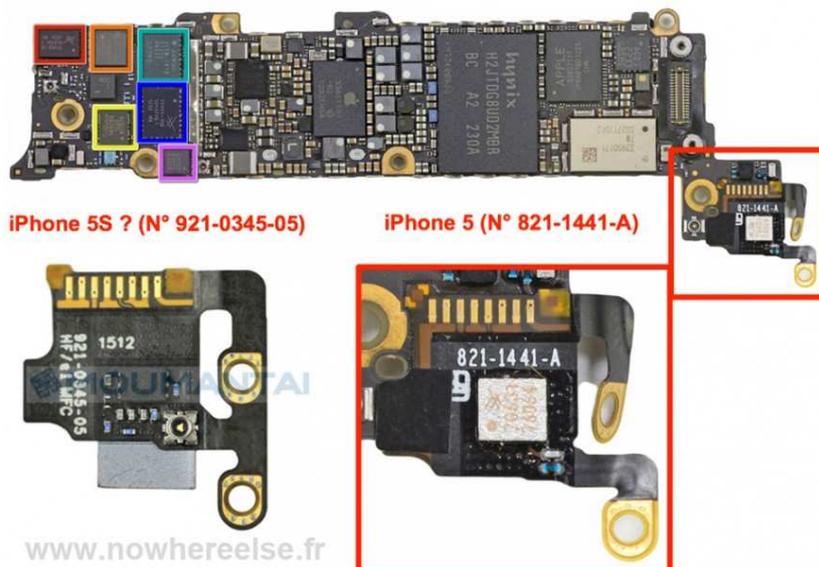


Machine à calculer de Leibniz.1694

Dossier ressource.

La lignée des ordinateurs:
Evolution des machines à calculer.

iPhone 5 Motherboard



Automatiser les calculs

L'histoire des ordinateurs est étroitement liée aux découvertes théoriques dans le domaine des mathématiques et de la logique et aux développements technologiques. L'histoire de l'ordinateur est également marquée par la volonté de l'homme d'automatiser les calculs afin de les rendre plus précis tout en accélérant cette tâche fastidieuse. Cette volonté va de pair avec celle de traiter l'information pour la communiquer et la contrôler.

D'ailleurs, plus on progressera dans l'automatisation des opérations arithmétiques et logiques, plus grande sera la nécessité de trouver des moyens sophistiqués pour communiquer avec la machine, afin de lui donner les instructions nécessaires pour qu'elle effectue ces opérations. Alors que les premières machines à calculer pouvaient tenir dans la main de l'homme, les premiers ordinateurs étaient des monstres mécaniques et électriques qui occupaient des pièces entières d'un immeuble. On assiste aujourd'hui à un retour à l'échelle humaine avec les petits ordinateurs personnels, grâce au développement technologique qui est allé dans le sens de la miniaturisation et de la plus grande puissance de calcul. Nous verrons dans ce qui suit, les grandes lignes de cette évolution.

La naissance du nombre et du calcul

Dans l'Antiquité, l'homme compte avec des grains de blé ou des cailloux. La grosseur du grain ou du caillou est proportionnelle à la quantité d'objets qu'on veut représenter : plus le caillou est gros, plus il y a d'objets. L'origine latine du mot calcul signifie d'ailleurs petit caillou ou grain.

Trois mille ans av. J.-C., on écrit les chiffres avec un stylet sur une tablette de bois recouverte de sable. Le système de numération babylonien est à base 60 sans zéro.

Les Égyptiens écrivent les chiffres avec des barres : $||| = 3$.

Au V^e siècle av. J.-C., les Grecs écrivent les nombres avec les lettres de l'alphabet. Les Hébreux et les Arabes adaptent ce système à leur langue.

Les Romains écrivent les chiffres avec des lettres majuscules représentant les doigts de la main :

$$III = 3 \quad V = 5 \quad X = 10 \quad C = 100$$

Il était extrêmement difficile de faire des calculs avec ces chiffres romains.

Le zéro n'apparaît qu'au IV^e siècle après Jésus-Christ. Il s'agit d'une invention indienne. Zéro signifie rien en sanscrit.

Les chiffres arabes de 0 à 9 apparaissent aux Indes vers le V^e siècle après J.-C. Il se répand grâce aux voyages de savants et de papes. Ce système de numération est définitivement fixé en 1440 avec l'invention de l'imprimerie. Il permet de faire des calculs faciles et entraîne l'invention de l'arithmétique.

Du boulier aux machines à calculer mécaniques

De la tablette de sable, on est passé à l'*abacus* ou abaque pour calculer, dont le nom d'origine sémite signifie d'ailleurs poussière rappelant ainsi cette tablette. L'*abacus* d'origine babylonienne, est un boulier qui contient des rangées de boules qui se déplacent sur un axe; la position des boules renvoie à un nombre. On peut ainsi additionner, soustraire, multiplier et diviser; l'utilisateur possède le plein contrôle de la machine et il peut voir tout ce qui se passe. L'abaque est utilisé en Chine sous le nom de *suan pan*, en Russie sous le nom de *tschoty* et au Japon sous le nom de *soroban*. Mais il faut attendre le XVII^e siècle avant de voir renaître l'ambition d'automatiser les calculs.

1617 : les bases du calcul mécanisé

John Napier (1550-1617), un écossais, inventeur des logarithmes, émet la théorie que la multiplication est une suite d'additions et la division une suite de soustractions. Cela ouvre la porte au calcul mécanisé car il suffit de répéter des additions pour multiplier ou des soustractions pour diviser.

1624 : l'horloge à calculer

Wilhelm Schikard (1592-1635) est ce professeur allemand de l'Université de Heidelberg qui, s'inspirant des mécanismes d'horlogerie, a l'idée de construire une machine à calculer en utilisant les roues dentelées d'horloge comme engrenages. Mais il ne la construira jamais.

1642 : la Pascaline

Une Pascaline, signée par Pascal en 1652, visible au musée des arts et métiers à Paris.



