

# HISTORIQUE DE L' ORDINATEUR

*Date : Octobre 2005*

*But : Répondre à la question: Comment en est-on venu à fabriquer des ordinateurs ?*

*Statut du document : Assemblages simples d'extraits glanés sur Internet (ressources disponibles en fin de chapitre).*

*Pour toutes remarques : abel.jerome@free.fr*

*Moments clés jusqu'à l'apparition de l'ordinateur :*

- La naissance du nombre et du calcul
- Du boulier aux machines à calculer mécaniques
- L'automatisation du travail
- Des machines programmables à cartes perforées
- Les grands développements scientifiques
- Des machines électromécaniques binaires

## **Introduction**

Avant tout, considérons que la technique n'est pas neutre. Enlevons cette idée que le hasard façonne et explique l'évolution des techniques. Pour expliquer la complexité et les multitudes mises en jeu, soyons plus réalistes en redonnant la responsabilité aux hommes. Cependant, ce n'est pas l'objectif de ce document. Nous n'étudierons pas les raisons du développement des techniques, nous ferons juste un survol des concepts principaux qui jalonne l'histoire de l'ordinateur, en tâchant de respecter les étapes de raisonnement.

L'homme a toujours cherché à simplifier et améliorer sa façon de calculer, pour limiter ses erreurs et gagner du temps. Historiquement les deux forces qui ont conduit au développement de l'ordinateur électronique sont la rapidité et la précision des calculs scientifiques et le besoin de meilleurs traitements de données (*data processing*) qui coïncident avec la révolution industrielle et l'augmentation des programmes sociaux sponsorisés par le gouvernement (américain).

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.

(<http://www.scedu.umontreal.ca/sites/histoiredestec/histoire/chap1.htm>)

Une petite légende autour du mot "calcul" (qui vient de « calculus », en latin, caillou), nous raconte que le berger déposait dans un panier autant de cailloux que de moutons quittaient la

bergerie. En rentrant des prés, le berger sortait les cailloux du panier afin de vérifier le compte de moutons. C'est ce qu'on appelle la correspondance terme à terme. Elle consiste à associer à chaque élément de l'ensemble à compter (ici les moutons), des éléments d'une autre variété (cailloux, doigts, ...). Elle est la base de tout système de numération et permet en particulier de comparer la taille des ensembles.

Il y a encore la numérotation décimale liée à la technologie de la première calculatrice de poche : la main. Calcul digital signifiait alors compter sur ses doigts.

L'évolution de nos chiffres s'étale sur plusieurs millénaires. C'est au Paléolithique (il y a 30 000 ans) qu'on trouve les premières marques permettant de conserver les nombres sur des supports tels que les os ou le bois. La plus ancienne est un péroné de babouin portant 29 encoches trouvé au Swaziland en Afrique australe. Toutes les grandes civilisations de l'Antiquité avaient leurs symboles pour coder les nombres et compter. Au début il s'agissait de signes simples (comme un trait) correspondant chacun au nombre 1. Un symbole représentant le nombre 10 est apparu en Egypte vers 3400 av. J.-C.. Il était ainsi possible d'écrire les nombres de manière un peu plus compacte. D'autres symboles spéciaux ont ensuite représenté les nombres 100, 1000 et 10000. La numération cunéiforme de Babylone utilisait un système sexagésimal (base 60). Le premier système binaire connu remonte à 3000 ans av. J.-C. environ. Il s'agit du Yin et du Yang chinois.

## **Le calcul mécanique**

- **3000** : Binaire (Ying et Yang chinois) Période de l'empereur Chinois Fou-Hi dont le symbole magique, l'octogone à trigramme contient les 8 premiers nombres représentés sous forme binaire par des traits interrompus ou non :  
000 001 010 011 etc...



-**1750** : Code d'HAMMOURABI

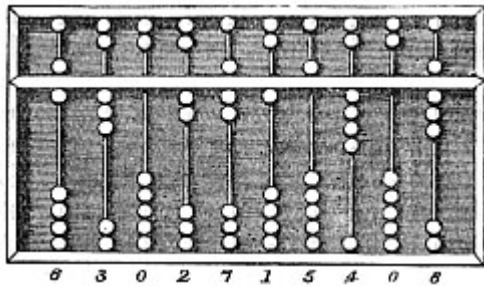
Le roi de Babylone (Mésopotamie), nommé HAMMOURABI, a fait graver cette stèle. Celle-ci composée d'un ensemble de sentences royales sous la forme:

SI {personne} ET {action} ALORS {sentence}

-**500** : Le Boulier est toujours utilisé dans certains pays.

C'est un abaque (de abacus en latin et de abax en grec signifiant « table à poussière ») est le nom donné à tout instrument mécanique plan facilitant le calcul. Formé d'un cadre rectangulaire muni de tiges sur lesquelles coulisent des boules. Le boulier est lié au système de numération décimale : chaque boule représente, selon la tige sur laquelle elle se trouve, une unité, une dizaine, une centaine... Certains bouliers comportent des boules spéciales valant 5 unités, 5 dizaines, 5 centaines... Les bouliers servent à effectuer des calculs : additions, soustractions, multiplications, divisions.

Chaque colonne représente en partant de la droite, les unités, les dizaines, les centaines etc. Les 5 boules en dessous de la barre valent chacune 1 et les 2 boules situés au dessus de la barre valent chacune 5.



Ici on peut lire le nombre 6302715408 en comptant la valeur représenté par les boules dans chaque colonnes

Aujourd'hui, l'abaque est toujours utilisé par des commerçants en Asie et à « Chinatowns » en Amérique du Nord. Son utilisation est toujours enseignée dans les écoles asiatiques, et quelques écoles en occident. Les enfants aveugles apprennent à l'utiliser par exemple. L'abaque est un bon outil pédagogique pour faire comprendre les mathématiques simples aux enfants, au lieu d'utiliser les tables de multiplications moins conviviales.

**-300** : Le philosophe Grec Aristote définit dans son oeuvre ce qu'est la logique.

La logique est à l'origine une réflexion sur l'accord du discours (logos) avec lui-même. On peut dire qu'elle est un effort de la pensée pour rendre sa propre expression non contradictoire. Par suite, elle est un outil (organon) assurant la cohérence de la réflexion. La philosophie se sert donc de la logique pour organiser son discours et lui assurer une pertinence concernant ses hypothèses sur le monde.

