

Fonctionnement des ordinateurs

chapitre V : ordinateur

Prof. Xavier Gandibleux

Université de Nantes
Département Informatique – UFR Sciences et Techniques

Année académique 2019-2020

Ordinateur : Origines de la terminologie

Ordinateur

Origines de la terminologie

Premières machines contemporaines surtout utilisées pour effectuer des *suites d'opérations arithmétiques*.

Besoins en **calcul scientifique** :

- ▶ les stratégies optimales durant la *seconde guerre mondiale*
 - ▶ la *conquête de l'espace* au cours des années 50, etc.
- Le mot **calculateur** (computer, GB, du verbe latin *computare*, imputer) était utilisé pour désigner un ordinateur.

Un computer fut donc d'abord une **machine permettant de rapides « computations »**, donc une puissante calculatrice !

Ordinateur

Origines de la terminologie

Terme jugé *réducteur et inapproprié* avec l'évolution des usages des machines.

Nouveaux besoins :

- ▶ percée dans les **opérations de gestion**
- ▶ recherches en **intelligence artificielle**

Jacques Perret proposa en 1956 le mot **ordinateur** (du verbe latin *ordinare*, ordonner) comme équivalent de l'anglais computer.

Note :

- ▶ Perret rappelle que ordinateur est présent en théologie, comme adjectif désignant Dieu qui met de l'ordre dans le monde
- ▶ Autres propositions de Perret que nous avons évité : systémateur, combinateur et congesteur

Qu'est-ce qu'un ordinateur ?

Un ordinateur est une machine électronique qui fonctionne par la lecture séquentielle d'un ensemble d'instructions, organisées en programmes, qui lui font exécuter des opérations logiques et arithmétiques sur des chiffres binaires.

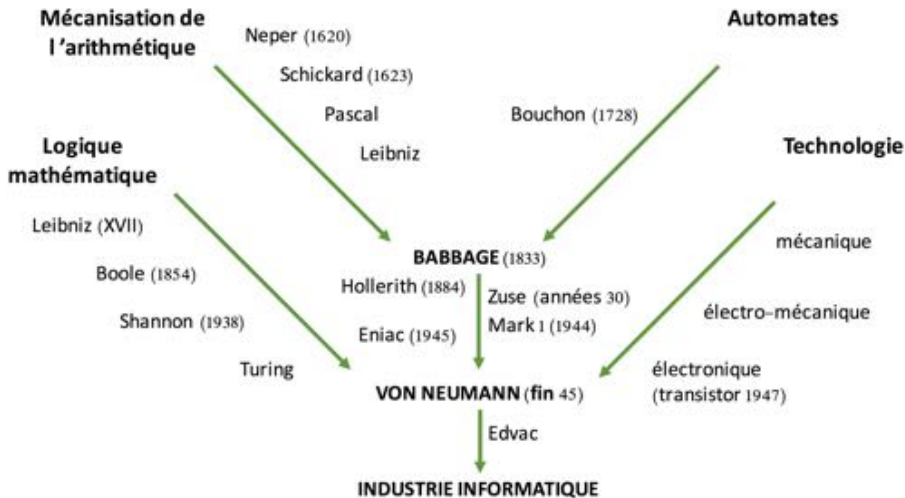
Wikipedia (septembre 2015)

- ▶ électronique
- ▶ numérique (par opposition à analogique)
- ▶ programmable
- ▶ capable d'exécuter les 4 opérations arithmétiques élémentaires
- ▶ capable d'exécuter des programmes enregistrés en mémoire

Ordinateur : Origines technologiques

Un peu d'histoire

Retour sur le fil du temps

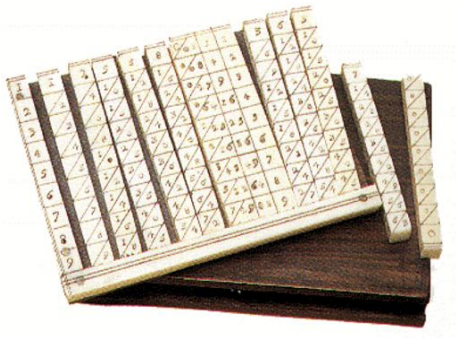


Un peu d'histoire

Origines technologiques

Mécanisation de l'arithmétique

- ▶ Réglettes de Neper (1617) :



Principe :

