

## Informatique Générale



Guillaume Hutzler  
Laboratoire IBISC  
(Informatique Biologie Intégrative et Systèmes Complexes)  
[guillaume.hutzler@ibisc.univ-evry.fr](mailto:guillaume.hutzler@ibisc.univ-evry.fr)  
Cours Dokeos 625  
<http://www.ens.univ-evry.fr/modx/dokeos.html>

Informatique générale – Histoire de l'informatique

### Plan et objectifs du cours

#### • Objectifs du cours

- Donner une vue d'ensemble de l'informatique
  - du point de vue **historique**
  - du point de vue des **concepts**
  - du point de vue des **techniques**
- Donner un aperçu des métiers de l'informatique

#### • Séances

- 1-2 : Histoire de l'informatique
- 3-4 : Fondements mathématiques de l'informatique
- 5-6 : Architecture des ordinateurs et des micro-processeurs
- 7-8 : Systèmes d'exploitation
- 9-10 : Langages de programmation
- 11-12 : (Réseaux)

Informatique générale – Histoire de l'informatique

## Informatique Générale Histoire de l'informatique



Guillaume Hutzler  
Laboratoire IBISC  
(Informatique Biologie Intégrative et Systèmes Complexes)  
[guillaume.hutzler@ibisc.univ-evry.fr](mailto:guillaume.hutzler@ibisc.univ-evry.fr)

Informatique générale – Histoire de l'informatique

## Qu'est-ce que l'informatique ?

- Informatique = **mot-valise**
  - « Création verbale formée par le télescopage de deux (ou trois) mots existant dans la langue » (Dictionnaire *Le Trésor*)
  - Lewis Carroll (De l'autre côté du miroir) :
    - "Eh bien, 'slichtueux' signifie : 'souple, actif, onctueux.' Vois-tu, c'est comme une valise : il y a trois sens empaquetés en un seul mot."
  - Exemples
    - franglais, alicament, adulescent, etc.
    - modem, codec, tapuscrit, courriel, clavardage
    - **Autobidacte.** « Personne qui, par ses seules facultés et sans l'aide de qui que ce soit, est parvenue à un échec cuisant. »
      - "L'autobidacte qui, dans la vie, est parti de zéro pour n'arriver à rien dans l'existence n'a de merci à dire à personne." (Pierre DAC)
- Informatique = ?
  - **Information + automatique**

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

## Qu'est-ce que l'informatique ?

- Terme créé en 1962 par P. Dreyfus
  - « Société d'Informatique Appliquée »
- L'**informatique** désigne l'**automatisation** du **traitement de l'information** par un **système**, concret (machine) ou abstrait.
- L'**informatique** (en anglais **computer science**, ou **computing science**), est l'étude des **fondations théoriques** de l'**information** et du **calcul** et leur implantation et application avec des **ordinateurs**.
- Dictionnaire de l'Académie française (1967)
  - « **Science** du **traitement rationnel**, notamment à l'aide de **machines automatiques**, de l'**information**, considérée comme le support de connaissances dans les domaines scientifique, économique et social »

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

## Qu'est-ce que l'information ?

- Dictionnaire de l'Académie Française (9ème édition)
  - **Informatique**, science du traitement rationnel et automatique de l'information ; l'ensemble des applications de cette science
  - **Information**, élément de connaissance traduit par un ensemble de **signaux** selon un **code déterminé**, en vue d'être conservé, traité ou communiqué.
  - **Traitement de l'information**, emploi d'**ordinateurs** en vue d'effectuer des **opérations logiques** et **mathématiques** complexes à des fins scientifiques, administratives, etc.
  - **Sciences de l'information**, disciplines concernant l'utilisation de ces techniques dans divers domaines professionnels.

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

### Systèmes concrets de traitement de l'information

- L'ordinateur...



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### Systèmes concrets de traitement de l'information

- ...mais aussi...



