



# 2. Histoire de l'informatique

---

## Principes de fonctionnement des ordinateurs

Jonas Lätt

Centre Universitaire d'Informatique



Trouvé une erreur sur un transparent? Envoyez-moi un message

- sur Twitter @teachjl ou
- par e-mail [jonas.latt@unige.ch](mailto:jonas.latt@unige.ch)

Jonas Lätt



# Contenu du cours

## Partie I: Introduction

1. Introduction

**2. Histoire de l'informatique**

3. Information digitale et codage de l'information

4. Codage des nombres entiers naturels

5. Codage des nombres entiers relatifs

6. Codage des nombres réels

7. Codage de contenu média

8. Portes logiques

9. Circuits logiques combinatoires et algèbre de Boole

10. Réalisation d'un circuit combinatoire

11. Circuits combinatoires importants

12. Principes de logique séquentielle

13. Réalisation de la bascule DFF

14. Architecture de von Neumann

15. Réalisation des composants

16. Code machine et langage assembleur

17. Architecture d'un processeur

18. Performance et micro-architecture

19. Du processeur au système

## Partie II: Codage de l'information

## Partie III: Circuits logiques

## Partie IV: Architecture des ordinateurs



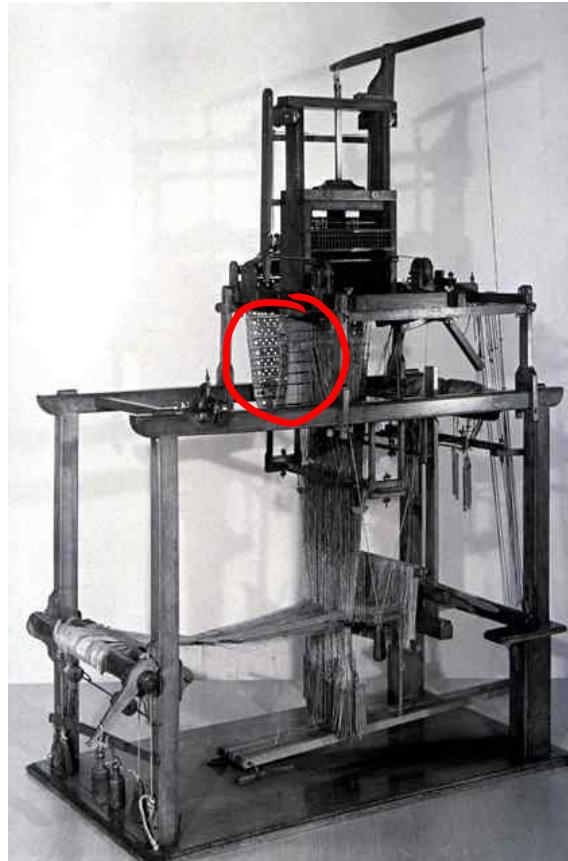
---

# Technologies du 19ème siècle contribuant à l'ordinateur moderne



# Le métier Jacquard – Carte perforée

1801	Métier à tisser programmable par carte perforée	Joseph Marie Jacquard (Français)
------	---	----------------------------------



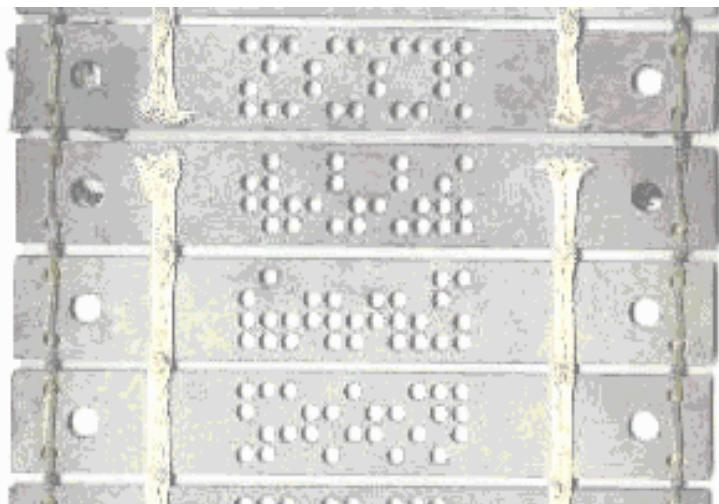
- Métier à tisser créé par le Lyonnais Joseph Marie Jacquard en 1801.
- Programmation du motif à tisser par utilisation de cartes perforées.
- Concept de programmation entièrement autonome par le biais de cartes perforées.