En logique aristotélicienne, le syllogisme est un raisonnement logique à deux propositions (également appelées prémisses) conduisant à une conclusion qu'Aristote a été le premier à formaliser. Par exemple, Tous les hommes sont mortels, or les Grecs sont des hommes, donc les Grecs sont mortels est un syllogisme ; les deux prémisses (dites « majeure » et « mineure ») sont des propositions données et supposées vraies permettant de vérifier la véracité formelle de la conclusion.

**820** : Travaux du mathématicien arabe AL KHOWARIZMI

Une innovation très importante fut l'emploi de la notation positionnelle, qui confère des valeurs différentes aux symboles numériques selon leur position dans le nombre écrit. Cette notation positionnelle n'est possible qu'avec un symbole pour le zéro. Grâce au symbole 0, il devint possible de différencier 11, 101 et 1 001 sans recourir à des symboles supplémentaires. Cette notation a été introduite en Europe par l'intermédiaire des Arabes, l'Islam s'étendant alors des frontières de la Chine à l'Espagne. Le système dit arabe avait été développé en Inde environ 300 ans av. J.-C.. Cette introduction s'est faite grâce notamment à la traduction, vers 820 apr. J.-C., des ouvrages du mathématicien de Bagdad Al-Khuwarizmi, dont le titre d'un des livres (*al jabr*) est à l'origine du mot algèbre. Les premiers documents attestant de l'utilisation du système arabe en Europe datent de 976, mais il faut attendre le XIV<sup>ème</sup> siècle pour qu'il remplace totalement la numérotation romaine. Non seulement l'écriture des nombres devint plus compacte, mais les calculs écrits ont été largement simplifiés.

**1000** : Zéro

Inventé en Inde et rapporté en Occident par les invasions arabes, le zéro trouvera un ardent défenseur en la personne de Gerbert d'AURILLAC qui tentera de l'imposer lorsqu'il deviendra le pape Sylvestre II. Mais, ce n'est que vers le XIV<sup>ème</sup> siècle, que le monde occidental

l'acceptera définitivement. Il a été difficile d'admettre qu'il fallait quelque chose - un symbole - pour dire "rien"

**1580** : John NAPIER ou Neper, personnage écossais qui avait à réaliser de nombreux calculs invente les logarithmes (provient apparemment du latin pour « nombre-rapport »), une astuce mathématique, un groupe de nombre « artificiels » comme substitut direct des nombres réels. Il ramenait ainsi les opérations de multiplication et de division à de simples additions ou soustractions. Napier inventa également des machines à multiplier basées sur le déplacement de tiges : les Bâtons ou Os de Napier. Par ailleurs, il fut l'un des premiers (le premier ?) à utiliser le point décimal.

*Avant l'ère des ordinateurs, les logarithmes étaient utilisés comme une aide de calcul, avec des tables de logarithme décimal et des règles à calcul. L'idée fondamentale est que le logarithme d'un produit est la somme des logarithmes, et l'addition est plus facile à effectuer que la multiplication. Dans les applications, on utilisait le logarithme de base 10 ou le logarithme décimal appelé aussi le logarithme vulgaire. Les logarithmes sont aussi utiles pour résoudre les équations dont les inconnues apparaissent dans un exposant, ils apparaissent aussi souvent dans la solution d'une équation différentielle parce que leur dérivée est facile à calculer. De plus, beaucoup de quantités en sciences sont exprimées par leurs logarithmes; voir l'échelle logarithmique pour avoir une explication et une table.*

*Son objectif était de simplifier les calculs trigonométriques nécessaires en astronomie. Il s'attacha à définir le logarithme d'un sinus en s'appuyant sur des considérations mécaniques de points en mouvement et sur le lien entre les progressions arithmétique et géométrique. En mathématiques, les fonctions logarithmes sont les applications réciproques des fonctions exponentielles. Si  $x$  est égal à  $b$  à la puissance  $y$ ,  $x = by$ , nous pouvons dire aussi que  $y$  est le logarithme de  $x$  dans la base  $b$  (et cela signifie que  $y$  est la puissance à laquelle nous devons élever  $b$ , pour obtenir  $x$ ), et nous écrivons :  $\log_b x = y$ . Par exemple,  $\log_{10} 100 = 2$  (car  $10^2 = 100$ ) et  $\log_2 8 = 3$  (car  $2^3 = 8$ ).*

**1623** : Wilhelm Schickard invente ce qu'il appelle une horloge calculante. Elle calculait mécaniquement grâce à des roues dentées et pouvait réaliser additions, soustractions, multiplications et mémorisation des résultats intermédiaires. La machine a rapidement sombré dans l'oubli car son inventeur habitait en Allemagne du Sud dans une région ravagée par la guerre de 30 ans.

**1623** : Le philosophe Francis Bacon invente le Code Bilitère à deux lettres qui permet en utilisant 5 caractères de coder les lettres de l'Alphabet. Ancêtre du code ASCII: combinaisons de cinq caractères 0--1 qui codent les lettres de l'alphabet.

a	AAAAA	g	AABBA	n	ABBAA	t	BAABA
b	AAAAB	h	AABBB	o	ABBAB	u-v	BAABB
c	AAABA	i-j	ABAAA	p	ABBBA	w	BABAA
d	AAABB	k	ABAAB	q	ABBBB	x	BABAB
e	AABAA	l	ABABA	r	BAAAA	y	BABBA
f	AABAB	m	ABABB	s	BAAAB	z	BABBB

Alphabet bilitère

**1632** : L'Anglais Oughtred invente la Règle à calcul.

La règle à calcul (ou règle à calculer) est un instrument de calcul qui permet, par simple déplacement longitudinal d'échelles graduées, d'effectuer des opérations arithmétiques de base, multiplication et division, mais pas les additions. Une règle à calcul peut aussi servir à exécuter des opérations plus complexes, telles que le calcul de racines carrées ou cubiques, des calculs logarithmiques ou bien trigonométriques.

Pour son utilisation la plus courante (la multiplication et la division), la règle à calcul utilise des échelles logarithmiques et le principe selon lequel la somme des logarithmes de deux nombres est égale au logarithme du produit des deux nombres:

$$\log(a) + \log(b) = \log(a \times b).$$

Cela se traduit par le fait que, pour multiplier deux valeurs, il suffit d'additionner leurs longueurs représentées sur la règle, et de les retrancher pour faire une division.

Cette opération est très facile à effectuer, mais a l'inconvénient de ne pas donner les décimales, qui doivent être trouvées par une autre méthode (généralement un calcul mental approché).

