

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

DE LA HISTOIRE de l'informatique ILLUSTRÉE

2^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 : 978-2-7598-2375-8

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.

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'algorithmique — 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 cybersécurité 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

Sommaire	7
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^e siècle av. J.-C. ▶ Mécanisme d'Anticythère.....	25
III^e-VIII^e siècle ▶ Numération indo-arabe.....	26
820 ▶ Al-Khwarizmi.....	26
IX^e siècle ▶ Cryptanalyse.....	26
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.....	28
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.....	43
1759 ▶ Nicole-Reine Lepaute, une marathonnienne du calcul.....	43
1793 ▶ L'usine à calcul de Gaspard de Prony.....	44
1804 ▶ Métier à tisser Jacquard.....	44
1820 ▶ Arithmomètre.....	45
1837 ▶ Machine analytique.....	47
1838 ▶ Le code Morse.....	48
1843 ▶ Lady Ada Lovelace.....	48
1844 ▶ Schwilgué : les calculatrices à touches.....	49
1846 ▶ Le ruban perforé.....	50
1854 ▶ Planimètre polaire d'Amsler.....	50
1854 ▶ La logique Booléenne.....	51
1865 ▶ CCITT.....	51
1866 ▶ Premier câble transatlantique.....	51
1867 ▶ La machine à écrire.....	51
1873 ▶ Arithmomètre d'Odhner : le best-seller mondial des calculatrices de bureau.....	52
1875 ▶ Analyseur harmonique : l'invention du calculateur analogique.....	53
1876 ▶ Le téléphone.....	53
1876 ▶ Additionneur de Tchebychev.....	54
1885 ▶ L'Amérique entre en scène.....	54
1885 ▶ Linotype et Monotype : la composition de textes automatisée.....	55
1889 ▶ La multiplicatrice directe.....	56
1890 ▶ Début de la mécanographie.....	57

III . Le début du xx^e siècle 60

Introduction	61
1904 ▶ Diode et triode.....	63
1905 ▶ Nomographie de M. d'Ocagne.....	64
1913 ▶ Totalisateur de paris mutuels.....	65
1918 ▶ Bascule « Flip-Flop ».....	66
1920 ▶ Leonardo Torres-Quevedo.....	66
1920 ▶ Calculateurs humains.....	66
1920 ▶ Apparition du robot.....	68
1927 ▶ Un cerveau d'acier.....	68
1928 ▶ Carte perforée à 80 colonnes.....	68
1928 ▶ Problème de la décidabilité.....	70
1930 ▶ Analyseur différentiel.....	70
1930 ▶ Paul Otlet et le Mundaneum : l'utopie de la documentation universelle.....	72
1933 ▶ Cartes perforées : la maturation des machines.....	72
1937 ▶ Alan Turing.....	74
1937 ▶ Premier circuit binaire.....	75
1938 ▶ Claude Shannon et les circuits binaires.....	76
1948 ▶ Calculatrices Curta.....	76

IV . Les premiers ordinateurs 78

Introduction	79
1940 ▶ Calculateur ABC : Atanasoff-Berry Computer.....	81
1940 ▶ Les calculateurs de Konrad Zuse.....	82
1938-1943 ▶ Décryptage d'Enigma.....	83
1943-1945 ▶ Colossus : décryptage des machines Lorenz.....	84
1944 ▶ Calculateur Harvard Mark I.....	86
1944 ▶ Lumitype : naissance de la photocomposition.....	90
1945 ▶ Vannevar Bush et l'hypertexte.....	90
1945 ▶ ENIAC.....	91

1945 ▶ Rapport de von Neumann.....	94
1946 ▶ Méthode de Monte-Carlo.....	96
1947 ▶ « Bug » sur le Mark II.....	96
1947 ▶ Transistor au germanium.....	97
1947 ▶ Tube de Williams-Kilburn.....	97
1948 ▶ Les pionniers britanniques : <i>Baby</i> , EDSAC et les autres.....	98
1948 ▶ Premier programme enregistré.....	102
1948 ▶ IBM 604.....	103
1948 ▶ Théorie de l'information.....	104
1948 ▶ Cybernétique de Wiener.....	104
1949 ▶ Dispositifs de mémorisation.....	105
1950 ▶ Les codes de Hamming.....	106
1950 ▶ Une révolution mondiale.....	106
1951 ▶ Premiers ordinateurs en URSS.....	110

V . L'ère des « gros systèmes » : du Whirlwind à la loi de Moore 112

Introduction	113
1950 ▶ Augmenter la productivité.....	115
1951 ▶ Premiers ordinateurs commerciaux : le Ferranti Mk1.....	115
1951 ▶ Premiers ordinateurs commerciaux : l'UNIVAC 1.....	116
1951 ▶ Premier ordinateur temps-réel : le Whirlwind au MIT.....	119
1951 ▶ Premiers ordinateurs IBM.....	120
1952 ▶ Calculateur Bull Gamma 3.....	121
1952 ▶ Premiers ordinateurs commerciaux : LEO, l'ordinateur des salons de thé.....	121
1952 ▶ Le tambour magnétique.....	122
1953 ▶ Mémoire à tores de ferrite.....	122
1954 ▶ <i>Théorie des Algorithmes</i>	123