*Métier Jacquard*



# Explication: Carte perforée

Cartes perforées d'un métier Jacquard



Carte perforée des ordinateurs UNIVAC (ordinateurs commerciaux dérivés de d'ENIAC)



Information binaire: il y a un trou, ou pas.

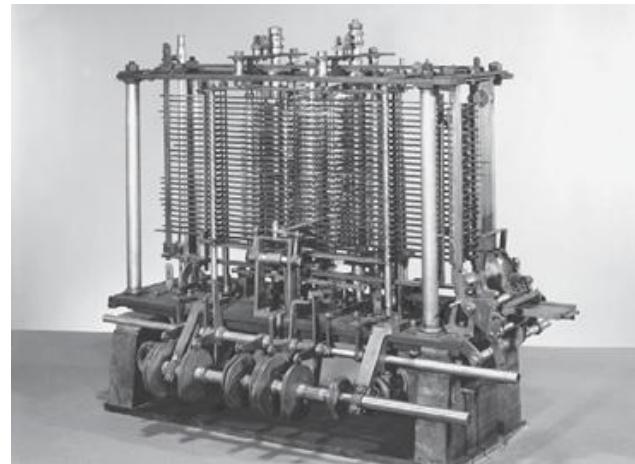


# Machine de calcul programmable

19 <sup>ème</sup> siècle	Invention de machines de calcul, jamais construites, dont une programmable	Charles Babbage (Anglais)
-----------------------------	--	---------------------------



*Charles  
Babbage*

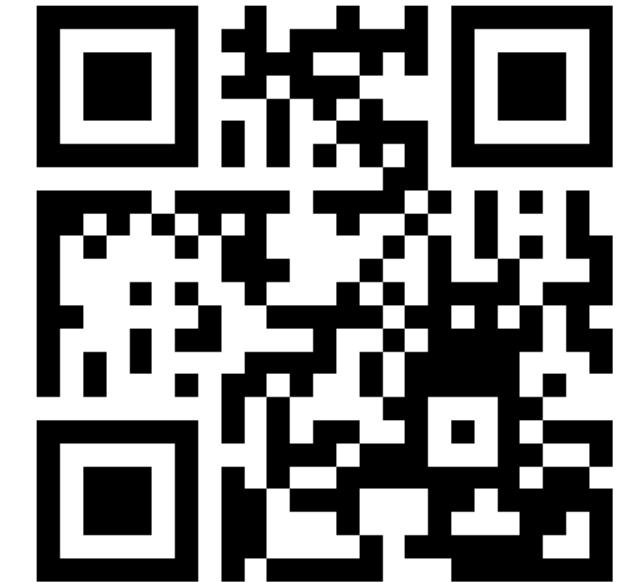


*Analytical  
Engine*

- Première machine: «Difference Engine» (Construction inachevée)
- Deuxième machine: «Analytical Engine» (Construction inachevée) programmable, à usage général



# Difference Engine construite en Mecano



<https://youtu.be/o6i9Ckm2Z5E>

Jonas Lätt



# Programmation

19 <sup>ème</sup> siècle	Concepts liés à la programmation	Augusta Ada Byron (Anglaise), alias Ada Lovelace
-----------------------------	----------------------------------	--



- Augusta Ada Byron, comtesse de Lovelace, mathématicienne.
- Travaux avec Charles Babbage sur l'analytical engine.
- Considérée comme «première programmeuse d'ordinateurs».