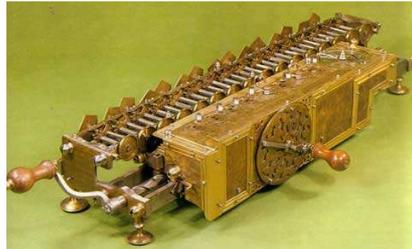
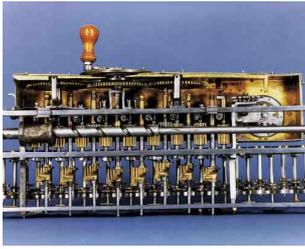
Le philosophe et mathématicien français Pascal (1623-1662) présente à Paris sa Pascaline, machine à additionner et à soustraire qui fait appel à un mécanisme d'horlogerie: huit roues de neuf dents. La première roue tourne de neuf crans puis elle reprend sa position initiale pendant que la seconde roue avance d'un cran à la fois et ainsi de suite. On pouvait y entrer deux nombres à la fois en bougeant des roues avec un

stylus et le résultat, pas toujours exact, apparaissait sur des cylindres rotatifs; le mécanisme de l'addition est dès lors automatisé et il s'effectue à l'intérieur de la machine.

1666 : la machine à additionner de Sir Samuel Morland

Morland, un Anglais, fabrique une machine à additionner dont on a dit à l'époque qu'elle était très jolie mais pas très utile. Il se reprend plus tard en 1673 en fabriquant une machine à multiplier.

1672 : machine à calculer du philosophe allemand Leibniz



Le philosophe et mathématicien allemand Leibniz (1646-1716) a passé 4 ans à Paris à étudier les mathématiques et, en particulier, les théories de Descartes et de Pascal. Il est fasciné par la machine à

calculer mécanique de Pascal; il va d'ailleurs la perfectionner en automatisant les opérations de multiplication et de division. La machine de Leibniz de même que celle de Pascal sont des machines pas à pas. Les machines de Morland, de Pascal et de Leibniz utilisent le système décimal. C'est à Leibniz que l'on doit également l'idée de concevoir une calculatrice en binaire. Mais la technologie de l'époque n'en permet pas la réalisation.

1728 : les plaquettes de bois des métiers à tisser de Falcon

L'Anglais Falcon a imaginé en 1728, un système de plaquettes de bois perforées pour contrôler les opérations d'un métier à tisser. Cette idée servira également pour les pianos et les orgues mécaniques.

1805 : le métier à tisser de Jacquard à Lyon en France

Mécanisme Jacquard au Musée des arts et métiers de Paris



Mais c'est à Joseph-Marie Jacquard (1752-1834), à peine un siècle plus tard, que l'on reconnaît généralement l'invention du métier à tisser automatisé. S'inspirant de l'idée de Falcon, il invente un métier contrôlé par une série de cartes perforées en boucle continue, comportant toutes les instructions du motif à tisser répétées plusieurs fois sur une même longueur de tissu. On peut assez facilement changer le motif à tisser en changeant la série de cartes.

Sans s'en douter, il vient d'inventer la carte perforée qui servira plus tard à donner des instructions aux ordinateurs. Mais les tisserands de l'époque sentent leur travail menacé et se révoltent en détruisant les métiers de Jacquard. Mais l'idée va néanmoins faire son chemin.

Des machines programmables à cartes perforées

Bâtissant sur l'idée des cartes de Jacquard pour contrôler une mécanique, l'Anglais Babbage utilise le même principe dans les machines à calculer qu'il a imaginées.

1820 : l'arithmomètre de Charles-Xavier Thomas de Colmar



Plusieurs autres calculatrices ont été inventées, à la suite de Pascal et de Leibniz, par des personnages comme Mahon, Hahn et Muller, mais ce n'est que dans le premier quart du XIX^e siècle que la première calculatrice commerciale voit le jour. On la doit à Thomas de Colmar. Elle utilise des roues dentelées comme celles de la machine de Leibniz.

L'automatisation du travail

Si l'être humain a, depuis des siècles, l'ambition de calculer puis d'automatiser les calculs, à l'aube de la révolution industrielle du XIX^e siècle, il a l'ambition d'automatiser les tâches.

1822 : The Difference Machine de Babbage

L'Anglais Babbage (1792-1871) reçoit en 1821, la première médaille d'or de la *British Astronomical Society* pour un article intitulé *Observations on the Application of Machinery to the Computation of Mathematical Tables*. En 1822, il invente une machine mécanique à calculer la position des planètes et du soleil. Elle pèse deux tonnes. Son dispositif se veut capable de calculer des tables de fonctions mathématiques y compris les logarithmes; cependant, la mécanique du temps n'est pas à la hauteur de son génie et sa découverte a été plus importante sur le plan de la théorie. Il a somme toute donné naissance au concept de registre

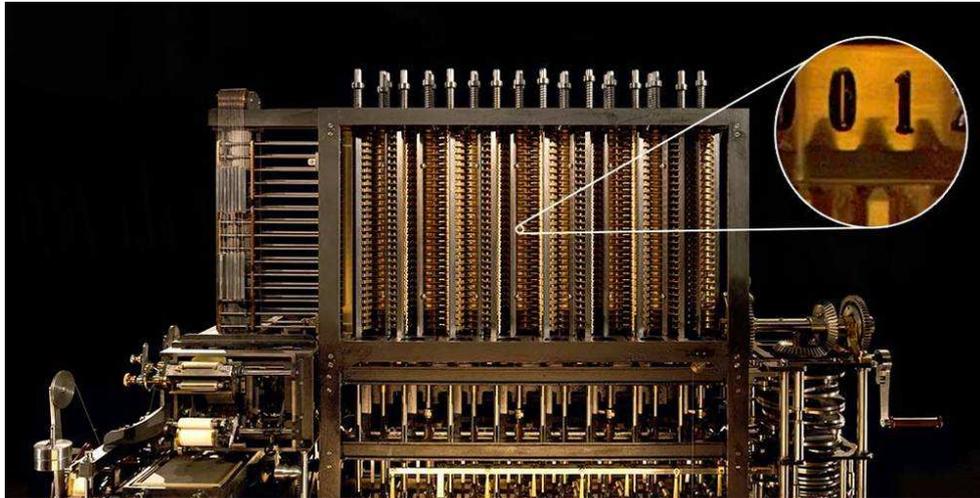


(dispositif de mémorisation temporaire) : la suite d'instructions pour effectuer les opérations était portée sur une bande perforée dans le style des cartes perforées de Jacquard. Il suffisait de manipuler la machine pour obtenir les résultats qui pouvaient même être gravés sur une plaque de cuivre à partir de laquelle on pouvait les imprimer. Deux Suédois, père et fils, Per Georg et Edvard Scheuz, ont réussi par la suite à produire une machine semblable plus simple mais fonctionnelle.



