

Emmanuel Lazard  
et Pierre Mounier-Kuhn  
Préface de Gérard Berry

# Histoire illustrée de l'informatique

3<sup>e</sup> édition





# Histoire illustrée de l'informatique

Comment fut inventé l'ordinateur ?  
Comment notre monde s'est-il numérisé ?  
Qui sont les héros de cette aventure ?  
Comment s'inscrit-elle dans l'évolution de l'humanité ?

Connaître l'histoire de l'informatique relève désormais de la culture générale. De la machine d'Anticythère au cyberespionnage et aux *Big Data*, des cartes perforées à l'Internet, des tabulatrices aux tablettes, ce livre vous propose un voyage dans le temps, une archéologie de notre environnement numérique.

Laissez-vous emporter dans cette lecture fabuleuse, où chacun retrouvera ou découvrira ces merveilleuses créations de l'esprit humain.

Emmanuel  
Lazard  
&  
Pierre  
Mounier-Kuhn

978-2-7598-2704-6



KLEE  
GROUP

edp sciences  
[www.edpsciences.org](http://www.edpsciences.org)

# Histoire illustrée de l'informatique

3<sup>e</sup> édition

# Klee group

**P**our qui s'intéresse à l'informatique, rencontrer Emmanuel Lazard c'est un peu comme la découverte d'un oncle inconnu qui change en quelques phrases votre vision de votre propre famille. En quelques minutes, le 2 avril 2015, Emmanuel m'a fait ce tour de magie. Fort de son érudition de professeur à Paris-Dauphine, habité par son enthousiasme pour le livre qu'il voulait créer avec l'historien Pierre Mounier-Kuhn, il m'a fait voir les photos qu'il avait déjà compilées, et expliqué le sens qu'il voulait donner à son œuvre. Les photos des pionniers qui nous ont précédés y côtoient celles de leurs machines, et le progrès qui s'y lit est aussi une histoire humaine.

Les entrepreneurs, même chevronnés, ont le sens du merveilleux. Aussi Emmanuel Lazard a facilement trouvé en Klee Group le sponsor qu'il cherchait : je remercie même la providence qui me l'a envoyé. Pour nous qui baignons dans l'accélération des transformations numériques, fonçant à travers des barrières hier infranchissables, c'est un bonheur rafraîchissant que de retrouver nos racines à travers cette histoire illustrée de l'informatique.

Comme un album de famille, ce livre ravive notre enthousiasme en nous rappelant d'où nous venons, en nous surprenant souvent, et en redonnant du sens aux efforts quotidiens qui animent notre industrie. Feuilletez-le ! Lisez-le ! Et, je l'espère, prenez autant de plaisir à partager cet ouvrage que j'en ai eu à en soutenir la création.

**Thibaud VIALA**

**Cofondateur et directeur général de Klee Group**

## La société Klee Group

Klee Group est à la fois éditeur de logiciel, société de conseil, et maître d'œuvre de projets informatiques. Klee Group transforme les systèmes d'information des entreprises en identifiant et en concrétisant les bénéfices que l'innovation technologique permet au plus près du métier de ses clients.

Klee Group propose quatre lignes de service : conseil en systèmes d'information, agence digitale, informatique décisionnelle, projets d'intégration, et trois progiciels : Klee Commerce, Spark Archives, Capital Venture. Son expertise est particulièrement reconnue dans le secteur des services, de la distribution, des marques.

Klee Group est présent en France, en Italie, en Espagne et aux États-Unis et compte des clients dans plus de 30 pays.

[www.kleegroup.com](http://www.kleegroup.com)



**KLEE  
GROUP**

**Klee Group – Créateur de Solutions Digitales Métier.**



Emmanuel Lazard et Pierre Mounier-Kuhn

# Histoire illustrée de l'informatique

3<sup>e</sup> édition

edp sciences

# Les auteurs

**Emmanuel Lazard**, ancien élève de l'École Normale Supérieure, est Maître de conférences à l'université Paris-Dauphine où il dirige l'un des centres informatiques. Passionné par les ordinateurs depuis plus de 30 ans, il est l'auteur de plusieurs ouvrages sur leur architecture et leur technologie :

- *Architecture de l'ordinateur, collection Synthex* (Pearson Education, 2006) ;
- *Pratique performante du langage C, collection TechnoSup* (Ellipses Éditions, 2013) ;
- *Architecture et technologie des ordinateurs* (Dunod, 2013), en collaboration avec Paolo Zanella et Yves Ligier.

**Pierre Mounier-Kuhn**, historien, est chargé de recherche au CNRS et à l'université Paris-Sorbonne. Il a consacré sa thèse et plus de soixante articles à l'histoire de l'informatique. Il est l'auteur de deux livres :

- *L'Informatique en France, de la seconde guerre mondiale au Plan Calcul. L'émergence d'une science* (PUPS, 2010) ;
- *Mémoires vives. 50 ans d'informatique chez BNP Paribas* (BNP Paribas, 2010).

Il prépare un ouvrage sur l'histoire de l'industrie informatique française.

Imprimé en France


ISBN : 978-2-7598-2704-6

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2022

# Préface

par Gérard Berry, Professeur au Collège de France

 C'est un honneur et un plaisir pour moi de préfacer un livre aussi complet, bien renseigné et richement illustré sur l'histoire de l'informatique. Ayant débuté dans l'informatique en 1967 avec les ordinateurs rudimentaires qu'étaient le SETI PB250 et l'IBM 1620, évoqués dans le texte, j'ai pu en suivre directement l'histoire sur une cinquantaine d'années. Ce qui rend son développement fascinant, c'est qu'il est à la fois exponentiel, linéaire, et plein de cahots.

C'est un développement exponentiel d'abord, comme le montre le graphique des performances qui clôt ce livre. Et comme l'exprime la fameuse loi de Moore qui énonce que le nombre de transistors par unité de surface d'un circuit intégré double en gros tous les deux ans (et non pas, comme on le voit souvent écrit, que la puissance des ordinateurs doublerait tous les deux ans). Cette loi est restée valable depuis sa formulation en 1965 jusqu'à nos jours, bien que l'on ait régulièrement prédit sa péremption. La loi de Moore est moins une observation qu'une décision industrielle : à chaque génération de circuits, on décide quelle sera la prochaine génération et l'on fabrique les usines pour la produire. Après la période héroïque des ordinateurs à tubes ou à transistors, elle a régi toute l'industrie et permis la croissance également exponentielle du nombre des ordinateurs — et des objets informatisés, maintenant bien plus nombreux que les ordinateurs classiques. Son suivi a nécessité des prodiges d'ingéniosité des spécialistes qui ont développé, d'une part la physique et la technologie de fabrication de circuits contenant des milliards de composants, d'autre part l'ensemble des outils logiciels de conception assistée par ordinateur de ces circuits : il y a longtemps que plus personne ne peut réellement voir tous les détails d'un circuit, qu'on ne peut d'ailleurs plus imprimer sur du papier pour les lire. Ce n'est même pas forcément la physique qui freinera en premier cette loi.

Ça pourra être l'économie, car l'industrie des semi-conducteurs est devenue la plus lourde du monde, avec des prix d'usines démesurés, peu de nouveaux entrants, et de nombreux participants jetant l'éponge chaque année.

Mais le développement a été plus linéaire d'un autre point de vue, car les circuits ne serviraient à rien si leur fonctionnement n'était pas gouverné par les logiciels. Or les logiciels sont avant tout des créations humaines fort difficiles à réaliser, et la capacité humaine ne suit pas une courbe exponentielle. Nous ne sommes pas vraiment plus intelligents qu'avant, que ce soit individuellement ou collectivement. Nous sommes certes plus nombreux, mais le nombre d'informaticiens compétents aura des limites évidentes, surtout si l'on persiste à n'enseigner le sujet que timidement. Bien sûr, les outils de programmation et de vérification de programmes ont considérablement évolué et le rendement humain avec eux. Mais le nombre d'applications a aussi beaucoup grandi et leur qualité n'est pas toujours au rendez-vous. Le public ne réalise en général pas que les bugs informatiques ne sont pratiquement jamais des pannes de la machine, mais bel et bien des erreurs de programmation, donc en un sens des pannes des humains qui ont écrit les logiciels.