*Ada Lovelace*



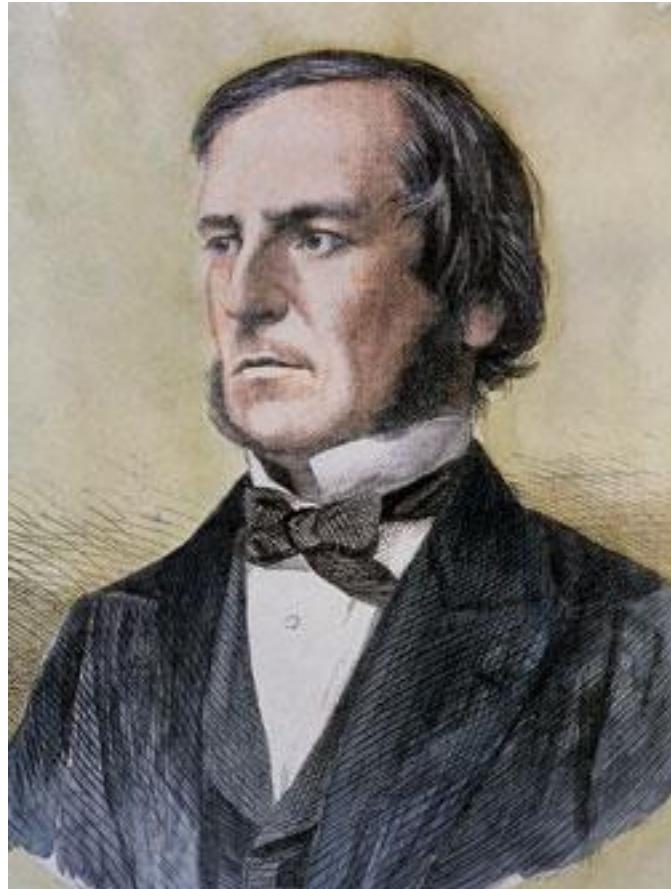
---

# Eléments théoriques qui mènent à l'ordinateur moderne



# Algèbre booléenne

1844 - 1854	Formulation d'une algèbre binaire, dite algèbre Booléenne	George Boole (Anglais)
----------------	--	------------------------



- Logicien, mathématicien et philosophe britannique.
- Formule une algèbre binaire, n'acceptant que deux valeurs numériques, 0 et 1.
- Son travail pose les bases théoriques pour la conception de circuits à logique digitale.

*George Boole*



# Théorie du calcul

---

- Début du 20<sup>ème</sup> siècle: interrogations sur la formalisation des maths.
- Peut-on formaliser toutes les mathématiques ? Question de décidabilité
- Qu'est-ce qu'un calcul exactement ? Définition précise de la calculabilité
- Alan Turing propose un modèle: la machine de Turing universelle. Définit formellement le concept de calcul.



# Machine de calcul universelle

1936	Machines de Turing – Expérience de pensée permettant de formaliser la notion de fonction calculable	Alan Turing (Anglais)
------	---	-----------------------



- ➊ Machines de Turing, des systèmes capables de formaliser la notion de «fonction calculable».
  - Notion de «machine de Turing universelle», capable d'exécuter «n'importe quel algorithme».

*Alan Turing*



# Machine de calcul universelle

**Théorie (Alan Turing):**

- Machine de Turing Universelle.



**Mise en pratique (John von Neumann)**

- Ordinateur à usage général / programmable.

**Autres contribution d'Alan Turing:**

- Déchiffrage de la machine Enigma, études de l'intelligence artificielle.