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### Systèmes concrets de traitement de l'information

Edsger Dijkstra :

« *L'informatique n'est pas plus la science des ordinateurs que l'astronomie n'est celle des télescopes* »

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

## STIC : Science et Technologies de l'Information et de la Communication

### Quoi alors ?

*Les STIC appréhendent toute la chaîne de l'information et de la communication, avec ses concepts, ses traitements, mais aussi ses réalisations matérielles essentielles pour acquérir l'information comme pour la transmettre*

d'après « Crédit d'un 10e Institut autour des Sciences et Technologies de l'Information ? », groupe de travail autour de Brigitte Vallée

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

## STIC : mots-clés du domaine

- modèles de calcul, algorithmique (probabiliste, quantique, distribuée), complexité,
- langages de programmation, logiciel, génie logiciel, systèmes de preuve, test logiciel, sûreté de fonctionnement
- systèmes d'information, bases de données, fouille de données, document électronique
- recherche opérationnelle, graphes, optimisation, aide à la décision, contraintes
- intelligence artificielle, représentation des connaissances, apprentissage automatique, interaction homme-machine, traitement de la langue
- calcul formel, interface formel/numérique, calcul haute performance, modèles et simulations numériques
- théorie de l'information, protection de l'information (cryptologie, codage), sécurité numérique
- bio-informatique
- automatique, systèmes dynamiques, systèmes complexes, robotique, commande des systèmes, contrôle non destructif
- traitement du signal et de l'image, multimédia, vision par ordinateur, réalité virtuelle ou augmentée, communications numériques
- systèmes et réseaux, architecture, systèmes d'exploitation, systèmes distribués
- systèmes embarqués, systèmes matériel/logiciel, architectures programmables, systèmes nomades communicants, capteurs et réseaux de capteurs, télécommunications
- micro et nanotechnologies, micro et nanosystèmes.

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

## Système abstrait de traitement de l'information ?

- Qu'est-ce que c'est ?
  - un système formel définissant des objets qui peuvent représenter ce qu'on appelle de procédures de calcul, des algorithmes ou des programmes. Ils définissent ensuite un moyen systématique d'appliquer ces procédures, c'est-à-dire de calculer
- Exemples de modèles de calcul
  - Machine de Turing
  - Lambda-calcul ( $\lambda$ -calcul)

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

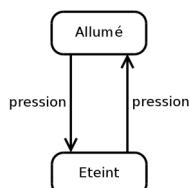
---

---

---

## Automate à états finis

- Définition
  - Un automate est constitué d'états et de transitions
  - Son comportement est dirigé par un mot fourni en entrée : l'automate passe d'état en état, suivant les transitions, à la lecture de chaque lettre de l'entrée
  - L'automate est dit « fini » car il possède un nombre fini d'états distincts : il ne dispose donc que d'une mémoire bornée.
- Un automate fini forme un graphe orienté étiqueté
  - les états de l'automate sont les sommets du graphe
  - les transitions de l'automate sont les arêtes étiquetées



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

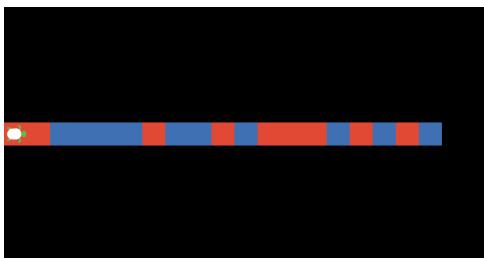
---

---

---

---

## La machine de Turing (0/2)



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

## La machine de Turing (1/2)

- Un « ruban »
  - divisé en cases consécutives
  - chaque case contient un symbole parmi un alphabet fini
  - l'alphabet contient un symbole spécial « blanc » ('\_'), et un ou plusieurs autres symboles
  - le ruban est supposé être de longueur infinie vers la gauche ou vers la droite, en d'autres termes la machine doit toujours avoir assez de longueur de ruban pour son exécution
  - on considère que les cases non encore écrites du ruban contiennent le symbole « blanc ».
- Une « tête de lecture/écriture »
  - peut lire et écrire les symboles sur le ruban
  - peut se déplacer vers la gauche ou vers la droite du ruban.

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

## La machine de Turing (2/2)

- Un « registre d'état »
  - mémorise l'état courant de la machine de Turing. Le nombre d'états possibles est toujours fini, et il existe un état spécial appelé « état de départ » qui est l'état initial de la machine avant son exécution.
- Une « table d'actions »
  - indique à la machine, en fonction du symbole lu sur le ruban et de l'état courant de la machine :
    - quel symbole écrire
    - comment déplacer la tête de lecture ('<' pour une case vers la gauche, '>' pour une case vers la droite)
    - quel est le nouvel état
  - si aucune action n'existe pour une combinaison donnée d'un symbole lu et d'un état courant, la machine s'arrête.