Exemple d'utilisation : Si on vous demande de calculer  $324 \times 250 \times 112$  avec un papier et un crayon, ça peut prendre du temps, alors qu'avec la règle à calcul, cela prendra le même temps qu'une addition.  $\log 324 + \log 250 + \log 112 \Rightarrow 7.2757$ . on sait que  $\log 7 = 10$  millions. Déjà ça donne une idée du nombre



**1642** : Blaise Pascal met au point, pour aider son père collecteur des impôts à Rouen, la Pascaline qui ne pouvait traiter que les additions et les soustractions. Contrairement à la machine de Schickard, elle eut un certain succès d'estime à la cour du Roi. C'est pour cela qu'elle est souvent considérée comme la première machine à calculer mécanique de l'histoire.

Lorsqu'un cadran fait un tour complet, le cadran suivant est incrémenté. La Pascaline était destinée à résoudre des problèmes d'arithmétique commerciale. Elle connut une période de gloire dans les années 60 en usage interne dans la compagnie IBM. C'était alors en effet le seul dispositif bon marché permettant d'effectuer très vite des calculs en numération hexadécimale, comme le demandait l'analyse post-mortem des programmes de l'époque.

C'est en son honneur que Nicklaus Wirth nommera le langage de programmation qu'il met au point PASCAL. La soeur de Pascal: ``l'esprit avait été capturé par la machine" car ``il était possible d'exécuter sans erreur toute sorte de calculs, chose extraordinaire sans crayon, mais bien plus, sans même connaître l'arithmétique".

**1666** : L'Anglais Moreland invente le principe de la multiplication par additions successives. La multiplication permet de calculer des addition identiques, par exemple:  $7 + 7 + 7 + 7 + 7$  peut se noter  $5 \times 7$ .

**1679-1694** : Leibniz perfectionne la Pascaline pour la rendre capable, par un système de roues à cliquet servant de "mémoire", d'effectuer des multiplications et des divisions: la calculette est née! Machine à cylindre denté de Leibniz multiplie, additionne, divise et extrait des racines carrées, machine insuffisamment sûre pour être utilisée couramment.

Comme en outre, sa dissertation *De arte combinatoria*, de 1660, exprime le projet d'une langue fondée sur l'arithmétique, qui préfigure les langages informatiques, Leibniz est tenu pour un précurseur de l'informatique => Leibniz découvre et met au point une arithmétique binaire (et analyse les octogrammes de Fou-Hi).

**1728** : Falcon construit le premier métier à tisser utilisant les cartes perforées pour fonctionner (réalisation d'une succession d'opérations identiques).

### **1739** Le Canard de Vaucanson

Vaucanson conçoit des automates et les présente à l'Académie : « Le mécanisme du flûteur automate, présenté à Messieurs de l'académie royale des sciences. Par M. Vaucanson, auteur de cette machine. Avec la description d'un canard artificiel, mangeant, buvant, digérant & se vidant, épluchant ses ailes & ses plumes, imitant en diverses manières un canard vivant.

**1769** : "Le Turc", faux automate du baron Wolfgang von Kempelen, joueur d'échecs, bat Napoléon

**1770** : Hahn en Allemagne invente la première machine à calculer exécutant directement les 4 opérations (fondée sur le cylindre denté inventé par Leibniz en 1671).

**1792** : Les frères Chappe inventent le télégraphe optique en France. Il permet d'envoyer des messages rapidement sur une longue distance en utilisant un réseau de tours surmontées d'un bras articulé pour transmettre à vue des signaux codés.

**1794** Le télégraphe optique : Les frères Chappe font voyager l'information à 500 km/heure. La première utilisation est militaire pour annoncer la victoire de la France sur les Autrichiens au Quesnoy (au Sud de Valenciennes). La diplomatie l'utilise abondamment, de même que les places boursières avec les premiers délits d'initiés qu'il autorise. Havas l'utilise assidûment pour son agence de presse.  
Télégraphe optique: systèmes de tours distantes de 12 kilomètres. En 50 ans le réseau couvre 4800 km à l'aide de 556 tours.

**1800-1804** : Application par Jacquard du système de Falcon - Métier à tisser à cartes perforées (Joseph-Marie JACQUARD)

**1800** : Le tube à rayon cathodique est inventé par William Crooke, le "C.R.T." (cathodic ray tube)

**1822** : Difference Engine" de Charles Babbage (1792-1871) imagine une machine capable d'effectuer toute une série d'opérations en séquence.

*machine a différences* : calcul des éphémérides grâce a une suite d'additions et de soustractions, purement mécanique  
sortie : gravure d'une plaque de cuivre !  
Calcul sophistiqué mais machine spécialisée

**1820** : Charles-Xavier Thomas de Colmar invente l'arithmomètre sur la base de la machine de Leibniz. Comme c'est un engin pratique, facile à utiliser et portable, la machine remporta un grand succès. Plus de 1500 exemplaires en seront vendus en 30 ans. La machine obtint la médaille d'or de l'Exposition de Paris en 1855.

**1833-1834** : Le mathématicien et inventeur anglais Charles Babbage et la comtesse Ada de Lovelace dressent les plans de l'ordinateur moderne. Babbage imagine et tente de réaliser une machine à différences puis une machine analytique qui contient les concepts de ce que sera l'ordinateur moderne : unité de calcul, mémoire, registre et entrée des données par carte perforée. Babbage, bien trop perfectionniste, ne pourra jamais mener à bien ces réalisations. Il est souvent dit que Babbage était en avance de 100 ans sur son temps et que la technologie de son époque n'était pas appropriée.

Le programme écrit par Ada aurait pu être capable de calculer une séquence mathématique connu sous le nom de nombres de Bernoulli. A partir de son travail, Ada est considérée comme la première programmeuse d'ordinateur et, en 1979, un langage de programmation moderne fût nommé Ada en son honneur.

A son époque, les tables mathématiques comme les logarithmes ou les fonctions trigonométriques, étaient générées par des équipes de mathématiciens travaillant jour et nuit sur des calculateurs primitifs. A cause du fait que ces personnes faisaient des calculs, ils

étaient appelés des « calculateurs ». en fait le terme « computer » (calculateur) était utilisé comme une description du métier (au lieu de se référer aux machines elles-mêmes) jusqu'aux années 1940, où ce terme s'appliqua aux machines qui pouvaient calculer toutes seules.

En 1834, il a complètement conçu son idée d'une "Machine pensante"

En 1834, l'idée d'une "machine pensante" (Analytical Engine) est conçue selon les principes de Blaise Pascal (calcul arithmétique) et de Lulle (calcul logique), sur la base des cartes perforées de Joseph-Marie Jacquard.

Babbage imagine que les cartes perforées utilisées par Jacquard pour ses machines à tisser la soie, pourraient très bien être utilisées pour transmettre des instructions à une machine à calculer dans le cas de problèmes mathématiques complexes. Cette machine permettrait de calculer les réponses plus rapidement et plus précisément que l'homme.

