



1. Evolution et structure des ordinateurs

Les 5 générations d'ordinateurs

- 1^{er} ordinateur moderne : 1946 - ENIAC
- Depuis 1946 : **5 grandes générations d'ordinateurs**
 - Chacune se distingue par une technologie de base
 - Chacune a amélioré significativement la puissance de calcul tout en diminuant les coûts

Génération	Date	Techno	~ Nb. opérations/s
1	1946-1957	Tubes à vide	40 000
2	1958-1964	Transistors	200 000
3	1965-1971	CI : <i>SSI/MSI</i>	1 000 000
4	1972-1977	CI : <i>LSI</i>	10 000 000
5	Depuis 1978	CI : <i>VLSI</i>	> 100 000 000





1. Evolution et structure des ordinateurs

Le 1^{er} ordinateur moderne

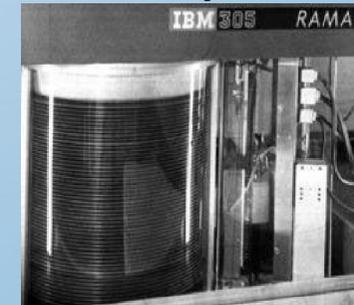
L'**ENIAC** (mise en service : 15 février 1946)

- Machine universelle, programmable, numérique, entièrement **électronique**
- Basée sur le **système décimal**
- 18000 tubes à vide, 30 t, 72 m², 160 kW
- **Fréquence : 100 kHz**
- **100 000 +/s, ou 357 ×/s, ou 38 ÷/s**
- **20 calculateurs à 5000 +/s en ||**
- **1000 instructions/s**
- Prix : 500 000 \$ de l'époque (10 millions de \$ d'aujourd'hui)
- Pouvait fonctionner sans panne... pendant plusieurs heures
- **Premier « bug » de l'histoire : un vrai insecte grillé sur un tube à vide...**



Les 5 générations d'ordinateurs

- **1^{ère} Génération d'ordinateurs (1946-1958)**
 - ordinateurs spécialisés, peu d'exemplaires
 - machines volumineuses et peu fiables
 - technologie à lampes
 - mémoires jusqu'à 2000 bits, 10^4 éléments logiques
- **1956 : 1^{er} système à disque dur (IBM RAMAC 305)**
 - 50 disques de 24' en métal, 100 pistes/face
 - 5 Mo au total
 - Poids : 1 tonne (~ 2 gros réfrigérateurs)
 - Coût : \$ 50 000
- Apparition du **FORTRAN (FORMula TRANslation)**
= **1^{er} langage de programmation évolué**
→ **COMPILATEUR**



1. Evolution et structure des ordinateurs

Les 5 générations d'ordinateurs

- **2^{ème} Génération d'ordinateurs (1958-1963)**
 - **usage général**, machines fiables
 - ordinateurs à **transistors**
 - mémoires jusqu'à 32 ko, 10^5 éléments logiques
 - utilisation de langages évolués (FORTRAN, COBOL, LISP...)
- **1961 : 1^{er} ordinateur interactif (DEC PDP-1)**
 - lance le concept de **mini-ordinateur**
 - Fréquence 0,2 MHz
 - Mémoire : 4096 Mots de 18 bits
 - 100 000 opérations/s
 - Prix : \$ 120 000
 - **1^{er} jeu vidéo (« SpaceWar »)**, programmé sur un PDP-1 par des étudiants du MIT





1. Evolution et structure des ordinateurs

Les 5 générations d'ordinateurs

- **3^{ème} Génération d'ordinateurs (1964-1971)**
 - ordinateurs à **circuits intégrés** (SSI / MSI)
 - mémoires jusqu'à 2 Mo, 10^6 éléments logiques
 - avènement du **système d'exploitation** complexe (UNIX...)
 - apparition de nombreux **langages évolués** (C, Pascal, Basic...)
 - apparition des architectures de type **CISC**
- **1968 : DEC PDP-8**
 - machine peu encombrante, dédiée aux labos
 - $f = 1$ MHz, mémoire : 4096 Mots de 12 bits, 100 000 opérations/s
- **1969 : Apparition du système UNIX**
- **1972 : Apparition du langage C**