1954 ▶ L'informatique avant les ordinateurs : un centre de traitement bancaire dans les années cinquante 123

1954 ▶ Premier ordinateur français : « CUBA » de la SEA..... 124

1954 ▶ Le transistor bon marché..... 126

1955 ▶ Avènement des transistors : la « deuxième génération »..... 126

1955 ▶ IBM 650 : apparition en France de l'ordinateur 130

1956 ▶ Le disque dur 131

1956 ▶ Genèse des systèmes d'exploitation 133

1956 ▶ L'intelligence artificielle..... 133

1956 ▶ *The General and Logical Theory of Automata*..... 134

1957 ▶ FORTRAN 134

1958 ▶ Maintenance et fiabilité..... 135

1958 ▶ Ordinateur ternaire Setun 136

1958 ▶ Premier circuit intégré..... 136

1958 ▶ Début du traitement de texte 137

1959 ▶ IBM 705 : le traitement de masse dans la banque .. 138

1959 ▶ LISP..... 138

1959 ▶ Parametron..... 138

1959 ▶ PDP-1 de DEC..... 139

1959 ▶ CAB 500 de la SEA : un ordinateur personnel interactif..... 139

1960 ▶ Analyseur différentiel à EDF 141

1960 ▶ Ordinateur analogique électronique 141

1960 ▶ COBOL 142

1960 ▶ Transistor à effet de champ..... 142

1960 ▶ ALGOL 60 142

1960 ▶ Olivetti Elea 9003 143

1960 ▶ Bull Gamma 60..... 143

1960 ▶ IBM 1401 : le *best-seller*..... 144

1961 ▶ IBM 7030 Stretch..... 145

1961 ▶ CTSS : l'invention du *Time-Sharing* 146

1962 ▶ Naissance du terme *informatique*..... 146

1962 ▶ LINC..... 146

1962 ▶ IBM SABRE : le premier système de réservation en ligne..... 147

1962 ▶ Courbes de Bézier 147

1962 ▶ Spacewar! 148

1962 ▶ Système STRIDA : la défense aérienne..... 148

1962 ▶ Atlas et la mémoire virtuelle..... 148

1963 ▶ Infographie..... 150

1963 ▶ Pilotage et conquête spatiale 151

1963 ▶ Code ASCII 152

1963 ▶ Formation des informaticiens 153

1963 ▶ Chèque à lecture magnétique CMC7 154

1964 ▶ IBM System/360 154

1964 ▶ Langage BASIC..... 159

1964 ▶ Superordinateur CDC 6600..... 159

1965 ▶ *Alphaville* 160

VI. Les mini-ordinateurs 162

Introduction..... 163

L'évolution des ordinateurs : une question de générations ? 166

1963 ▶ L'interface avec l'ordinateur : le téléimprimeur 167

1965 ▶ Loi de Moore..... 167

1965 ▶ Algorithme FFT 169

1965 ▶ PDP-8 de DEC..... 171

1965 ▶ Olivetti Programma 101 172

1965 ▶ L'ère des systèmes 172

1966 ▶ Le Plan Calcul 173

1966 ▶ Invention de la DRAM..... 174

1966 ▶ Modem acoustique 174

1967 ▶ Langage Logo 175

1967 ▶ Début d'une société de services 175

1967 ▶ Simula 67, la programmation orientée-objet	175	1973 ▶ Ethernet	194
1968 ▶ <i>The Art of Computer Programming</i>	176	1973 ▶ Invalidation des brevets de l'ENIAC	195
1968 ▶ Dendral, un système expert	176	1973 ▶ La miniaturisation	195
1968 ▶ Le génie logiciel	177	1973 ▶ Puce RFID	195
1968 ▶ Dijkstra : de la crise du software à la programmation structurée	177	1973 ▶ La téléphonie mobile analogique	196
1968 ▶ Démo de la souris	178	1973 ▶ Playboy et la compression d'images	196
1968 ▶ Mémoire cache	179	1973 ▶ L'Alto au Xerox PARC	196
1969 ▶ Logiciel	180	1973 ▶ Code-barres	197
1969 ▶ ARPANET	180	1974 ▶ Affaire SAFARI : création de la CNIL	197
1969 ▶ Margaret Hamilton et les missions Apollo	182	1974 ▶ Microprocesseur 8080	198
1969 ▶ <i>Unbundling</i> : dégroupage du matériel et du logiciel	183	1975 ▶ Bases de données relationnelles, SQL	199
1969 ▶ Langages de programmation : une tour de Babel ..	184	1975 ▶ <i>The Mythical Man-Month</i>	199
1969 ▶ <i>2001, l'Odyssée de l'espace</i>	184	1975 ▶ Réseau Cyclades	200
1970 ▶ De « IBM et les 7 nains » au <i>BUNCH</i>	185		
1970 ▶ Le jeu de la vie	185		
1970 ▶ Disquette	187		
1970 ▶ Unix	187		
1970 ▶ PDP-11 de DEC : les minis transforment l'essai	188		
1970 ▶ Pascal	188		
1971 ▶ Premier email	188		
1971 ▶ Théorie de la NP-complétude	189		
1971 ▶ Le « dispatching » à Électricité de France : contrôle, commande et synchronisation du réseau	189		
1971 ▶ Microprocesseur 4004	191		
1971 ▶ La « Silicon Valley »	192		
1972 ▶ Pong	192		
1972 ▶ Une nouveauté : l'écran-clavier	193		
1972 ▶ Nouveaux langages, nouveaux paradigmes de programmation	193		
1972 ▶ La HP-35 : une calculatrice électronique scientifique	194		
		VII. La micro-informatique	202
		Introduction	203
		1971 ▶ Kenbak-1	205
		1973 ▶ Le Micral de R2E	205
		1973 ▶ Le MCM/70	207
		1974 ▶ Carte à puce mémoire	207
		1975 ▶ L'avènement des microprocesseurs	207
		1975 ▶ Premiers kits de micro-ordinateurs	208
		1975 ▶ Smaky, le petit Suisse	210
		1975 ▶ Revues informatiques	210
		1975 ▶ Microsoft	211
		1975 ▶ Système d'exploitation CP/M	213
		1975 ▶ Newell et sa thèse	213
		1976 ▶ Microprocesseur Z80	214
		1976 ▶ Cryptographie à clé publique	214
		1976 ▶ Imprimante laser	215
		1976 ▶ Cray I	216
		1976 ▶ Théorème des quatre couleurs	217