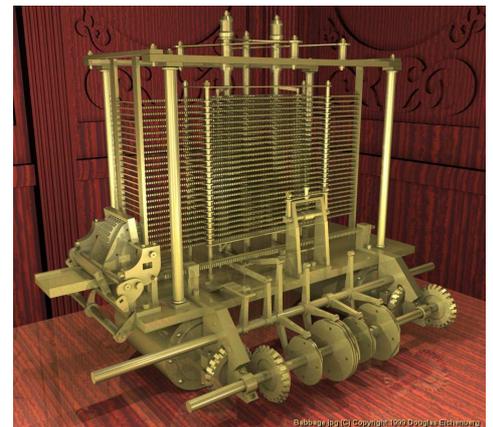
1832 : La machine analytique de Babbage

La première machine de Babbage ne pouvait produire que des tables et ne permettait qu'une lecture séquentielle des données. Babbage laisse en plan cette machine pour en inventer une autre avec l'appui du gouvernement anglais qui s'est par la suite retiré : la machine analytique, une machine à calculer à usage général et entièrement mécanique ne sera jamais terminée. Elle peut effectuer toutes sortes de calculs; on peut y emmagasiner



des données qu'elle peut lire dans n'importe quel ordre; on peut aussi y emmagasiner les nombres générés en cours de calcul. Alors que la *difference machine* avait des instructions fixes, la machine analytique pouvait recevoir différentes instructions. Dans son design, Babbage avait aussi prévu l'équivalent d'une unité de contrôle pour faire effectuer les instructions dans le bon ordre et un moulin, *mill*, comme il l'appelait, sorte d'unité arithmétique et logique qui effectuait les opérations nécessaires aux calculs qui devaient être précis à 50 décimales près;

1 000 nombres devaient pouvoir y être emmagasinés. Babbage n'a jamais terminé la construction de sa machine qui devait comprendre 50 000 pièces mobiles dans sa version la plus simple, car il avait en tête un troisième type de machine de laquelle il n'a laissé aucune description. Mais 150 ans plus tard, Allan Bromly, un chercheur australien, la construisit et l'exposa au Musée des sciences à Londres; elle pèse 3 tonnes et comporte 4 000 pièces en bronze et en acier.



L'un des mérites de Babbage a été d'imaginer un système de cartes perforées pour emmagasiner les instructions données à la machine, une carte par instruction; d'autres cartes devaient contenir les adresses du registre, les données devaient être enregistrées; ces cartes devaient être aussi réutilisables. Babbage n'avait cependant pas imaginé qu'une instruction puisse contenir à la fois une opération à effectuer et une adresse; il n'avait pas imaginé la programmation comme on la connaît aujourd'hui ni l'idée de conserver un programme d'instructions en mémoire.

1854 : la logique de Boole

La naissance de l'informatique moderne doit beaucoup au développement des mathématiques, de la logique, de la cybernétique, des théories de la communication et des sciences cognitives.. En 1854, George Boole (1815-1864), professeur au Queen's College en Irlande, définit une nouvelle forme de logique, fondée sur trois opérateurs ET, OU, NON, dans un ouvrage intitulé *An Investigation into the Laws of Thought*. Il fait ainsi passer la logique de la philosophie aux mathématiques. Une proposition vraie se voit affecter la valeur 1 tandis qu'une proposition fausse, la valeur 0. On peut ainsi effectuer des opérations sur des propositions unies par l'un des trois opérateurs logiques. Cette forme de logique s'accorde bien avec le calcul binaire et elle sera au centre des futurs ordinateurs.

Fonction	Schéma développé	Table de vérité	Equation	Symbole															
OUI		<table border="1"> <tr><td>e</td><td>S</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	e	S	0	0	1	1	$S = e$	 									
e	S																		
0	0																		
1	1																		
NON		<p style="text-align: center;">Etat électrique</p> <table border="1"> <tr><td>e</td><td>S</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	e	S	0	1	1	0	$S = \bar{e}$	 									
e	S																		
0	1																		
1	0																		
ET		<table border="1"> <tr><td>e1</td><td>e2</td><td>S</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	e1	e2	S	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	$S = e1 \cdot e2$	
e1	e2	S																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	1	1																	
1	0	0																	
OU		<table border="1"> <tr><td>e1</td><td>e2</td><td>S</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	e1	e2	S	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	$S = e1 + e2$	
e1	e2	S																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	1	1																	
1	0	1																	

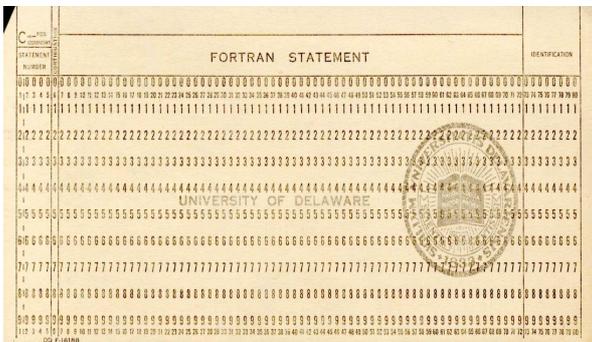
1879 : notation de Frege pour le raisonnement mécanique

L'algèbre booléenne a pris sa forme actuelle en 1879, grâce aux travaux de Gottlob Frege qui a proposé une forme de logique qui rompt avec la logique aristotélicienne dominante, une logique des symboles abstraits. Frege propose un système de notation pour le raisonnement mécanique. C'est le philosophe anglais Bertrand Russell qui a principalement fait connaître les travaux de Frege.

1888 : la première machine à calculer de l'ère moderne

William Burroughs (1857-1898) obtient le premier brevet américain pour une machine à additionner. En 1892, il fabrique aux États-Unis, la première machine à calculer de l'ère moderne distribuée commercialement par une compagnie qui porte son nom. Celle-ci deviendra, à un moment donné, un géant des machines de bureaux et des ordinateurs. La Burroughs est une machine essentiellement mécanique qui soustrait, additionne et imprime les résultats, mais elle est non programmable et si peu fiable que Burroughs dût reprendre les machines vendues. Mais il n'abandonne pas et perfectionne sa machine qui acquerra avant la fin du siècle, la fiabilité qui lui manquait.

1890 : traiter de l'information numérique : les cartes perforées



Le statisticien Herman Hollerith (1860-1929) est responsable du recensement de la population américaine au *Bureau of the Census* des États-Unis. Il a l'idée de coder sur des cartes perforées, l'information provenant du recensement, ce qui permet d'en faire l'analyse en des temps records pour l'époque. Les cartes perforées ne servent pas à programmer la machine mais à trier et à conserver

les données. Les cartes sont lues par un lecteur électrique; un trou laisse passer le courant et l'absence de trou l'arrête.