Les deux inventés par

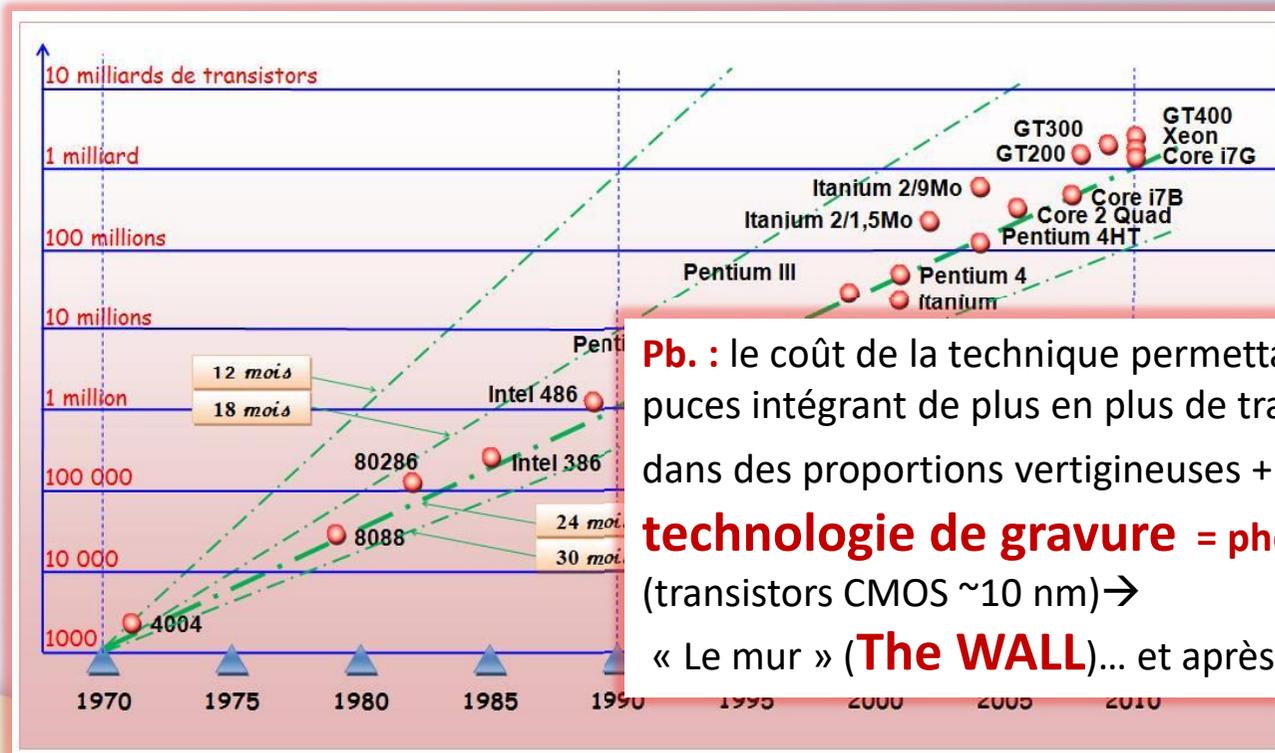
Dennis Ritchie ('41-'11) et **Ken Thompson** (Bell Labs - **AT&T**)



1. Evolution et structure des ordinateurs

Les 5 générations d'ordinateurs

- **1965 : Loi de Moore** (Gordon Moore, fondateur d'Intel)
« La densité de transistors sur un circuit intégré double tous les 18 à 24 mois »

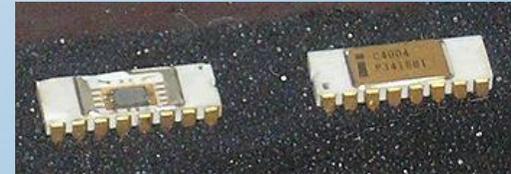


Pb. : le coût de la technique permettant la réalisation de puces intégrant de plus en plus de transistors augmente dans des proportions vertigineuses + **limite de la technologie de gravure = photolithographie** (transistors CMOS ~10 nm) → « Le mur » (**The WALL**)... et après ?

