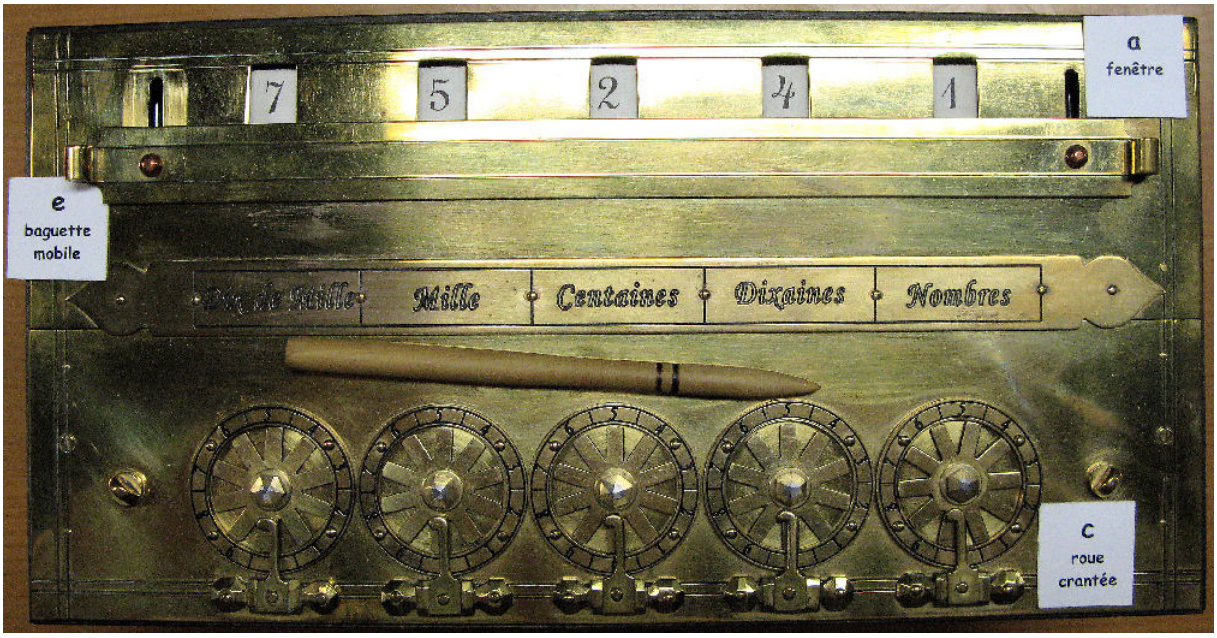


Reproduction fonctionnelle de la Pascaline, vue de dessous
(Muséum d'Histoire naturelle Henri-Lecoq).

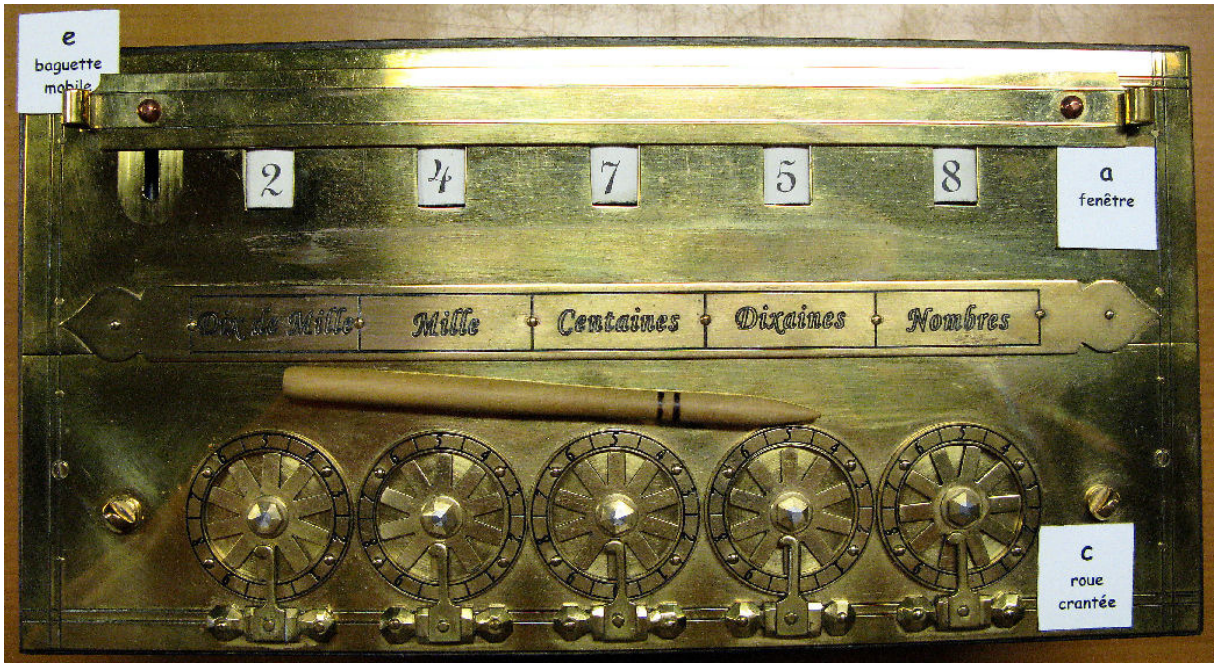
Pour effectuer une addition, on inscrit le premier nombre et le deuxième nombre de la même façon grâce à la numérotation directe. Le total apparaît instantanément aux lucarnes du totalisateur. Le report des retenues est effectué automatiquement par le sautoir.

