

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



Contenu du cours

Partie I: Introduction

Partie II: Codage de l'information

Partie III: Circuits logiques

Partie IV: Architecture des ordinateurs

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

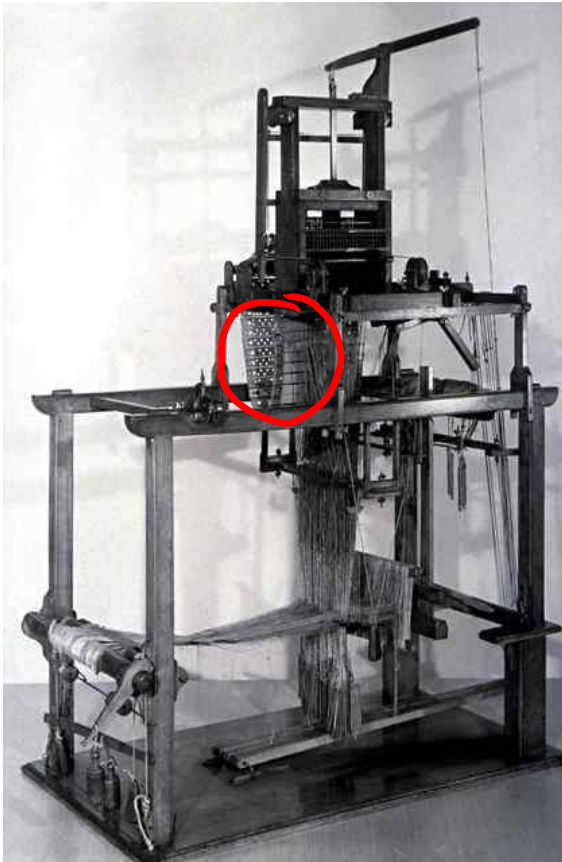


Technologies du 19ème siècle contribuant à l'ordinateur moderne

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.

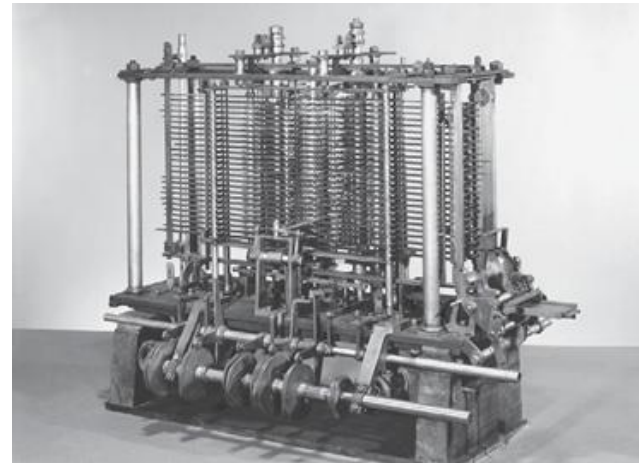
Machine de calcul programmable



19 ^{ème} siècle	Invention de machines de calcul, jamais construites, dont une programmable	Charles Babbage (Anglais)
-----------------------------	---	---------------------------



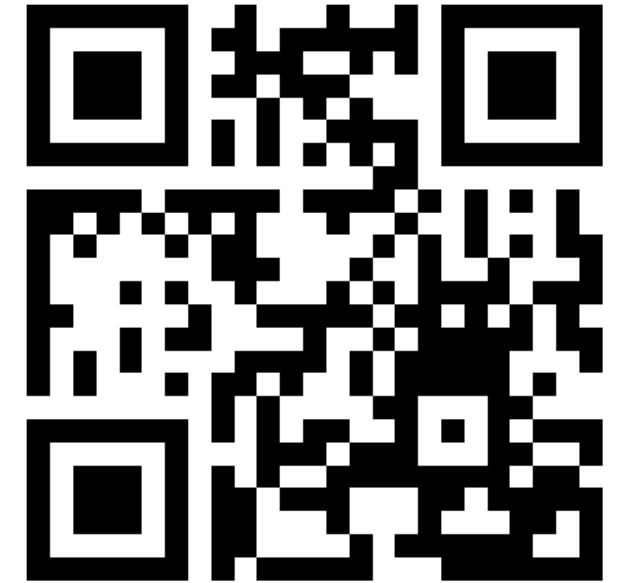
*Charles
Babbage*



*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>

Programmation

19 ^{ème} 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».