1. Evolution et structure des ordinateurs

Les 5 générations d'ordinateurs

- **4^{ème} Génération d'ordinateurs (1971-1977)**
 - ordinateurs à circuits intégrés (LSI) : à **microprocesseurs**
 - dimensions de plus en plus réduites
 - avènement de réseaux de machines
- **1971 : 1^{er} microprocesseur : Intel 4004**
 - $f = 740 \text{ kHz}$
 - 60 000 opérations/s
 - calculateur 4 bits, 16 registres de données 4 bits
 - jeu de 46 instructions
 - Performances comparables à l'ENIAC !



Microprocesseur (μP) = circuit intégré
réalisant une **unité de traitement complète**
(**u**nité de **c**ommande + **u**nité **a**rithmétique et **l**ogique)



1. Evolution et structure des ordinateurs

Les 5 générations d'ordinateurs

- **5^{ème} Génération d'ordinateurs (1977-...)**

- ordinateurs à circuits intégrés à très large échelle (VLSI, WSI)
- parallélisme massif, client-serveur
- **micro-ordinateurs**

Micro-ordinateur = μ P + mémoire + E/S + périphériques

- **Années 80 : Apparition des machines RISC** (μ P à jeu d'instructions réduit, comportant uniquement des instructions simples, par opposition au CISC) – ex. Motorola 68000 – **liées à UNIX** (contre le 80x86 d'Intel)
- **Années 90 : Apparition des archis hybrides (Pentium)**
- **Aujourd'hui, les CISC sont simulées par des RISC**



1. Evolution et structure des ordinateurs

Les précurseurs de l'ordinateur (1936-1945)

- **1936** : Alan TURING (UK) : « On Computable Numbers »
→ principe d'une **machine universelle, purement imaginaire**, qui préfigure les caractéristiques de l'ordinateur moderne = **la machine de Turing**
- **1936/1945** : Konrad **Zuse** (All.) : **Séries « Z »** = calculateurs électromécaniques à mémoire et programmation limitées
- **1941** : Le **Z3** = **1^{er} ordinateur programmable fonctionnel**
 - 2600 relais téléphoniques
 - Lecture de programmes sur ruban perforé
 - Utilisation de l'**arithmétique binaire** et des **nombre en virgule flottante**
 - **Mémoire** : 64 nombres de 22 bits
 - **Fréquence d'horloge** : 5,33 Hz
 - 4 +/s ou 15 × /min
 - **Puissance réelle** : 20 FLOPS

$$1.2345 = \underbrace{12345}_{\text{mantissa}} \times 10^{-4} \quad \text{exponent}$$

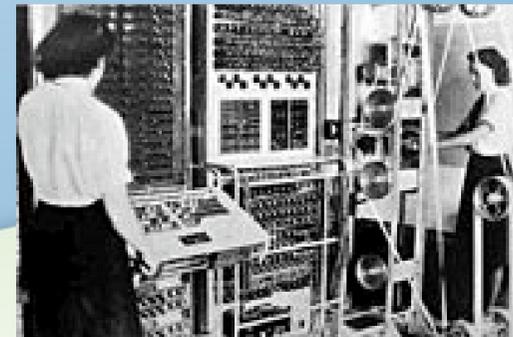
M1103 2019-2020



1. Evolution et structure des ordinateurs

Les précurseurs de l'ordinateur (1936-1945)