Un autre aspect essentiel que le livre met bien en valeur, c'est que les progrès n'ont pas été continus, mais ont plutôt pris l'aspect de séquences jalonnées par des chocs techniques assez brutaux qui ont chaque fois bouleversé des positions acquises. Les chapitres du livre sont fort justement organisés selon ces bouleversements. D'abord l'Antiquité, dont les traces sont en fait toujours présentes dans l'algorithme — qui est un des cœurs de la science informatique avec la science de la programmation. Puis l'ère des machines mécaniques, dont nous gardons toujours quelques héritages : par exemple 80, le nombre de colonnes dans une carte perforée IBM des années 1930,



qui est resté la taille maximum conseillée pour une ligne de programme. Ensuite, vers 1950 les premiers ordinateurs électroniques issus de la fantastique avancée intellectuelle apportée à partir de 1936 par Turing, Church et d'autres logiciens, puis par von Neumann. Malgré leur 80 ans, la théorie de la décidabilité et la machine de Turing restent des outils fondamentaux de l'algorithmique, dont les résultats sont peu connus du public mais utilisés partout ; et le  $\lambda$ -calcul de Church est resté le canon des langages de programmation modernes. Mais la technologie des années 1950 était lourde et chère : tubes à vide puis transistors discrets, tambours et disques magnétiques massifs, lecteurs de bandes magnétiques occupant des armoires, etc.

À cette époque, l'écriture des logiciels était davantage vue comme le moyen technique d'exploiter l'ordinateur que comme une activité noble. Mais des gens comme David Wheeler et Maurice Wilkes, à Cambridge, ont compris très tôt que mettre au point les programmes était une activité très difficile. Le logiciel est effectivement devenu assez vite le point faible de l'informatique ; il l'est encore, et pour longtemps. Plus tard les mini-ordinateurs, symbolisés par le PDP-11 puis le VAX de Digital Equipment, ont complètement changé la donne. Les prix devenaient abordables, la loi de Moore commençait à produire ses effets et, surtout, la production de logiciels devenait une activité vraiment autonome avec des systèmes d'exploitation ne dépendant plus des constructeurs. Nouveauté majeure, apparaissaient des programmes portables d'un ordinateur à un autre. C'est l'époque où la recherche en informatique a commencé à exploser.

Peu après, se croyant bien assis, les fabricants de mini-ordinateurs se sont pourtant fait anéantir par l'irruption des micro-ordinateurs. Ceux-ci ont profité à plein de la loi de Moore, cherché des clients tout à fait différents — en particulier monsieur et madame Toutlemonde — et sauté sur l'arrivée du grand réseau Internet qui a lui-même changé la façon de voir l'informatique et bien d'autres choses. Peu à peu, l'ordinateur est devenu aussi utilisé que le téléphone ou la télévision, mais avec un gros avantage sur tout ce qui se faisait

avant : son extraordinaire adaptabilité à des domaines d'applications arbitraires, où la science, l'art et la culture en général sont devenus aussi importants que l'industrie traditionnelle. Même si tout cela était en germe dans la notion de machine universelle inventée par Turing en 1936, les mini-révolutions ont été permanentes et variées. Maintenant, l'ordinateur lui-même avec son clavier et son écran est fortement mis en question par les « couteaux suisses » que sont les nouveaux téléphones, devenus aussi bien des moyens privilégiés d'aller sur Internet que des appareils photos haut de gamme, tout en nous laissant la capacité de nous parler au téléphone.

Après sa description fine du passé, le livre ne prend pas position sur le futur de l'informatique, et il a raison. La seule chose claire est qu'on est encore dans la jeunesse de son histoire. Et qu'il faut se méfier des prévisions reposant seulement sur l'extrapolation du passé. La science-fiction avait imaginé des ordinateurs gros et intelligents, ils sont au contraire devenus tout petits et toujours aussi peu pensants. Les télécommunications ubiquitaires et les grands réseaux n'ont pas souvent été imaginés, sauf par Albert Robida à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (<http://www.robida.info/>). Les prévisions sur l'hypothèse que l'intelligence des ordinateurs va dépasser l'intelligence de l'homme pullulent... mais elles évitent soigneusement de définir le mot intelligence, probablement pas encore près d'être compris ; les acteurs scientifiques de l'intelligence artificielle sont souvent plus prudents que leurs exégètes. Et qui sait comment évoluera le matériel, alors qu'on n'a même pas encore vraiment essayé d'autres technologies que les transistors sur silicium ? Qui sait quels seront les progrès réels de l'informatisation des objets et de la robotique, au moment où l'on voit l'impact des bugs et la trop faible cyber-sécurité devenir de vrais facteurs de ralentissement des grands plans théoriques d'informatique universelle ? Que nous réserve l'imagination des hommes qui s'est déjà tellement illustrée en informatique ? J'attends avec impatience l'édition 2048 (100 000 000 000 en binaire) de ce beau livre de 2016 (11111100000) pour en savoir plus<sup>1</sup>.

1. NTD : Gérard Berry a choisi cette date, 2048, parce que ce nombre est significatif pour les informaticiens. Ce multiple de 8 (le nombre de signes binaires dans un octet) se retrouve, par exemple, dans la taille mémoire des ordinateurs d'autrefois (et d'aujourd'hui) : 128, 256, 512, 1024, 2048 octets...



# Sommaire

## Introduction..... 13

## I. L'antiquité du calcul..... 16

### Introduction..... 17

4000 av. J.-C. ▶ Comptage..... 23

env. 1000 av. J.-C. ▶ Symboles binaires..... 23

env. 500 av. J.-C. ▶ Abaques, bouliers..... 24

330 av. J.-C. ▶ Logique grecque..... 24

env. 300 av. J.-C. ▶ Algorithmes grecs..... 24

II<sup>e</sup> siècle av. J.-C. ▶ Mécanisme d'Anticythère..... 25

I<sup>er</sup> siècle ▶ Automates de Héron d'Alexandrie..... 26

III<sup>e</sup>-VIII<sup>e</sup> siècle ▶ Numération indo-arabe..... 26

820 ▶ Al-Khwarizmi..... 28

IX<sup>e</sup> siècle ▶ Cryptanalyse..... 28

X<sup>e</sup> siècle ▶ Une théologie arithmétique..... 28

1202 ▶ Fibonacci et les nouvelles techniques de calcul..... 28

XIII<sup>e</sup> siècle ▶ Une machine logique :  
l'Ars magna de Raymond Lulle..... 29

XIII<sup>e</sup> siècle ▶ L'horlogerie..... 29

## II. Tables numériques et machines mécaniques..... 32

### Introduction..... 33

1614 ▶ Logarithmes et bâtonnets..... 35

1623 ▶ Ébauche de la première machine à calculer..... 36

1624 ▶ Tables logarithmiques de Briggs..... 37

1630 ▶ La règle à calcul..... 37

1645 ▶ La Pascaline..... 38

1669 ▶ Barrême publie ses barèmes..... 41

1694 ▶ L'œuvre fondatrice de Leibniz..... 42

1759 ▶ Nicole-Reine Lepaute, une marathonnienne du calcul..... 44

1770 ▶ Le Turc mécanique..... 44

1793 ▶ L'usine à calcul de Gaspard de Prony..... 45

1794 ▶ Le télégraphe Chappe..... 46

1804 ▶ Métier à tisser Jacquard..... 46

1820 ▶ Arithmomètre..... 47

1837 ▶ Machine analytique..... 48

1838 ▶ Le code Morse..... 50

1843 ▶ Lady Ada Lovelace..... 50

1844 ▶ Le Scarabée d'or..... 52

1844 ▶ Schwilgué : les calculatrices à touches..... 52

1846 ▶ Le ruban perforé..... 53

1854 ▶ Planimètre polaire d'Amsler..... 54

1854 ▶ La logique Booléenne..... 55

1864 ▶ Spam télégraphique..... 55

1865 ▶ CCITT..... 55

1866 ▶ Premier câble transatlantique..... 55

1867 ▶ La machine à écrire..... 57

1873 ▶ Arithmomètre d'Odhner : le best-seller mondial  
des calculatrices de bureau..... 57