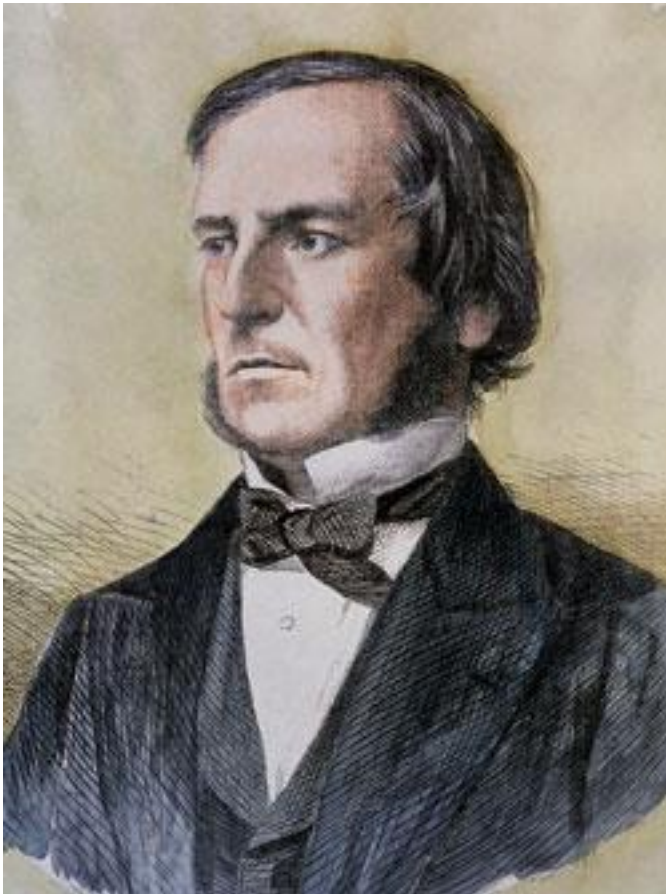
Ada Lovelace



Éléments 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

- Début du 20^{ème} 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)
------	---	-----------------------



- 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

Théorie (Alan Turing):

- Machine de Turing Universelle.



Mise en pratique (John von Neumann)

- Ordinateur à usage général / programmable.

Autres contribution d'Alan Turing:

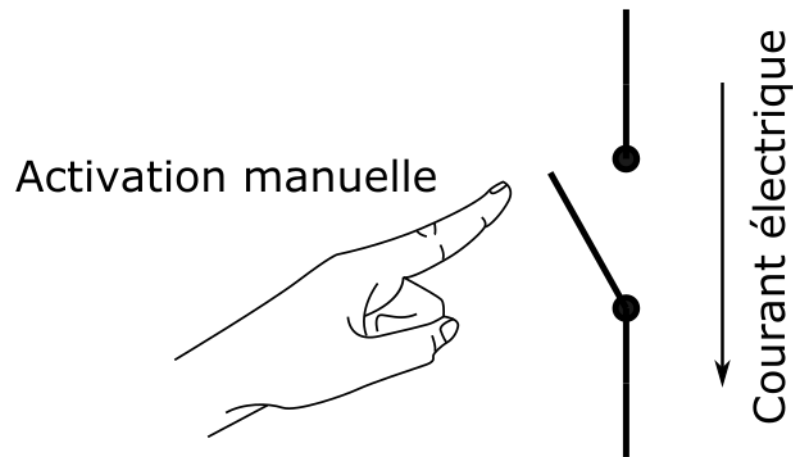
- Déchiffrage de la machine Enigma, études de l'intelligence artificielle.