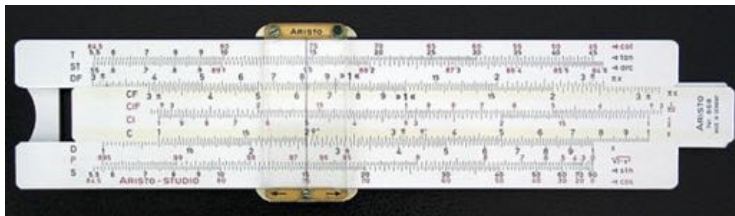
transforment des multiplications en de simples additions
(http://www.recreomath.qc.ca/dict_neper_regl.htm)

Un peu d'histoire

Origines technologiques

Mécanisation de l'arithmétique

- Règle à calcul (1620), utilisée jusqu'au milieu des années 70 :



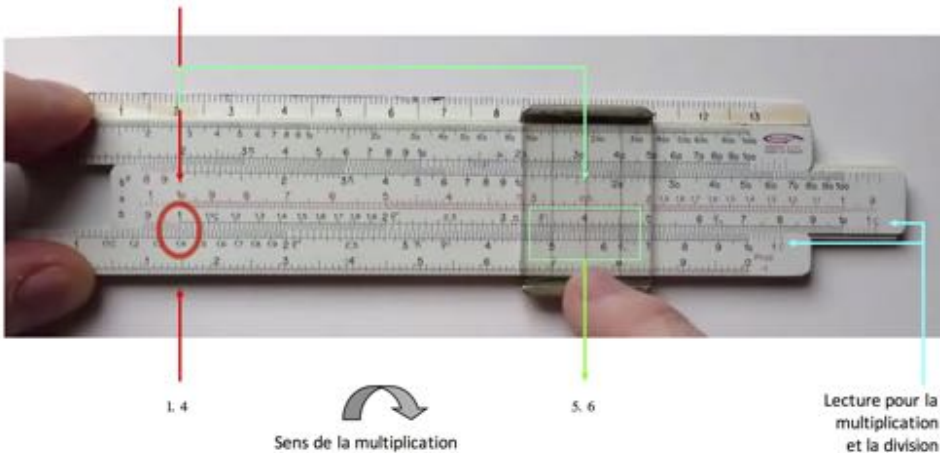
Principe :

permet, par déplacement d'échelles graduées, suivant la propriété des fonctions logarithmes de transformer un produit en somme et une division en différence, d'effectuer directement des opérations arithmétiques de multiplication et de division, mais aussi le calcul de racines carrées, de cubiques, des calculs logarithmiques ou bien trigonométriques

Exemple : $1.4 \times 4 = ?$

Aligner sur 1

x 4



(<https://www.youtube.com/watch?v=t80i2fyGNoM>)

Un peu d'histoire

Origines technologiques

Mécanisation de l'arithmétique

- Machine à additionner mécanique de Schickard (1623)



Description de la première machine à calculer ; elle applique le principe du déplacement de tiges de Neper.

Un peu d'histoire

Origines technologiques

Mécanisation de l'arithmétique

- ▶ Machine à additionner mécanique de Schickard (1623)
- ▶ Machine à calculer "Pascaline" (1642)

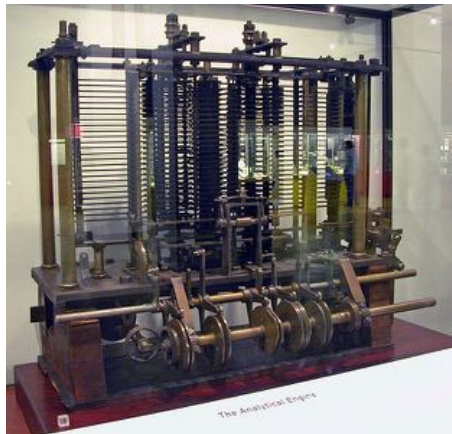


- ▶ Machine de Leibniz (1694)

Un peu d'histoire

Charles Babbage (1791–1871)

- ▶ Considéré comme le père de l'ordinateur pour avoir fait le rapprochement entre les machines à calculer et les systèmes de commande automatique de Bouchon amélioré par Jacquard
- ▶ En 1833, il se lance dans la réalisation de la Machine Analytique : le premier calculateur programmable par cartes



Un peu d'histoire

Ada Lovelace (1815-1852)

- ▶ mathématicienne (UK), définit le principe des itérations successives d'opérations dans l'exécution d'un programme. Elle est considérée comme l'inventrice du premier programme informatique de l'histoire.
- ▶ En l'honneur du mathématicien Al-Khwârizmî (780-850) (nom latinisé par « Algoritmi », elle nomme « algorithme », le processus logique d'exécution d'un programme.