1977 ▶ Apple II 218

1977 ▶ Mini-ordinateur VAX-11/780 221

1977 ▶ Premiers jeux d'aventure 222

1977 ▶ Carte à microprocesseur Bull CP8 222

1977 ▶ Numérique mobile 223

1978 ▶ Rapport Nora-Minc 223

1978 ▶ Les microprocesseurs 16 bits 224

1978 ▶ Transpac : un réseau numérique de données 225

1978 ▶ Jeux vidéo d'arcade 226

1978 ▶ Computerized Bulletin Board System 227

1978 ▶ Premier « spam » 227

1979 ▶ VisiCalc 228

1979 ▶ ADA 228

1980 ▶ Progiciels mathématiques 228

1981 ▶ Fondation de Logitech 229

1981 ▶ Les premiers portables 229

1981 ▶ IBM PC 230

1981 ▶ ZX81 : le micro-ordinateur bon marché 231

1981 ▶ Microprocesseur RISC 232

1981 ▶ Ultima et les jeux de rôle 232

1981 ▶ La cinquième génération 233

1982 ▶ Le Minitel 233

1982 ▶ Émoticônes 234

1982 ▶ Semi-conducteurs : une guerre américano-japonaise 234

1982 ▶ Commodore 64 234

1982 ▶ Magazine TIME : l'ordinateur « Man of the year » 235

1982 ▶ TRON, le film 235

1982 ▶ Shareware 236

1983 ▶ Wargames, le film 236

1983 ▶ Le langage C++ 237

1984 ▶ Le Cédérom 237

1984 ▶ Psion Organiser I 237

1984 ▶ Macintosh 238

1984 ▶ Cyberpunk et Cyberspace 239

1984 ▶ PostScript 239

1984 ▶ Tetris 239

1985 ▶ Gigaflops 240

1985 ▶ Manifeste GNU 241

1985 ▶ Plan informatique pour tous 241

1985 ▶ Symbolics.com 241

1985 ▶ Le i386 et la miniaturisation 242

1986 ▶ Premier virus MS-DOS 242

1987 ▶ OS/2 d'IBM 243

1987 ▶ GSM 243

1987 ▶ Taïwan monte en puissance 243

1988 ▶ Premier ver Internet 244

1990 ▶ Microsoft Office 244

1990 ▶ ARM 244

1990 ▶ Stations NeXT de Steve Jobs 245

1990 ▶ Electronic Frontier Fondation 246

1991 ▶ L'Inde entre en scène 246

1991 ▶ Naissance de Linux 247

1991 ▶ Le langage Python 248

VIII. L'ère des réseaux numériques 250

Introduction 251

1993 ▶ Le Web et l'ouverture de l'internet 258

1993 ▶ Cisco 259

1993 ▶ NCSA Mosaic 259

1993 ▶ Architecture client-serveur 260

1994 ▶ Netscape Navigator 260

1994 ▶ Cookies 260

1994 ▶ Algorithme quantique.....	261	2004 ▶ World of Warcraft et les MMORPG.....	276
1994 ▶ QR-code.....	261	2005 ▶ IBM cède ses PC à Lenovo.....	276
1995 ▶ Le langage PHP.....	262	2006 ▶ Multiprocesseurs.....	278
1995 ▶ Le langage Java.....	262	2006 ▶ Les « nano-ordinateurs ».....	278
1995 ▶ Toy Story.....	262	2007 ▶ Réseaux sociaux.....	279
1995 ▶ JavaScript.....	262	2007 ▶ Stockage flash.....	279
1995 ▶ Protocole IPv6.....	263	2007 ▶ iPhone.....	279
1995 ▶ Yahoo!.....	263	2007 ▶ Wikileaks.....	279
1995 ▶ altavista.digital.com.....	263	2008 ▶ Pétaflops.....	281
1995 ▶ Amazon.com.....	264	2008 ▶ Applications innovantes.....	282
1995 ▶ Le DVD-ROM.....	264	2008 ▶ Bitcoin.....	282
1995 ▶ Windows 95.....	265	2010 ▶ Le <i>big data</i>	282
1996 ▶ Le Network Computer.....	265	2010 ▶ L'apprentissage profond.....	282
1996 ▶ Explosion d'Ariane 5 : le coût du bogue.....	265	2010 ▶ Virus Stuxnet.....	283
1996 ▶ La Chine entre en scène.....	265	2010 ▶ Flash crash boursier.....	283
1997 ▶ Deep Blue bat Kasparov.....	266	2010 ▶ Huawei : apparition d'une multinationale.....	284
1997 ▶ Bluetooth et WiFi.....	267	2011 ▶ Stockage en ligne : le <i>cloud computing</i>	284
1997 ▶ Google.....	267	2011 ▶ Watson gagne Jeopardy!.....	286
1997 ▶ Téraflops.....	269	2012 ▶ Imprimante 3D.....	287