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

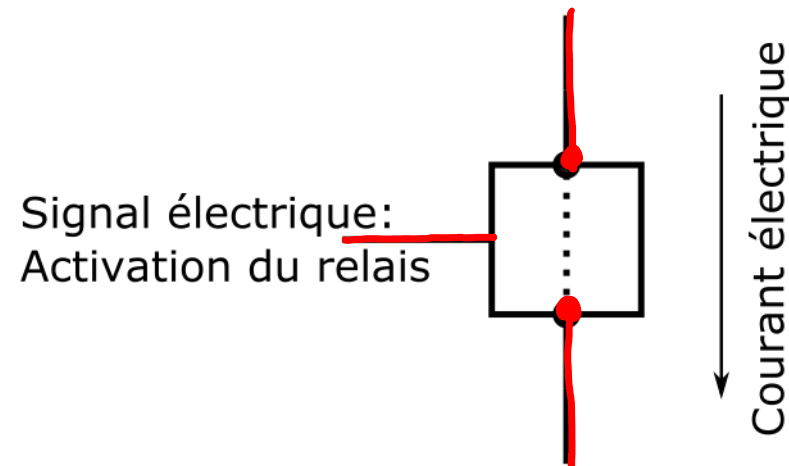
Explication: relais électronique



Interrupteur



Relais électronique: un interrupteur activé de manière automatique

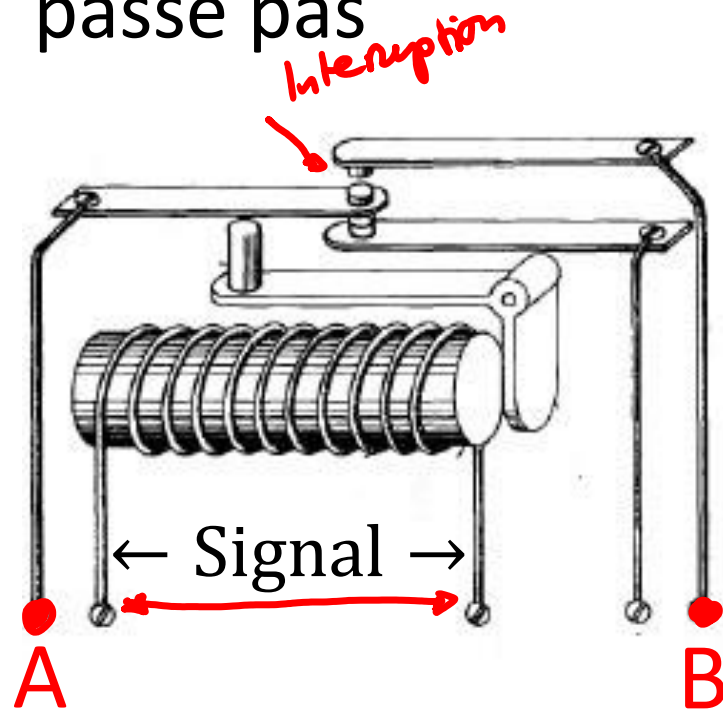


- Amplification du signal dans les télégraphes à longue distance.
- Réseaux de communication en téléphonie.
- Opérations logiques dans les ordinateurs.

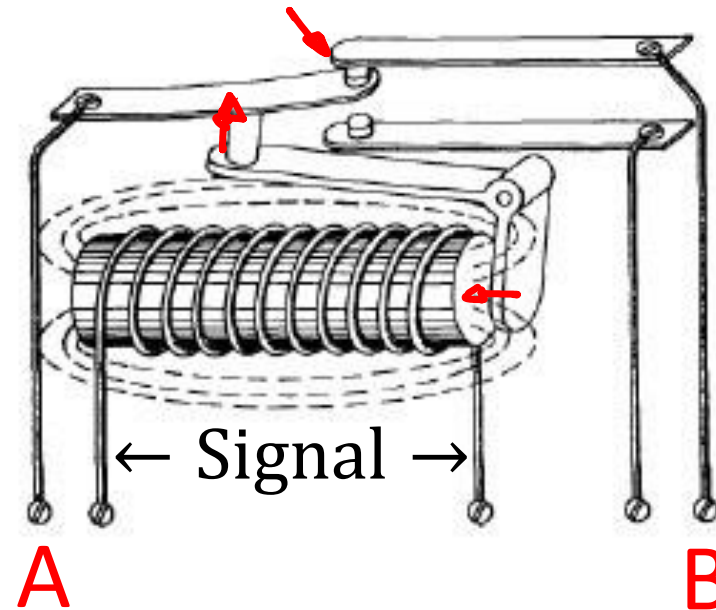
Explication: relais électromécanique



Le courant ne
passe pas



Le courant passe



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 électroniques.