La machine de Hollerith est une machine mécanique mais qui, pour la première fois dans le domaine des calculateurs, a recours à l'électricité pour incrémenter les compteurs.

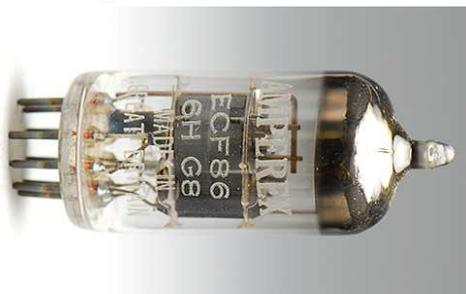
Le système utilisé pour le recensement de 1890 est un succès immédiat et il se répand dans plusieurs pays; on l'utilise également pour effectuer des opérations comptables. En 1900, Hollerith invente un dispositif automatique pour alimenter sa machine de cartes perforées.



Hollerith est à l'origine d'une compagnie, la Tabulating Machine Company, qui fusionnée à deux autres, devient en 1924 la International Business Machines Corporation (IBM) sous la gouverne de Thomas J. Watson. À la suite d'une dispute concernant les frais de location de la machine d'Hollerith, le *Bureau of Census* demande à l'un de ses ingénieurs, James Power, de développer une nouvelle machine. Elle sera dotée de cartes perforées mais à lecture mécanique.

Les lignes d'ordinateurs

On peut considérer que les tentatives d'automatisation des calculs remontent à quelques siècles, mais les véritables premiers ordinateurs n'ont été construits qu'au cours des années quarante. Un ordinateur est une machine capable de traiter des informations, c'est-à-dire d'effectuer une succession d'opérations arithmétiques et logiques, en suivant les instructions qui lui sont assignées dans des programmes. L'utilisation de l'ordinateur est fondé sur l'informatique. Outils universels par excellence, les ordinateurs ont envahi la vie courante et sont employés dans la plupart des activités humaines : industrie, commerce, recherche, enseignement, médecine, loisirs... En fait, l'évolution de l'informatique, et donc de l'ordinateur, peut s'expliquer par le désir d'exécuter de plus en plus vite un travail donné ou d'utiliser les ordinateurs pour des applications de plus en plus complexes. Les ordinateurs ont connu des mutations successives, *les générations*, mais l'étude de ces différentes générations montrent une continuité entre les ordinateurs les plus modernes et leurs ancêtres, les calculateurs.



La première génération d'ordinateurs, construite industriellement au tout début des années cinquante, fonctionnait sur le principe du tube à vide. L'effet thermo-ionique : principe de fonctionnement du tube à vide.

Dans les tubes à vide, les électrons participant au courant se propagent dans le vide ou dans un gaz. Il faut donc que quelque part, ils puissent s'échapper du métal qui les véhicule : C'est ce que permet l'effet "thermo-ionique" (ou thermo-électronique).

Ce phénomène consiste en ceci : les corps conducteurs émettent des électrons vers l'extérieur lorsqu'ils sont portés à température élevée. La température provoque une agitation des électrons, qui acquièrent une énergie pouvant être suffisante pour leur faire vaincre les forces qui les retiennent à l'intérieur du corps solide. La quantité d'électrons émis dépend évidemment de l'énergie fournie aux électrons, c'est-à-dire de la température, et de l'importance des forces de liaison qui varient suivant la nature des corps.

Voici, ci-dessous, une série de tubes à vide montrant leur évolution.

Première génération d'ordinateurs : le passage à l'électronique – Les tubes à vide

Le passage à l'électronique, dans la mise au point d'ordinateurs, s'est fait grâce à l'invention du tube à vide en 1906, par l'Américain Lee De Forest. Le tube à vide permettait de produire un courant direct d'électrons dans un tube sous vide capable de générer deux états : ON\OFF. Le tube à vide était donc prédestiné au calcul binaire. On peut se demander pourquoi il a fallu attendre plus de 30 ans avant que cette invention soit appliquée aux premiers ordinateurs. En 1907, exilé au Canada, De Forest invente la triode.

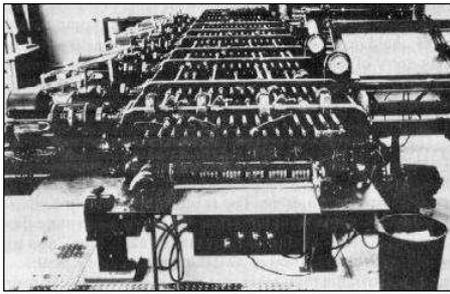


Triode



Des machines électromécaniques binaires

1930 : prototype de machine électromagnétique : l'analyseur différentiel



Vannevar Bush du M.I.T. et ses collègues conçoivent, en 1925, un prototype de machine analogique pour calculer des équations différentielles. Elle sera construite en 1930, sous le nom de *The Differential Analyser*. Elle doit servir à calculer les trajectoires de l'artillerie durant la Deuxième guerre mondiale.

1931 : la Z1, première ébauche d'un ordinateur

Konrad Zuse, un Allemand, s'inspirant des idées de Leibniz et s'appuyant sur la logique de Boole, réalise la *Z1*, une machine mécanique binaire. Il a eu accès à la description de la machine analytique de Babbage qu'en a faite Lady Lovelace. Les programmes ne sont pas intégrés à la machine. De 1935 à 1945, il développera d'autres prototypes : la *Z2* était une machine essentiellement mécanique alors que la *Z3* était un calculateur à relais capable d'emmagasiner des nombres binaires de 64 décimales flottantes; la *Z3* était une machine programmable, mais elle n'a pas survécu au bombardement de Berlin. En 1940, Zuse veut faire de la *Z4* une machine à tubes électroniques mais les fonds lui font défaut car Hitler est sûr de remporter la deuxième guerre mondiale; la *Z4* sera donc une machine à relais. Les machines de Zuse sont à la limite des technologies de l'avant-guerre.

1931 : les théorèmes de Godel

Kurt Godel (1906-1978) est ce logicien autrichien qui publie en 1931, un théorème qui s'est avéré majeur dans l'histoire de la logique et des mathématiques, le théorème de l'incomplétude : il y a des problèmes en mathématiques et en logique impossible à résoudre, il en est ainsi du problème 33 de Hilbert. Dans de tels systèmes, propose Godel, il y a des propositions qui ne peuvent être ni démontrées ni rejetées. Ces propositions ne sont pas indéterminées, elles sont effectivement ou vraies ou fausses, mais c'est juste qu'on ne peut pas dire dans quel sens elles vont.