1998 ▶ ICANN : la gouvernance de l'internet.....	269	2013 ▶ Réalité augmentée, réalité virtuelle.....	288
1999 ▶ Napster et le peer-to-peer.....	270	2013 ▶ La NSA et Edward Snowden.....	288
1999 ▶ Méthode B et METEOR.....	270	2014 ▶ Objets connectés.....	289
2000 ▶ Bogue de l'an 2000.....	271	2018 ▶ « Hype cycle ».....	290
2000 ▶ La bulle internet éclate.....	272		
2000 ▶ Clés USB.....	272		
2000 ▶ Dénis de service distribué.....	273	Annexes	293
2001 ▶ iPod et iTunes d'Apple.....	273	Les performances au fil du temps.....	294
2001 ▶ Wikipédia.....	274	Bibliographie.....	296
2001 ▶ Manifeste agile.....	274	Musées et collections.....	299
2002 ▶ BOINC et SETI@Home.....	275	Index.....	301
2003 ▶ Passage aux 64 bits.....	275		

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* supplante le mot *informatique* (pourtant *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.



2017 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 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 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 ^{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 (IIIIIIII).

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 !

- Les doigts pouvaient être remplacés par de petits cailloux (en latin *calculi*, origine du mot *calcul*) qui, mis dans un certain ordre, pouvaient représenter de grands nombres. Le premier système connu, à Sumer, était constitué de boules creuses en argile contenant des jetons d'argile de tailles différentes selon la signification numérique. Ce système, qui n'est au départ qu'une extension du corps humain employé comme instrument de calcul ou archive comptable, donnera plus tard naissance au boulier et aux abaques ou tables de calcul, très utilisées jusqu'au Moyen Âge en Occident, et jusqu'au xx^e siècle en Russie et en Asie.
- L'inconvénient des boules creuses d'argile est qu'il fallait les casser pour en vérifier le contenu. On commença donc, vers 3300 avant J.-C., à apposer sur la bulle d'argile une indication de son contenu par des signes ou des encoches. Les jetons devenant inutiles, il ne restait plus qu'à franchir une dernière étape : supprimer le comptage « matériel » à base d'objets et le remplacer par le comptage « conceptuel » ; les sphères alors s'aplatissent, se transforment en tablettes d'argile où les nombres sont simplement reportés par des symboles gravés avec un calame de roseau. Ainsi sont nés les plus vieux chiffres connus de l'histoire. Dès l'époque Sumérienne, des scribes ont utilisé l'écriture non seulement pour calculer au coup par coup, mais pour réaliser des tables arithmétiques : au prix d'un long travail, le calcul de toutes les grandeurs utiles est effectué une fois pour toutes et enregistré sur une tablette d'argile ou une feuille de papyrus. Il suffit ensuite de s'y reporter, ce qui économise le temps du calcul en éliminant le risque d'erreur. On a trouvé et analysé de nombreuses tablettes babyloniennes en argile, couvertes de signes cunéiformes : tables d'inverses (diviser par un nombre revient à multiplier par son inverse), mais aussi tables de carrés, de cubes, de sommes de carrés et de cubes, et même des tables logarithmiques. Les tables arithmétiques resteront un outil essentiel de tous les praticiens des mathématiques jusqu'au deuxième tiers du xx^e siècle.