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

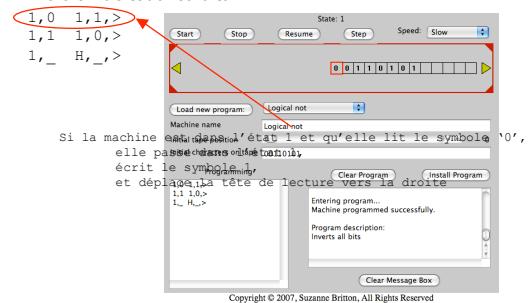
---

---

---

## Machine de Turing : exemple 1

- Inversion de tous les bits



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

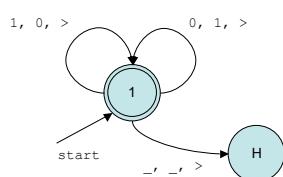
---

---

## Machine de Turing : exemple 1

- Représentation sous forme d'un graphe
  - les états de l'automate sont les sommets du graphe
  - les transitions de l'automate sont les arêtes étiquetées

1, 0 1, 1,>  
1, 1 1, 0,>  
1, \_ H, \_,>



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

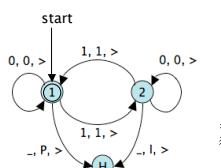
---

---

## Machine de Turing : exemple 2

- Compteur de parité

1, 0 1, 0,>  
1, 1 2, 1,>  
1, \_ H, P,>  
2, 0 2, 0,>  
2, 1 1, 1,>  
2, \_ H, I,>



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

## Qu'est-ce qu'un ordinateur ?

- Un **ordinateur** est un équipement informatique ; il permet de traiter des **informations** selon des **séquences d'instructions** prédefinies ou **programmes**. Il interagit avec l'environnement grâce à des **périphériques** (écran, clavier, modem...).
- Un **ordinateur** est un ensemble de **circuits électroniques** permettant de manipuler des **données** sous forme **binaire**, ou **bits**.
- Dictionnaire de l'Académie Française
  - « Équipement informatique comprenant les organes nécessaires à son fonctionnement autonome, qui assure, en exécutant les **instructions** d'un ensemble structuré de **programmes**, le **traitement** rapide de **données codées sous forme numérique** qui peuvent être **conservées** et **transmises**. »
- Le terme « **ordinateur** » est d'origine biblique (il se trouvait dans le *Littré* comme adjetif désignant « Dieu qui met de l'ordre dans le monde »)

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

## Qu'est-ce qu'un programme?

- Un **programme informatique** est une liste d'ordres indiquant à un **ordinateur** ce qu'il doit faire. Il se présente sous la forme d'une ou plusieurs séquences d'instructions, comportant souvent des données de base, devant être exécutées dans un certain ordre par un **processeur** ou par **processus informatique**
- Un **algorithme** énonce une résolution sous la forme d'une **série d'opérations à effectuer**. La mise en œuvre de l'algorithme consiste en l'écriture de ces opérations dans un **langage de programmation** et constitue alors la brique de base d'un **programme informatique**

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

## L'électronique numérique

- Systèmes électroniques fonctionnant sur la base **d'états électriques précis** dont le **nombre et les valeurs sont fixés** à leur conception, à chaque état correspondant une valeur numérique
  - pbs de parasites
  - solution = limiter au maximum le nombre d'états distincts
- Le système binaire
  - Basé sur l'utilisation de 2 états
  - Les états sont notés FAUX/VRAI ou 0/1
  - Ces états peuvent être combinés au travers de **portes logiques** réalisant des **opérations** ou **fonctions logiques** telles le ET, le OU, le NON, etc.

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

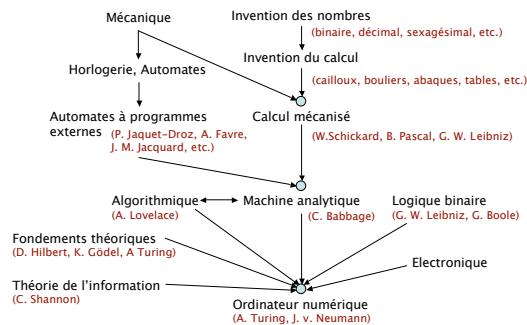
---

---

---

---

## Une vue d'ensemble



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

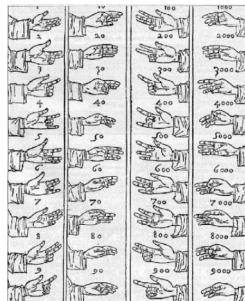
---

---

---

## Compter

- Utilisation des doigts et des mains
  - compter un ensemble d'objets
  - communiquer un nombre à son interlocuteur
- Etymologie
  - digitus (doigt) -> unité
    - digit = chiffre (anglais)
    - digital ~ numérique
  - articulus (articulation) -> dizaine



