

LES MACHINES À CALCULER

COURS 3 - LES MACHINES MÉCANIQUES

- *La «Préhistoire»*
- *Les Machines Mécaniques*
- *La machine de Babbage*

COURS 4 - LES MACHINES ÉLECTROMÉCANIQUES

- *La Mécanographie - Hollerith*
- *Naissance de quelques Sociétés Industrielles*
- *Grands Calculateurs des Années 40*

COURS 5 - LES MACHINES ÉLECTRONIQUES

- *Derniers Calculateurs - Eniac*
- *Transition vers l'Informatique*
- *Le Principe de von Neumann*

LES MACHINES À CALCULER

COURS 3

Les Machines Mécaniques

POURQUOI CALCULER?

Souci de calculer lié au développement économique.

Accumulation et contrôle des biens matériels.

Avant l'écriture on gravait le nombre de bêtes sur un os.

Écriture sur tablettes d'argile en Mésopotamie 4,000 AC.

POURQUOI DES MACHINES À CALCULER?

Frustration dans la réalisation de calculs longs et répétitifs.

La première difficulté à vaincre était de pouvoir réaliser mécaniquement les quatre opérations de base de l'arithmétique.

Lorsque l'exécution mécanique des opérations arithmétiques sera bien maîtrisée, se posera le problème de faire varier la compétence de la machine pour qu'elle puisse exécuter n'importe quel type d'algorithme et non plus seulement quelques traitements particuliers.

Les premiers essais dans ce sens seront ceux de **Babbage** qui seront documentés par lady *Ada Augusta*, comtesse de Lovelace. Malheureusement, la technologie mécanique de l'époque ne lui permettra pas de mettre au point sa machine.

LA «PRÉHISTOIRE»: ANCÊTRES DES MACHINES À CALCULER

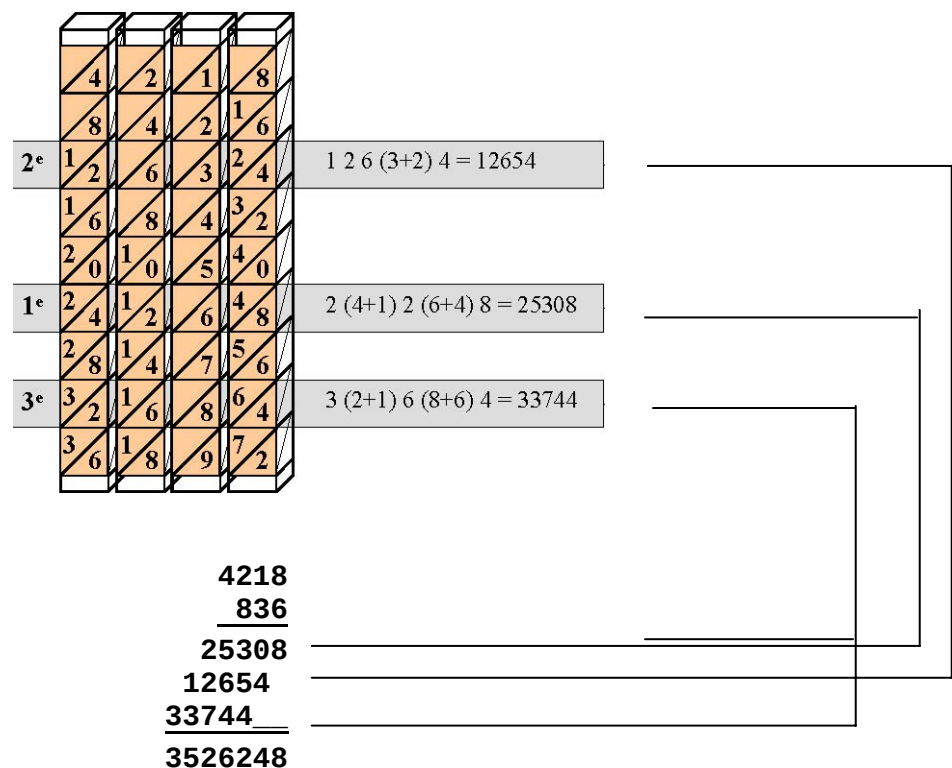
La **main** (système décimal).