- Enfin le calcul mental faisait partie de l'apprentissage scolaire de l'arithmétique : depuis des millénaires (on en retrouve des archives dès Sumer) les écoliers mémorisent quelques tables simples, notamment la table de multiplication, et apprennent à faire mentalement des calculs élémentaires. Les gens de métier allaient beaucoup plus loin : un artisan ou un marchand devait être capable, après un rapide coup d'œil, d'évaluer par exemple les dimensions d'un tonneau, d'en calculer mentalement le volume et de déduire sa valeur, afin d'en fixer le prix. Nous pouvons voir un témoignage de ces aptitudes sur les tableaux de la Renaissance, où les artistes ont peint de multiples objets, récipients et autres, sachant que leurs riches clients s'amuseraient par réflexe à exercer leurs talents en calculant volumes, proportions et perspectives.

D'autres techniques de comptage et de calcul ont été inventées dans diverses cultures par l'imagination fertile des humains : bâtonnets ou os gravés, par exemple. En Amérique du Sud, les civilisations andines (Inca, etc.) ignoraient l'écriture mais enregistraient et communiquaient des informations numériques sous formes de nœuds disposés sur des cordelettes, les *quipus*. Et nous ne savons pratiquement rien de la science gauloise et celtique, les druides ayant eu pour principe de ne rien écrire concernant leur savoir, transmis uniquement par tradition orale ; on sait seulement qu'ils utilisaient la base douze et la base vingt, système de numération « vigésimal », qu'on retrouve indépendamment chez les Mayas. Notre langue en a conservé quelques traces, quand les Français disent « quatre-vingts » au lieu de *octante* ou de *huitante*.

Du calcul aux mathématiques

Les civilisations les plus avancées du Proche-Orient avaient élaboré des savoirs considérables en arithmétique et en géométrie, tournés essentiellement vers la résolution de problèmes concrets — y compris les prédictions astrologiques qui nécessitaient l'établissement de calendriers des positions des astres, fondés sur des

observations systématiques pendant des siècles. Mais elles n'étaient pas de concepts abstraits, au-delà du constat de certaines proportions. Leurs érudits savaient par exemple que le rapport entre le rayon et la circonférence de tout cercle est une constante (π) ; ou qu'avec certains triplets numériques comme (3;4;5) ou (6;8;10), ici exprimés en base décimale actuelle, ils pouvaient tracer des angles droits, ce qui est fort utile en architecture. Mais ils n'éprouvaient aucun besoin de le justifier, de le démontrer ou d'en tirer des généralisations.

C'est avec les Pythagoriciens que l'on peut faire commencer toute l'histoire intellectuelle de l'Occident. Au VI^e siècle avant notre ère, le Grec Pythagore se forma en Asie mineure auprès de Thalès de Milet, puis séjourna longuement dans les pays qui étaient alors les centres rayonnants du savoir : l'Égypte et la Chaldée, où les prêtres l'initiaient aux mystères de l'astronomie, de la géométrie, du calcul et de leurs religions respectives. Après être allé peut-être jusqu'en Inde, Pythagore s'installa ensuite en Italie du Sud, en « Grande Grèce », et fonda un enseignement en menant des recherches avec des disciples choisis. Son but était de former une élite de l'esprit, capable de faire progresser le savoir et d'influencer les affaires publiques pour le bien commun. C'est en tout ce que racontaient les disciples de ce personnage mystérieux dont nous ne possédons aucun écrit.

Son système de pensée se fondait sur la certitude que les nombres sont constitutifs de l'univers. Établissant pour la première fois une théorie de la musique et des rapports quantitatifs entre les sons, étudiant les figures géométriques et les propriétés des nombres pour elles-mêmes (et non plus en vue d'applications comme le faisaient Égyptiens et Mésopotamiens), inventant, découvrant, démontrant des théorèmes ou des équivalences, et réfléchissant sur le raisonnement lui-même et sur les méthodes de démonstration, les Pythagoriciens ont fondé la Mathématique.

Leur représentation du cosmos offrait à la discussion l'hypothèse que la Terre est une planète sphérique, en mouvement autour d'un centre incandescent. L'influence intellectuelle des

Pythagoriciens restera très vivace pendant plus de mille ans dans le monde gréco-romain, voire jusqu'à la Renaissance dans les mondes chrétien et musulman. Des progrès comparables, au moins dans le domaine du calcul, ont eu lieu parallèlement en Inde et en Chine, mais ces pays resteront longtemps sans contacts autres qu'épisodiques avec l'Occident.

La machine d'Anticythère, construite au II^e siècle av. J.-C., matérialisait une partie du savoir pythagoricien. On ne la connaît que par quelques fragments de rouages et de cadrans de bronze débrassés d'une gangue de coquillages et de sédiments marins, trouvés dans une épave au fond de la Méditerranée. Les travaux minutieux de plusieurs historiens des sciences, à partir de ces informations très lacunaires, ont permis d'en lire les quelque 2 000 signes ou caractères, d'en comprendre les principes et de construire des reproductions de la machine d'Anticythère.

Ce premier calculateur analogique de l'histoire était actionné par une manivelle. Il décrivait les positions de la lune et du soleil par rapport aux signes zodiacaux gravés sur l'un des cadrans, permettait de calculer et de prévoir divers phénomènes astronomiques comme les éclipses ou les mouvements de certaines planètes, de fixer les dates futures des divers concours sportifs...