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

## Compter

- Encoches
  - sur un os ou un bâton
  - sur les parois des cavernes (plutôt que de dessiner  $n$  fois la chose à compter)
- Nœuds sur une corde
- Problème
  - compter sans erreur le nb d'encoches ou de nœuds
  - lire le nb d'encoches
- solution
  - répartition des encoches par groupes
  - décomposition selon le principe des bases



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

## Systèmes de numération additifs

- Principe
  - Symboles juxtaposés jusqu'à un certain nombre (I, II, III, IIII)
  - Nouveau symbole pour désigner le nombre suivant (V)
  - Combinaison des symboles précédents pour former les nombres (VI, VII, VIII, VIII)
  - Nouveau symbole pour désigner le nombre suivant (X)
- Exemples
  - Sumer, Egypte, Grèce, Mésopotamie, Mayas, Phéniciens, Romains

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

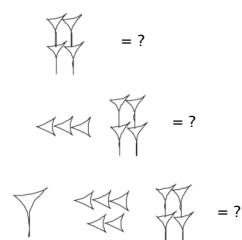
---

---

---

## Système de numération additif de Sumer

Notation archaïque (3200 av. J. C.)	Notation cunéiforme (2300 av. J. C.)
1	
10	
60	
600	
3600	



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

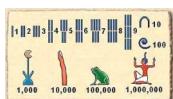
---

---

---

## Autres systèmes de numération additifs

Egyptien



$$\begin{array}{c} \text{Egyptian symbols} \\ \text{= ?} \\ \text{Egyptian symbols} \end{array}$$

Grec

1		6	□	20	△△
2		7	□	30	△△△
3		8	□	40	△△△△
4		9	□	50	△△△△△
5	□	10	△	100	Η

Système attique

1	A	10	I	100	R
2	B	20	K	200	Σ
3	G	30	Λ	300	T
4	D	40	M	400	Ξ
5	E	50	Ν	500	Φ
6	Ζ	60	Ϛ	600	Ϲ
7	Z	70	Ο	700	Ѱ
8	H	80	Π	800	Ѡ
9	Θ	90	Ϙ	900	Ϻ

Système alphabétique

Informatique générale – Histoire de l'informatique

## Le système romain

- Symboles

I = 1	X = 10	C = 100	M = 1000
V = 5	L = 50	D = 500	

- Règles d'écriture :

- Toute lettre placée à la droite d'une autre figurant une valeur supérieure ou égale à la sienne s'ajoute à celle-ci ;
- Toute lettre placée immédiatement à la gauche d'une lettre de valeur supérieure, indique que le nombre qui lui correspond doit être retranché au nombre qui suit ;
- Les valeurs sont groupées en ordre décroissant, sauf pour les valeurs à retrancher selon la règle précédente ;
- La même lettre ne peut pas être employée quatre fois consécutivement ;

Informatique générale – Histoire de l'informatique

## Limites des systèmes additifs

- Beaucoup de symboles nécessaires pour écrire un nombre
  - LXXXVIII = 88
- Opérations d'addition et de multiplication très compliquées

Exemple 2 : 22 + 19

XX	III	(x1)		
XX	III	XX	III	(x2)
CC	XXX	(x10)		

On ajoute : Total: CC XXX XX XX XX III III III soit CC L XXXX V IIII, soit 299

171	=	LL	XXXXXX	I
171	=	LLL	XX	I
171	=	CL	XX	I

Informatique générale – Histoire de l'informatique

## Les systèmes positionnels

- Principe
  - la valeur associée à un chiffre dépend de sa position dans le nombre
  - différentes bases possibles
    - base 5 (peuples khmers et caraïbes)
    - base 10
    - base 20 (esquimaux, mayas, aztèques)
    - base 60 (sumériens, babyloniens)
- Inventés 3 fois de manière indépendante
  - par les babyloniens (~1800 av. J. C.)
  - par les chinois (un peu avant 0)
  - par les mayas

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

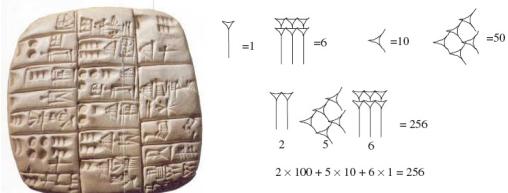
---

---

---

---

## Système positionnel de Mari (~1800 av. J. C.)



- Positionnel
  - symboles du 1 et du 100 identiques
- Non strictement positionnel
  - symbole distinct pour le 10