- **1938** : John Vincent Atanasoff + Clifford Berry (USA) :
l'**ABC** (**A**tanassoff **B**erry **C**omputer) : lampes + tambours
mémoire, pas programmable, servait à résoudre des systèmes d'équations
linéaires
- **1939/1945** : Max Newman, Alan Turing (UK):
Construction de **Colossus** = machine utilisée pour
déchiffrer les codes allemands (Enigma, code Lorenz)
 - **1^{ère} machine totalement électronique**
 - Utilisation de 2000 tubes à vide (pas des relais !)
 - Lecture de rubans perforés (5000 caractères/s)
 - **5000 +/s**
 - **Implémentation de branchements conditionnels**
 - 10 machines construites, détruites après la guerre





1. Evolution et structure des ordinateurs

Naissance de l'ordinateur moderne et premiers modèles (1945-1955)

- Les machines de la génération '35-'45 :
 - Recevaient des instructions à l'aide de cartes, bandes ou films perforés
 - Vitesse : qq. opérations arithmétiques/s
 - En réalité, elles réalisaient les idées de Charles Babbage 100 ans plus tard...
- **1945 : John Eckert et John Mauchly**
(Université de Pennsylvanie, USA)

ENIAC

(Electronic Numerical
Integrator and Calculator)

commandé en 1942 par l'US Army
pour faire des calculs de balistique





1. Evolution et structure des ordinateurs

Naissance de l'ordinateur moderne et premiers modèles (1945-1955)

- **1945 : John von Neumann** propose la construction de l'**EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)**, opérant en **mode binaire**, achevé en 1949
- **1945 : Von Neumann** abstrait le système de commande de la machine, en proposant de **STOCKER les programmes en mémoire**, de la même manière que les données → machine de von Neumann
- **Architecture de von Neumann = architecture de tout ordinateur moderne**



1. Histoire des ordinateurs

Naissance de l'ordinateur moderne et premiers modèles (1945-1955)

Caractéristiques d'un ordinateur selon **von Neumann**

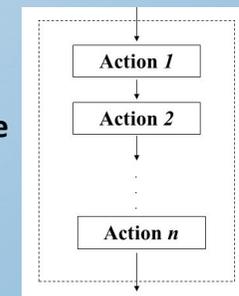
1) Machine universelle, contrôlée par un programme composé d'instructions

2) Instructions codées en binaire et stockées dans la mémoire, de la même manière que les données

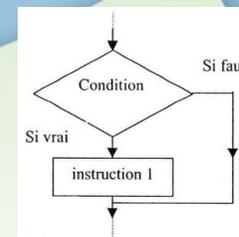
3) Le programme peut modifier ses propres instructions, qui sont normalement exécutées en séquence
(caractéristique standard des processeurs)

4) Il existe des instructions permettant des ruptures de séquence (branchement, saut)

Exécution
séquentielle



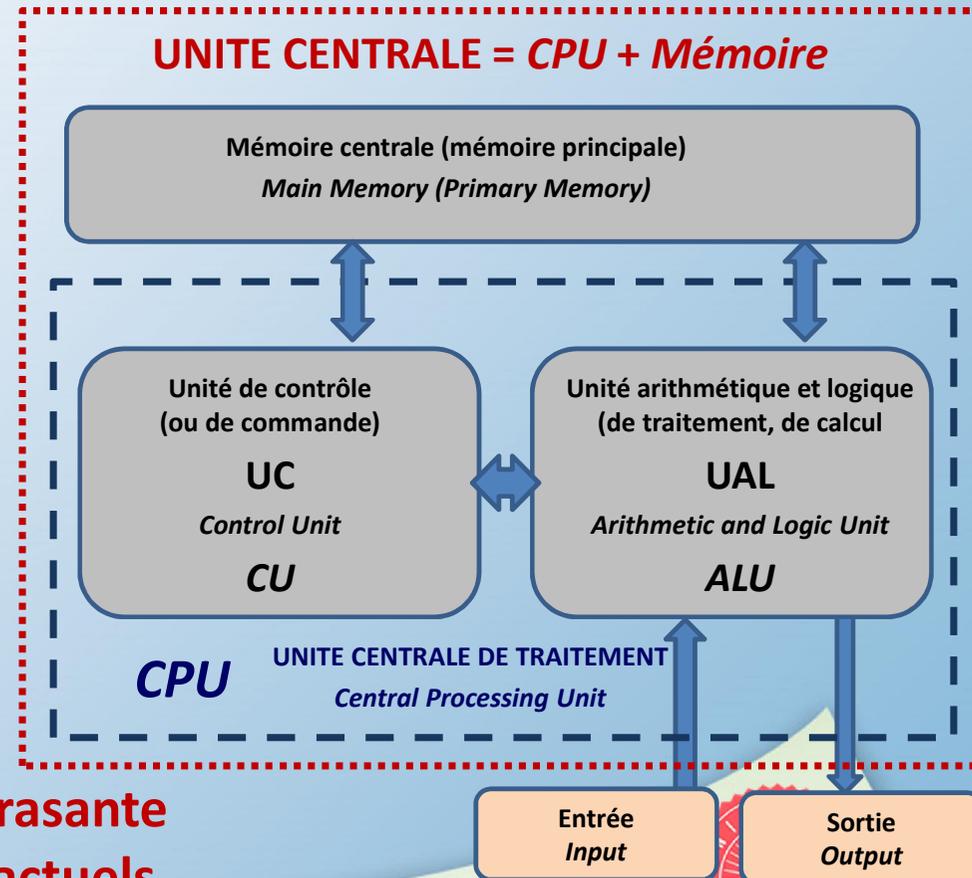
Rupture de séquence
(ici, saut conditionnel)