Pour la soustraction, on pousse le cache de l'afficheur en position haute pour faire apparaître la numérotation complémentaire.

Sur la face avant de la machine est apposée une marque de fabrique. Les armoiries des Pascal de Mons.



Reproduction fonctionnelle de la Pascaline, vue de dessus,
la baguette mobile est en position basse pour faire une addition
(Muséum d'Histoire naturelle Henri-Lecoq).

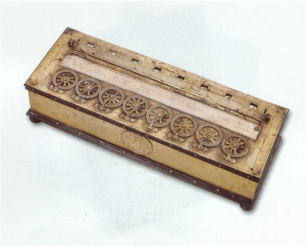


Reproduction fonctionnelle de la Pascaline, vue de dessus,
la baguette mobile est en position haute pour faire une soustraction
(Muséum d'Histoire naturelle Henri-Lecoq).

III – 3 Les rescapées

Aujourd'hui on ne recense que 8 authentiques exemplaires de la Pascaline dans le monde. Seulement une vingtaine de machines aurait été fabriquée sous la direction de Pascal.

- La Pascaline de Marguerite PERIER :



La nièce de Blaise Pascal légua à sa mort ses machines à l'Oratoire de Clermont-Ferrand. A la Révolution, le chevalier Durant-Pascal entra en possession de ces dernières. Une d'entre elles fût acquise par la ville pendant le mandat du maire M. Antoine Blatin dans les années 1820.

Une de ces machines est aujourd'hui présente au Muséum d'Histoire Naturelle Henri-Lecoq de Clermont Ferrand.

La machine est en laiton avec des baguettes d'ébène. C'est une machine décimale à huit roues (dimensions : 36 × 12.5 × 7 cm).

- La Pascaline du Chevalier DURANT-PASCAL :

Elle eut le même parcours que la précédente jusqu'à la Révolution mais reste dans la famille du chevalier jusqu'en 1985.

Elle est également aujourd'hui présente au Muséum d'Histoire Naturelle Henri-Lecoq de Clermont-Ferrand.

C'est une machine pour la comptabilité à cinq roues. Elle est la seule à posséder un coffret ainsi qu'un mode d'emploi (dimensions : 25.5×15.5×9 cm).

- La Pascaline d'architecte :

Elle appartenait sûrement à Marguerite PERIER qui, comme pour les deux autres, en fit don à l'Oratoire. Mais lors de la Révolution elle prit un tout autre chemin pour ne réapparaître qu'en 1942 dans l'Allier, dans la collection privée d'un particulier qui l'a achetée chez un brocanteur.

Il s'agit de la seule machine parmi les huit qui mesure les distances (toise, pieds, pouces, lignes).

- La Pascaline de la reine Christine de Suède :

En juin 1652 , Pascal offrit une machine à la reine Christine de Suède pour que son invention soit reconnue dans toute l'Europe. Les collections de la reine furent ramenées en France en 1654, juste avant son abdication. La machine entre dans la bibliothèque du roi puis rejoint les collections du CNAM.