L'**abaque**, aussi appelé la table à compter. De grande antiquité (antérieur à 500 AC), très utilisé par les Grecs et les Romains: composé de cailloux (*calculi* en latin) disposés sur des rainures gravées sur une tablette en pierre, représentant les unités, dizaines, centaines, etc. Devenu désuet au début du 18^e siècle, il est encore utilisé jusqu'en 1826 en Angleterre pour le calcul d'impôts

Le **boulier**: En principe semblable à l'abaque, mais de construction différente. Probablement inventé en Chine il y a 2,000 ans, il fut utilisé jusqu'au 20^e siècle en Russie et dans l'Extrême-Orient (on peut en acheter encore aujourd'hui à l'Internet!). C'est un outil très rapide s'il est utilisé par des personnes expérimentées. Le principe technique du boulier est le même que ceux des machines à calculer des années 40; seuls les moyens techniques pour réaliser les calculs sont différents (la mécanisation).



Les **bâtons de Neper** (1550-1617). Les progrès de la science à la fin du 16ième siècle étaient entravés par une complexité croissante des calculs à effectuer. Fils de notables écossais, *John Neper* (ou *Napier*) travaillait à toutes sortes d'inventions, mais c'est par la publication de son œuvre sur les logarithmes qu'il se fit le plus connaître. Son idée de ramener les multiplications à des additions s'est également matérialisée dans un dispositif d'aide au calcul baptisé par la suite de «bâtons de Neper». Chaque face des bâton carrés affichant les neuf premiers multiples d'un chiffre de 0 à 9, ce système permettait, en juxtaposant les bâtons concernés, d'identifier rapidement les résultats intermédiaires d'une multiplication ou d'une division. Ce système resta populaire pendant deux cent ans durant lesquels il fut maintes fois adapté.

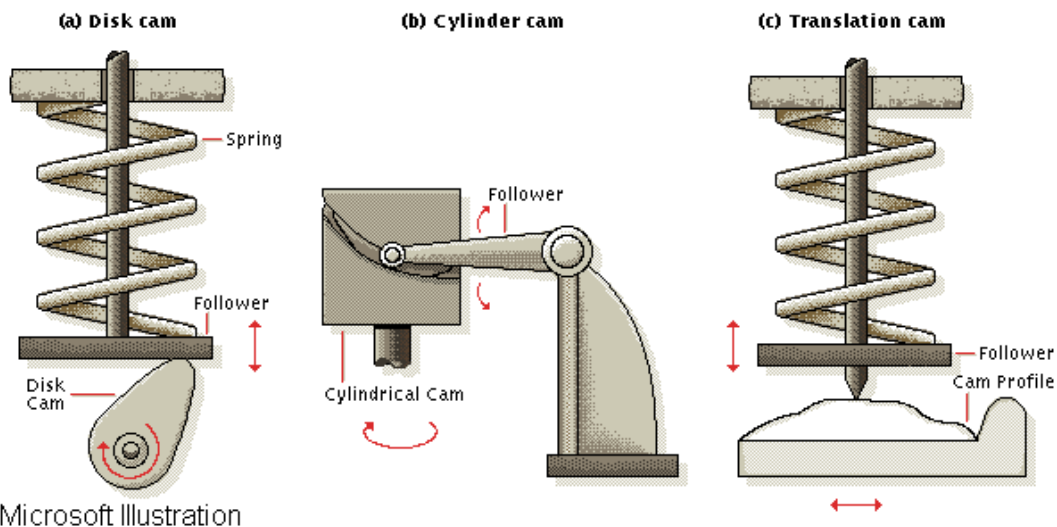
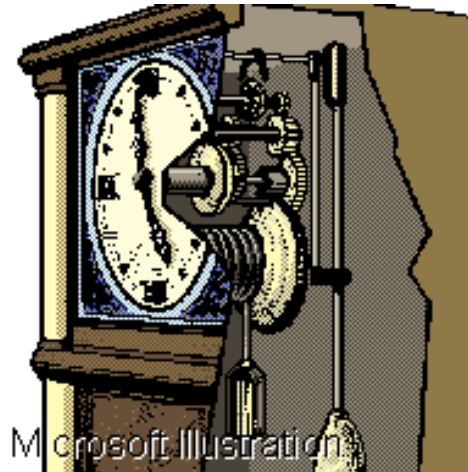


Abaque, boulier et dispositifs népériens ont en commun que ce sont moins des machines que des outils car ils ne font que prolonger la main. Cependant, tandis que l'abaque et le boulier avaient été imaginés depuis l'antiquité pour remédier aux insuffisances des numérotations sans opérations de l'époque, les bâtons de Neper et autres dispositifs similaires ont été conçus pour augmenter l'efficacité du calcul humain exécuté au moyen des neuf chiffres et du zéro.