La machine d'Anticythère, plus vieux mécanisme à engrenages connu au monde, pose des problèmes redoutables aux historiens. Comment des Grecs antiques, dont l'industrie métallurgique était peu développée, ont-ils pu réaliser des roues dentées d'une telle régularité seize siècles avant que les horlogers d'Europe occidentale ne mettent au point des machines à tailler les engrenages ? Comment une mécanique aussi complexe (une trentaine de roues dentées) pouvait-elle fonctionner sans être immédiatement grippée par les frottements ? Pourquoi ne trouve-t-on pas d'autres appareils similaires ? Une hypothèse vraisemblable est que la machine d'Anticythère était surtout une curiosité scientifique, un chef-d'œuvre d'artisan génial, mais qui ne correspondait pas à des besoins pressants à l'époque où la navigation se limitait pour l'essentiel à du cabotage côtier.

L

L'Ordinateur individuel (revue), 211
 La Fontaine, Henri, 72
 Lalande, Jérôme de, 43
 Lambda-calcul, 74
 Lanston, Tolbert, 55
 Larson, Juge, 195
 Laser, 215, 239, 264
 Laser, imprimante, 215, 239
 Laurer, George, 197
 Lebedev, Sergueï Alexeievitch, 110
 LeCun, Yann, 282
 Leibniz, 23, 28, 43, 52
 Lenovo, 276
 LEO, 121
 Léonard de Pise, voir Fibonacci
 Lepaute, Nicole-Reine, 43
 Lerdorf, Rasmus, 262
 Leroy, Xavier, 271
 Levy, David, 266
 Licklider, Joseph, 180, 252
 Lieben, Robert von, 63
 Lilienfeld, Julius Edgar, 97, 142
 LINC, 146
 Linotype, 55
 Linux, 247, 265
 LISp, 138, 175, 184, 242
 Logarithmes, 35, 37
 Logiciel, 180
 Logiciel libre, 241
 Logique mathématique, 24, 28, 43, 47, 51, 76
 Logitech, 210, 229
 Logo, langage, 175
 Lorenz, machine de, 84, 167
 Lovelace, Ada, 48, 228
 LSI, 195
 Luddisme, 45
 Lumitype, 90

M

Machine à différences, 47
 Machine analytique, 33, 47
 Macintosh, 179, 197, 216, 230, 238, 265
 Maintenance, 91, 135, 177, 183, 265
 Manchester
 • Mark I, 98
 • université de, 71, 99, 115, 126, 148
 Maple, 228
 Markov, Andréï, 123
 Mathematica, 206
 Matlab, 228
 Mauchly, John W., 91, 94, 98, 105, 116, 195
 Mazor, Stan, 191
 McCarthy, John, 133, 138, 146, 184

McIlroy, Malcolm, 187
 MCM/70, 207
 Memex, 90, 252
 Mémoire, 47, 66, 80, 91, 97, 102, 105, 122, 167, 174, 179, 192, 207, 279
 Mémoire cache, voir Antémémoire
 Mémoire virtuelle, 148
 Menabrea, Luigi Federico, 48
 Mergenthaler, Ottmar, 55
 Merkle, Ralph, 215
 Metcalfe, Robert, 194
 Méthode B, 270
 Méthode de Monte-Carlo, 96
 Métier à tisser, 44, 55
 Metropolis, Nicholas, 96
 Micral, 205, 229
 Micro-ordinateur, 163, 187, 198, 203, 219, 231
 • kit, 203, 208
 micro:bit, 245
 Microprocesseur, 191, 198, 205, 207, 214, 222, 224, 232, 244, 278
 Microsoft, 211, 213, 230, 243, 244, 260, 265
 Microsystèmes (revue), 211
 Minc, Alain, 223
 Minecraft, 276
 Mini-ordinateur, 146, 148, 162, 171, 187, 209
 Minitel, 225, 233, 239, 254
 Minsky, Marvin, 133
 MIT, 70, 90, 119, 122, 126, 127, 133, 138, 139, 146, 148, 150, 180, 182, 187, 222, 241, 266
 MITS, 208, 211
 MMORPG, 276
 Mockapetris, Paul, 242
 Model-K, 75
 Modem, 51, 174, 227, 236, 256
 Modula-2, 188
 Molnar, Charles, 146
 Monotype, 55
 Monty Python, 227, 248
 Moore
 • Gordon, 167
 • loi de, 167, 174, 242, 272
 Moreno, Roland, 207, 223
 Morris, Robert, 244
 Morse
 • code, 48
 • Samuel, 488
 Mosaic, 259
 MOSFET, 142
 Mostek, 207
 Moteur de recherche, 263, 267
 Motorola, 196, 207, 224, 232, 242
 MS-DOS, 213, 230, 242, 243, 265
 MSI, 167, 195
 MTBF, 135
 Multics, 146, 187
 Multiplicatrice, 42, 56