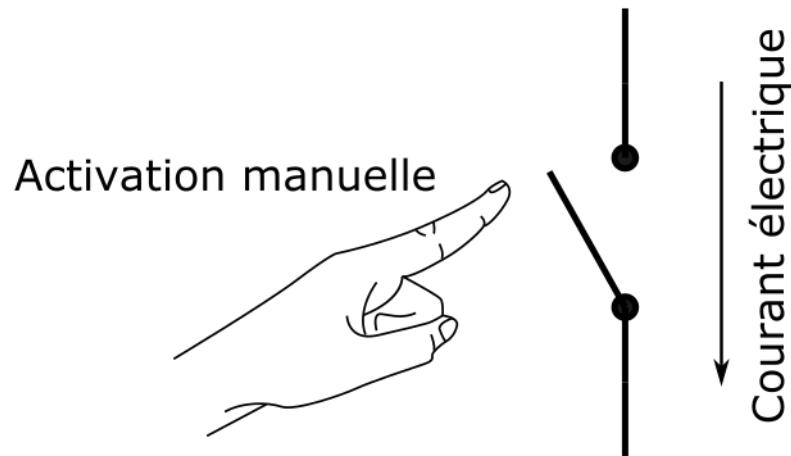


---

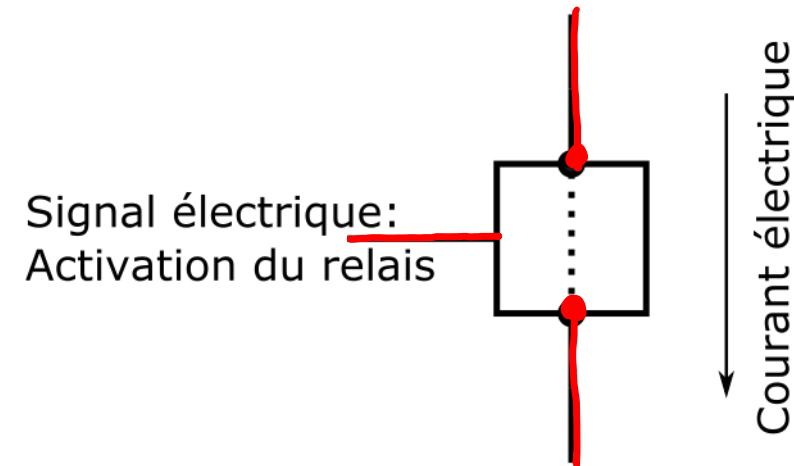
Les prédecesseurs du transistor: le relais  
électromécanique et le tube à vide

# Explication: relais électronique

## Interrupteur



**Relais électronique:** un interrupteur activé de manière automatique

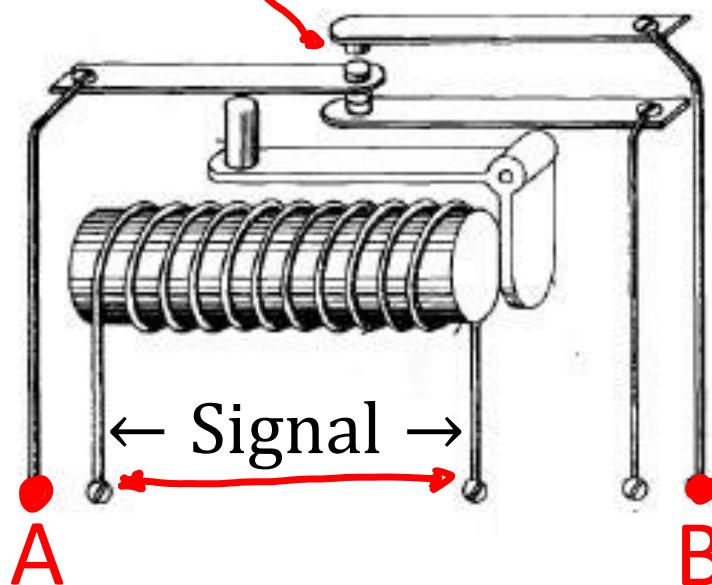


- Amplification du signal dans les télégraphes à longue distance.
- Réseaux de communication en téléphonie.
- Opérations logiques dans les ordinateurs.

# Explication: relais électromécanique

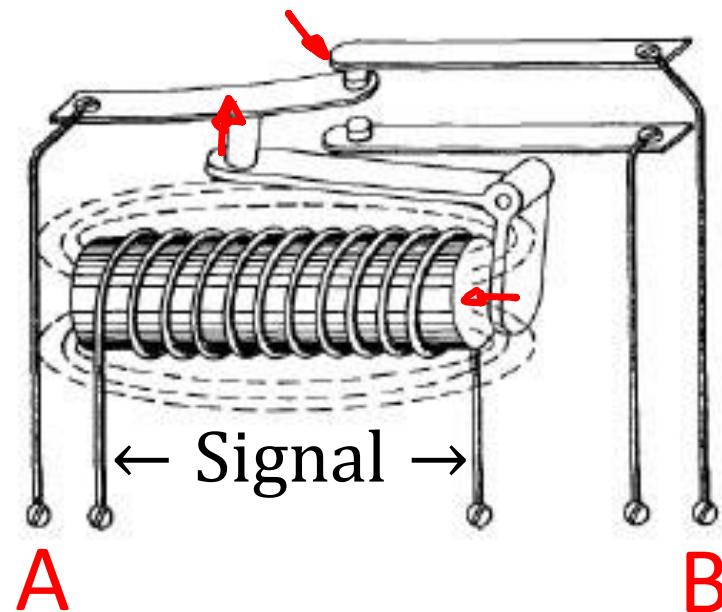
Le courant ne  
passe pas

*Interruption*



Le courant passe

A B



# Rapport entre relais et algèbre de Boole



1937	Utilisation des relais pour la résolution de problèmes en algèbre de Boole	Claude Shannon (USA)
------	--	----------------------