LES MACHINES MÉCANIQUES

GÉNÉRALITÉS

Développement parallèle avec celui des arts mécaniques (18ième siècle).



Microsoft Illustration

Les premières machines n'effectuaient que quelques traitements algorithmiques élémentaires (addition et soustraction).

Le type de traitement à exécuter était indiqué de l'extérieur (choix parmi une dizaine au maximum).

Les dispositifs d'entrées et de sorties étaient souvent constitués de roue ou de leviers dont la position indiquait une information.

Ces machines étaient en elles même des UAL. Leur vitesse et leur taille était à l'échelle de l'homme qui en tournait les roues.

PREMIÈRES MACHINES ARITHMÉTIQUES

Wilhelm Schickard (1592-1635), professeur d'astronomie, d'hébreu et de mathématiques à l'université de Heidelberg **Tübingen**, en Suisse **Allemagne**.

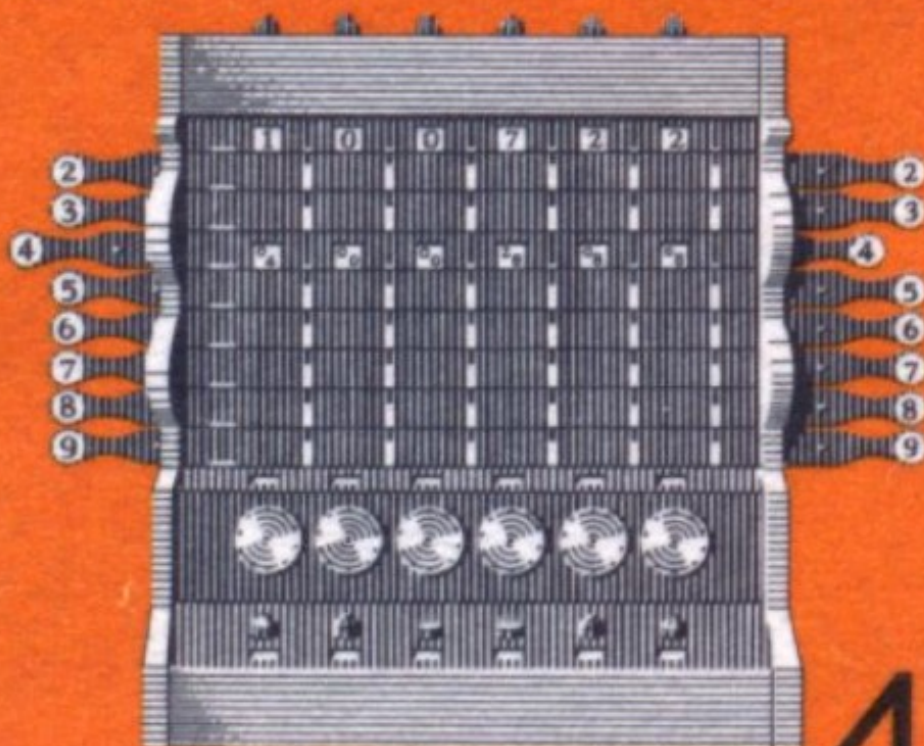
L'allemand *Schickard* avait été un des premiers à apprécier les possibilités offertes par les logarithmes que *Neper* avait inventé vers 1594. Il s'appliqua également à perfectionner le dispositif d'aide au calcul que constituaient les bâtonnets de l'écossais. Il préféra entre autres une disposition en cylindres à celle des bâtonnets. Sa machine additionnait et soustrayait mécaniquement, mais elle était complétée par le procédé de Neper pour effectuer les multiplications et des divisions.

Pour l'addition et la soustraction, sa machine s'inspirait des premières mécanisations d'opérations logiques faites en Chine pour l'horlogerie. Elle utilisait des roues dentées dotées d'ergots qui activaient la roue suivante (comme un odomètre de voiture ou de cuisinière). L'addition traduisait l'énoncé conditionnel: «Si la somme de deux nombres d'un chiffre est égale ou supérieure à dix, alors faire tourner la roue des unités le nombre de fois nécessaires et faire tourner la roue des dizaines d'une unité.

