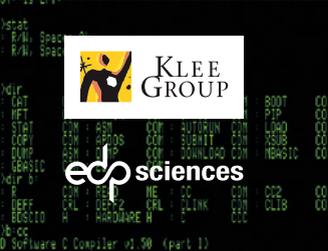


Emmanuel Lazard
 et Pierre Mounier-Kuhn
 Préface de Gérard Berry

Histoire illustrée de l'informatique

3^e 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



9 782759 827046



edp sciences
www.edpsciences.org

Histoire illustrée de l'informatique

3^e édition

Klee group

Pour 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 rafraichissant 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. Feuillotez-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



**KLEE
GROUP**

Klee Group – Créateur de Solutions Digitales Métier.

Emmanuel Lazard et Pierre Mounier-Kuhn

LES HISTOIRE de l'informatique ILLUSTRÉE

3^e 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^{er} 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 préfacier 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 λ -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^e 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 plus¹.

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..... 13

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^e siècle av. J.-C. ▶ Mécanisme d'Anticythère..... 25

I^{er} siècle ▶ Automates de Héron d'Alexandrie..... 26

III^e-VIII^e siècle ▶ Numération indo-arabe..... 26

820 ▶ Al-Khwarizmi..... 28

IX^e siècle ▶ Cryptanalyse..... 28

X^e siècle ▶ Une théologie arithmétique..... 28

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

XIII^e siècle ▶ Une machine logique :
l'Ars magna de Raymond Lulle..... 29

XIII^e 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'Odner : 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^e 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	1962 ▶ Courbes de Bézier	159
1954 ▶ Le transistor bon marché	134	1962 ▶ Spacewar!	160
1954 ▶ Traduction automatique	134	1962 ▶ Système STRIDA : la défense aérienne	160
1955 ▶ Avènement des transistors : la « deuxième génération » ..	135	1962 ▶ Atlas et la mémoire virtuelle	160
1955 ▶ IBM 650 : apparition en France de l'ordinateur	138	1963 ▶ Infographie	162
1956 ▶ Le disque dur	140	1963 ▶ Pilotage et conquête spatiale	163
1956 ▶ Genèse des systèmes d'exploitation	142	1963 ▶ Code ASCII	164
1956 ▶ L'intelligence artificielle	142	1963 ▶ Formation des informaticiens	165
1956 ▶ <i>The General and Logical Theory of Automata</i>	143	1963 ▶ Chèque à lecture magnétique CMC7	166
1957 ▶ Logic Theorist	143	1964 ▶ IBM System/360	166
1957 ▶ FORTRAN	144	1964 ▶ Langage BASIC	171
1958 ▶ Maintenance et fiabilité	144	1964 ▶ Superordinateur CDC 6600	171
1958 ▶ Ordinateur ternaire Setun	146	1965 ▶ <i>Alphaville</i>	172
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		
		VI. Les mini-ordinateurs	174
		Introduction	175
		L'évolution des ordinateurs : une question de générations ?	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		
		VII. La micro-informatique	218
		Introduction.....	219
		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 thèière	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	1985 ▶ Plan informatique pour tous.....	259
1978 ▶ Jeux vidéo d'arcade	242	1985 ▶ Symbolics.com.....	259
1978 ▶ Computerized Bulletin Board System.....	243	1985 ▶ Le i386 et la miniaturisation	260
1978 ▶ Premier « spam »	243	1985 ▶ Connection Machine.....	260
1979 ▶ VisiCalc.....	244	1985 ▶ Leet speak - 1337 5 *34 <.....	261
1979 ▶ ADA.....	244	1986 ▶ Premier virus MS-DOS	262
1979 ▶ 42.....	244	1987 ▶ OS/2 d'IBM.....	262
1980 ▶ Progiciels mathématiques.....	245	1987 ▶ GSM.....	262
1980 ▶ Usenet.....	245	1987 ▶ Taiwan monte en puissance	262
1981 ▶ Fondation de Logitech	245	1988 ▶ Premier ver internet.....	263
1981 ▶ Les premiers portables	245	1989 ▶ SimCity.....	263
1981 ▶ IBM PC.....	246	1990 ▶ Microsoft Office	264
1981 ▶ ZX81 : le micro-ordinateur bon marché	247	1990 ▶ ARM.....	264
1981 ▶ Microprocesseur RISC.....	249	1990 ▶ Stations NeXT de Steve Jobs.....	265
1981 ▶ Ultima et les jeux de rôle.....	249	1990 ▶ Electronic Frontier Fondation	266
1981 ▶ La cinquième génération.....	250	1991 ▶ L'Inde entre en scène.....	266
1982 ▶ Le Minitel.....	250	1991 ▶ Naissance de Linux	267
1982 ▶ Émoticônes	251	1991 ▶ Le langage Python.....	268
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		
		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

VIII. L'ère des réseaux

numériques..... 270

Introduction..... 271

1992 ▶ JPEG

1993 ▶ Le Web et l'ouverture de l'internet

1993 ▶ Cisco

1993 ▶ NCSA Mosaic

1993 ▶ Architecture client-serveur.....

1994 ▶ Netscape Navigator

1994 ▶ Cookies

1994 ▶ Algorithme quantique.....

1994 ▶ QR-code

1994 ▶ Factorisation du RSA-129.....

1994 ▶ Bug du Pentium

1995 ▶ Le langage PHP.....

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 ▶ Dénier de service distribué	297		
2001 ▶ iPod et iTunes d'Apple	297		
2001 ▶ Wikipédia	298	Annexes	321
2001 ▶ Manifeste agile	298	Les performances au fil du temps	322
2002 ▶ BOINC et SETI@Home	299	Bibliographie	324
2003 ▶ Passage aux 64 bits	299	Musées et collections	327
2003 ▶ L'effet Streisand	300	Index	329
2004 ▶ CAPTCHA	300		
2004 ▶ World of Warcraft et les MMORPG	300		

Introduction

Le 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* supplante le mot *informatique* (pourant *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 xx^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 $xviii^e$ 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.



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 prémises 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^e millénaire avant J.-C. Les plus anciennes traces de chiffres datent du IV^e 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 coude, 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 ^{xix}^e 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 ^{iv}^e 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
 Raçongiciel, 314
 Ransomware, voir Raçongiciel
 Rapport Nora-Minc, 239
 Rasperry 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
 Rousset, 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
 SSLI, 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
 Viscalc, 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