Autres contributions

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

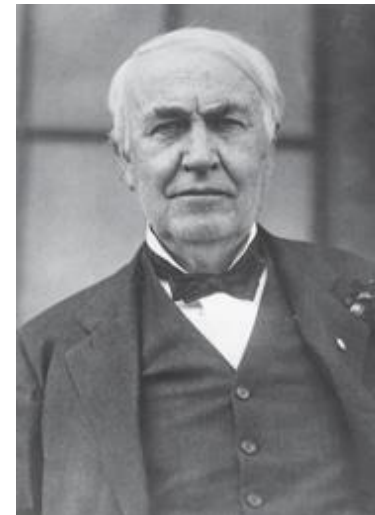
Tube à vide

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	<u>Oui / avec limitations</u>	<u>Non</u>	<u>Oui</u>



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 électro-mécanique **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>

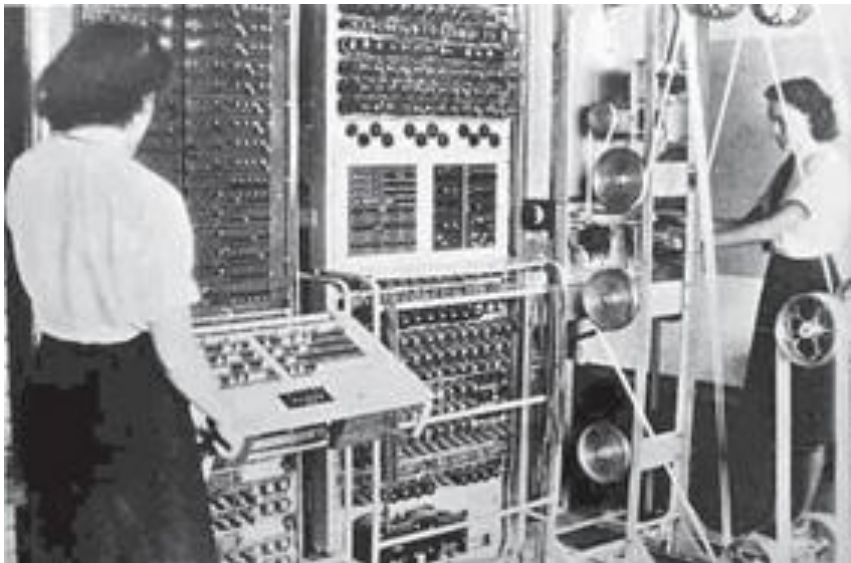


*Howard Aiken
devant le Mark I*

- 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.

Colossus - 1943

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

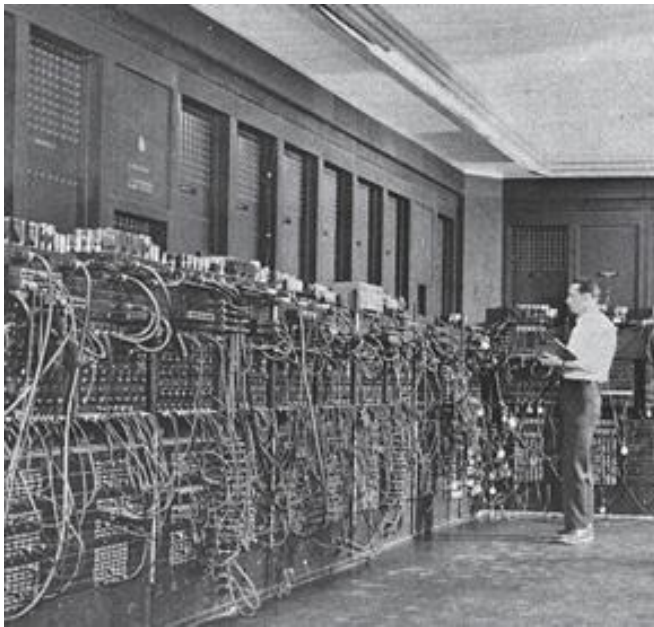


Colossus

- 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 general, 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 ④