Cette première machine à calculer fut réalisée en 1623. Elle fut utilisée par l'astronome *Johannes Kepler*.



DEUTSCHE BUNDESPOST



WILHELM SCHICKARD

350 JAHRE RECHENMASCHINE

40

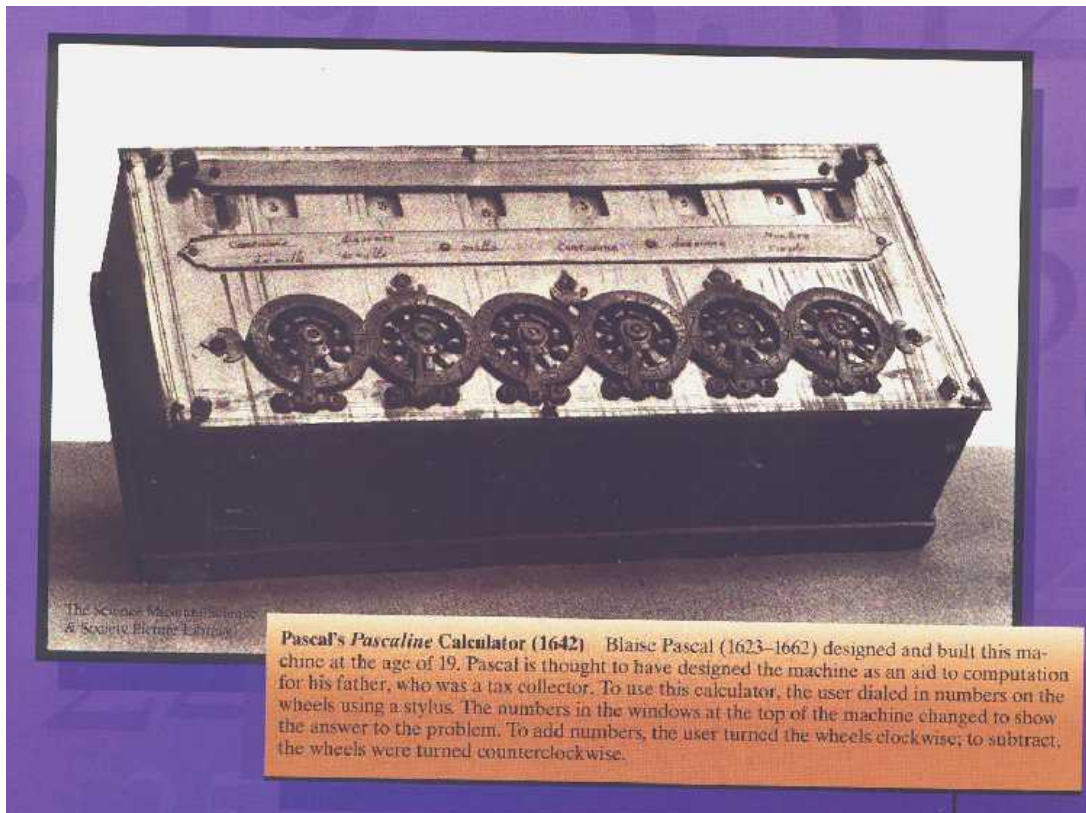
Blaise Pascal (1623-1662) avec la **Pascaline**.

La Pascaline de composait d'un système de roues dentées qui effectuait mécaniquement les opérations arithmétiques d'addition ou de soustraction sur les chiffres indiqués.

Elle fut inventée par *Pascal* en 1643 pour soulager son père, percepteur d'impôts (50 exemplaires de la Pascaline furent produits).

Elle effectuait les opérations arithmétiques manuellement et servait à convertir les monnaies complexes de l'époque (livres, sols, deniers, etc.) les unes dans les autres.