- Thèse de Master en 1937 (à 21 ans) démontre que la logique Booléenne peut être simulée électroniquement par des relais électriques.

## Autres contributions

- Il nomme une unité d'information binaire le “bit” pour “binary digit”.
- Fondements de la théorie de l’information  
*Claude Shannon*



# Tube à vide

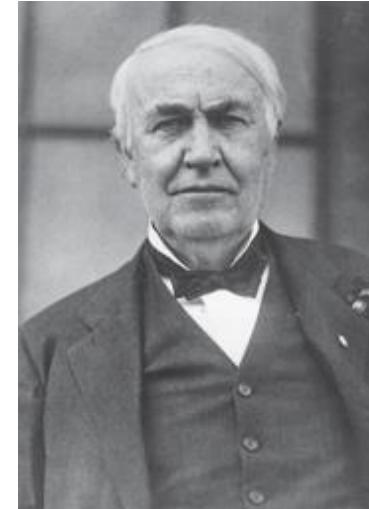
1883 | Tube à vide (relais électronique)

Thomas Edison (USA)

- Thomas Edison inventa en 1883 **le tube à vide**: précurseur du transistor moderne.
- Ingrédient crucial de la première génération d'ordinateurs électroniques.



*Tubes à vide*



*Thomas Edison*



---

# Les ordinateurs de première génération

## (Années 1940 – Milieu d'années 1950)



# Critères de classification

---

1. S'agit-il d'un ordinateur à usage général?
2. S'agit-il d'un ordinateur électronique (pas mécanique)?
3. L'ordinateur représente-t-il les nombres entiers en base binaire?



# Le Z3 de Konrad Zuse - 1941

Ordinateur	Année	A usage général?	Electronique?	Binaire?
Z3 de K. Zuse	1941	Oui / avec limitations	Non	Oui



*Konrad Zuse*

- Konrad Zuse commença à construire des **ordinateurs binaires** dès 1935, alors que d'autres ordinateurs de cette époque utilisaient une base décimale.
- Le Z1 était entièrement mécanique, et le Z2 utilisait des relais électromécaniques.

Son travail le plus memorable: Le **Z3**, un ordinateur binaire électromécanique programmable, en 1941 durant la deuxième guerre mondiale.



# L'ordinateur ABC - 1942

Ordinateur	Année	A usage général?	Electronique?	Binaire?
L'ordinateur ABC	1942	Non	Oui	Oui

- John V. Atanasoff, un physicien de l'Université de l'état d'Iowa, construisit la machine “ABC” (“Atanasoff-Berry Computer”) avec son étudiant Clifford Berry entre 1939 et 1942.
- Machine entièrement électronique (utilisant des tubes à vide), binaire



*L'ordinateur ABC*



*John V. Atanasoff*



# Le Mark I - 1943

Ordinateur	Année	A usage général?	Electronique?	Binaire?
Mark I	1943	<u>Oui</u>	<u>Non</u>	<u>Non</u>