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

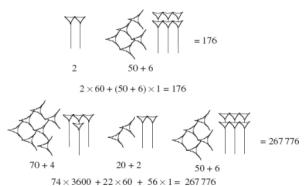
---

---

---

---

## Système positionnel de Babylone



- Strictement positionnel
  - à base 60
  - base 10 auxiliaire
- pb spécifique pour représenter le 0
  - ajout d'un espace puis d'un signe spécifique

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

### Système de numération indien (IV<sup>e</sup> siècle)

- A l'origine de notre système de numération moderne
  - avec 0 opérateur
  - système « parfait et universel »
  - permet de représenter de très grands nombres
  - est parvenu jusqu'à nous via les arabes

1 2 3 4 5 6 7 8 9 °  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 °  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 °  
1 2 3 4 5 6 7 8 9

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

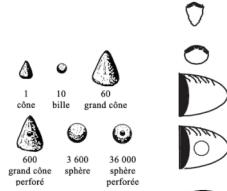
---

---

---

### Calculer

- Etymologie
  - grouper des cailloux (calculus) par dizaines ou par centaines afin de réaliser des opérations arithmétiques



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

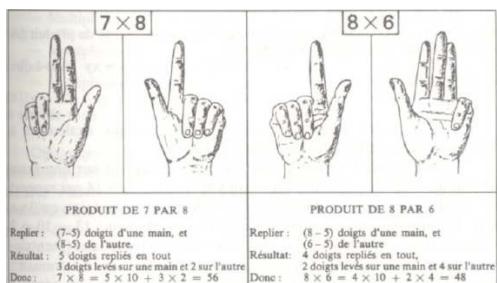
---

---

---

---

### Le calcul digital



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les abaques

- Définition
  - de *abacus* en latin et de *abax* ἄβαξ en grec signifiant «table à poussière» : nom donné à tout instrument mécanique plan facilitant le calcul
- Historique
  - apparus en Grèce
  - utilisés en Chine vers 500 av. J. C.
  - importés chez les romains vers le 1<sup>er</sup> siècle av. J. C.
    - chaque rainure divisée en deux parties
      - en bas, les jetons valent une unité
      - en haut, les jetons valent 5
    - les rainures sont ordonnées de droite à gauche
      - unités à droite (I)
      - ... puis dizaines (X), centaines (C), etc.



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

## Les bouliers

- Une forme particulière d'abaque
- Différentes versions
  - chinoise (suan pan, XII<sup>ème</sup> siècle)
  - japonaise (soroban, XIV<sup>ème</sup> siècle)
  - russe (stchoty)
  - française (variante du boulier russe)
- Fonctionnalités
  - 4 opérations arithmétiques (+, -, \*, /)
  - racines carrés et cubiques



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

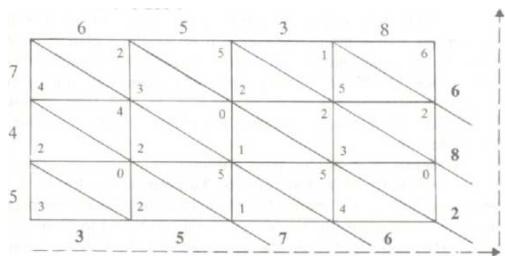
---

---

---

## La multiplication indienne (VI<sup>ème</sup> siècle)

$$547 * 6538 = 3\,576\,286$$



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

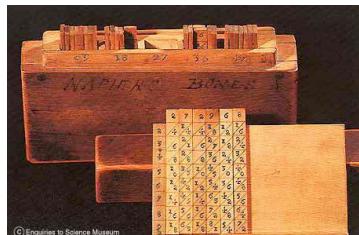
---

---

### Les « os » de Napier (1617)

- Utilisation

- multiplications et divisions
- extraction de racines carrées



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### J. Napier – Les logarithmes (1614)

- Fonction mathématique  $\lambda$  définie sur  $]0, +\infty[$ , à valeurs dans  $\mathbb{R}$ , continue et transformant un produit en somme, c'est-à-dire vérifiant :

- pour tout  $a, b$  dans  $]0, +\infty[$ ,  $\lambda(ab) = \lambda(a) + \lambda(b)$

- Permet de calculer des produits et divisions grâce à

- des tables de logarithmes



- des règles à calculer
  - E. Gunter, 1620
  - W. Oughtred, 1630
  - R. Bissaker, 1654



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### F. Bacon – le codage binaire (1623)

- But = crypter un texte pour qu'il ne puisse pas être déchiffré
  - lettres de l'alphabet remplacées par des séquences de 5 caractères a ou b (alphabet bilitère)