1. Evolution et structure des ordinateurs

Naissance de l'ordinateur moderne et premiers modèles (1945-1955)

Architecture de von Neumann



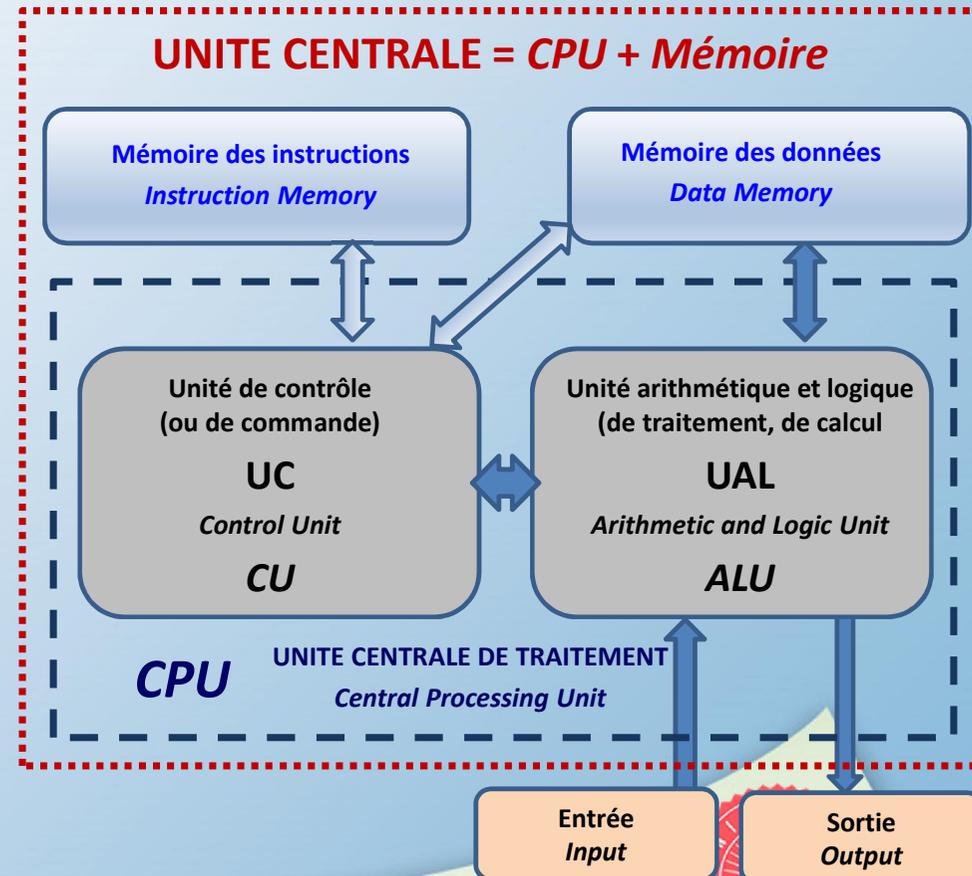
- C'est l'architecture de l'écrasante majorité des ordinateurs actuels (PCs, Macs, routeurs, stations etc.)