Babbage a une idée très claire de son "ordinateur".

Il fonctionne à l'aide d'une mémoire, compare les résultats et transcrit les données souhaitées. L'ordinateur doit également pouvoir adapter son propre programme et transformer les données de la même façon.

Babbage consacre les trente-sept dernières années de sa vie au perfectionnement de sa machine.

**1836-1838** : Les Anglais Edward Davy, William Looke et Charles Wheastone vont inventer et mettre au point le télégraphe.

Le peintre Américain Samuel Morse invente le code qui porte son nom utilisant des points et des traits pour représenter les caractères à transmettre.

L'alphabet morse, ou code morse, est un système représentant les lettres, nombres et signes de ponctuation à l'aide d'un code envoyé par intermittence. Il a été inventé en 1835 par Samuel Morse pour la télégraphie et est considéré comme le précurseur des communications numériques.

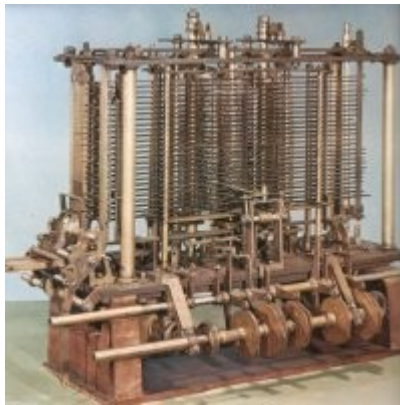
Le code peut être transporté via un signal radio permanent que l'on allume et éteint (onde continue), une impulsion électrique à travers un câble télégraphique, un signal mécanique ou visuel (flash lumineux). Deux types de code morse ont été utilisés, chacun avec leurs propres différences quant à la représentation des symboles de l'anglais écrit. Le code morse américain a été utilisé dans le système télégraphique à l'origine de la première télécommunication à longue distance. Le code morse international est le code le plus communément utilisé de nos jours.

**1840** : Collaboratrice de Babbage, Ada Lovelace, (première programmeuse) mathématicienne, définit le principe des itérations successives dans l'exécution d'une opération. En l'honneur du mathématicien Arabe El Khawarizmi (820), elle nomme le processus logique d'exécution d'un programme : algorithme.

**24 Mai 1844** : Samuel Morse effectue la première démonstration publique du télégraphe en envoyant le message "What hath God wrought ?" de la Cour Suprême du Capitol (Washington) vers le dépôt de chemin de fer de Baltimore (Philadelphie ?) sur une distance de 60 km.

Les réseaux télégraphiques vont très rapidement se développer dans le monde (37000 km de lignes installées en 10 ans).





**1847-1871**

L'Analytical Machine de

Babbage est le précurseur des machines à calculer et ordinateurs modernes.

C'est une "machine à différence", inspirée des travaux de Boole qui "*calcule la valeur de n'importe quelle fonction polynomiale jusqu'au 7<sup>e</sup> degré grâce à la technique*

*mathématique des différences finies*".

Le calcul de la valeur des principales fonctions mathématiques (sinus, cosinus, log, etc.) est possible à partir d'une fonction polynomiale appropriée.

Les données sont mises en réserve dans des suites de petites roues, chaque roue pouvant prendre dix positions, qui correspondent chacune à un chiffre décimal. La précision est de 30 chiffres significatifs, chaque chiffre décimal étant représenté par un ensemble de 30 roues dentées).

La machine est programmée au moyen de cartes perforées. Babbage est assisté par la comtesse Ada de Lovelace, fille de Lord Byron et mathématicienne, qui est la première programmatrice de l'histoire.

Les séries de petites roues résolvent les problèmes numériques par l'action d'un levier que l'on relève et abaisse

C'est une machine imposante (hauteur 3 m, longueur 1 m 60, largeur 1 m, 2 tonnes, 4 000 pièces, rouages, cames, leviers et ressorts) mais qui possède déjà l'architecture des ordinateurs modernes : processeur central (moulin), mémoires (magasins), registres, unités d'entrée et de sortie (programme inscrit sur cartes perforées).

Cette machine n'a pas de mémoire au sens actuel, on ne peut que la programmer pour un ensemble de tâches assez limitées.

Elle ne sera pas construite, la technologie de l'époque étant insuffisante.

A partir des 7000 pages de notes, 300 plans et 700 croquis, une "Difference Engine 2" est en construction au Musée des Sciences de Kensington (GB, Doron Swade, conservateur de la section informatique). Sa mise en fonction prévue pour juillet 1991, date anniversaire de la mort de Babbage. => La machine effectua ses premières séquences de calculs et retourna 31 bits de précision, ce qui est bien plus précis que les calculatrices standard de poche.

Cependant, chaque calcul réclame à l'utilisateur de tourner une manivelle des centaines, voire des milliers de fois, ainsi quelqu'un l'utilisant pour plus que des opérations élémentaires serait destiné à devenir l'un des opérateurs de calcul les plus en forme sur la surface de la planète !

<http://www.satyam.com.ar/Babbage/en/>

<http://www.fildesign.com/Babbage/>

[http://www.meccano.us/difference\\_engines/rde\\_1/](http://www.meccano.us/difference_engines/rde_1/)

[http://ed-thelen.org/bab/bab\\_tech.html](http://ed-thelen.org/bab/bab_tech.html)

**1854** : Boole publie un ouvrage dans lequel il démontre que tout processus logique peut être décomposé en une suite d'opérations logiques (ET, OU, NON) appliquées sur deux états (ZERO-UN, OUI-NON, VRAI-FAUX, OUVERT-FERME : bases de la logique binaire (2 valeurs de vérité, 4 opérations de base).

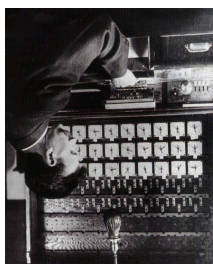
Le nom provient de George Boole, un mathématicien britannique qui durant le milieu du XIXe siècle restructura complètement la logique en un système formel. Plus spécifiquement, l'algèbre booléenne permet d'utiliser des techniques algébriques pour traiter les expressions à deux valeurs de la logique des propositions

**1858** : Le premier câble transatlantique est tiré entre les Etats Unis et l'Europe pour interconnecter les systèmes de communication Américains et Européens. Il cessa de fonctionner au bout de quelques jours ! Un second câble transatlantique fût tiré en 1866 (de Valentia (Irlande) à Trinity Bay (Newfoundland & Labrador) et resta en exploitation pendant une centaine d'années.