A	B	C	D	E	F
aaaaa	aaaab	aaabb	abbab	bbbba	aaaaa
G	H	K	L	M	
aabbbaabbccbabaaabababababbb					
N	O	P	Q	R	S
abbaaabbaabbbbabbbbabaaabaaab					
T	U	W	X	Y	Z
bababbaabbbbabaaabababababbb					

- un texte de couverture quelconque est imprimé en utilisant deux styles typographiques distincts, l'un associé au a, l'autre associé au b

- ex:

Neparit ezs irt out pass ans moi  
aababbaabbccbabaaabaaababb  
f u y e z

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### G. W. Schickard – l' « horloge à calculer » (1623)

- But = aider J. Kepler à faire ses calculs
  - 4 opérations
  - os de Napier rotatifs
  - 4 opérations arithmétiques



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

### B. Pascal – La Pascaline (1642)

- But = aider son père, receveur des impôts
  - sans connaissance des travaux de Schickard
  - à 19 ans seulement !
  - addition (et soustraction)



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

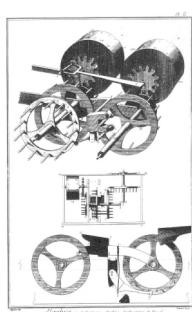
---

---

---

---

### Les rouages internes de la Pascaline



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

### G. v. Leibniz – Numération binaire (1666)

- But = langage universel permettant une représentation exacte de toutes réalités ; réduire toutes les opérations logiques à un calcul
  - inspiré par le codage binaire de Bacon
  - inspiré par le Yi Jing (système de divination chinois – 3000 av. J. C.)



Trigrammes hexagrammes intérieur ↓		qian	zhen	chen	gen	li	xun	dui	kan	gen	li	xun
le Ciel	1	34	5	30	11	9	14	43				
le Terre	2	35	6	31	12	10	15	44				
l'Eau	3	36	7	32	13	11	16	45				
la Montagne	4	37	8	33	14	12	17	46				
la Terre	5	38	9	34	15	13	18	47				
le Vent	6	39	10	35	16	14	19	48				
le Feu	7	40	11	36	17	15	20	49				
la Brume	8	41	12	37	18	16	21	50				

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

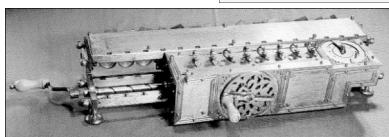
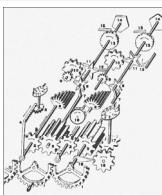
---

---

---

### G. v. Leibniz – « Step Reckoner » (1694)

- But = « libérer » les hommes du calcul
  - extension du travail de Pascal
  - 4 opérations arithmétiques
  - racines carrées



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

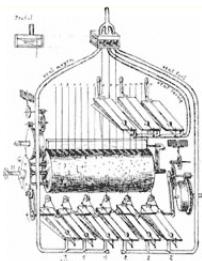
---

---

---

### J. de Vaucanson – Le joueur de flûte (1737)

- But = étudier la respiration humaine
  - cylindre de bois avec des picots qui donnaient des impulsions à 15 leviers



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

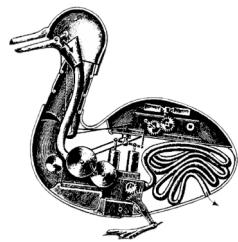
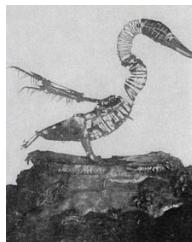
---

---

---

### J. de Vaucanson – Le canard (1738)

- But = reproduire la digestion
  - "un canard artificiel en cuivre doré qui boit, mange, cancane, barbotte dans l'eau et fait la digestion comme un canard vivant"



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### J. de Vaucanson – métier à tisser automatique (1749)

- But = améliorer la productivité
  - 1725 : B. Bouchon introduit le papier continu troué pour commander le métier à tisser
  - 1728 : J. B. Falcon améliore le système en remplaçant le papier par des rectangles de carton attachés ensemble
  - 1749 : premier métier à tisser entièrement automatique, mais en remplaçant les cartons par un cylindre percé de trous reposant sur un chariot à galets roulants



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### P. et H. L. Jaquet-Droz – L'écrivain (1772)

- But = présenter au public un personnage mystérieux
  - cylindre vertical -> codage de 40 lettres et signes
  - disque sur lequel on « programme » le texte