1. Evolution et structure des ordinateurs

Naissance de l'ordinateur moderne et premiers modèles (1945-1955)

Architecture Harvard

- **Séparation** physique de la mémoire pour les données et de la mémoire pour le programme
- **Avantage** : transfert simultané des données et des instructions → **rapidité d'exécution**
- **Inconvénient** : complexité de la structure
- **Utilisation** : processeur de signal (A/V), microcontrôleurs





1. Evolution et structure des ordinateurs

Naissance de l'ordinateur moderne et premiers modèles (1945-1955)

- **1951 : 1^{er} ordinateur commercial : Ferranti Mark 1 (UK)**
- **1951 : UNIVAC (Eckert – Mauchly / USA)**
 - mémoire à tubes cathodiques de 1000 mots de 72 bits, 125 kW, 8333 additions/s, 46 exemplaires à \$ 1 M
- **1952 : 1^{er} ordinateur d'IBM : IBM 701 (pour l'US Army)**
- **1955 : IBM 704 : 1^{er} ordinateur commercial capable de calculer en virgule flottante**
 - mémoire à tores de ferrite (32768 mots de 36 bits), 40 000 instructions/s
 - machine sur laquelle a été implémenté le FORTRAN





1. Evolution et structure des ordinateurs

Naissance de l'industrie informatique

- **Problème des machines à tubes : FIABILITE**
(1 à 2 tubes doivent être remplacés tous les jours...)
- **1948 : Invention du transistor**
(Bardeen, Brattain & Shockley de Bell Labs)
 - remplacement des tubes par des transistors
 - 2^{ème} génération d'ordinateurs, beaucoup + fiables
 - **naissance de l'industrie informatique à la fin des années 1950**



1. Evolution et structure des ordinateurs

Evolution du matériel informatique

- **5^{ème} Génération d'ordinateurs (1977-...)**
 - ordinateurs à circuits intégrés à très large échelle (VLSI, WSI)
 - utilisation des microprocesseurs
 - parallélisme massif, client-serveur
 - **micro-ordinateurs**

Microprocesseur (μ P) = circuit intégré
réalisant une **unité de traitement complète**
(**u**nité de **c**ommande + **u**nité **a**rithmétique et **l**ogique)

Micro-ordinateur = μ P + mémoire + E/S + périphériques





1. Evolution et structure des ordinateurs

Microprocesseurs

CISC, RISC, superscalaires

- **Différence fondamentale CISC/RISC : nombre et complexité des instructions au niveau du processeur**
- Processeurs **Intel jusqu'au Pentium (80x86) = archis CISC**, où le processeur dispose d'un grand nombre d'instructions
- **Apparition des machines RISC** (μ P à jeu d'instructions réduit, comportant uniquement des instructions simples) – ex. Motorola 68000 – **liées à UNIX**
- Milieu des années 90 : Apparition des **archis hybrides (Pentium)** = fin de la « compétition » CISC/RISC
- **Aujourd'hui, les CISC sont simulées par des RISC** (les 2 archis ont aujourd'hui des performances comparables)
→ **Architectures superscalaires**



1. Evolution et structure des ordinateurs : **sommaire**

- ***A retenir absolument***
 - **Les caractéristiques des différentes générations d'ordinateurs**
 - **La notion de FLOP**
 - **Les caractéristiques et les composants de l'architecture de von Neumann**
 - **La définition et les propriétés d'un microprocesseur**
 - **La définition et les caractéristiques d'un micro-ordinateur**
 - **Les caractéristiques des deux architectures des microprocesseurs**