Statue d'Alan Turing à Manchester.

1937 : la machine universelle de Turing

Turing (1912-1954) connaît bien les travaux de Russell et ceux de Godel. Il s'en inspire dans un article célèbre intitulé *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungs problem*, dans lequel il propose le modèle théorique d'une machine universelle capable de réaliser n'importe quel calcul mathématique. Son modèle est fondé sur l'idée que tout problème humain peut être



de

résolu par une suite d'algorithmes. Il en fait la démonstration avec sa machine théorique qui serait dotée d'une unité de traitement et d'un système d'entraînement d'une sorte de ruban de papier contenant des instructions présentées sous forme d'algorithmes indépendants de la machine elle-même, instructions qu'on peut changer (en changeant le ruban) pour résoudre n'importe quel type de problème, ce qui lui donne son caractère universel. La machine de Turing démontre également que certains problèmes de mathématiques et de logique sont insolubles : bien qu'ils soient clairement formulés, il n'est pas possible de trouver des solutions avec sa machine. Mais ces problèmes ne sont pas plus solubles par l'esprit humain. Il rejoint ainsi le théorème de Godel sur l'incomplétude. Néanmoins, la machine de Turing est si simple mais si puissante qu'elle va inspirer fortement les constructeurs des premiers ordinateurs. En 1950, Turing publiera un ouvrage intitulé *Computing Machinery and Intelligence* dans lequel il décrira un moyen de déterminer si un ordinateur est intelligent; ce sera le fameux test de Turing : si un observateur ne peut différencier les réponses que donne une machine au test de celles données par une personne, cela signifie qu'elle a réussi le test. Ce test va passionner les premiers chercheurs en intelligence artificielle.

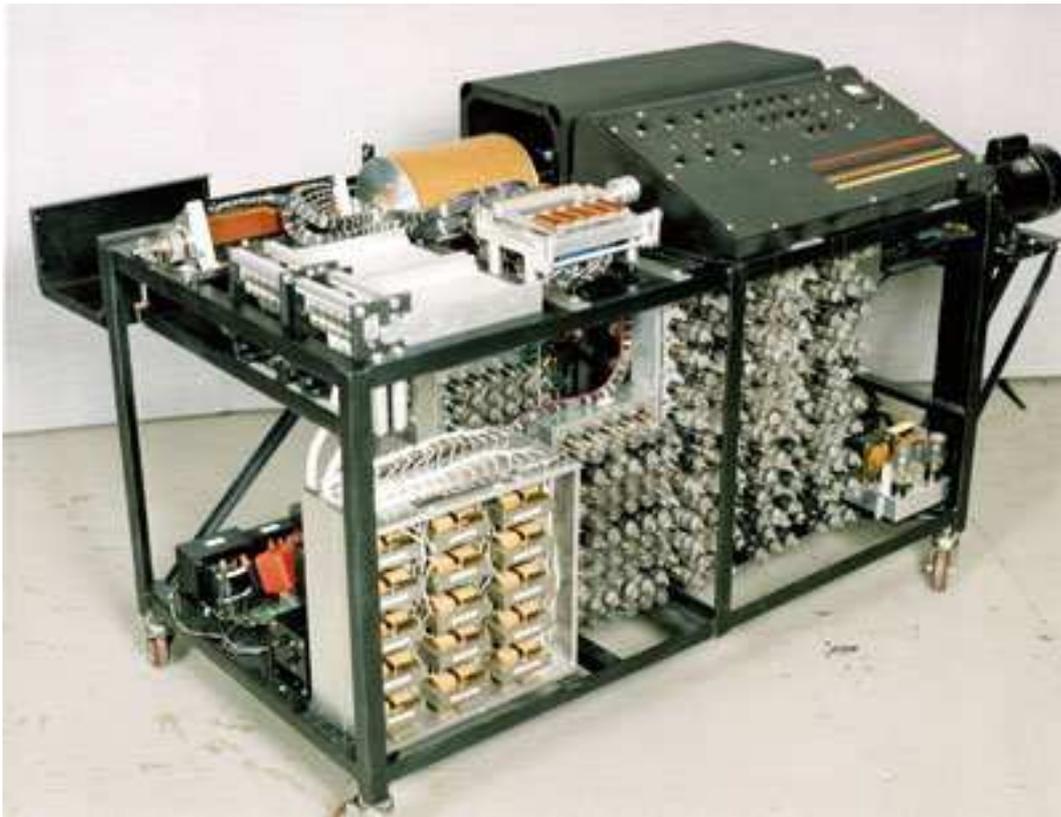
1939 : Premier calculateur binaire (ordinateur à relais)

On doit le premier calculateur binaire à l'Américain George R. Stibitz des Laboratoires Bell. Il se nomme le *Model 1 Relay Computer* ou *Complex Number Calculator*. Il s'agit d'une **machine à relais téléphonique** ON/OFF, bricolée, en une fin de semaine, à partir de rebuts.



1939 : ordinateur à tube, le ABC

Le mathématicien et physicien John Vincent Atanasoff, applique l'idée **d'utiliser des tubes à vide** pour faire du calcul numérique, idée soutenue par un ami de Zuse dans une thèse de doctorat. Il construit, avec un de ses étudiants du Iowa State College, Clifford Berry, une machine capable de résoudre des équations complexes en physique, le *ABC (Atanasoff Berry Computer)*.



1939 : Claude E. Shannon, les débuts de la théorie de la communication

À cette époque, Shannon est étudiant de maîtrise en génie (électricité) au M.I.T. à Boston. Dans son mémoire, il propose une idée géniale : on peut décrire les états d'un relais électromagnétique en utilisant la logique booléenne.

1940 : le cerveau comparé à une machine à calculer

Au début des années 1940, deux chercheurs en neurophysiologie, Warren McCulloch et Walter Pitts, démontrent que le cerveau humain peut être comparé à une machine, car des impulsions électriques circulent dans les cellules nerveuses et leurs embranchements. Celles-ci peuvent être analysées en termes de logique propositionnelle : un courant circule ou ne circule pas.

1940 : premier ordinateur opérationnel du monde : le Heath Robinson

C'est aux Anglais que l'on doit ce qui pourrait être le premier ordinateur opérationnel du monde, le *Robinson*. Il est fait de relais électromagnétiques et de tubes à vide. Il n'est pas programmable. Il est issu d'un effort de guerre du gouvernement britannique impliquant 10 000 personnes, pour construire un ordinateur; cet effort est connu sous le nom de projet *Ultra*. Le *Robinson* sert à décoder les messages secrets des Allemands au cours de la Deuxième guerre mondiale, messages encodés par une machine appelée *Enigma* inventée par les Nazis.