**1867** : Les Américains Sholes et Glidden inventent et commercialisent la première machine à écrire sous la marque Remington.

**1875** : Fondation de la Firme Toshiba (électricité puis électronique)

**1876** : L'Américain Graham Bell invente le téléphone et fonde la compagnie Bell Telephone Company.



**1884** : Herman Hollerith crée une tabulatrice à cartes perforées (inspirée des métiers à tisser de Jacquard) pour réaliser le recensement Américain de 1890. Il s'agit de la première machine à traiter l'information.

La Constitution américaine mandata un recensement sur la répartition des membres de la Maison des Représentants (?). *"The actual enumeration shall be made within three years after the first meeting of the Congress of the United States and within every subsequent term of 10 years, in such manner as they by law direct"* (U.S. Constitution - Article 1, Section 2, Paragraph 3)

Malheureusement, le recensement de 1880 mis 9 ans pour être achevé pour un coût de 5.8 million de dollars ! Le problème était dans le traitement des données.



**1886** : Don E. Felt de Chicago lance le Comptometer. Il s'agit de la première calculatrice dont on se servait en appuyant sur des touches. Il inventa en 1889 la première calculatrice de bureau avec imprimante.

**1889** : Le Français Léon Bollée (aussi connu pour ses victoires en course automobile) crée une machine à multiplication directe appelée Le millionnaire. Cette machine sera un grand succès et sera produite jusqu'en 1935.

## Le calcul électromécanique

**1890** : Les machines de Hollerith sont prêtes pour le recensement de 1890 : Automatisation du recensement américain.

Il inventa : un « pantographe » manuel pour perforer les données sur les cartes, un tabulateur électro-mécanique qui lit une carte. Cet appareil employait des tableaux d'épingles – on les pressait sur la carte, une fois qu'elles passaient le trou, elles faisaient contact avec des petites tasses de mercures en dessous. Cela complétait un circuit qui était enregistré sur un cadran.

**1892** : William S. Burroughs invente une machine ressemblant au Comptometer de Felt mais plus fiable. C'est avec cette machine que va se développer un réel marché pour ces machines à calculer de bureau.

**1896** : Naissance d'un poids lourd. Herman Hollerith, fort du succès de ses machines lors du recensement Américain, crée la firme Tabulating Machine Corporation spécialisée dans les machines de traitement de l'information au moyen de cartes perforées.

La société deviendra en 1924 International Business Machine (IBM). Sa compagnie loua ses machines à des clients publics (gouvernements Autrichiens, Canadiens, français, russes) et privés (New York Central RR, Marshall Fields, Penn Steel). Plein de calculateurs mécaniques jusqu'aux années 1950 !



En photo, vous pouvez voir un bureau typique des années 20, traitant l'information au moyen de cartes perforées et des 3 machines, souvent de marque IBM, nécessaires à cette tâche : la(les) perforatrice(s) (permettant de saisir l'information sur les cartes), la trieuse et la totalisatrice.



**1904** ou **1906** : Invention du premier tube à vide (interrupteur électronique), la diode par John Fleming. Tout commence avec l'invention de la lampe à incandescence de Thomas Edison. Il décide d'essayer d'insérer un de ces lampes dans un circuit oscillateur contenant un galvanomètre. Il a trouvé la solution du problème concernant la rectification des hautes fréquences pour les circuits sans fils..

**1906-1907** : Le courant unidirectionnel (continu) et la construction de la diode original amena Lee De Forest à placer une autre électrode, un fil tendu ou écran appelé la grille (de contrôle), entre le filament et la plaque en 1906. De Forest découvrit que le courant circulant du filament vers la plaque (anode) dépendait de la tension appliquée sur la grille, et que le courant de grille était très faible et composé des électrons captés par celle-ci. Quant la tension appliquée sur la grille varie, le courant du filament vers la plaque varie lui aussi. De cette façon la grille exerce un contrôle électrostatique sur le courant de la plaque. Le résultat de ce composant à trois électrodes est un excellent et très sensible amplificateur de tension (tension/courant). DeForest appela son invention l'audion, mais elle est mieux connue sous le nom de triode.

Ces possibilités semblent sans limites. L'audio a été apportée à AT&T avec l'idée de l'utiliser dans les répéteurs de téléphone pour les transmissions de signaux de longues distances (audio amplification).

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

**1919** : Invention du basculeur d'Eccles et Jordan à partir de deux triodes. Plus connu maintenant sous le nom de flip-flop ou circuit bi-stable.

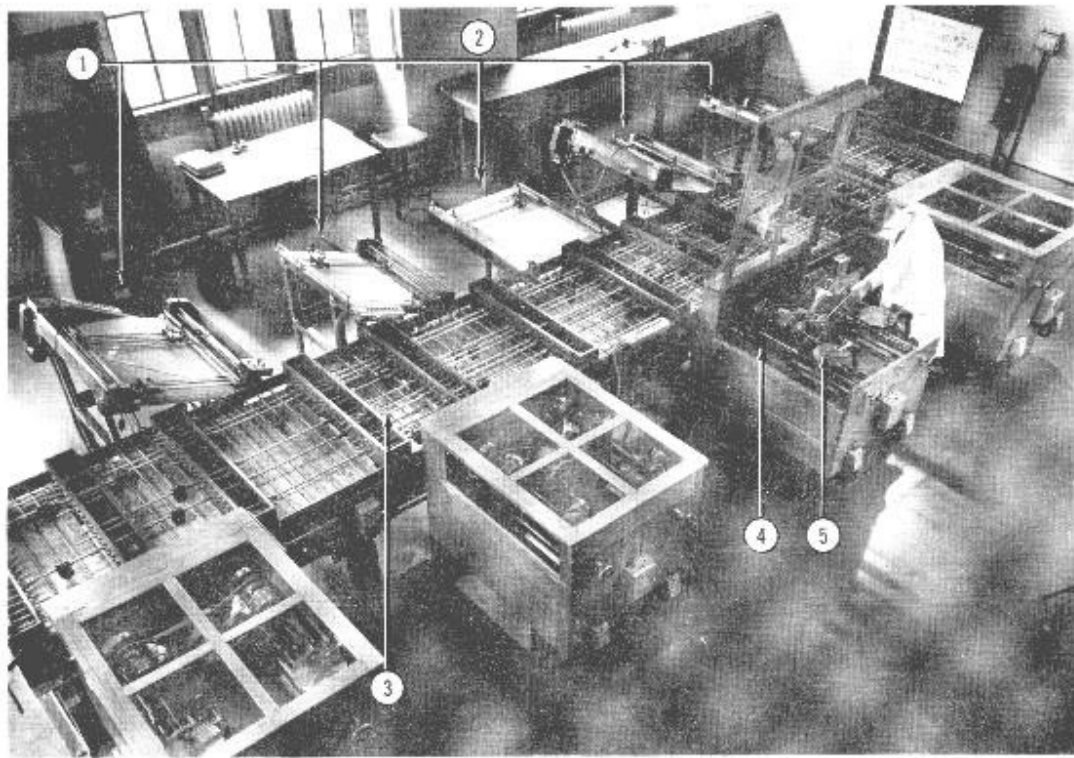


**1930** : Création de l'analyseur différentiel par Vannevar Bush au MIT pour résoudre certaines équations utilisées dans les circuits électriques. Il s'agit d'un calculateur analogique électromécanique. 7 ou 8 exemplaires seront construits