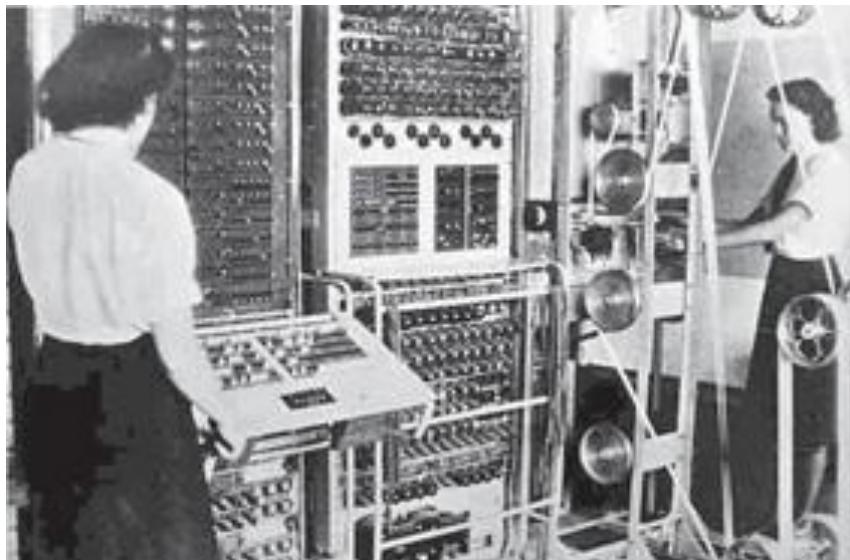
- Howard Aiken, enseignant de mathématiques à l'université de Harvard: Ordinateur à usage général 1939-1943: Le Mark I.
- Inspiré du travail de Charles Babbage.
- Système décimal, utilise des relais électromécaniques, lit ses instructions et données sur de bandes et cartes perforées.

*Howard Aiken  
devant le Mark I*



# Colossus - 1943

Ordinateur	Année	A usage général?	Electronique?	Binaire?
Colossus	1943	Non (mais ça se discute)	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>



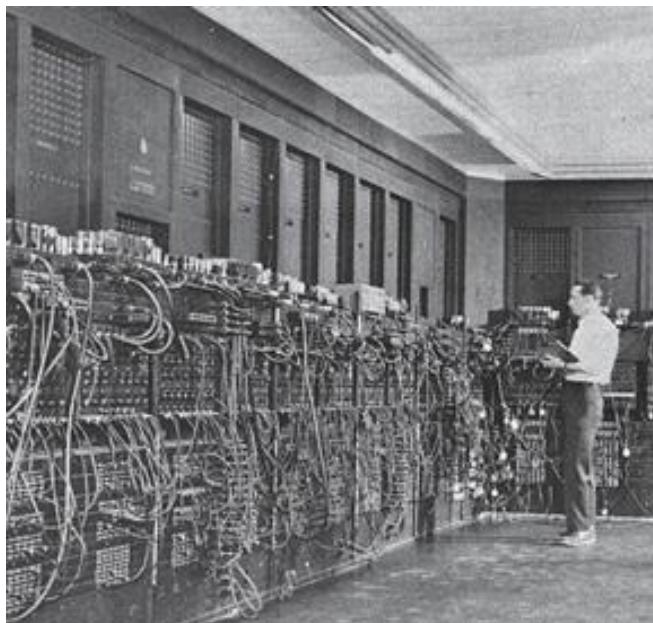
*Colossus*

- Un projet secret Britannique pour déchiffrer les messages Allemands, chiffrés par la machine Enigma, la machine Colossus a été terminée en fin de 1943.
- Colossus était entièrement binaire et électronique, mais pas à usage général.



# Eniac - 1945

Ordinateur	Année	A usage général?	Electronique?	Binaire?
Eniac	1945	Oui / avec limitations	Oui	Non



*Eniac*

- Eniac est le premier ordinateur entièrement électronique, à usage général, avec limitations
- Développé par John W. Mauchly et Presper Eckert à l'Université de Pennsylvania (USA) de 1943 – 1945, Eniac avait été commandé par l'armée Américaine pour effectuer des calculs de tirs balistiques.
- Eniac était basé sur des tubes à vide, et pouvait effectuer 5000 additions à 10 chiffres par seconde.



# Edvac - 1950

Ordinateur	Année	Programmable?	Electronique?	Binaire?
Edvac	1950	Oui	Oui	Oui



John von Neumann

- Eniac était programmable, mais pour le reprogrammer il fallait physiquement reconnecter les circuits électroniques.
- Edvac est la continuation de Eniac, avec stockage externe pour le programme. Machine terminée en 1950.
- Un mathématicien de l'Université de Princeton, John von Neumann, se joignit au projet: concept de l'"architecture de von Neumann".