1875 ▶ Analyseur harmonique : l'invention  
du calculateur analogique..... 59

1876 ▶ Le téléphone..... 59

1876 ▶ Additionneur de Tchebychev..... 60

1885 ▶ L'Amérique entre en scène..... 60

1885 ▶ Linotype et Monotype : la composition  
de textes automatisée..... 61

1889 ▶ La multiplicatrice directe..... 62

1890 ▶ Début de la mécanographie..... 63

### III. Le début du xx<sup>e</sup> siècle ..... 66

#### Introduction ..... 67

1904 ▶ Diode et triode .....	69
1905 ▶ Nomographie de M. d'Ocagne .....	70
1913 ▶ Percy Ludgate .....	71
1913 ▶ Totalisateur de paris mutuels .....	71
1918 ▶ Bascule « Flip-Flop » .....	72
1920 ▶ Leonardo Torres-Quevedo .....	72
1920 ▶ Calculateurs humains .....	72
1920 ▶ Apparition du robot .....	74
1927 ▶ Un cerveau d'acier .....	74
1928 ▶ Carte perforée à 80 colonnes .....	74
1928 ▶ Encodage de la voix .....	76
1928 ▶ Problème de la décidabilité .....	76
1930 ▶ Analyseur différentiel .....	76
1930 ▶ Paul Otlet et le Mundaneum : l'utopie de la documentation universelle .....	79
1933 ▶ Cartes perforées : la maturation des machines .....	80
1937 ▶ Alan Turing .....	81
1937 ▶ Premier circuit binaire .....	83
1938 ▶ Claude Shannon et les circuits binaires .....	83
1948 ▶ Calculatrices Curta .....	84

### IV. Les premiers ordinateurs ..... 86

#### Introduction ..... 87

1940 ▶ Calculateur ABC : Atanasoff-Berry Computer .....	89
1940 ▶ Les calculateurs de Konrad Zuse .....	89
1941 ▶ Hedy Lamarr et les sauts de fréquence .....	90
1942 ▶ Les trois lois de la robotique .....	91
1938-1943 ▶ Décryptage d'Enigma .....	91
1943-1945 ▶ Colossus : décryptage des machines Lorenz .....	92
1944 ▶ Calculateur Harvard Mark I .....	94
1944 ▶ Lumitype : naissance de la photocomposition .....	98

1945 ▶ Vannevar Bush et l'hypertexte .....	98
1945 ▶ ENIAC .....	99
1945 ▶ Rapport de von Neumann .....	102
1946 ▶ Méthode de Monte-Carlo .....	104
1947 ▶ « Bug » sur le Mark II .....	104
1947 ▶ Transistor au germanium .....	105
1947 ▶ Tube de Williams-Kilburn .....	105
1948 ▶ Les pionniers britanniques : <i>Baby</i> , EDSAC et les autres ...	106
1948 ▶ Premier programme enregistré .....	110
1948 ▶ IBM 604 .....	111
1948 ▶ Théorie de l'information .....	112
1948 ▶ Cybernétique de Wiener .....	112
1949 ▶ Dispositifs de mémorisation .....	113
1950 ▶ Les codes de Hamming .....	114
1950 ▶ Une révolution mondiale .....	114
1951 ▶ Premiers ordinateurs en URSS .....	118

### V. L'ère des « gros systèmes » : du Whirlwind à la loi de Moore ..... 120

#### Introduction ..... 121

1950 ▶ Augmenter la productivité .....	123
1951 ▶ Premiers ordinateurs commerciaux : le Ferranti Mk1 .....	123
1951 ▶ Premiers ordinateurs commerciaux : l'UNIVAC 1 .....	124
1951 ▶ Premier ordinateur temps-réel : le Whirlwind au MIT .....	127
1951 ▶ Premiers ordinateurs IBM .....	128
1952 ▶ Calculateur Bull Gamma 3 .....	129
1952 ▶ Premiers ordinateurs commerciaux : LEO, l'ordinateur des salons de thé .....	129
1952 ▶ Le tambour magnétique .....	130
1952 ▶ La reconnaissance vocale .....	130
1953 ▶ Mémoire à tores de ferrite .....	130
1954 ▶ <i>Théorie des Algorithmes</i> .....	131
1954 ▶ L'informatique avant les ordinateurs : un centre de traitement bancaire dans les années cinquante .....	131

1954 ▶ Premier ordinateur français : « CUBA » de la SEA .....	132
1954 ▶ Le transistor bon marché .....	134
1954 ▶ Traduction automatique .....	134
1955 ▶ Avènement des transistors : la « deuxième génération » ..	135
1955 ▶ IBM 650 : apparition en France de l'ordinateur .....	138
1956 ▶ Le disque dur .....	140
1956 ▶ Genèse des systèmes d'exploitation .....	142
1956 ▶ L'intelligence artificielle .....	142
1956 ▶ <i>The General and Logical Theory of Automata</i> .....	143
1957 ▶ Logic Theorist .....	143
1957 ▶ FORTRAN .....	144
1958 ▶ Maintenance et fiabilité .....	144
1958 ▶ Ordinateur ternaire Setun .....	146
1958 ▶ Premier circuit intégré .....	146
1958 ▶ Début du traitement de texte .....	147
1959 ▶ IBM 705 : le traitement de masse dans la banque .....	148
1959 ▶ LISP .....	148
1959 ▶ Parametron .....	148
1959 ▶ PDP-1 de DEC .....	149
1959 ▶ Quicksort .....	149
1959 ▶ CAB 500 de la SEA : un ordinateur personnel interactif ....	150
1960 ▶ Analyseur différentiel à EDF .....	150
1960 ▶ Ordinateur analogique électronique .....	152
1960 ▶ COBOL .....	152
1960 ▶ Transistor à effet de champ .....	153
1960 ▶ ALGOL 60 .....	153
1960 ▶ Olivetti Elea 9003 .....	153
1960 ▶ Bull Gamma 60 .....	154
1960 ▶ IBM 1401 : le best-seller .....	155
1960 ▶ Port RS-232 .....	156
1961 ▶ IBM 7030 Stretch .....	156
1961 ▶ CTSS : l'invention du <i>Time-Sharing</i> .....	157
1961 ▶ Unimate, la robotique industrielle .....	158
1962 ▶ Naissance du terme <i>informatique</i> .....	158
1962 ▶ LINC .....	158
1962 ▶ IBM SABRE : le premier système de réservation en ligne ..	159

1962 ▶ Courbes de Bézier .....	159
1962 ▶ Spacewar! .....	160
1962 ▶ Système STRIDA : la défense aérienne .....	160
1962 ▶ Atlas et la mémoire virtuelle .....	160
1963 ▶ Infographie .....	162
1963 ▶ Pilotage et conquête spatiale .....	163
1963 ▶ Code ASCII .....	164
1963 ▶ Formation des informaticiens .....	165
1963 ▶ Chèque à lecture magnétique CMC7 .....	166
1964 ▶ IBM System/360 .....	166
1964 ▶ Langage BASIC .....	171
1964 ▶ Superordinateur CDC 6600 .....	171
1965 ▶ <i>Alphaville</i> .....	172