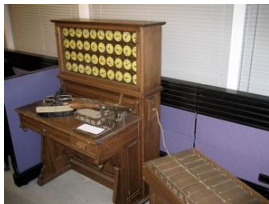
Sydney Padua : « the thrilling adventures of Lovelace and Babbage »
<http://syneypadua.com/2dgoggles/>

Un peu d'histoire

Origines technologiques

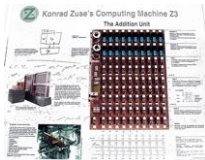
Progrès en électromécanique

- ▶ machines de Herman Hollerith (début du 20^{ième} siècle, USA)



la "tabulating machine"; les données sont transcrites sur une carte perforée, introduite dans la machine, munie de tiges reliées à un compteur. Lorsqu'une tige est face à un trou, il y a contact électrique et l'information est comptabilisée.

- ▶ le Z3 (1941) de Konrad Zuse (DE)



premier calculateur électromécanique programmable binaire à virgule flottante (avec 2'000 relais de téléphone).

<https://lc.cx/gdat>

Un peu d'histoire

Origines technologiques

Des visionnaires contemporains

- ▶ Alan Turing (1912-1954, UK), mathématicien et cryptologue



1936 père de l'informatique théorique et de l'intelligence artificielle. Il énonce le principe d'une machine universelle, purement imaginaire, la Machine de Turing, qui préfigure les caractéristiques de l'ordinateur moderne.

<http://videotheque.cnrs.fr/doc=2975>

- ▶ Claude Shannon (1916-2001, USA), ingénieur et mathématicien



1948 fit le rapprochement entre les nombres binaires, algèbre booléenne et les circuits électriques. Il publiera une théorie mathématique de la communication : la théorie de l'information.

<https://centenaire-shannon.cnrs.fr>

Un peu d'histoire

Les premiers ordinateurs

- ▶ Harvard Mark I (ou IBM Automatic Sequence Controlled Calculator), Howard H Aiken (1944).

considéré comme un des derniers précurseurs de l'ordinateur

Machine électromécanique
avec 765000 composants
(interrupteurs, relais, arbres
mécaniques, embrayages)

23 m³ (L=16m l=2,4m p=0,5m)
4500 kg

Architecture proche des calculateurs
mécaniques à cartes perforées



Capacité : 72 nombres de 23 chiffres décimaux

Calculs : 1s : 3 additions ou soustractions
6 s : 1 multiplication
15,3 s : 1 division

Un peu d'histoire

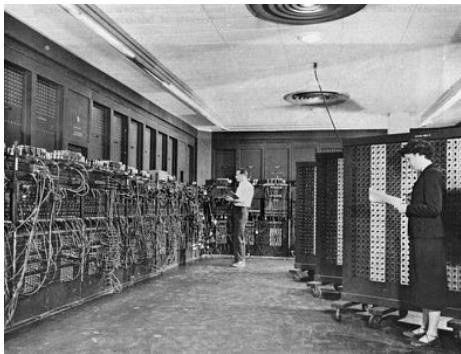
Les premiers ordinateurs

- ▶ ENIAC (Electronic Numerical Integrator Analyser and Computer), de Eckert & Mauchly (1946).

premier ordinateur entièrement électronique

17468 tubes,
7200 diodes,
1500 relais.

30 tonnes
167 m²
150 kW



Inconvénient : les programmes étaient câblés sur des fiches interchangeables
→ brancher et débrancher des centaines de câbles pour passer d'un calcul à l'autre !

Un peu d'histoire

Les premiers ordinateurs

Comparaison de vitesses de calcul :

M. Serres et B. Bensaude-Vincent, Éléments d'histoire des sciences, Bordas, 1989

Moyens employés	Vitesses de multiplication de nombres de 10 chiffres	Temps de calcul d'une trajectoire d'une table de tir
Homme à la main ou machine de Babbage	5 min	2,6 j
Harvard Mark I (électromécanique)	3 s	2 h
ENIAC (électronique)	0,001 s	3 s

Caractéristiques :

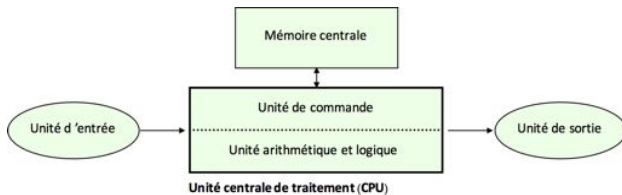
Nom	Pays	Date	Système de nombres	Technologie	Programmation à base de	Turing complet ¹
Zuse Z3	DE	1941	Binaire virgule flottante	Électromécanique	rubans perforés	Oui
Harvard Mark I	USA	1944	Décimal	Électromécanique	rubans perforés	Non
ENIAC	USA	1946	Décimal	Électronique	câblages et commutateurs	Oui

¹ système Turing-complet : système formel ayant une puissance de calcul au moins équivalente à celle des machines de Turing.