Mark I ③ Eniac ⑤

Z3 de K. Zuse ①

Edvac ⑥

L'ordinateur ABC ②



Les ordinateurs de deuxième generation

Ordinateurs à transistors

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

Le transistor (1947)

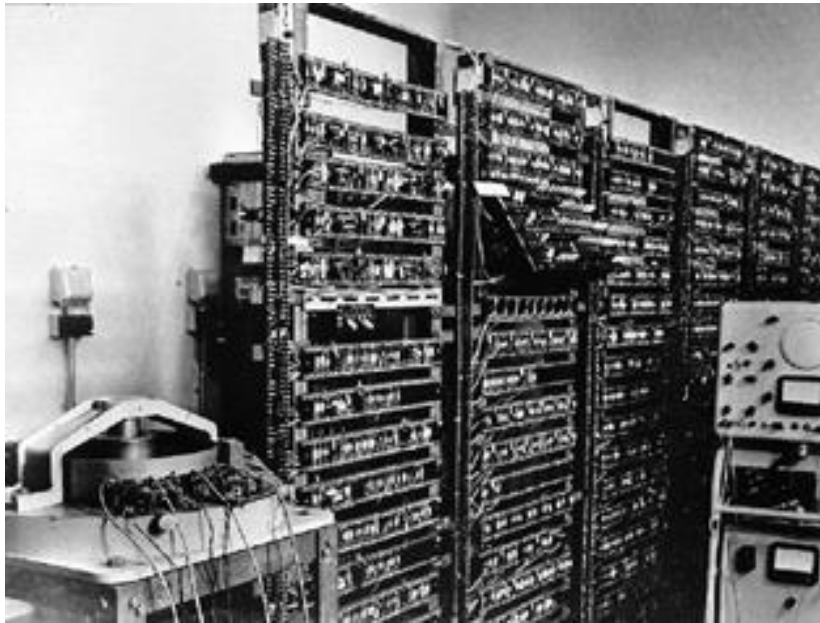
1947	Transistor	W. Shockley, J. Bardeen, W. Brattain (USA)
------	------------	--



*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



- 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.

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

Les ordinateurs de troisième generation

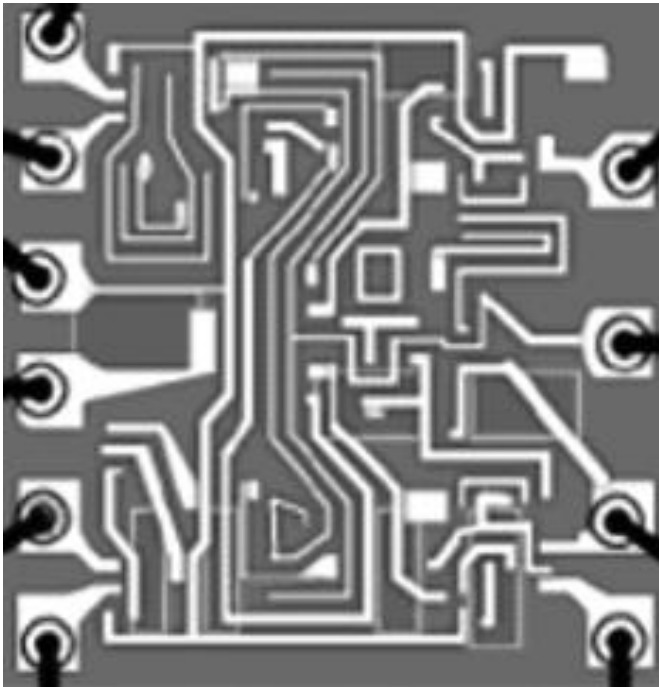
Circuits intégrés

(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 generation

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 parmi 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”.