*En mathématiques, une équation différentielle est une relation entre une ou plusieurs fonctions inconnues et leurs dérivées. L'ordre d'une équation différentielle correspond au degré maximal de différentiation auquel une des fonctions inconnues y a été soumise.*

*Résoudre une équation différentielle c'est trouver toutes les fonctions vérifiant une égalité donnée ; il n'existe pas de méthode générale et la résolution d'une équation différentielle reste donc difficile voire impossible.*

La machine de Bush aurait pu s'appeler un ordinateur "analogique", elle était basée sur l'utilisation d'intégrateurs mécaniques qui pouvaient être interconnectés de n'importe quelle manière voulue. Avant et après la Seconde Guerre Mondiale, plusieurs de ces machines furent construites.



1 Input table      3 Shafts and gears used for interconnection      4 Torque amplifier  
2 Output table      5 Integrator disk

FIG. 4. The differential analyzer system, showing integrators, torque amplifiers, and shafting.

<http://www.maxmon.com/1927ad.htm>  
<http://scoter2.union.edu/~hemmendd/Encyc/Articles/Difanal/difanal.html>  
[http://www.dalefield.com/nzfm/magazine/Differential\\_Analyser.html](http://www.dalefield.com/nzfm/magazine/Differential_Analyser.html)  
<http://www.meccano.us/>

**1935** : IBM commercialise l'IBM 601, un calculateur à relais utilisant des cartes perforées capable de réaliser une multiplication en une seconde. Il en sera vendu 1500 exemplaires essentiellement pour les marchés scientifiques et comptables.

**1936-1937** La Machine de Turing : L'homme clef. Le fondateur. Alan Turing publie un essai sur les nombres calculables et aborde les problèmes théoriquement non solubles (indécidabilité). Il énonce le principe d'une machine universelle, conceptuelle, dite Machine de Turing qui pose les fondations de l'informatique moderne et de l'intelligence artificielle. Il résolvait des problèmes mathématiques en utilisant une sorte d'ordinateur logique très simple appelé depuis Machine de Turing : une bande de papier comportant des cases, des pions à mettre sur ces cases, un trombone pointant sur la case courante et un tableau d'instructions conditionnelles à réaliser. Mathématicien, durant la seconde guerre mondiale, il travaille au chiffre, à Bletchey Park, et casse le code Enigma des nazis. Il est pacifiste et pis, inverti : en 1952 chez les britanniques, ça se paie très cher. Il meurt en 1954, empoisonné. Suicide, dit-on.

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 lequel calcul mathématique. Son modèle est fondé sur l'idée que tout problème humain peut être 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 lequel 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.

**1937** : le Mark I d'IBM permet de calculer 5 fois plus vite que l'homme. Il est constitué de 3300 engrenages, 1400 commutateurs et 800 km de fil. Les engrenages seront remplacés en 1947 par des composants électroniques.

**1937** : George Stibitz crée le premier circuit binaire, un additionneur. Il l'appelle le Model K (pour Kitchen) car il l'a créé dans sa cuisine à partir d'une planche à pain !

**1938-1939** : Thèse de Claude E. Shannon qui le premier fait le parallèle entre les circuits électriques et l'algèbre Booléenne. Il définit le chiffre binaire : bit (BInary digiT). Cela ouvre 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.

**1938** : Création du Versuchmodell 1 ou Z1 par Konrad Zuse. Il le met au point dans le salon de ses parents à Berlin ! Il s'agit d'un ordinateur binaire programmable mais mécanique. Il ne fonctionna jamais vraiment correctement.

**1939** : John Atanasoff et Clifford Berry réalisent un additionneur 16 bits binaire. Ce fût le premier calculateur à utiliser des tubes à vide.

**1939** : Konrad Zuse et un de ses amis Helmut Schreyer, se lancent dans la réalisation d'un deuxième ordinateur, le Z2 en remplaçant une partie des pièces mécaniques du Z1 par des relais électromécaniques de téléphone rachetés d'occasion. La machine sera présentée au DVL

(Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, institut de recherches aéronautiques) qui l'autorisera à continuer ses recherches.

**1940** : George Stibitz et Samuel Williams, tous deux travaillant pour Bell mettent au point le Complex Number Computer appelé aussi Model I, un calculateur travaillant en DCB (décimal codé binaire). Il était constitué de 450 relais et d'un Teletype pour entrer les données et lire les résultats. Il pouvait multiplier deux grands chiffres en une minute. Le calculateur était très simple d'utilisation et pouvait être utilisé par plusieurs personnes distantes (mais pas en même temps).

**1940** : Pour décrypter les messages de l'armée Allemande, les Anglais mettent au point sur le site de Bletchley Park les calculateurs Robinson et Colossus sous la direction du mathématicien Alan Turing (projet *Ultra*). Ce sont les premières machines qui intègrent les concepts d'arithmétique binaire, d'horloge interne, de mémoire tampon, de lecteurs de bande, d'opérateurs booléens, de sous programmes et d'imprimantes. Tout ceci restera inconnu car "Secret défense" jusqu'en 1975.

**1940** : Bell installe des terminaux Teletype au Dartmouth College (New Hampshire), branchés par lignes télégraphiques sur le Model I à Manhattan lors d'un congrès de l'American Mathematical Society. Deux chercheurs Norbert Wiener et John Mauchly font la démonstration des possibilités de calcul à distance.

**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.

## **Le calcul électronique**

**1941** : Création du calculateur binaire ABC par John Atanasoff et Clifford Berry. La machine utilise des lampes et comporte une mémoire et des circuits logiques. Ce fût le premier calculateur à utiliser l'algèbre de Boole. La mémoire, constituée de 2 tambours et pouvait stocker 60 mots de 50 bits. La machine tournait à 60 Hz et pouvait réaliser une addition en une seconde.