# Exercice instantané

Placez les ordinateurs en ordre chronologique

votamatic.unige.ch

Année	Programmable?	Electronique?	Binaire?
1 <u>1941</u>	Oui, mais...	Non	Oui
2 <u>1942</u>	Non	Oui	Oui
3 <u>1943</u>	Oui	Non	Non
4 <u>1943</u>	Non	Oui	Oui
5 <u>1945</u>	Oui, mais...	Oui	Non
6 <u>1950</u>	Oui	Oui	Oui

Colossus <sup>④</sup>  
Mark <sup>③</sup> Eniac <sup>⑤</sup>  
Z3 de K. Zuse <sup>①</sup>  
Edvac <sup>⑥</sup>  
L'ordinateur ABC <sup>②</sup>



---

# Les ordinateurs de deuxième génération

## Ordinateurs à transistors

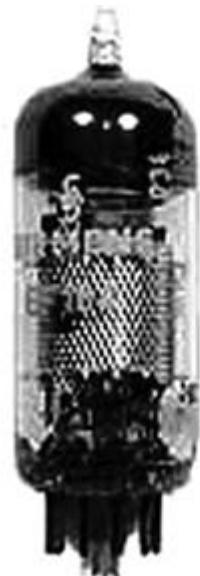
(Milieu d'années 1950 – milieu d'années 1960)



# Le transistor (1947)

1947 Transistor

W. Shockley, J. Bardeen, W. Brattain (USA)

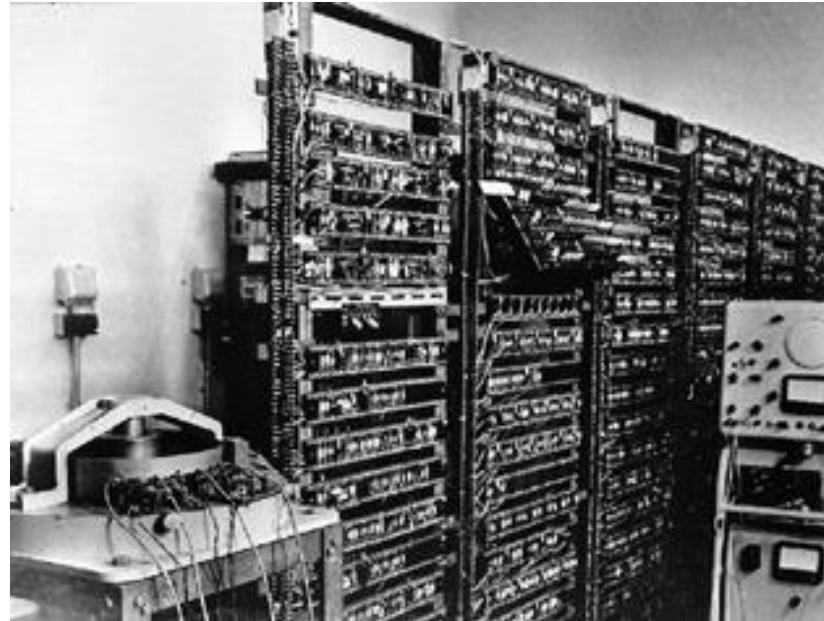


*Tube à vide vs.  
transistor*

- Le transistor, développé par William B. Shockley, John Bardeen et Walter H. Brattain au laboratoires Bell en décembre 1947 est un semiconducteur capable d'agir comme un relais électronique.
- Les transistors remplacent les tubes à vide, avec beaucoup d'avantages:
  - Ils s'usent beaucoup moins vite.
  - Ils consomment beaucoup moins d'énergie.
  - Ils sont beaucoup plus petit.



# Premier ordinateur à transistors



*Premier ordinateur à  
transistors, développé à  
l'université de Manchester.*

- Le premier ordinateur à transistors fut complété en 1953 à l'Université de Manchester (Angleterre).
- En 1962, un ordinateur à transistors créé par cette université était le plus rapide au monde.