Réalisation postérieure, mais complètement indépendante de celle de Schickard

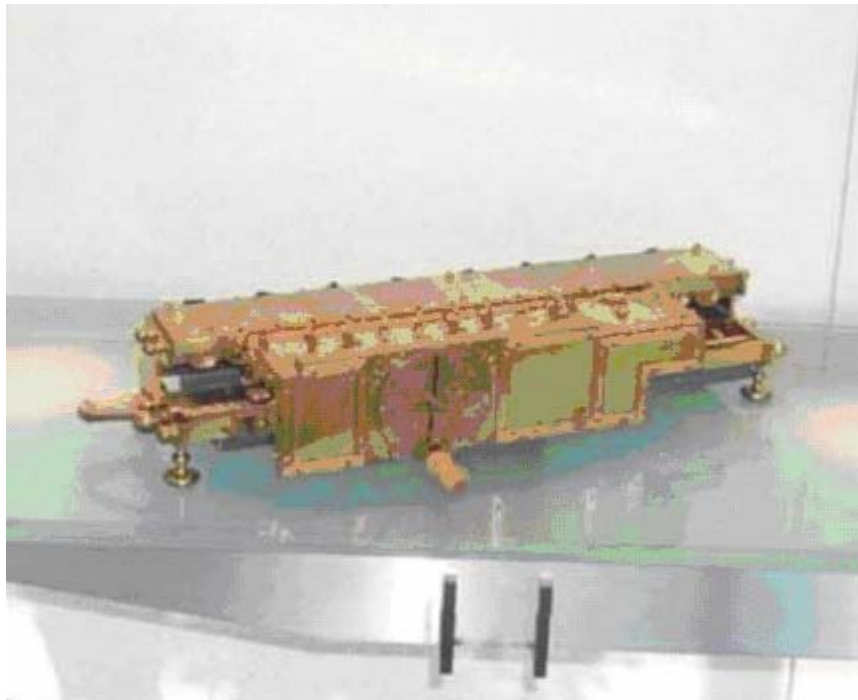


Gottfried Wilhelm Leibnitz, philosophe, mathématicien et diplomate allemand (1646-1716):

Un des plus grands savants allemands, *Leibnitz* s'est surtout distingué pour ses travaux en métaphysique et en calcul différentiel et intégral.

La Pascaline fut améliorée en 1673 par Leibnitz qui y ajouta les opérations de multiplication et de division. La machine de Leibnitz contenait un nombre de perfectionnements techniques utilisés jusqu'au 20^e siècle, mais elle ne fut pas construite pour des applications commerciales.

Note historique: La mère de Leibnitz fut poursuivie par l'Inquisition qui l'accusait d'avoir copulé avec le diable, car, sinon, comment aurait-elle eu un fils s'intéressant à de telles réalisations!



Même construites en quelques exemplaires seulement, ces trois premières machines ont laissé comme descendance une lignée de machines à calculer qui s'en inspirèrent plus ou moins. À la fin du 18^e siècle, la mécanisation des opérations arithmétiques de base ne posait plus de problèmes.

Charles-Xavier Thomas de Colmar (1785-1870) inventa en 1821 un appareil spécial inspiré de la machine de Leibnitz, l'«**Arithmomètre**», pour la compagnie d'assurances Le Soleil. Cette machine fut fort populaire (ca. 1500 exemplaires vendus). Pratique et portable, cette machine remporta la médaille d'or à l'exposition de Paris en 1855.



La machine de Babbage

Avec l'industrialisation du 19^{ième} siècle naissaient des besoins en calculs de tous genres.

Charles Babbage (1792-1871), savant, mathématicien, économiste, passionné de la technologie et philosophe anglais. Le travail fait par *Babbage* pour réaliser une machine à calculer plus avancée est fondamental: sa Machine Analytique devait permettre «de résoudre n'importe quelle équation et d'exécuter les opérations les plus compliquées de l'analyse mathématique» (lettre de Babbage à Arago, 1839).

Il s'était intéressé dans sa jeunesse aux jaquemarts (automate de l'horlogerie du 14^e siècle qui frappe sur le timbre ou la cloche de certaines horloges monumentales), et ensuite, lors d'un voyage en Europe Continentale, au métier à tisser de Jacquard.