## VI. Les mini-ordinateurs ..... 174

<b>Introduction</b> .....	175
<b>L'évolution des ordinateurs : une question de générations ?</b> .....	178
1963 ▶ L'interface avec l'ordinateur : le téléimprimeur .....	179
1965 ▶ Loi de Moore .....	179
1965 ▶ Algorithme FFT .....	181
1965 ▶ PDP-8 de DEC .....	183
1965 ▶ Olivetti Programma 101 .....	184
1965 ▶ L'ère des systèmes .....	184
1965 ▶ ELIZA .....	185
1965 ▶ Écran tactile .....	185
1966 ▶ Le Plan Calcul .....	185
1966 ▶ Invention de la DRAM .....	187
1966 ▶ Modem acoustique .....	187
1966 ▶ Star Trek .....	188
1967 ▶ Langage Logo .....	188
1967 ▶ Début d'une société de services .....	188
1967 ▶ Simula 67, la programmation orientée-objet .....	189
1968 ▶ <i>The Art of Computer Programming</i> .....	189



1968 ▶ Dendral, un système expert.....	190	1973 ▶ Playboy et la compression d'images .....	210
1968 ▶ Le génie logiciel.....	190	1973 ▶ L'Alto au Xerox PARC .....	211
1968 ▶ Dijkstra : de la crise du software à la programmation structurée .....	190	1973 ▶ Code-barres .....	211
1968 ▶ Démo de la souris.....	191	1974 ▶ Affaire SAFARI : création de la CNIL .....	212
1968 ▶ Mémoire cache .....	192	1974 ▶ Microprocesseur 8080 .....	212
1969 ▶ Logiciel.....	193	1975 ▶ Bases de données relationnelles, SQL.....	212
1969 ▶ ARPANET .....	193	1975 ▶ <i>The Mythical Man-Month</i> .....	214
1969 ▶ Margaret Hamilton et les missions Apollo.....	195	1975 ▶ Réseau Cyclades.....	214
1969 ▶ <i>Unbundling</i> : dégroupage du matériel et du logiciel.....	196		
1969 ▶ Langages de programmation : une tour de Babel .....	197		
1969 ▶ 2001, l'Odyssée de l'espace .....	197		
1969 ▶ Perceptrons.....	198		
1970 ▶ De « IBM et les 7 nains » au <i>BUNCH</i> .....	198		
1970 ▶ Le jeu de la vie .....	199		
1970 ▶ Disquette.....	199		
1970 ▶ Unix.....	201		
1970 ▶ PDP-11 de DEC : les minis transforment l'essai .....	201		
1970 ▶ Pascal.....	201		
1970 ▶ Fibre optique.....	201		
1971 ▶ Premier email .....	202		
1971 ▶ Théorie de la NP-complétude .....	203		
1971 ▶ Le « dispatching » à Électricité de France : contrôle, commande et synchronisation du réseau.....	203		
1971 ▶ Microprocesseur 4004.....	205		
1971 ▶ La « Silicon Valley » .....	206		
1972 ▶ Pong .....	206		
1972 ▶ Une nouveauté : l'écran-clavier .....	207		
1972 ▶ Nouveaux langages, nouveaux paradigmes de programmation .....	207		
1972 ▶ La HP-35 : une calculatrice électronique scientifique.....	208		
1973 ▶ Ethernet .....	209		
1973 ▶ Invalidation des brevets de l'ENIAC.....	209		
1973 ▶ La miniaturisation .....	210		
1973 ▶ Puce RFID.....	210		
1973 ▶ La téléphonie mobile analogique.....	210		
		<b>VII. La micro-informatique .....</b>	<b>218</b>
		<b>Introduction.....</b>	<b>219</b>
		1971 ▶ Kenbak-1 .....	221
		1973 ▶ Le Micral de R2E .....	221
		1973 ▶ Le MCM/70.....	223
		1974 ▶ Carte à puce mémoire .....	223
		1975 ▶ L'avènement des microprocesseurs .....	223
		1975 ▶ Premiers kits de micro-ordinateurs.....	224
		1975 ▶ Smaky, le petit Suisse.....	226
		1975 ▶ Revues informatiques .....	226
		1975 ▶ Microsoft .....	227
		1975 ▶ Système d'exploitation CP/M.....	229
		1975 ▶ Newell et sa thèse .....	229
		1976 ▶ Microprocesseur Z80.....	230
		1976 ▶ Cryptographie à clé publique .....	230
		1976 ▶ Imprimante laser .....	231
		1976 ▶ Cray I.....	232
		1976 ▶ Théorème des quatre couleurs.....	233
		1977 ▶ Apple II.....	234
		1977 ▶ Mini-ordinateur VAX-11/780.....	237
		1977 ▶ Premiers jeux d'aventure .....	238
		1977 ▶ Carte à microprocesseur Bull CP8 .....	238
		1977 ▶ Numérique mobile .....	239
		1978 ▶ Rapport Nora-Minc.....	239
		1978 ▶ Les microprocesseurs 16 bits .....	240

1978 ▶ Transpac : un réseau numérique de données .....	241
1978 ▶ Jeux vidéo d'arcade .....	242
1978 ▶ Computerized Bulletin Board System .....	243
1978 ▶ Premier « spam » .....	243
1979 ▶ VisiCalc .....	244
1979 ▶ ADA .....	244
1979 ▶ 42 .....	244
1980 ▶ Progiciels mathématiques .....	245
1980 ▶ Usenet .....	245
1981 ▶ Fondation de Logitech .....	245
1981 ▶ Les premiers portables .....	245
1981 ▶ IBM PC .....	246
1981 ▶ ZX81 : le micro-ordinateur bon marché .....	247
1981 ▶ Microprocesseur RISC .....	249
1981 ▶ Ultima et les jeux de rôle .....	249
1981 ▶ La cinquième génération .....	250
1982 ▶ Le Minitel .....	250
1982 ▶ Émoticônes .....	251
1982 ▶ Semi-conducteurs : une guerre américano-japonaise .....	251
1982 ▶ Commodore 64 .....	251
1982 ▶ Magazine TIME : l'ordinateur « Man of the year » .....	252
1982 ▶ TRON, le film .....	252
1982 ▶ Shareware .....	252
1982 ▶ Sun Microsystems .....	253
1983 ▶ Wargames, le film .....	253
1983 ▶ Le langage C++ .....	254
1983 ▶ Le protocole MIDI .....	254
1984 ▶ Le Cédérom .....	254
1984 ▶ Psion Organiser I .....	254
1984 ▶ Macintosh .....	255
1984 ▶ Cyberpunk et Cyberspace .....	256
1984 ▶ PostScript .....	257
1984 ▶ Tetris .....	257
1984 ▶ Skynet .....	258
1985 ▶ Gigaflops .....	258
1985 ▶ Manifeste GNU .....	259

1985 ▶ Plan informatique pour tous .....	259
1985 ▶ Symbolics.com .....	259
1985 ▶ Le i386 et la miniaturisation .....	260
1985 ▶ Connection Machine .....	260
1985 ▶ Leet speak - 1337 5 *34 < .....	261
1986 ▶ Premier virus MS-DOS .....	262
1987 ▶ OS/2 d'IBM .....	262
1987 ▶ GSM .....	262
1987 ▶ Taiwan monte en puissance .....	262
1988 ▶ Premier ver internet .....	263
1989 ▶ SimCity .....	263
1990 ▶ Microsoft Office .....	264
1990 ▶ ARM .....	264
1990 ▶ Stations NeXT de Steve Jobs .....	265
1990 ▶ Electronic Frontier Fondation .....	266
1991 ▶ L'Inde entre en scène .....	266
1991 ▶ Naissance de Linux .....	267
1991 ▶ Le langage Python .....	268

## VIII. L'ère des réseaux


### numériques ..... 270

Introduction .....	271
1992 ▶ JPEG .....	278
1993 ▶ Le Web et l'ouverture de l'internet .....	279
1993 ▶ Cisco .....	279
1993 ▶ NCSA Mosaic .....	280
1993 ▶ Architecture client-serveur .....	280
1994 ▶ Netscape Navigator .....	280
1994 ▶ Cookies .....	280
1994 ▶ Algorithme quantique .....	281
1994 ▶ QR-code .....	282
1994 ▶ Factorisation du RSA-129 .....	282
1994 ▶ Bug du Pentium .....	283
1995 ▶ Le langage PHP .....	283