Cette machine est parfois considérée comme le premier vrai ordinateur, même si son programme n'est pas stocké en mémoire.

**1941** : Konrad Zuse, mobilisé dans les usines d'aviation Henschel, met au point avec une équipe de 15 personnes le Z3, le premier calculateur avec programme enregistré. A cause de cette caractéristique, on peut considérer qu'il s'agit du premier véritable ordinateur. Il s'agissait d'une machine composée de 2600 relais, d'une console pour l'opérateur et d'un lecteur de bandes contenant les instructions à exécuter. La machine pouvait stocker 64 nombres de 22 bits. Elle pouvait réaliser 4 additions par seconde et une multiplication en 4 secondes. Elle fut détruite dans un bombardement allié en Avril 1945.

Un calculateur plus performant, le Z4 fut aussi réalisé. Zuse, son équipe et le Z4 démonté, s'enfuirent de Berlin devant l'avancée Russe et furent trouvés par les troupes alliées. Le calculateur fût examiné par l'Office des Recherches Navales US. Il fût ensuite installé à l'école Polytechnique de Zurich en 1950 puis installé en Suisse à Bâle dans un institut de recherches aérodynamiques où il servit jusqu'en 1960. Un certain nombre de machines furent construites sur le même modèle

**1943** : Colossus I Composé de 1 500 lampes et d'un lecteur de bandes capable de lire 5000 caractères à la seconde, ce calculateur électronique anglais a été conçu pour décoder des messages chiffrés.

Le défi Enigma (1943)

- décryptage des communications des sous-marins allemands par l'armée britannique
- construction et utilisation de Colossus, conçu par le mathématicien *Alan Turing*
- avantage décisif pour la marine
- technologie secrète pdt 30 ans

**1943** : Création du ASCC Mark I (Automatic Sequence-Controlled Calculator Mark I) à Harvard par Howard Aiken et son équipe (avec le soutien d'IBM). C'est un énorme calculateur électromécanique (3000 relais, 800 km de câbles) qui permet de faire 3 opérations sur 23 chiffres par seconde. Cette machine était très proche dans son principe de fonctionnement des plans de la machine analytique de Babbage datant du 19e siècle. Le programme était lu depuis une bande de papier. Les données à traiter pouvaient être lues depuis une autre bande de papier ou un lecteur de cartes. Les branchements conditionnels n'étaient pas possibles. Par la suite, la machine fût modifiée pour permettre, grâce à d'autres lecteurs de bandes, d'aller lire une séquence d'instructions sur un autre lecteur, permettant ainsi les branchements conditionnels ou le lancement de sous programmes.

**1944** : Aiken construit la machine analytique avec des relais électromécaniques (1 opération / 6 secondes)

**1945** : Vannevar Bush est prof au MIT publie le texte *As we may think* où il décrit une sorte de machine imaginaire, le Memex, capable d'aider un individu à ranger et retrouver toutes sortes d'informations de façon simple par l'intermédiaire de liens et d'associations entre les documents.

[http://mediateur.free.fr/web/hist\\_aswemaythink\\_fr.htm](http://mediateur.free.fr/web/hist_aswemaythink_fr.htm) fait date : « Imaginons un appareil de l'avenir à usage individuel, une sorte de classeur et de bibliothèque personnels et mécaniques. Il lui faut un nom et créons-en un au hasard. "Memex" fera l'affaire. Un memex, c'est un appareil dans lequel une personne stocke tous ses livres, ses archives et sa correspondance, et qui est mécanisé de façon à permettre la consultation à une vitesse énorme et avec une grande souplesse. Il s'agit d'un supplément agrandi et intime de sa mémoire. »

On peut y voir la première formulation de la notion d'hypertexte.

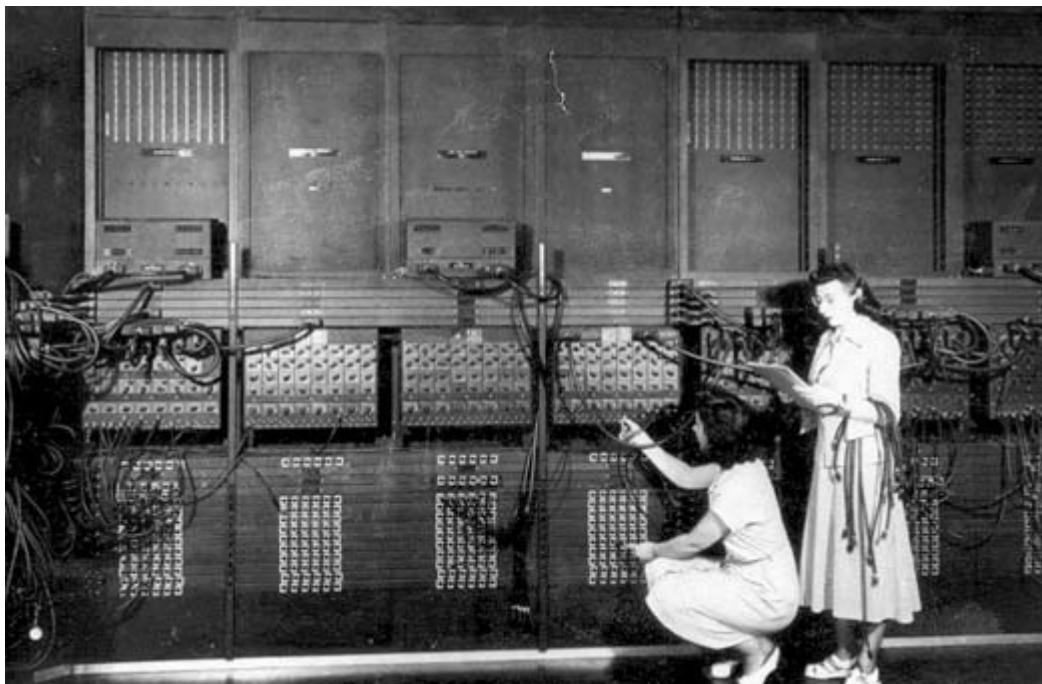


**1945** : Un insecte coincé dans les circuits bloque le fonctionnement du calculateur Mark I. La mathématicienne Grace Murray Hopper décide alors que tout ce qui arrête le bon fonctionnement d'un programme s'appellera BUG. Il semblerait que l'expression soit restée ;-)

Il faut noter que le terme BUG était déjà utilisé avant cela : Thomas Edison par exemple avait employé ce terme dans un courrier où il parlait de la mise au point problématique de l'une de ses inventions.