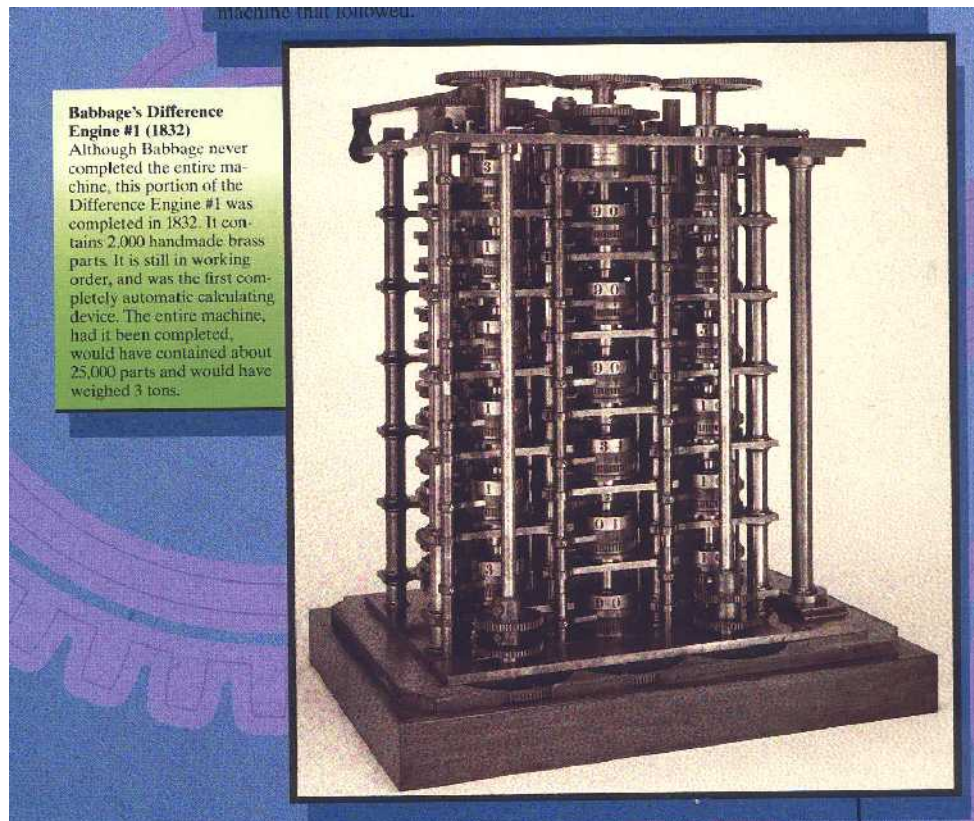
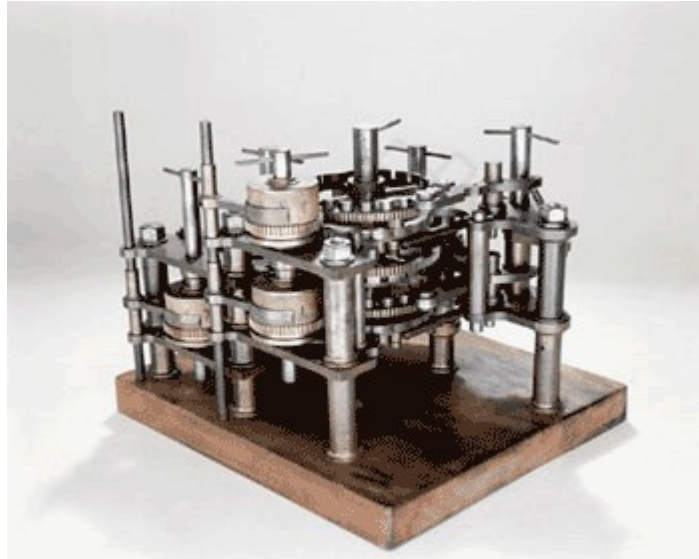
Financé par gouvernement anglais pour effectuer le calcul des tables de logarithmes, il se mit à concevoir des machines pour faire exécuter des suites complexes d'opérations arithmétiques ou logiques. Pour y arriver il avait trois difficultés à surmonter:

1. La machine devait posséder un mécanisme pouvant exécuter les opérations arithmétiques de base (un acquis à cette époque).
2. Elle devait également pouvoir exécuter une séquence d'opérations variant d'un traitement à l'autre (inspiration des mécanismes logiques des jaquemarts: roues dentées ou cylindres à ergots qui faisaient sonner le nombre de coups correspondant à l'heure: ...si demi-heure, sonner 2 coups sur la cloche des quarts d'heure...).
3. Avant chaque traitement on devait pouvoir indiquer à la machine quelle séquence d'opérations elle devait exécuter cette fois (inspiration du métier à tisser de Jacquard).