1995 ▶ Le langage Java.....	284	2005 ▶ IBM cède ses PC à Lenovo.....	302
1995 ▶ Toy Story.....	284	2005 ▶ Peste du sang corrompu.....	302
1995 ▶ JavaScript.....	284	2006 ▶ Multiprocesseurs.....	303
1995 ▶ Protocole IPv6.....	284	2006 ▶ Les « nano-ordinateurs ».....	304
1995 ▶ Yahoo!.....	285	2007 ▶ Réseaux sociaux.....	304
1995 ▶ altavista.digital.com.....	285	2007 ▶ Stockage flash.....	304
1995 ▶ Amazon.com.....	285	2007 ▶ iPhone.....	304
1995 ▶ Le DVD-ROM.....	286	2007 ▶ Wikileaks.....	305
1995 ▶ Windows 95.....	286	2008 ▶ Pétaflops.....	305
1996 ▶ Le Network Computer.....	287	2008 ▶ Applications innovantes.....	307
1996 ▶ Explosion d'Ariane 5 : le coût du bogue.....	287	2008 ▶ Bitcoin.....	308
1996 ▶ La Chine entre en scène.....	287	2010 ▶ Le <i>big data</i> .....	308
1997 ▶ Deep Blue bat Kasparov.....	288	2010 ▶ L'apprentissage profond.....	308
1997 ▶ Bluetooth et WiFi.....	289	2010 ▶ Virus Stuxnet.....	309
1997 ▶ Google.....	289	2010 ▶ Flash crash boursier.....	309
1997 ▶ Téraflops.....	291	2010 ▶ Huawei : apparition d'une multinationale.....	309
1997 ▶ eSport.....	291	2011 ▶ Stockage en ligne : le <i>cloud computing</i> .....	311
1997 ▶ Papier électronique.....	292	2011 ▶ Watson gagne Jeopardy!.....	312
1997 ▶ Snake pour téléphones mobiles.....	292	2012 ▶ Imprimante 3D.....	313
1998 ▶ ICANN : la gouvernance de l'internet.....	293	2013 ▶ Réalité augmentée, réalité virtuelle.....	313
1999 ▶ Napster et le peer-to-peer.....	293	2013 ▶ La NSA et Edward Snowden.....	314
1999 ▶ Méthode B et METEOR.....	293	2013 ▶ Algocratie.....	315
1999 ▶ Développement collaboratif.....	294	2014 ▶ Objets connectés.....	316
1999 ▶ Naissance du terme « blog ».....	295	2017 ▶ Youtubeur.....	316
2000 ▶ Bogue de l'an 2000.....	295	2018 ▶ « Hype cycle ».....	316
2000 ▶ La bulle internet éclate.....	296	2021 ▶ Téléphonie mobile en 5G.....	318
2000 ▶ Clés USB.....	296	2021 ▶ TSMC et l'industrie des semi-conducteurs.....	318
2000 ▶ Dénî de service distribué.....	297		
2001 ▶ iPod et iTunes d'Apple.....	297		
2001 ▶ Wikipédia.....	298		
2001 ▶ Manifeste agile.....	298		
2002 ▶ BOINC et SETI@Home.....	299		
2003 ▶ Passage aux 64 bits.....	299		
2003 ▶ L'effet Streisand.....	300		
2004 ▶ CAPTCHA.....	300		
2004 ▶ World of Warcraft et les MMORPG.....	300		
		<b>Annexes</b> .....	<b>321</b>
		Les performances au fil du temps.....	322
		Bibliographie.....	324
		Musées et collections.....	327
		Index.....	329



# Introduction

 Ce livre s'inspire d'un double constat. D'une part, nous baignons dans une civilisation transformée par l'informatique et nous utilisons tous des appareils numériques dans notre vie quotidienne, mais nous ignorons souvent leurs origines et les projets, les visions qui ont inspiré leur développement. D'autre part, ces technologies sont devenues des enjeux économiques et sociaux gigantesques, et le discours marketing qui les enrobe est plus fait pour conditionner des consommateurs que pour éduquer des citoyens libres.

Les ordinateurs sont des « machines de von Neumann », du nom du grand mathématicien qui a défini leur architecture en 1945, puis fondé la théorie des automates, lançant ainsi un véritable programme de recherche-développement qui se poursuit sous nos yeux. Or qui, parmi les étudiants en informatique, sait qui était von Neumann et en quoi il a contribué à transformer notre vision du monde, en même temps que son jeune ami Alan Turing ?

Aujourd'hui où le terme *numérique* supprime le mot *informatique* (pour autant *numérique* s'appliquait jadis à la mécanographie à cartes perforées !), l'ordinateur lui-même semble disparaître sous des couches de plus en plus épaisses de logiciel et de fonctions de communication, photographiques et ludiques. Comme si son acceptation universelle et l'augmentation consécutive des chiffres de vente ne pouvaient résulter que d'un obscurcissement de la technique.

C'est pour démythifier l'informatique d'aujourd'hui que nous avons voulu présenter celle d'hier à travers un large voyage dans le temps. Aux étudiants, aux enseignants, aux ingénieurs, à tous

ceux qui ont connu les spectaculaires *mainframes* clignotant d'innombrables boutons actionnés par des techniciens en blouse blanche, ou les premiers micro-ordinateurs à monter soi-même, et surtout à tous ceux qu'animent la curiosité et le plaisir de la technique, nous souhaitons offrir une initiation par l'histoire au développement de ces systèmes qui ont transformé la société, bouleversé l'économie et alourdi nos poches tout en allégeant nos porte-monnaie.

L'histoire de l'informatique a été très étudiée depuis une quarantaine d'années : des colloques ont réuni les pionniers qui voulaient transmettre leur expérience aux générations futures, de jeunes historiens y ont consacré leurs thèses, une revue et un centre de recherche spécialisés ont été fondés aux États-Unis, des associations, des collections, bientôt des musées ont vu le jour à travers le monde. Aujourd'hui, plusieurs centaines de livres, plusieurs milliers d'articles, d'innombrables vidéos en ligne sont consacrés à divers aspects de l'histoire de l'informatique, et plus personne ne saurait les connaître tous — d'autant que leur qualité va du meilleur au pire.

Ce livre veut offrir une synthèse de l'évolution mondiale de l'informatique, en l'élargissant bien au-delà de la scène anglo-américaine où l'historiographie s'est généralement cantonnée. Bien entendu, une grande place y est donnée aux progrès initiés en Angleterre et aux États-Unis qui ont souvent imprimé leur rythme à l'innovation et servi de modèle dans d'autres pays. De bons historiens leur ont consacré d'excellents volumes. Mais notre ouvrage veut innover en montrant aussi les réalisations, les

2. En plus de nos propres recherches, une grande partie de notre texte se fonde sur les travaux des historiens spécialisés ou sur les écrits des acteurs de cette histoire. Il n'est pas possible de les citer tous ici et nous avons dû brider nos réflexes universitaires, qui auraient conduit à multiplier les notes de bas de page sous chaque notice pour référencer nos sources. Le lecteur intéressé par ces références pourra se reporter à nos autres publications et consulter la bibliographie à la fin de l'ouvrage.

avancées, les usages en Europe et dans d'autres régions du monde. Cette ambition est inévitablement limitée par la dimension du livre, et il serait d'ailleurs lassant de multiplier les images de salles informatiques des années 1960 dans le vain espoir de représenter le monde entier ! Nous souhaitons plutôt donner une idée de phénomènes globaux qui forment la trame de cette histoire : les processus de diffusion d'innovations sur la planète ; la synergie de l'offre et de la demande, beaucoup plus éclairante que les lamentations sur « le retard technique » dont chaque pays se plaint tour à tour ; les inventions simultanées ; le caractère presque toujours collectif de l'innovation.

Quelques remarques sur la conception de notre ouvrage. Écrire une histoire, ce n'est pas relater tous les faits (le livre se confondrait avec le monde), mais sélectionner et construire des faits représentatifs, en les plaçant dans un récit mais sans leur imposer plus de logique, de cohérence que l'histoire n'en comporte. Dans le tissu historique, dates, inventeurs, entrepreneurs, idées, objets sont comparables à des nœuds où s'entrecroisent des fils de plusieurs textures, représentant des lignes de force, reliant des ressources, des idées, des cultures.