Mystery House, 222

N

Napster, 270
 NASA, 118, 120, 137, 151, 156, 182, 193
 Naur, Peter, 142
 NCR, 54, 62, 113, 185
 Neper, John, 35
 Netscape, 260, 262, 265
 Neumann, John von, 79, 91, 94, 98, 120, 134, 185
 Newell, Martin, 213
 NeXt, 245, 257
 Nicoud, Jean-Daniel, 210, 229
 Noble, David, 187
 Nom de domaine, voir DNS
 Nomographie, 64
 Nora, Simon, 223
 Noyce, Robert, 136, 169
 NP-complet, 189
 NSA, 288
 Numérotation positionnelle, 26

O

Oberon, 188
 Objet connecté, 245, 257, 263, 289
 Objet, voir Programmation objet
 Ocagne, Maurice d', 64
 Octet, 152, 156
 Ochner, 52
 Olivetti, 121, 143, 165, 172, 204
 Olsen, Ken, 139, 171
 Open source, 241, 247, 287
 Oracle, 199
 Ordinateur, 130
 OS/2, 243, 265
 Osborne, 229
 Otlet, Paul, 72
 Oughtred, William, 37

P

P=NP ?, 189
 P2P, 270
 Pac-Man, 226
 Page, Larry, 267
 PAO, 90, 216, 239
 Papert, Seymour, 175
 Parametron, 138
 Pascal
 • Blaise, 33, 38, 43
 • langage, 288, 248
 Pascaline, voir Pascal
 Patch, 50

Pays-Bas, 177, 248
 PDA, 237, 245
 PDP-1, 127, 139, 148
 PDP-10, 222
 PDP-11, 163, 186, 188, 193, 221
 PDP-15, 170
 PDP-8, 163, 171, 206
 Pentagone, 142, 180, 228, 253
 Perret, Jacques, 131
 PET Commodore, 218
 pgcd, 24
 PGP, 215
 PHP, 248, 262
 Pickette, Wayne, 192
 PL/I, 142, 156, 184
 Plan calcul, 165, 173, 180, 200, 223, 254
 Planimètre, 50
 Playboy, 196
 Pologne, 83
 Pong, 192
 Popular Electronics (revue), 208
 Postel, John, 242
 PostScript, 147, 216, 239
 Pourriel, 227
 Pouzin, Louis, 180, 200, 255
 Prix Turing, voir Turing, prix
 Programmation objet, 175, 178, 193, 197, 237, 245
 Programmation structurée, 177
 Programme enregistré, 79, 94, 98, 102, 120
 Prolog, 193
 Prony, Gaspard de, 44
 Psion, 237
 Pythagore, 20, 56
 Python, 188, 248

Q

QR-code, 261
 Quantique, informatique, 260
 qubit, 261
 Quipus, 19
 Qwerty, clavier, 51

R

R2E, 205, 229
 RAMAC, 131
 Rançongiciel, 288
 Ransomware, voir Rançongiciel
 Rapport Nora-Minc, 223
 Rasperry Pi, 278
 Réalité virtuelle, 288
 Règle à calcul, 37
 Relais, 48, 66, 75, 82, 86, 96, 103
 Remington-Rand, 54, 59, 62, 118

République tchèque, 68
 Réseau, 90, 119, 167, 173, 174, 180, 188, 194,
 200, 223, 225, 233, 239, 244, 251
 Réseaux sociaux, 279
 Revues informatiques, 210
 RFID, 195
 RISC, 166, 221, 232, 244
 RITA, 223
 Ritchie, Dennis, 186, 193
 Rivest, Ron, 215
 RNIS, 225, 254
 Roberts, Ed, 208
 Roberts, Larry, 180, 253
 Robot, 68
 Rousset, Philippe, 193
 RSA, 215, 261
 Ruban perforé, 50, 102
 Russell, Steve, 148
 Russie, 45, 54, 74, 110, 123, 239, 255, 267, 289

S

SABRE, voir IBM, Sabre
 Safari, affaire, 197
 SAGE, 119, 147, 166, 174, 182, 254
 Sanger, Larry, 274
 Satoshi, Nakamoto, 282
 Scheutz, Pehr et Edvard, 48
 Schickard, Wilhelm, 36, 43
 Scholes, Christopher Latham, 51
 Schwilgué, Jean-Baptiste, 49
 Science et Vie Micro (revue), 211
 SEA, 122, 124, 137, 139
 SETI@Home, 275
 Setun, 136
 Shamir, Adi, 215
 Shannon, Claude, 76, 104, 133
 Shareware, 236
 Shih, Stan, 243
 Shima, Masatoshi, 191
 Shockley, William, 97, 126
 Shor, Peter, 261
 SIOB, 114, 131, 204, 206
 Sierra Online, 222
 Silicium, 126, 136, 192
 Silicon Valley, 192, 196
 Simula 67, 175
 Sinclair, 197, 209
 Sketchpad, 150
 Smaky, 210
 Smalltalk, 175, 193
 Smartphone, 237, 262, 279, 282, 288