1941 : le premier programmeur d'un ordinateur fonctionnel

Arnold Fast, un mathématicien aveugle engagé par Konrad Zuse, va programmer le premier ordinateur binaire programmable du monde, le Z3.

1943 : premier ordinateur électronique programmable, le Colossus

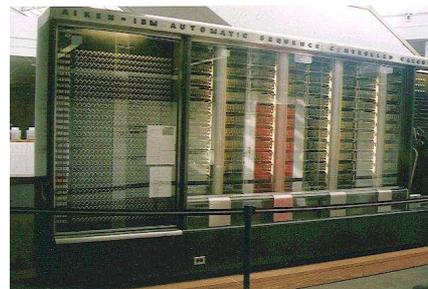
Le *Colossus* est mis au point en Angleterre, durant la Deuxième guerre mondiale, dans le cadre du projet *Ultra*. Les Allemands ayant perfectionné leur système d'encodage de messages, le *Robinson* ne suffit plus à la tâche. Le *Colossus* doit prendre la relève. On doit sa mise au point à Max M. A. Newman, professeur de mathématiques à la Cambridge University, à T. H. Flowers, ingénieur au *Post Office Research Station* et à Alan Turing, un Hongrois installé en Angleterre depuis 1936. Ce dernier inventa une machine universelle sur



papier appelée la machine de Turing qui jette les bases de ce que sera l'ordinateur moderne. C'est également Turing qui adopte l'algorithme pour le calcul de certaines fonctions. Le *Colossus*, qui comporte 2 000 tubes à vide, peut lire des rubans perforés à la vitesse de 5 000 caractères à la seconde. Un seul ruban à la fois est donné à la machine. Les comparaisons sont effectuées électroniquement, ce qui est une innovation majeure pour l'époque, et les résultats sont conservés dans une mémoire de triodes thyatron remplies de gaz. Pour éliminer les erreurs, une pulsation d'horloge générée par une cellule photosensible permet de marquer la cadence des opérations. La programmation se fait à l'aide de cartes enfichables. Le *Colossus II*, complété en 1944, aura 2 400 lampes et sera cinq fois plus rapide que le *Colossus I*. Plusieurs autres versions du *Colossus* verront le jour jusqu'à la fin de la guerre.

1943 : Automatic Sequence Controlled Calculator, le Harvard Mark I

En 1937, Howard Aiken de la Harvard University a proposé à IBM de construire un calculateur géant à partir des dispositifs mécaniques et électromécaniques utilisés pour les machines à cartes perforées. La machine a été complétée en 1943. Elle pesait 5 tonnes, comportait des accumulateurs capables de 72 décimales et elle pouvait multiplier deux nombres de 23 unités en 6 secondes. Elle était contrôlée par des instructions sur un ruban de papier perforé. Malgré les connaissances acquises depuis Babbage, elle ne possédait pas la capacité de faire des branchements conditionnels. Mais elle ajoutait à la machine de Babbage une horloge pour contrôler les séquences d'opérations, et des registres, sortes de mémoires temporaires pour enregistrer des informations.



The Harvard Mark I

1945 : Vannevar Bush et son MEMEX, prélude au multimédia

À cette époque, Vannevar Bush (1890-1974) est directeur de l'Office de recherche-développement scientifique du gouvernement américain et conseiller scientifique du président. Dans un article intitulé *As we may think* (1945), Bush critique les systèmes hiérarchiques d'archivage de données et propose un système par association, plus proche de la façon des humains de fonctionner. Il le décrit ainsi : *Songez à un nouveau dispositif pour usage personnel, une sorte de fichier privé et de bibliothèque mécanisée. Tout ce qui lui manque, c'est un nom; choisissons-en un au hasard; Memex fera l'affaire. Un Memex est un dispositif dans lequel un individu range tous ses livres, tous ses disques et toutes ses communications; il est mécanisé afin de permettre de le consulter très rapidement et de façon très flexible. C'est en quelque sorte une extension personnelle à sa mémoire* (Traduction de Pierre Bordeleau).

Il fait une description technique de son système à base de microfilms. Il comporte deux écrans pour pouvoir comparer des documents accessibles grâce à un ensemble de clavier, de boutons et de manettes. Les documents seront indexés mais l'utilisateur pourra également créer tous les liens qu'il veut grâce à l'ajout de notes qui seront fixées par un procédé de photographie à sec. Il espère que des entreprises commercialiseront des banques de données sur microfilm.

Le dispositif de Bush préfigure les bases de données multimédias, la commercialisation de documents multimédias, l'idée de double fenêtre de consultation, la reproduction par balayage des documents, l'archivage avec mots clés et avec liens associatifs actionnés par des boutons. (Bordeleau, 1994).

1946 : premier article sur le concept de programme en mémoire

John von Neumann (1903-1957) est un mathématicien d'origine hongroise qui a travaillé aux États-Unis à l'*Institute for Advanced Study* de Princeton University. Il est le premier, au XX^e siècle, à publier un article sur la possibilité de loger un programme dans la mémoire d'un ordinateur. Au siècle précédent, Babbage avait évoqué cette idée mais sans l'appliquer à sa *Machine analytique*.

1946 : l'ENIAC

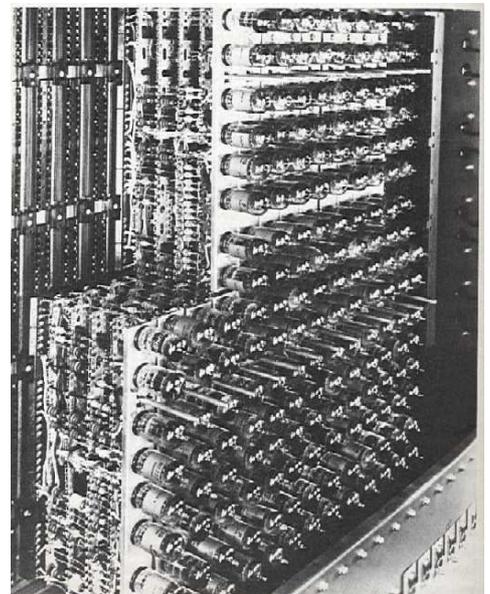


En 1943, à la Pennsylvania University, John Mauchly, J. Presper Eckert et leurs collègues ont entrepris la construction de l'ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Calculator*), avec le financement du *Balistic Research Laboratory*. Cette machine était destinée aux calculs balistiques, mais c'était en réalité une machine à usage général. Elle était programmable grâce à des interconnexions enfichables. Elle était capable de 5 000 opérations arithmétiques à la

seconde et était 1 000 fois plus rapide que le *Harvard Mark I*. Il lui fallait une puissance électrique de près de 200 KW pour fonctionner, car l'ENIAC comportait quelques 19 000 lampes. Il pesait 30 tonnes et occupait un espace de 3 000 pieds cubes soit 160 m² au sol. Sa capacité de mémoire était seulement de 20 mots de 10 unités chacun et elle ne pouvait traiter que des programmes d'instructions ne dépassant pas 300 mots.