Ce livre n'est pas une liste de « premières ». La question « quel fut le premier ordinateur ? » (ou le premier transistor, etc.) présente certes un intérêt légitime pour les inventeurs qui déposent des brevets ou les chercheurs qui veulent être reconnus, comme pour les organisateurs de commémorations. Mais elle est d'intérêt secondaire pour les historiens qui accordent autant de considération aux processus d'innovation et à la diffusion des techniques dans la société, dans les usages — diffusion qui seule donne sa véritable signification historique à une idée, si brillante soit-elle. D'autre part la question des « premières » se complique du fait que l'invention simultanée est la règle, l'invention unique par un génie solitaire, l'exception. On le comprend facilement : dans un monde où un même problème se pose en différents lieux (par exemple calculer plus vite avec moins d'erreurs), et où des centaines, voire des milliers de techniciens et de scientifiques ont des formations et des savoir-faire comparables, il est prévisible

que quelques individus imaginent des solutions voisines, chacun croyant d'abord être le seul à y travailler.

Les dates indiquées ne sont donc pas nécessairement celles de l'invention des techniques, mais souvent celles où les objets qui les incorporent se répandent sur le marché. Ainsi, sans rien enlever au mérite de Douglas Engelbart ou des développeurs du Xerox Park, le système souris-icônes-écran graphique n'est devenu vraiment significatif qu'avec la commercialisation du Macintosh en 1984. Soit près de vingt ans après le début des recherches, ce qui souligne au passage l'importance du temps long dans un domaine où l'on ne voit souvent que l'immédiateté. On peut en dire autant du développement des technologies logicielles.

Cette approche se traduit parfois dans notre choix d'illustrations. Si l'on a mis la photographie d'une règle à calcul du <sup>xx</sup>e siècle sous la notice de William Oughtred (1630), plutôt qu'une image d'époque, c'est à dessein pour souligner la longue durée d'usage de ce petit instrument intelligent qui permit longtemps de se passer de machines compliquées. Il en va de même pour les images de « robots », quelques chapitres plus loin.

Le découpage chronologique met l'accent sur les grandes nouveautés caractérisant chaque période. Il n'est là que pour la commodité de l'exposé, en permettant de commencer chaque partie par une introduction au contexte socio-politique et aux modèles économiques alors en vigueur. Il souligne les changements irréversibles, mais ne doit pas faire oublier les continuités sur le temps long, les tendances lourdes, le fait que les techniques anciennes continuent à évoluer, plus ou moins en concurrence avec les nouvelles. Ainsi l'un des plus fameux mini-ordinateurs, le VAX, apparut la même année que le micro-ordinateur Apple II, tandis que l'on utilisait encore des cartes perforées remontant à l'industrie textile du <sup>xviii</sup>e siècle. Selon la formule admirable de l'auteur américain de science-fiction Raymond Cummings, « le temps est ce qui empêche les choses d'advenir toutes à la fois. ».

La sélection des personnages — chercheurs, inventeurs, entrepreneurs — comporte inévitablement une part d'injustice, alors que les acteurs de cette histoire sont innombrables, beaucoup

étant d'ailleurs restés anonymes. Nous avons donné la priorité à ceux dont il semble indispensable de rappeler le rôle, aux plus emblématiques d'une époque ou d'une avancée. Parfois en les démythifiant pour clarifier ce qu'ils ont réellement apporté.

Un objet numérique résulte toujours de croisements multiples entre des techniques diverses, des intérêts économiques, souvent aussi des visions sociales ou politiques. Prenez par exemple la carte à puce, ce petit objet familier. Elle hérite des anciennes cartes porteuses d'informations — cartes de visite dont elle a gardé le format, cartes perforées de la mécanographie. Elle contient trois technologies très différentes : des gravures en relief, lisibles mécaniquement ; une piste magnétique inspirée des bandes de magnétophones ; et un microprocesseur, véritable ordinateur miniature. Le développement de ce petit chef d'œuvre technique a été motivé à la fois par le désir de réduire la fraude et de sécuriser les transactions, d'où les algorithmes de cryptage qu'elle recèle ; et

par la volonté des banques de dématérialiser les paiements. Ce qui reflète non seulement leur stratégie de réduction des coûts, mais aussi la véritable utopie d'une « société sans argent » (matériel) où l'on peut acheter quand on veut, consommer à toute heure. La carte à puce est également devenue un instrument d'identification, un outil de contrôle et de sécurité, donc un enjeu politique. Sous une forme miniaturisée (carte SIM), elle est au cœur de nos téléphones portables, donc de notre aptitude à nous connecter au réseau mondial Internet où que nous soyons — enfin... presque partout. Et le cryptage des communications nous renvoie à Alan Turing, à l'irruption des mathématiques dans la guerre. Bref, votre carte à puce est un condensé d'histoire contemporaine !

Nous espérons que vous pourrez découvrir, dans chaque personnage et dans chaque objet, de semblables nœuds de relations avec la vie d'une époque, pour mieux comprendre le présent et imaginer l'avenir.



# Leçon 14 I. L'antiquité du calcul

# Introduction

Dès les temps préhistoriques, certains humains ont éprouvé le besoin de compter. Remontant parfois jusqu'à 20 000 ans, plusieurs artefacts portant des encoches, souvent des os d'animaux, ont été retrouvés. On peut y voir la naissance du nombre, utilisé pour indiquer le résultat de la chasse ou compter les jours de la lunaison. Voire y déceler les prémisses de l'arithmétique : nombres premiers, changement de base ? Mais peut-être ces interprétations ne proviennent-elles que du prisme du désir, amenant les mathématiciens à lire ces objets à travers leurs propres convictions. On sait seulement (mais là on marche sur les œufs fragiles du comparatisme) que chez certains peuples « premiers », on ne compte que jusqu'à trois : un, deux, trois, beaucoup... Dans maintes langues traditionnelles existe une catégorie grammaticale du « duel » pour désigner deux choses, qui s'oppose au singulier et au pluriel ; elle est probablement fondée sur l'observation des paires naturelles (deux yeux, deux bras, etc.). Il y a même dans certaines langues d'Australie une catégorie grammaticale du « triel » (trois choses).

C'est avec le passage au néolithique, quand des communautés humaines sédentarisées s'organisent en sociétés plus nombreuses et complexes, avec une division du travail nécessitant échanges réguliers et administration, que l'on développe le calcul, la mesure et la géométrie pour répondre à des besoins pratiques. Les archéologues ont trouvé au Proche-Orient de petits jetons de pierre ayant manifestement servi à compter (*calculi*), remontant au VII<sup>e</sup> millénaire avant J.-C. Les plus anciennes traces de chiffres datent du IV<sup>e</sup> millénaire avant J.-C., gravées en écriture cunéiforme de l'ancienne Mésopotamie. D'autres presque aussi anciennes ont été découvertes en Égypte et à Suze, au sud de l'Iran.



► Boulier chinois.

Le lecteur d'aujourd'hui doit faire effort pour se projeter mentalement dans un monde ancien où rien n'était normalisé. Les unités de mesure variaient non seulement d'un pays à l'autre, où leurs noms étaient souvent différents, mais, même à l'intérieur d'un royaume, sous un même nom leur valeur variait d'une ville à l'autre : une cou-dée, un pied, un pas n'avaient pas la même longueur à Babylone, à Memphis ou à Athènes. Une bonne part des calculs portait donc sur les conversions d'unités, que nous pratiquons encore quand nous voyageons dans des pays ayant différentes devises monétaires. Les commerçants devront s'accommoder de cette diversité jusqu'au <sup>XIX</sup><sup>e</sup> siècle de notre ère et à la diffusion du système métrique qui rompra totalement avec les anciennes unités anthropomorphiques. Seules quelques communautés un peu attardées comptent encore en « miles » (mille pas) ou en « pouces »...