---

# Les ordinateurs de troisième génération Circuits intégrés

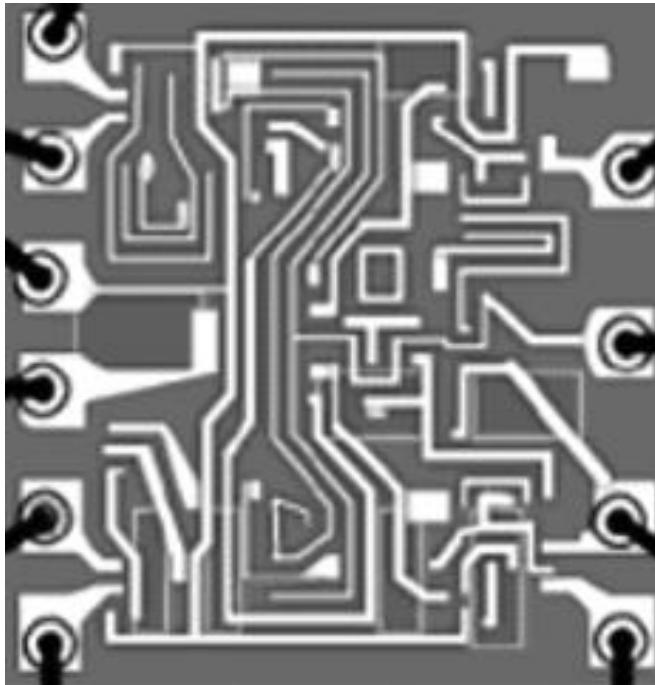
(Milieu d'années 1960 – début d'années 1970)



# Le circuit intégré (1958)

1958 | Circuit intégré

Jack Kilby (USA)



*Exemple d'un circuit intégré*

- Le circuit intégré fut proposé en 1958 par Jack Kilby de **Texas Instruments**.
- Pas de câblage, les pistes se gravent sur une plaque.
- Les circuit intégrés sont plus simples à produire en masse, plus sûrs, et plus petits.
- Initialement très coûteux, le procédé est perfectionné dans le cadre du **projet lunaire Apollo**. L'ordinateur de bord “**Apollo Guidance Computer**” (AGC) est l'un des premiers réels utilisateurs de la technologie.

# Le développement du microprocesseur (1971)



1971 Microprocesseur

Ted Hoff (USA)



*Ted Hoff, posant avec le chip 4004 d'Intel, le premier microprocesseur dont il est l'inventeur.*

- Au début des circuits intégrés, chaque chip était développé dans un but particulier: coûteux et laborieux.
- Le microprocesseur, produit en 1971 par Marcian E. (“Ted”) Hoff, travaillant chez Intel, était le premier **circuit intégré à usage général**, pouvant être utilisé pour n’importe quelle tâche.



---

# Les ordinateurs de quatrième génération

## Ordinateurs grand public

(Début d'années 1970 - maintenant)

# Le premier micro-ordinateur commercial (1975)

---



*Altair 8800*

- Le Altair 8800 fut le premier micro-ordinateur vendu à un grand public.
- Très rudimentaire, il offrait des entrées-sorties en format binaire.
- Il eut beaucoup de succès, surtout parmis amateurs et passionnés.



# Le Apple II (1977)

- Steve Jobs et Steve Wozniack fondèrent la compagnie Apple, dont le but n'était pas seulement de produire un système d'exploitation, mais un ordinateur personnel à part entière.
- Lors de sa mise sur le marché en 1977, le Apple II fut l'ordinateur personnel le plus vendu de son temps.



*Apple II*



*Steve Jobs et Steve Wozniack*

# Les débuts de Microsoft (1975)



*Paul Allen et  
Bill Gates*

- Fondée par Bill Gates et Paul Allen, la compagnie Microsoft produit en milieu des années 1980 son système d'exploitation MS-DOS, destiné aux ordinateurs personnels qui dominaient le marché à cette époque.
- Dans les années 1990, Microsoft suppléa au système basé texte MS-DOS un système avec interface graphique, Windows.

# Entrée sur le marché d'IBM (1981)



*Le IBM-PC en 1981*

- Après quelques doutes initiaux, IBM suivit le succès de Apple, et se lança sur le marché des micro-ordinateurs en 1981, avec le IBM-PC (“Personal Computer”).
- En fin des années 1980, IBM a vendu 65 millions d'ordinateurs personnels.
- A cause de sa taille et réputation, IBM domina facilement le marché.
- En fin de compte, le nom générique de “micro-ordinateur” devint “ordinateur personnel”.