Sa **Machine à différence** et sa **Machine analytique** ne fonctionnèrent jamais (elles étaient correctes en théorie, mais les moyens techniques et financiers manquaient).

La **Machine à différence** (1820-1833), partiellement réalisée par *Babbage* (il en arrêta la construction lorsqu'il débuta les plans de la machine analytique) fut complétée par le suédois *Georg Scheutz* (1785-1873) après avoir pris connaissance des plans de Babbage.



Sa **Machine analytique** (1834-1846), inspirée en partie par Jacquard, est proche des derniers grands calculateurs des années 40: elle effectuait toutes les opérations mathématiques, ses programmes étaient enregistrés sur des cartons perforés et elle possédait un magasin à chiffres (mémoire).

À partir des plans de Babbage, **Ada Byron**, comtesse de Lovelace (~~1788-1824~~ **1815-1852**) écrivait les programmes de calcul de fonctions mathématiques qui auraient pu être exécutés par la machine.

Ses machines allaient à l'encontre des tendances de l'époque où, grâce aux progrès exceptionnels de la physique (électricité), de nombreux instruments de **calcul analogique** étaient mis au point. Par exemple, pour résoudre « $y = ax$ », une résistance de valeur « a » sera parcourue par un courant continu de valeur « x ». La valeur « y » de la fonction sera lue sur le cadran d'un voltmètre (analogie avec la loi de Ohm: $V=R*I$).

Babbage avait rejeté cette option pour trois raisons:

1. On ne peut réaliser un montage analogique qui soit suffisamment général pour calculer n'importe quelle fonction. Une machine numérique, par contre, peut être universelle.
2. Il est souvent difficile d'obtenir un résultat précis (comme une horloge analogique).
3. Techniquement, avec des procédés analogiques, il est très difficile de mémoriser des informations alors que le numérique rend facile cette tâche et permet d'exécuter des opérations logiques sur les informations stockées en mémoire.

La machine de Babbage était un calculateur mais elle possédait déjà les principales composantes que l'on retrouvera dans les ordinateurs universels. Son architecture comprenait:

- une unité arithmétique et logique;
- une mémoire;
- une unité de commande;
- une unité d'entrée;
- une unité de sortie.

De plus, elle utilisait la carte perforée comme support de communication.

Enfin, elle était numérique, montrant ainsi la voie aux calculateurs et aux ordinateurs.

Pour toutes ces raisons on a souvent appelé Babbage le père de l'ordinateur moderne.

Autres progrès réalisés grâce à la mécanique

Multiplication et division par voie directe

L'étudiant de génie français **Léon Bollé** (1870-1913) réalisa une machine à multiplication directe (sans additions successives, mais utilisant une table de Pythagore) en 1889. Elle n'effectuait cependant pas la division directe et ne fut produite qu'en trois exemplaires. Peu après *Bollé* tourna ses intérêts vers la construction d'automobiles.

À partir de la machine de Bollé, **Otto Steiger** (1858-1923) construisit en 1892 le **Millionnaire**, machine à additionner et multiplier (1000 exemplaires vendus en 3 ans). A partir de 1915 elle fut fabriquée à Zurich par *Hans Egli*. Au total 4700 de ces machines furent vendues entre 1895 et 1935.



Jay R. Monroe (1883-1937) construisit la première machine à division par voie directe aux É. U. en 1912.

Résumé de la mécanisation des opérations:

Addition et soustraction	Schickard - 1623 Pascal - 1643
Les 4 opérations arithmétiques à l'aide d'additions	Leibnitz - 1673
Première réalisation commerciale	Thomas de Colmar - 1821
Exécution directe de la multiplication	Bollé - 1889
Exécution directe de la multiplication et de la division	Monroe - 1912

Affichage sur papier

Le français **H. Pottin** fabriqua les premières caisses enregistreuses en 1874.

Premières applications de gestion

Les deux ingénieurs américains **D. E. Felt** et **W. S. Burroughs** (1857-1898) ont conçu les premières machines spécialement construites pour la gestion (machines comptables).

Le **Comptometer** de Felt en 1885.

Burroughs crée en 1886 sa propre compagnie, l'«American Arithmometer C^{ie}», pour fabriquer une première machine (difficile à utiliser, un échec), puis une version modifiée, l'**Adding And Listing Machine**, qui fut un succès.