Plus profondément dans les représentations mentales, les systèmes de numération antiques variaient d'une aire culturelle à l'autre. Depuis les Sumériens, au Proche-Orient on comptait en base soixante, la base 10 servant de base auxiliaire. La base douze a de grands avantages, puisqu'elle permet de diviser par 2, 3, 4 et 6 — contre seulement 2 et 5 pour la base dix. La base soixante (12 fois 5) cumule les avantages. Nous ne l'avons pas complètement abandonnée, puisque nous comptons toujours le temps en demi-journées de 12 heures et en heures de 60 minutes de 60 secondes, les angles en fractions d'un cercle de 360 degrés, sans parler des douzaines d'œufs...

De l'autre côté de la Mer Rouge, les Égyptiens utilisaient un système de numération décimal, mais dans lequel zéro n'existait pas. Ce système était de type additif : la valeur d'un nombre était égale à la somme des symboles qui le composent. Pour écrire le chiffre 7 par exemple, on répétait le symbole de l'unité sept fois (IIIIIII).

En Eurasie, les peuples indo-européens utilisaient le système décimal, issu directement du comptage des dix doigts de la main. Parmi eux, Grecs et Romains adoptèrent à leur tour des systèmes de numération alphabétiques « additifs » qui ne permettaient guère que de compter et d'enregistrer des grandeurs limitées. Les Romains apportèrent une petite amélioration : pour noter le

chiffre 9 par exemple, ils convinrent d'écrire VIII ou IX. Système qui reste assez primitif : pour les unités on aligne des bâtons, le cinq est figuré par une main ouverte (V), le dix par deux mains opposées (X), les centaines et les milliers par l'initiale du mot (C, M).

On voit vite les limites de ce procédé. Essayez de multiplier LXVIII par MDCVI... Nous ne l'avons gardé que pour numérotter les siècles, les souverains ou les républiques, les pages de préfaces ou les chapitres de livres, les heures sur nos horloges... Car cette notation permet de *compter*, non de *calculer* dès qu'on dépasse un petit niveau de complexité. Pour calculer il fallait procéder mentalement ou recourir à un dispositif matériel : jetons d'argile ou cailloux, plus tard boulier ou abaque. Le principe additif imposait donc une séparation entre écriture et calcul.

La solution à ce problème a été l'invention du principe de position, avancée capitale dans l'histoire de l'écriture numérique. La valeur du symbole varie désormais en fonction de sa place dans le nombre : unité, dizaine, décimale, etc. L'idée est apparue très tôt dans la numération babylonienne sexagésimale. Mais elle ne prendra vraiment toute sa valeur que lorsque des mathématiciens indiens du <sup>IV</sup><sup>e</sup> siècle l'associeront avec la numération décimale et avec un signe signifiant « rien », que nous appelons « zéro ». Il fallut des siècles de pratique et de réflexion pour admettre qu'un signe signifiant « rien » peut avoir une grande valeur.

## Les premières tablettes numériques

Pour effectuer des opérations, les anciens utilisaient quatre types de méthodes.

- Ils comptaient sur leurs doigts, de façon beaucoup plus élaborée que nous ne savons le faire ; par exemple, en utilisant le pouce pour compter les phalanges des autres doigts de sa main, on obtient naturellement la base douze. Et en raffinant encore, on peut effectuer des opérations. Le calcul *digital* n'est donc pas binaire à l'origine, mais duodécimal !



Neper, John, 35  
 Netscape, 280, 284, 287  
 Neumann, John von, 87, 99, 102, 106, 128, 143, 199, 260  
 Newell, Allen, 143  
 Newell, Martin, 229  
 Newgroups, 245  
 NeXT, 265, 277  
 Nicely, Thomas R., 283  
 Nicoud, Jean-Daniel, 226, 245  
 Noble, David, 199  
 Nokia, 292, 309  
 Nom de domaine, *voir* DNS  
 Nomographie, 70  
 Nora, Simon, 239  
 Noyce, Robert, 146, 181  
 NP-complet, 203  
 NSA, 263, 283, 314, 315  
 Numérotation positionnelle, 26, 28

## O

Oberheim, Tom, 254  
 Oberon, 201  
 Objet, *voir* Programmation objet  
 Objet connecté, 265, 277, 284, 316  
 Ocagne, Maurice d', 70  
 Octet, 164, 168  
 Odhner, 57  
 Olivetti, 129, 153, 177, 184, 220  
 Olsen, Ken, 149, 183  
 Open source, 259, 267, 313  
 Oracle, 214, 253  
 Ordinateur, 138  
 OS/2, 262, 286  
 Osborne, 246  
 Otlet, Paul, 79  
 Oughtred, William, 37

## P

P=NP ?, 203  
 P2P, 293  
 Pac-Man, 242  
 Page, Larry, 289  
 Pakistan, 262  
 PAO, 98, 232, 257  
 Papert, Seymour, 188, 189, 198  
 Papier électronique, 292  
 Parallèle, port, 156  
 Parallélisme, 260  
 Parametron, 148  
 Pascal  
 • Blaise, 33, 38, 42  
 • langage, 268

Pascaline, *voir* Pascal  
 Patch, 54  
 Pays-Bas, 190, 268  
 PDA, 254, 265  
 PDP-1, 138, 149, 160  
 PDP-8, 175, 183, 222  
 PDP-10, 238  
 PDP-11, 175, 200, 201, 207, 237  
 PDP-15, 182  
 Peer-to-peer, 293  
 Pendule, 30  
 Pentagone, 152, 193, 244, 273  
 Pentium, 283  
 Perceptrons, 198  
 Perret, Jacques, 139  
 Peste, 302  
 PET Commodore, 234  
 pgcd, 24  
 PGP, 231  
 PHP, 268, 283  
 Pickette, Wayne, 206  
 Piratage, 46  
 PL/I, 153, 168, 197  
 Plan calcul, 177, 185, 193, 214, 239, 274  
 Planimètre, 54  
 Plankalkül, 90  
 Playboy, 210  
 Poe, Edgar Allan, 52  
 Pologne, 91  
 Pong, 206  
 Popular Electronics (revue), 224  
 Portable, 246  
 Postel, John, 260  
 PostScript, 159, 232, 257  
 Pourriel, 243  
 Pouzin, Louis, 193, 214, 275  
 Prix Turing, *voir* Turing, prix  
 Programmation objet, 189, 191, 208, 211, 254, 265  
 Programmation structurée, 190  
 Programme enregistré, 87, 102, 106, 110, 128  
 Prolog, 208  
 Prony, Gaspard de, 45  
 Psion, 254  
 Pythagore, 20, 62  
 Python, 201, 268

## Q

QR-code, 282  
 Quantique, informatique, 280  
 qubit, 281  
 Quicksort, 149  
 Quipus, 19

Qwerty, clavier, 57

## R

R2E, 221, 246  
 RAMAC, 140  
 Rançongiciel, 314  
 Ransomware, *voir* Rançongiciel  
 Rapport Nora-Minc, 239  
 Raspberry Pi, 304  
 RATP, 294  
 Réalité virtuelle, 313  
 Recensement, 63  
 Reconnaissance vocale, 130  
 Règle à calcul, 37  
 Relais, 50, 72, 83, 89, 94, 104, 111  
 Remington-Rand, 60, 65, 68, 121, 126  
 République tchèque, 74  
 Réseau, 98, 127, 179, 186, 187, 193, 202, 209, 214, 239, 241, 250, 256, 263, 271  
 Réseaux sociaux, 304  
 Retenue, 38  
 Revues informatiques, 226  
 RFID, 210  
 RISC, 178, 237, 249, 253, 264  
 RITA, 239  
 Ritchie, Dennis, 200, 207  
 Rivest, Ron, 231, 282  
 RNIS, 241, 274  
 Roberts, Ed, 224  
 Roberts, Larry, 193, 273  
 Robot, 74  
 Robotique, 91, 158  
 Roddenberry, Gene, 188  
 Rosenblatt, Frank, 198  
 Roussel, Philippe, 208  
 RS-232, 156  
 RSA, 231, 281, 282  
 Ruban perforé, 53, 110  
 Russell, Bertrand, 143  
 Russell, Steve, 160  
 Russie, 47, 60, 82, 118, 131, 134, 146, 257, 275, 289, 309, 314