Un peu d'histoire

Les premiers ordinateurs

- ▶ Modèle de von Neumann Les programmes sont stockés en mémoire, comme les données.



Concept nommé par J. von Neumann, en reprenant des travaux d'Alan Turing et sachant que l'idée déjà émise par Konrad Zuse en 1936 dans un brevet qui fut rejeté

- ▶ Premiers ordinateurs répondants à ce modèle :
 - ▶ SSEM (Small-Scale Experimental Machine, 1948)
 - ▶ Manchester Mark I (1949)
 - ▶ EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator, 1949)
 - ▶ EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer, 1949)

Ordinateur : machines remarquables

Un peu d'histoire

Premier ordinateur commercialisé

- ▶ IBM 704 (1955)



Un peu d'histoire

Mainframe contemporain

- IBM série Z14 (2018)



Un peu d'histoire

Mini-ordinateurs

- ▶ PDP-11 de DEC (1970–1983)



ordinateur très populaire, a servi de base au développement du système d'exploitation Unix et du langage C

Super-ordinateur

- ▶ Cray-1 de Cray Research (1975–1982)



ordinateur à processeur vectoriel (fut l'ordinateur le plus rapide [160Mflops = 160×10^6 instructions en virgule flottante par seconde], le plus cher [8.8 millions US\$] et le meilleur rapport puissance prix)

Un peu d'histoire

Ordinateurs personnels

- Ordinateurs personnels (dès 1974) :



Apple II (1977)



TRS-80 Modèle 1 (1977)



IBM PC (1981)



Commodore 64 (1982)

Un peu d'histoire

Ordinateurs "tout public"

► Sinclair ZX81 (1981)



Processeur : Z80 (8 bits)

Cadencement : 3,25MHz

RAM : 1Ko, extensible à 16Ko

ROM : 8Ko

Affichage : N/B (22 lignes de 32 caractères) sur TV standard

Son : sans son

Clavier : membrane

Programmation : BASIC

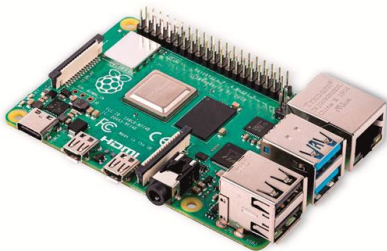
Sauvegardes : cassettes audio

Prix : 490 francs (en kit)

Un peu d'histoire

Ordinateurs "tout public"

► Raspberry Pi 4 Model B (2018)



Processeur : Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz

RAM : 4 Go LPDDR4 ; Lecteur carte Micro SD

GPU VideoCore VI prenant en charge OpenGL ES 3.0, décodage HEVC 4K à 60 i/s

Réseaux : Wi-Fi 802.11b/g/n/ac ; Bluetooth 5.0 ; Gigabit Ethernet (RJ45)

Ports : 2x HDMI, 2 x USB 3.0 / 2 x USB 2.0, jack 3.5 mm, port caméra CSI (caméra Raspberry Pi), port d'affichage DSI (écran tactile Raspberry Pi) ; 5V DC via un connecteur USB-C (minimum 3A)

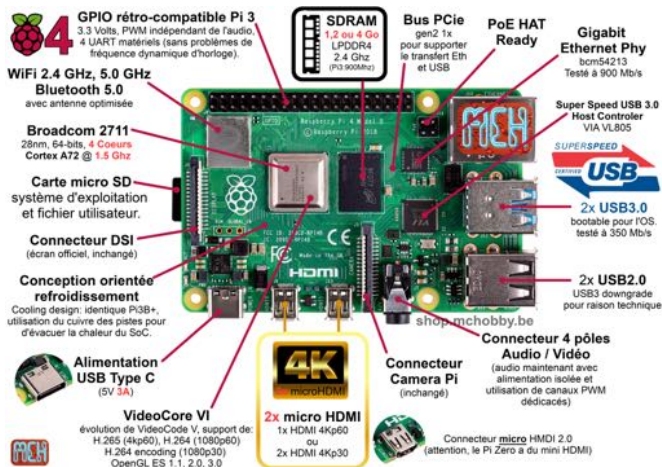
10 OS proposés dont Raspbian (Linux), Ubuntu Core (Linux), Windows IoT Core, etc.