Si un jour  
Objet gris  
à travail  
des que Droz mon  
frére

auquel  
les poins  
tous pion en  
droit

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

**P. et H. L. Jaquet-Droz – L'écrivain (1772)**



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

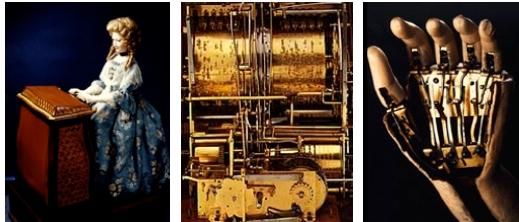
---

---

---

**P. et H. L. Jaquet-Droz – La joueuse d'orgue**

- joue réellement sur un vrai orgue
- cylindre horizontal qui commande les doigts des 2 mains



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

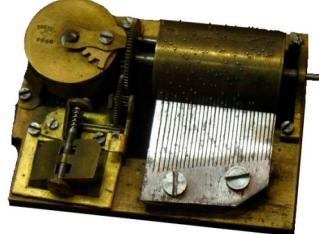
---

---

---

**A. Favre – La boîte à musique (1796)**

- évolution des carillons
- cloches et marteaux remplacés par le peigne ou clavier et les picots du rouleau



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

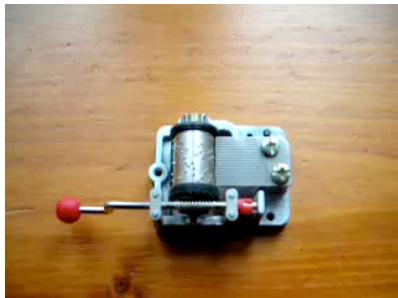
---

---

---

---

### A. Favre – La boîte à musique (1796)



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### J. M. Jacquard – le métier Jacquard (1801)

- But = limiter le travail des enfants
- Techniques
  - aiguilles de B. Bouchon
  - cartes perforées de J. B. Falcon
  - cylindre de J. de Vaucanson
- Considéré par beaucoup comme l'ancêtre de l'ordinateur
  - cartes perforées encore utilisées dans les années 70 pour programmer les ordinateurs!!!



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

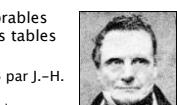
---

---

---

### C. Babbage – la machine à différences (1821)

- But = corriger les innombrables erreurs présentes dans les tables mathématiques



- principe inventé en 1786 par J.-H. Müller
  - basé sur le calcul différentiel développé indépendamment par Leibniz et Newton
  - évalue les valeurs d'un polynôme pour toutes les valeurs de x, sans avoir à réaliser de multiplications

- ex :  $F(x) = 2x + 3$

x	1	2	3	4	5	6
$F(x)$	5	7	9	11	13	15
Diff.	2	2	2	2	2	2



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

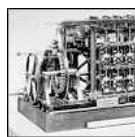
---

---

---

### C. Babbage – la machine à différences (1821)

- 2 machines imaginées, jamais terminées
- 1843 : C. Scheutz & fils, premiers à construire une machine de 5 digits et 3 différences puis 15 digits et 4 différences



- 1991 : reconstituée au Science Museum de Londres (3t, 4000 pièces)



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### C. Babbage – la machine à différences (1821)



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

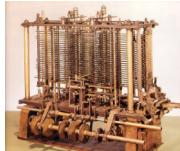
---

---

---

### C. Babbage – la machine analytique (1834–1836)

- Babbage définit les principaux concepts sur lesquels reposent les machines informatiques
  - un dispositif d'entrée-sortie (cartes perforées)
  - un organe de commande (control barrel) gérant le transfert des nombres et leur mise en ordre pour le traitement ;
  - un magasin (store) permettant de stocker les résultats intermédiaires ou finaux ;
  - un moulin (mill) chargé d'exécuter les opérations sur les nombres ;
  - un dispositif d'impression
- Jamais réalisée
  - techniques de l'époque insuffisantes



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Programmation de la machine analytique

- La machine analytique est programmable
  - grâce aux cartes perforées en entrée
    - un lecteur pour le programme
    - un lecteur pour les données
  - permet à la machine de réaliser
    - des boucles
    - des branchements conditionnels (saut de quelques instructions en avant ou en arrière)
  - instructions contrôlées par le séquenceur
    - cylindre poussant des barres pour réaliser les différentes étapes d'une opération de calcul
    - peut à tout moment indiquer l'étape suivante
    - rotation commandée par un compteur

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

## A. Byron, comtesse de Lovelace – l'algorithmique

- Collaboratrice de Babbage
  - chargée de réaliser les programmes de la machine
  - première « programmeuse » de l'histoire
  - invente la technique des **sous-programmes**