**1945** : John Von Neuman, ayant rejoint l'équipe travaillant sur l'ENIAC, publie le premier rapport décrivant ce que devrait être un ordinateur à programme enregistré qu'il appelle l'EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer). C'est à ce document très complet qu'on fait référence en parlant d'ordinateur à architecture Von Neuman.

**1946** : Création de l'ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) par P. Eckert et J. Mauchly. La programmation de ce calculateur s'effectue en recâblant entre eux, ses différents éléments. Composé de 19000 tubes, il pèse 30 tonnes, occupe une surface de 72 m<sup>2</sup> et consomme 140 kilowatts. Horloge : 100 KHz. Vitesse : environ 330 multiplications par seconde



### Le premier ordinateur

L'ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator) est considéré comme le premier ordinateur qui a vu le jour dans la Pennsylvania University : 30 tonnes, 160m<sup>2</sup> au sol  
ENIAC (1946, Mauchley et Eckert)

- *Electronic Numerical Integrator And Computer*
- Calculs balistiques pour l'armée américaine
- 42 armoires de 3m de haut, 80m<sup>2</sup>, 174kW

- 18000 tubes à vide, 1500 relais
- Programmation par « câblage » et 6000 commutateurs
- 330 multiplications/s
- Publication de l'ENIAC
- Premier « bug »

ENIAC (1946, Mauchley et Eckert)

- Ordinateurs électroniques
- Arithmétique décimale
- Programmes câblés
- Architecture très complexe

Mathématicien génial ayant participé à l'ENIAC

Proposition de Von Neumann

= Représentation numérique des programmes  
 + Arithmétique binaire  
 + Architecture en quatre parties

Mémoire (données et programme), UAL, UC, E/S

A la base de (presque) tous les ordinateurs modernes!

**1947** : invention du transistor qui va permettre de rendre les ordinateurs moins encombrants et moins coûteux.

Décembre 1947 : Invention du transistor par William Bradford Shockley, Walter H. Brattain et John Bardeen dans les laboratoires de Bell Telephone.

Le transistor ressemble à un petit sandwich qui contient de la matière capable de conduire l'électricité à un voltage donné. On l'appelle aussi semi-conducteur, pour cette raison. Le transistor fait le même travail que la lampe à vide des premiers ordinateurs mais il est infiniment plus petit, moins cher à fabriquer et beaucoup plus fiable. Cependant, en raison de problèmes de production, ce n'est qu'à la fin des années 1950 que le transistor s'est répandu.

**1948** : UNIVAC (UNIVersal Automatic Computer) Il utilise des bandes magnétiques en remplacement des cartes perforées. Il est composé de 5000 tubes, sa mémoire est de 1000 mots de 12 bits, il peut réaliser 8333 additions ou 555 multiplications par seconde. Sa superficie au sol est de 25m<sup>2</sup>.

**1954** : L'ordinateur chasse le computer. Le vieux terme oublié de l'Église même, « ordinateur » (1491 - mettre en ordre, celui qui institue - en parlant du Christ, « *Dieu, grand ordinateur du monde* ») est proposé à la demande d'IBM par Jacques Perret, professeur de latin à la Sorbonne pour remplacer celui de *computer* ou de « computeur ».

**1962** : L'informatique : Ph. Dreyfus (Compagnie des Machines Bull) propose de contracter l'expression information automatique en « informatique », terme sans équivalent en langue anglaise.

\*\*\*\*\*

## évolution

De plus en plus rapides, de moins en moins coûteuses

1971	4004	108 kHz	2.300 transistors	10µm
1978	8086	4,77 MHz	29.000 tr	3µm
1982	80286	12 MHz	134.000 tr	1,5µm
1985	80386	16 MHz	275.000 tr	1,5µm
1989	80486	25 MHz	1,2 Mtr	1µm
2002	Pentium 4	1,7 GHz	42 Mtr	0,18µm
2004	Pentium M	2 GHz	140 Mtr	0,09µm

ENIAC	Cray 1	Pentium 4
1946	1976	2002 (2GHz)
330 Flops	160 MFlops	> 1000 MFlops
?	8 M\$	830 \$
174 kW	60 kW	75 W

- en 1958 : mise au point du circuit intégré, qui permet de réduire encore la taille et le coût des ordinateurs

- en 1960 : l'IBM 7000, premier ordinateur à base de transistors.

- en 1972 : l'Intel 4004 ; premier microprocesseur, voit le jour.

- en 1980 : l'ordinateur familial (oric, sinclair, etc.)

- en 1981 : IBM-PC (Personnal Computer)

Cet ordinateur qui n'apporte aucune idée révolutionnaire est la réaction du n°1 mondial face à la micro-informatique. Le PC et ses clones (produits de copiage asiatiques) vont rapidement devenir un standard. Les modèles récents sont adaptés au multimédia. Ils sont de moins en moins coûteux.

\*\*\*\*\*

## Références Internet :

- <http://histoire.info.online.fr/prehistoire.html>
- [http://www.up.univ-mrs.fr/wcilsh/cours\\_infZ10CTE/index.htm](http://www.up.univ-mrs.fr/wcilsh/cours_infZ10CTE/index.htm)
- <http://mediateur.free.fr/web/histoire.html>
- <http://fr.wikipedia.org/>
- [http://contraintes.inria.fr/~langevin/efrei/micro\\_info/intro\\_micro\\_info.pdf](http://contraintes.inria.fr/~langevin/efrei/micro_info/intro_micro_info.pdf)
- <http://www.svpmonsite.com/pages/1-2-9-17.html>
- <http://marpix1.in2p3.fr/calor/my-web/archi/chap1/page2.html>
- <http://www.apprendre-en-ligne.net/crypto/stegano/biliter.html>
- <http://www.cavi.univ-paris3.fr/ilpga/ilpga/tal/cours/parcours/cours/theme/calcul.htm>
- <http://pboursin.club.fr/bonus4.htm>
- <http://villemin.gerard.free.fr/Wwwgymm/Analyse/Logarithm.htm>
- <http://www.scedu.umontreal.ca/sites/histoiredestec/histoire/chap1.htm>
- [http://www.alanturing.net/turing\\_archive/pages/Reference%20Articles/BriefHistofComp.html](http://www.alanturing.net/turing_archive/pages/Reference%20Articles/BriefHistofComp.html)
- [automates :](http://www.automates-anciens.com) <http://www.automates-anciens.com>
- [histoire des mathématiques :](http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Chronology/full.html) <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Chronology/full.html>
- <http://www.col-camus-soufflenheim.ac-strasbourg.fr/Page.php?IDP=137&IDD=0>