Snowden, Edward, 288
 Souris, 178, 196, 210, 229, 238
 Space invaders, 226
 Spacewar!, 148, 192
 Spam, 227
 Spirale d'Ulam, voir Ulam
 SQL, 199
 SSD, 279
 SSEC, 86
 SSEM, 98
 SSI, 142, 195
 SSII, 175, 180
 Stanford, université de, 169, 176, 178, 180,
 192, 196, 222, 223, 232, 259, 263
 Starkweather, Gary, 215
 Stibitz, George, 75, 82
 Strela, 110
 STRIDA, 148, 254
 Stroustrup, Bjarne, 175, 237
 Stuxnet, 283
 Suède, 48, 52, 196
 Suess, Randy, 227
 Suisse, 50, 197, 210, 229
 Sun, 232, 262
 Superordinateur, 145, 159, 163, 216, 240, 255,
 268, 275, 281, 289
 Sutherland, Yvan, 150, 180
 Système expert, 176, 193, 290
 Systèmes d'exploitation, 133, 143, 146, 156,
 172, 177, 182, 183, 187, 199, 207, 210, 213,
 230, 241, 243, 245, 247, 265

T

Tables arithmétiques, 19, 34
 Tableur, 228, 244
 Tabulatrice, 58, 68, 72, 123, 144
 Taiwan, 205, 229, 243
 Tambour magnétique, 98, 105, 122, 139,
 148, 174
 Tandy Radio Shack, 219, 230
 TAOCP, 176
 Tchebychev, Pafnouti, 54
 TCP/IP, 180, 223, 255, 263
 Teal, Gordon, 126
 Télémprimeur, 167
 Télématique, 224, 225, 233
 Téléphonie mobile, 104, 196, 243
 Teletype, 167
 Tetris, 239
 TeX, 176
 Texas Instruments, 126, 136, 151, 220, 247

Théorie de l'information, 104
 Thomas de Colmar, Charles Xavier, 65
 Thompson, Ken, 186, 193
 Thomson (entreprise), 173, 241
 Thomson, William, voir Kelvin
 TI-99, 218, 220
 TIME (magazine), 235
 Token ring, 194, 256
 Tomlinson, Ray, 188
 Tores de ferrite, 119, 122, 143, 148, 166, 174
 Torres-Quevedo, Leonardo, 66
 Torvalds, Linus, 247
 Toy Story, 262
 TRADIC, 127
 Transformée de Fourier, 53, 169, 275
 Transistor, 66, 97, 126, 127, 136, 142, 147, 151,
 166, 168, 174, 191, 232, 242
 Transpac, 200, 225, 233, 254
 Trigrammes, 23
 Triode, voir Tube à vide
 TRON, 235
 TRS-80, 219, 219, 220, 222
 TSF, 62
 Tube à vide, 63, 66, 86, 91, 97, 110, 138, 141
 Tube cathodique, 95, 97, 105, 166, 230
 Tube de mercure, 105, 166
 Turing
 • Alan, 61, 74, 79, 84, 94, 98, 107, 115, 270
 • machine de, 74, 75, 134, 276
 • prix, 75, 178
 • test de, 74
 TX-0, 126, 146

U

Ugon, Michel, 222
 Ukraine, 283
 Ulam
 • spirale d', 24
 • Stanislaw, 24, 96
 Ultima, 232, 276
 Unbundling, 183
 Unicode, 152
 Univac, 81, 103, 105, 106, 116, 133, 143, 151,
 185, 195
 Unix, 146, 187, 193, 221, 241, 244, 247, 255
 UPC, 197
 URL, 259, 262

V

van Rossum, Guido, 248

Vaucanson, Jacques, 44
 VAX-11, 221, 232
 Virus, 242, 244, 283
 Visicalc, 228
 VLSI, 195, 232

W

Wales, Jimmy, 274
 Walton, Charles, 195
 Wang, An, 122
 Wargames, 236
 Watson, 286
 Web, 233, 256, 258
 Wheeler, David, 98
 Whirlwind, 113, 119, 122, 139
 Wiener, Norbert, 79, 104
 Wifi, 194, 267
 Wikileaks, 279
 Wikipedia, 274
 Wilkes, Maurice, 80, 98, 105, 121, 179
 Williams, Freddie, 97, 115
 Williams, Roberta et Ken, 222
 Wilson, Sophie, 244
 Windows, 213, 243, 244, 260, 265
 Wirth, Niklaus, 188, 197
 Wood, Don, 222
 Woodland, Norman, 197
 World of Warcraft, 276
 Wozniak, Steve, 218

X

X25, 225, 233, 254
 Xerox, 179, 193, 194, 196, 215, 238, 239, 258

Y

Yahoo!, 263, 267, 273
 Yi-Jing, 23, 43

Z

Z3, Z4, 82, 91, 94
 Z80, 207, 214
 Zéro, 26
 Zilog, 207, 214, 224
 Zimmermann, Hubert, 255
 Zimmermann, Phil, 215
 Zork, 222
 Zuse, Konrad, 82, 91
 ZX81, 218, 231