## S

SABRE, *voir* IBM, Sabre  
 Safari, affaire, 212  
 SAGE, 127, 159, 178, 187, 195, 274  
 Samsung, 318  
 Sanger, Larry, 298  
 Satoshi, Nakamoto, 308  
 Scarabée d'or, Le, 52  
 Scheutz, Pehr et Edvard, 50  
 Schickard, Wilhelm, 36, 44  
 Scholes, Christopher Latham, 57  
 Schwilgué, Jean-Baptiste, 52  
 Science et Vie Micro (revue), 227  
 Scratch, langage, 188  
 SEA, 130, 132, 147, 150  
 Semi-conducteur, 318  
 Série, port, 156  
 SETI@Home, 299  
 Setun, 146  
 Shamir, Adi, 231  
 Shannon, Claude, 83, 112, 142  
 SHARE, 142  
 Shareware, 252  
 Shaw, Cliff, 143  
 Shih, Stan, 262  
 Shima, Masatoshi, 205  
 Shockley, William, 105, 134  
 Shor, Peter, 281  
 SICOB, 122, 139, 222  
 Sierra Online, 238  
 SIGSALY, 76  
 Silicium, 134, 135, 146, 206  
 Silicon Valley, 206, 211  
 SimCity, 263  
 Simon, Herbert A., 143  
 Simula 67, 189  
 Sinclair QL, 235  
 Sinclair, Clive, 247  
 Sketchpad, 162  
 Skynet, 258  
 Smaky, 226  
 Smalltalk, 189, 208  
 Smartphone, 254, 284, 304, 313  
 Smith, Dave, 254  
 Snake, 292  
 Snowden, Edward, 314  
 SourceForge, 295  
 Souris, 191, 211, 226, 245, 255  
 Sous-programme, 106  
 Space invaders, 242  
 Spacewar!, 160, 206  
 Spam, 55, 243  
 Spirale d'Ulam, *voir* Ulam  
 SQL, 212  
 SSD, 304  
 SSEC, 94  
 SSEM, 106  
 SSI, 153, 210  
 SSII, 188, 193  
 Stanford, université de, 181, 190, 191, 193, 206, 211, 238, 239, 249, 253, 279, 284  
 Star Trek, 188  
 Starkweather, Gary, 231  
 Stibitz, George, 83, 89



Streisand (effet), 300  
 Strela, 118  
 STRIDA, 160, 274  
 Stroustrup, Bjarne, 189, 254  
 Stuxnet, 309  
 Suède, 50, 57, 210  
 Suess, Randy, 243  
 Suisse, 54, 211, 226, 245  
 Sun, 249, 253, 284  
 Supelec, 165  
 Superordinateur, 156, 171, 175, 232, 258, 275, 290, 299, 306, 315  
 Sutherland, Yvan, 162, 193  
 Système expert, 190, 208, 316  
 Systèmes d'exploitation, 142, 154, 157, 158, 168, 184, 190, 195, 196, 201, 214, 223, 226, 228, 229, 247, 259, 262, 265, 267, 286

## T

Tables arithmétiques, 19, 34  
 Tableur, 244, 264  
 Tabulatrice, 64, 74, 80, 131, 155  
 Taiwan, 221, 245, 262, 318  
 Tambour magnétique, 106, 113, 130, 150, 160, 187  
 Tandy Radio Shack, 235, 247  
 TAOCP, 189  
 Tchebychev, Pafnouti, 60  
 TCP/IP, 193, 239, 275, 284  
 Teal, Gordon, 134  
 Télégraphe, 46, 55  
 Téléimprimeur, 179  
 Télématique, 240, 241, 250  
 Téléphonie mobile, 112, 210, 262, 318  
 Teletype, 179  
 Terminator, 258  
 Tetris, 257, 292  
 TeX, 189  
 Texas Instruments, 134, 146, 163, 236, 267  
 Théorie de l'information, 112

Thomas de Colmar, Charles Xavier, 47  
 Thompson, Ken, 200, 207  
 Thomson (entreprise), 185, 259  
 Thomson, William, voir Kelvin  
 TI-99, 234, 236  
 TIME (magazine), 252  
 Token ring, 209, 276  
 Tomlinson, Ray, 202  
 Tores de ferrite, 127, 130, 154, 160, 178, 187  
 Torres-Quevedo, Leonardo, 72  
 Torvalds, Linus, 267  
 Toy Story, 284  
 TRADIC, 135  
 Traduction, 134  
 Transformée de Fourier, 59, 181, 299  
 Transistor, 72, 105, 134, 135, 146, 153, 159, 163, 178, 180, 187, 205, 230, 249, 260  
 Transpac, 214, 241, 250, 274  
 Trigrammes, 23  
 Triode, voir Tube à vide  
 TRON, 252  
 TRS-80, 235, 236, 238  
 Truscott, Tom, 245  
 TSF, 68  
 TSMC, 318  
 Tube à vide, 69, 72, 94, 99, 105, 118, 148, 152  
 Tube cathodique, 103, 105, 113, 178, 247  
 Tube de mercure, 113, 178  
 Turing
 

- Alan, 67, 76, 81, 87, 92, 102, 106, 115, 123, 293
- machine de, 81, 143, 302
- prix, 83, 191
- test de, 82

 TX-0, 135, 136, 158  
 TX-2, 162  
 Ugon, Michel, 238

## U

Ukraine, 309

Ulam
 

- spirale d', 24
- Stanislaw, 24, 104

 Ultima, 249, 302  
 Unbundling, 196  
 Unicode, 164  
 Unimate, 158  
 Univac, 89, 111, 113, 114, 121, 124, 142, 154, 163, 198, 209  
 Unix, 157, 201, 207, 237, 259, 263, 267, 275, 280  
 UPC, 211  
 URL, 279, 284  
 USB, interface, 156  
 Usenet, 245

## V

van Rossum, Guido, 268  
 Vaucanson, Jacques, 46  
 VAX-11, 237, 249  
 Virgule flottante, 72, 283  
 Virtualisation, 253  
 Virus, 262, 263, 309, 314  
 Visicalc, 244  
 VLSI, 210, 249

## W

Wales, Jimmy, 298  
 Walton, Charles, 210  
 Wang, An, 130  
 Wargames, 253  
 Warnock, John, 257  
 Watson, 312  
 Weaver, Warren, 134  
 Web, 250, 276, 278, 279  
 Weizenbaum, Joseph, 185  
 Wheeler, David, 106  
 Whirlwind, 121, 127, 130, 149

Whitehead, Alfred North, 143  
 Wiener, Norbert, 87, 112  
 Wifi, 91, 209, 289  
 Wikileaks, 305  
 Wikipedia, 298  
 Wilkes, Maurice, 88, 106, 113, 129, 192  
 Williams, Freddie, 105, 123  
 Williams, Roberta et Ken, 238  
 Wilson, Sophie, 264  
 Windows, 229, 262, 264, 280, 286  
 Wirth, Niklaus, 201, 211  
 Wood, Don, 238  
 Woodland, Norman, 211  
 World of Warcraft, 302  
 Wozniak, Steve, 234  
 Wright, Will, 263

## X

X25, 241, 250, 274  
 Xerox, 192, 208, 211, 231, 255, 257, 278, 292

## Y

Yahoo!, 284, 289, 297  
 Yi-Jing, 23, 42  
 YouTube, 316

## Z

Z3, Z4, 89, 99, 102  
 Z80, 223, 230  
 Zéro, 26  
 Zilog, 223, 230, 240  
 Zimmermann, Hubert, 275  
 Zimmermann, Phil, 231  
 Zork, 238  
 Zuse, Konrad, 89, 99  
 ZX81, 234, 247