Prix : 37€(1GB) - 60€(4GB)

Un peu d'histoire

Ordinateurs "tout public"

► Raspberry Pi 4 Model B (2018)



Ordinateur : évolutions

Exemple 1 : langages de programmation

- ▶ Les années 50, la conquête de l'espace :
 - ... des machines destinées au calcul scientifique
 - ... langage de programmation FORTRAN
- ▶ Percée dans les opérations de gestion :
 - ... l'ordinateur se substitue à la mécanographie traditionnelle
 - ... langage de programmation COBOL
- ▶ Recherches sur l'intelligence artificielle :
 - ... nouvelle lignée de langages
 - ... langage de programmation LISP
- ▶ De nouveaux besoins, de nouveaux langages :
 - ... Algol, C, Pascal, Smalltalk, Ada, C++, Java, Python, Julia, etc.

Evolutions

Exemple 1 : langages de programmation

Baromètre IEEE Spectrum 2019 des langages de programmation :

<https://spectrum.ieee.org/computing/software/the-top-programming-languages-2019>

Language Ranking: IEEE Spectrum				
Rank	Language	Type	Score	
1	Python	● ● ● ● ●	100.0	
2	Java	● ● ● ● ●	96.3	
3	C	● ● ● ● ●	94.4	
4	C++	● ● ● ● ●	87.5	
5	R	● ● ● ● ●	81.5	
6	JavaScript	● ● ● ● ●	79.4	
7	C#	● ● ● ● ●	74.5	
8	Matlab	● ● ● ● ●	70.6	
9	Swift	● ● ● ● ●	69.1	
10	Go	● ● ● ● ●	68.0	
11	Arduino	● ● ● ● ●	67.2	
12	HTML/CSS	● ● ● ● ●	66.8	
13	PHP	● ● ● ● ●	65.1	
14	Assembly	● ● ● ● ●	63.7	
15	SQL	● ● ● ● ●	63.4	
16	Dart	● ● ● ● ●	57.4	
17	Rust	● ● ● ● ●	55.5	
18	Scala	● ● ● ● ●	55.3	
19	Ruby	● ● ● ● ●	55.1	
20	Visual Basic	● ● ● ● ●	55.1	
21	SAS	● ● ● ● ●	52.9	
22	Shell	● ● ● ● ●	52.2	
23	Julia	● ● ● ● ●	49.4	
24	Kotlin	● ● ● ● ●	49.1	
25	Processing	● ● ● ● ●	44.5	
26	Objective-C	● ● ● ● ●	42.9	
27	Perl	● ● ● ● ●	39.0	
28	LabView	● ● ● ● ●	38.5	
29	Haskell	● ● ● ● ●	38.2	
30	Lua	● ● ● ● ●	37.8	

Evolutions

Choose a Ranking

IEEE Spectrum

TrendingJobs

OpenCustom

Create custom ranking

Language Types

Web

Enterprise

Mobile

Embedded

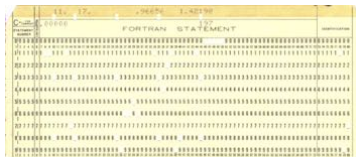
(Click to hide)

Language Ranking: IEEE Spectrum

Rank	Language	Type	Score
1	Python	  	100.0
2	C	  	94.4
C is used to write software where speed and flexibility is important, such as in embedded systems or high-performance computing.			
3	C++	  	87.5
4	C#	  	74.5
5	Arduino		67.2
6	Assembly		63.7
A catchall term for a vast family of processor instruction sets, writing assembly code requires considerable expertise, but it allows the creation of high-speed software that can run directly "on the metal."			

Evolutions

Exemple 2 : stockage de masse



Evolutions

Exemple 2 : stockage de masse



Résumé

- ▶ Ordinateur de 1st génération :
 - ▶ Depuis Babbage jusqu'à la seconde guerre mondiale
 - ▶ L'époque des pionniers
- ▶ Ordinateur de 2nd génération :
 - ▶ Années 60
 - ▶ Machines à base de transistors
- ▶ Ordinateur de 3rd génération :
 - ▶ Années 70
 - ▶ Machines à base de circuits intégrés
- ▶ Ordinateurs de 4th génération :
 - ▶ Depuis les années 80
 - ▶ Explosion des capacités des machines
- ▶ Aujourd'hui, vers la 5th génération :
 - ▶ Plus de 1 milliard de transistors depuis 2008 (1,40 milliard dans le GPU Nvidia GeForce GTX200)
 - ▶ fusion entre l'informatique et télécom (ex : wifi, smartphone, etc.)

Fondements

Prochains chapitres :
Mémoire - processeur - programmation

Suite...

Mémoires