C'est durant les travaux de mise au point de l'ENIAC que John Tuckey créa le terme *BIT* ou *binary digit*, unité binaire d'information, soit 0 ou 1.

Un jour, en 1947, l'ENIAC tomba en panne sans que ses constructeurs ne sussent pourquoi. Après exploration, on constata qu'un insecte s'était logé dans un relais; le technicien qui a fait la découverte s'est écrié : *there is a bug in the machine*. Le nom *bug* est resté pour désigner une erreur de matériel ou de programmation.



1946 : le *BINAC* travaille en temps réel

Le *BINAC* (*Binary Automatic Computer*) est l'oeuvre de Mauchly et de Eckert. Il s'agit en réalité de deux ordinateurs réunis qui calculent simultanément, leurs résultats étant ensuite comparés. On disait que le *BINAC* travaillait en temps réel car il fournissait des résultats dans l'immédiat. Le *BINAC* était un ordinateur extrêmement fiable.

1947 : premier ordinateur numérique complètement électronique, le *EDVAC*

Après le *ENIAC*, il y a eu le *EDVAC* auquel John von Neumann a travaillé. Il s'agit d'une machine binaire sérielle qui nécessite beaucoup moins de lampes que le *ENIAC*. Elle possède aussi une mémoire interne beaucoup plus grande (100 fois plus grande). Avec le *EDVAC*, l'invention de l'ordinateur numérique de première génération est à toute fin complétée. Ses plans, largement diffusés, ont donné lieu à plusieurs autres projets d'ordinateurs vers la fin des années 40 jusqu'en 1953. Mentionnons le *SEAC*, le *SWAC*, les *Harvard Mark III* et *IV*, le *IAS Machine*, les *UNIVAC I* et 1103, le *WHIRLWIND* et les *IBM 701, 702*. De 1953 à 1959, période reconnue comme étant celle de la première génération avancée d'ordinateurs, les *IBM 650, 704, 705, 709*, les *UNIVAC II, 1103A, SS80*, les *Burroughs 205, 220*, les *NCR 120, 200*, le *Datamatic 1000*, le *RCA Bizmac* ont vu le jour.



1947 : le premier ordinateur IBM, le SSEC



Parmi les projets d'ordinateurs de la fin des années 1940, il faut mentionner le SSEC (*Selective Sequence Electronic Calculator*), première machine de IBM à programme enregistré. Depuis 1944, John von Neumann travaille avec l'équipe qui a mis au point le *ENIAC*. Il imagine cet ordinateur à programme enregistré. La mémoire de l'ordinateur ne contient pas seulement des données mais également des instructions que l'ordinateur peut modifier pour choisir sa séquence de calcul, d'où son nom. Le SSEC était composé de 13 500 tubes à vide, 21 000 relais et

il pouvait additionner 3 500 nombres de 14 décimales par seconde. Il multipliait 100 fois plus rapidement que le Mark 1.



1971 : la première calculatrice de poche

On doit la première calculatrice électronique de poche aux ingénieurs J. S. Kilby, J. D. Merryman et J. H. Van Tassel de la Texas Instruments. C'est une calculatrice à une puce.



1973 : les premières calculatrices préprogrammées

C'est la compagnie Hewlett-Packard qui commercialisera les premières calculatrices préprogrammées en fonction d'applications spécifiques : statistiques, finances, etc.



1976 : les premières calculatrices programmables

C'est Hewlett-Packard qui commercialise les premières calculatrices de poche programmables



1971 : le premier micro-ordinateur du monde est français, le Micral

Il a été créé par François Gernelle de la compagnie française R2E. Il sert d'abord à la régulation automatique. Voyant l'intérêt de la machine, le patron de la R2E, André Trong Trong Thi décide, en 1973, de la commercialiser sous le nom de *Micral*. Il est cependant vite disparu lors de l'achat de la compagnie par Bull.



Un *Micral*, exposé à la Cité des sciences et de l'industrie.



Un *Micral P2*, exposé au Musée de l'Informatique (La Défense).

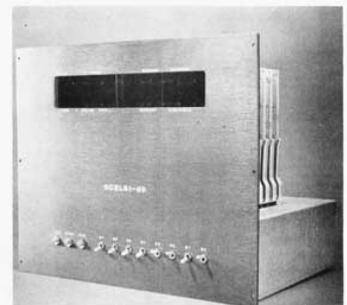
1973 : le premier micro-ordinateur américain est peu connu

La revue *Byte* (septembre 1995) croit que le premier ordinateur personnel est le kit Scelbi-8H à microprocesseur Intel 8008 de la compagnie Scelbi Computer Consulting, mais généralement, cet honneur est attribué au Altair. Le *Micral* français est rarement mentionné dans les écrits historiques américains.



WHAT SINGLE ELECTRONIC MACHINE CAN BE USED TO PERFORM/CONTROL ALL THE FOLLOWING TYPES OF SERVICES?

- Send morse code
- Control repeater stations
- Operate as a calculator
- Receive/send/buffer data between a wide variety of communication devices
- Monitor instruments
- Control machines
- Sort/compile data
- Test other devices
- Play games



the SCELBI-8B MINI-COMPUTER CAN !

SCELBI COMPUTER CONSULTING, INC. - The company that pioneered in producing the small computer for the individual user with the popular SCELBI-8H, now brings you the new SCELBI-8B with increased capability!

Like the former SCELBI-8H, the SCELBI-8B is built around the amazing '8 0 0 8' "CPU-on-a-Chip" which has been revolutionizing the electronics world.

However, the NEW SCELBI-8B offers extended memory capability at reduced cost! It is directly expandable to 16,384 words of RAM/ROM/PROM memory. This increased memory capability now means the user has the potential in a small and compact computer to support compiler type languages, manipulate sizable data bases for business and scientific applications, and support a wide variety of programs including those that take advantage of external mass memory storage devices.