Elle est aujourd'hui présentée au Musée des Arts et Métiers de Paris.

La machine est en laiton mais les baguettes ont disparu. C'est une machine décimale à six roues. Ces dernières sont recouvertes d'argent (dimensions : 28.8×12.5×7.1 cm).

- La Pascaline du Chancelier SEGUIER :

En 1645, Pascal donne comme présent un exemplaire de sa machine au Chancelier SEGUIER afin que celui-ci persuade le jeune Louis XIV de lui attribuer le Privilège Royal. Plus tard, après être passée de mains en mains, elle est vendue à la société américaine IBM. La Direction des Musées de France s 'en inquiéta et le CNAM put l'acquérir par voie d'échange contre une autre Pascaline.

Elle est encore aujourd'hui au Musée des Arts et Métiers de Paris.

La machine est en laiton, ornée de baguettes d'ébène. C'est une machine monétaire à huit roues (dimensions : 36.1×12.7×7.7).

- La Pascaline d'IBM :

En 1950 , IBM acheta celle du Chancelier SEGUIER et l'échangea contre cette dernière à la Direction des Musées de France.

Aujourd'hui elle est présente au musée d'IBM au siège social à New York (USA).

C'est une machine monétaire, à huit roues.

- La Pascaline de Louis PERIER :

Il est probable que Blaise Pascal ait offert une de ses machines à son neveu. A sa mort, elle prit la direction de l'Institut de France avant de rejoindre le musée du CNAM.

La machine est en laiton, pourvue de poignées ainsi que de dispositifs auxiliaires de calcul. Les rondelles de mémoires permettent de se rappeler des retenues ; on note la présence d'autres mécanismes dont la fonction n'est pas une certitude (rayons marqués, rondelles concentriques…) . C'est une machine monétaire à huit roues (dimensions : 36.1×12.7×7.7 cm).

- La Pascaline de Dresde :

Marie-Louise de GONZAGUE épouse, en 1645, Vladislas VI wasa de Pologne puis, à la mort de ce dernier, son frère et successeur, Jean II Casimir. D'après Tallemont de Reaux, elle emporta deux machines. A partir de 1695, le trône de Pologne revint à l'Electeur de Saxe et les collections royales sont réquisitionnées. Il est donc probable que cette machine soit l'une des deux machines de Marie-Louise de GONZAGUE.

Aujourd'hui, elle est présentée au Musée de mathématique et de physique de Dresde.

Une Pascaline comment ça fonctionne ?

Le Muséum d'Histoire Naturelle Henri-Lecoq possède également une reproduction de la Pascaline destinée à des démonstrations. Pour découvrir les mécanismes et le fonctionnement de cette machine et pour faire vous aussi les calculs comme au temps de Blaise Pascal, il est possible de prendre rendez-vous auprès du musée pour des groupes de 10 à 15 personnes.

La démonstration de la Pascaline est également proposée dans l'animation « Mesures et calculs » pour les élèves de cycle 3.

Références bibliographiques

- Jean Marguin, *Histoire des instruments et machines à calculer, trois siècles de mécanique pensante, 1642-1942*, 1994, Editions Hermann
- Michel Ellenberg, *La machine à calculer de Blaise Pascal*, 1993 , Editions Nathan
- Guy Mourlevat, *Les machines arithmétiques de Blaise Pascal*, La française d'Edition et d'Imprimerie, 1988
- Dominique Vogt, *L'histoire de Blaise Pascal et sa Pascaline*, dossier uniquement disponible et consultable au Musée Lecoq

Liens Internet utiles

Sur les coniques :
http://www.sciences.univnantes.fr/physique/perso/gtulloue/Coniques/Index_coniques.html
http://fr.wikipedia.org/wiki/Conique

Sur la pascaline :
http://perso.ens-lyon.fr/florent.de.dinechin/enseignement/pascaline/
www.bibmath.net
http://villemin.gerard.free.fr/Calcul/Pascalin.htm
http://pagesperso-orange.fr/therese.eveilleau/pages/truc_mat/textes/pascaline.htm

Dossier réalisé par Cécile CREPEL dans le cadre d'un stage au service des publics.