The NEW SCELBI-8B still retains the outstanding features of its predecessor. Decoding logic for 8 Output and 6 Input Ports is built into the basic computer. Plug-in capability for I/O devices is provided on the chassis. A unique, simple to operate console that utilizes just 11 switches on the front panel makes the SCELBI-8B a pleasure to use.

The NEW SCELBI-8B is backed by a line of low cost SCELBI interfaces which currently include: an interface that turns an oscilloscope into an alphanumeric display system, low cost keyboard and TTY interfaces, and an interface that turns a low cost audio tape cassette into a "Mag-Tape" storage and retrieval unit.

Last, but certainly not least, SCELBI has a wide selection of software ready to run on the NEW SCELBI-8B including: Editors, Assemblers, calculating programs, I/O and general utility routines. Additionally, SCELBI produces publications that can show you how to develop your own custom tailored programs.

The NEW SCELBI-8B is available NOW. (We have been delivering since June!) It is available in three forms. Ultra-low cost "Unpopulated" card sets with chassis kits starting at \$259.00*. Complete parts kits for a 1,024 word mini-computer as low as \$499.00*. An assembled and tested 4,096 word computer is just \$849.00*. Interfaces, accessories, and software sold separately.

(* Domestic prices.)

(Prices, specifications and availability subject to change without notice)

Literature available for S.A.S.E.

SCELBI COMPUTER CONSULTING INC.

1322 REAR BOSTON POST ROAD
MILFORD, CONNECTICUT 06460

1974 : premier micro-ordinateur américain reconnu, le ALTAIR 8800

Le *Altair* de la compagnie MITS, mis au point par H. Edward Roberts et Bill Yates, était destiné surtout aux hobbyistes. On pouvait se le procurer uniquement en kit par la poste ou chez un détaillant pour 395 \$; pour le rendre fonctionnel, il fallait investir environ 2 000 \$ en périphériques. Il s'en est vendu environ 200, surtout à des informaticiens, à des ingénieurs et à des scientifiques.



1977 : fondation de Apple et sortie du Apple II

Apple, fondée par Steve Jobs et Steve Wozniak avec l'aide d'un ex-ingénieur millionnaire de Intel, Mike Markula, qui aide les jeunes capitalistes à se lancer en affaires.



Apple 1

Apple 2



1980 : un ordinateur de poche anglais, le Sinclair ZX80

En janvier 1980, l'entrepreneur britannique Clive Sinclair met en marché un tout petit ordinateur domestique, à peine plus gros qu'une calculatrice programmable. Il ne pesait que 360 grammes. Le ZX80 s'est vendu à des centaines de milliers d'exemplaires. Il sera suivi du ZX81 et du Spectrum. En Amérique du Nord, le grand fabricant de montre Timex en a fait la commercialisation.



1981 : le IBM PC

BM, sentant Apple, devant elle, dans un nouveau marché, annonce en août 1981, qu'il se lance sur le marché du micro-ordinateur avec le concept d'ordinateur personnel qui prend la forme du IBM PC construit autour du microprocesseur Intel 8088 - 4,77 Hhz. Il avait 16 Ko de mémoire vive.

1982 : début du Minitel en France

Le Minitel n'est pas à proprement parler un micro-ordinateur, c'est plutôt un terminal raccordé au réseau vidéotex de la compagnie de téléphone France Télécom. Il comprend un petit écran, un clavier et un modem. Le Minitel connaîtra beaucoup de succès dès sa sortie. France Télécom le fournit gratuitement à ses abonnés, car il remplace les bottins téléphoniques.



1983 : sortie du Commodore 64

Le Commodore 64 est équipé du microprocesseur Motorola 6510. Le Commodore 64 sera suivi du Commodore 128 qui fonctionnera sous trois systèmes d'exploitation il comprend donc trois microprocesseurs, le 6510 et le 6502 de Motorola et le Z80A de Zilog.



1983 : Compaq livre son premier compatible PC

Compaq a été fondée en 1982 par trois ex-cadres de la compagnie Texas Instruments qui avaient décidé de concevoir et fabriquer un ordinateur PC à 100 % compatible mais portable. Le premier de ces portables sortait en mars 1983. Compaq faisait la démonstration qu'il y avait un marché pour des ordinateurs de normes PC facilement transportables.

1983 : réplique de IBM, le PC-2 et le PC-XT

En 1983, IBM lance un PC amélioré, le PC-2 doté d'une mémoire de 64 ko extensible à 256 Ko et de lecteurs disquettes souples 5,25 po double densité, d'une capacité de 320 Ko.

1985 : les premiers lecteurs de disquettes haute densité



Sony introduit en 1985, les premiers lecteurs de disquettes haute densité (1,44 Mo) de 3,5 po. que l'on verra peu de temps après sur les *Macintosh SE*.

1987 : le PS/2 d'IBM

En 1987, IBM lance une grande offensive avec une nouvelle gamme d'appareils, les micro-ordinateurs de la série PS/2. Il ne sera pas cependant pas adopté par les autres fabricants de micro-ordinateurs et IBM devra plus tard l'abandonner pour se conformer aux normes de l'industrie. La série PS/2 comprend les modèles 25 et 30 à microprocesseur 8086.

1989 : les premiers micro-ordinateurs à processeur 80486

C'est en 1989 qu'on voit apparaître les premiers PC à processeurs 80486 de Intel, appelés SX.

1993 : apparition des premiers micro-ordinateurs Pentium

C'est en 1993 que les grands fabricants de PC commencent à remplacer leurs micro-ordinateurs haut de gamme à base de processeur Intel 80486 DX 2/66 par les Pentium 60 et 66 MHz et même 90 MHz. Nous ne citerons aucun modèle en particulier car en 1993, il y a tellement de fabricants de PC qu'il est difficile de les répertorier.

1997 : l'ordinateur a 50 ans

1997 : apparition des premiers micro-ordinateurs Pentium 2

C'est en 1997 que les grands fabricants de PC commencent à remplacer leurs micro-ordinateurs haut de gamme à base de processeur Intel 80486 DX 2/66 par les Pentium 200 puis par les **Pentium 2** de 233 MHz et même 300 MHz au début de 1998.

2007: fin de la technologie simple corps, passage au double corps.

C'est à la fin des années 2000 que les fabricants passent au multi-corps car la technologie a du mal à passer le cap des 3 à 4 GHz.

2017: ???