« *La machine analytique n'a nullement la prétention de créer quelque chose par elle-même. Elle peut exécuter tout ce que nous saurons lui ordonner d'exécuter [...] Son rôle est de nous aider à effectuer ce que nous savons déjà dominer* »
  - Euclide – *Les éléments* (300 av. J.C.) – algorithme de calcul du PGCD
  - Abou Jafar Muhammad Ibn Müsa al-Khuwārizmī (780-~850) – décrit des méthodes de calcul algébrique
  - Averroès (1126-1198) – décrit une méthode de raisonnement ou la thèse s'affine étape par étape



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

## L'avenir des calculatrices mécaniques

- 1822 – Commercialisation par C. X. Thomas de calculatrices inspirées de celle de Leibniz
  - Pb = lenteur à cause de l'introduction des données
- 1850 – Ajout d'un clavier numérique comme sur les machines à écrire (Remington, Hansen)
  - commercialisées à partir de 1887
- 1885 – Ajout d'une imprimante pour la sortie des résultats (Burrough)

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

## Du mécanique à l'électrique

- 1890 – Totalisateur électrique (H. Hollerith)
  - machine de dépouillement des résultats du recensement américain de 1890, basée sur l'utilisation de cartes perforées
  - fondateur de la Tabulating Machine Company, qui deviendra International Business Machine (IBM) en 1924



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

## L'algèbre de Boole

- G. Boole
  - 1854 : restructure la logique en un système formel -> la logique devient une branche des mathématiques
- Algèbre de Boole
  - partie des mathématiques, de la logique et de l'électronique qui s'intéresse aux opérations et aux fonctions sur les variables logiques
  - permet d'utiliser des techniques algébriques pour traiter les expressions à deux valeurs de la logique des propositions
  - permet de modéliser des raisonnements logiques, en exprimant un "état" en fonction de conditions

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

## L'informatique théorique – D. Hilbert (1928)

- 3 questions (parmi d'autres) posées au Congrès International des Mathématiciens
  - Les mathématiques sont-elles complètes ?
    - tout énoncé mathématique peut-il être soit prouvé, soit réfuté ?
  - Les mathématiques sont-elles cohérentes ?
    - peut-on être sûrs que des raisonnements valides ne conduiront pas à des absurdités ?
  - Les mathématiques sont-elles décidables ?
    - existe-t-il un algorithme pouvant dire de n'importe quel énoncé mathématique s'il est vrai ou faux ?
    - Entscheidungsproblem

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### L'informatique théorique – K. Gödel (1931)

- répond aux deux premières questions de Hilbert
  - tout système formel suffisamment puissant est soit incohérent, soit incomplet
  - si un système d'axiomes est cohérent, cette cohérence ne peut être prouvée en n'utilisant que les axiomes

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### L'informatique théorique – A. Turing (1936)

- Résout l'*Entscheidungsproblem*
  - construit un modèle formel de calculateur (la machine de Turing)
  - prouve que sa machine ne peut résoudre certains problèmes, notamment le problème d'arrêt
    - étant donné un programme, peut-on dire s'il termine pour n'importe quelle valeur des données ?
    - ex. :

```
tant que x != 1 faire
    si x est pair alors x := x / 2
    si x est impair alors x := 3x + 1
stop
```

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### La machine de Turing (1936)

- Comprend
  - un bande de longueur illimitée constituée de cellules
  - un contrôleur
    - comporte un nombre limité d'états, dont un état spécial, l'état de départ, qui est l'état initial de la machine avant son exécution
    - peut lire et écrire des symboles sur la bande
    - agit en fonction de l'état courant et du symbole lu en activant des règles (dont l'ensemble constitue le programme) :
      - réécrire le symbole courant
      - changer d'état
      - se déplacer à gauche ou à droite sur la bande

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### Calculabilité et thèse de Church-Turing

- Calculabilité
  - cherche à identifier la classe des fonctions qui peuvent être calculées à l'aide d'un algorithme
  - le problème de l'arrêt n'est pas calculable
- Thèse de Church-Turing
  - Tout problème de calcul basé sur une procédure algorithmique peut être résolu par une machine de Turing
  - Tout problème solvable sur un ordinateur est aussi solvable sur une machine de Turing

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### C. Shannon

- Premier à utiliser l'algèbre de Boole, pour les circuits de commutation téléphonique (1937)
  - construire des machines à relais en utilisant l'algèbre de Boole pour décrire l'état des relais (1: fermé, 0: ouvert)
  - Communication = émetteur ET Récepteur
    - Communication est "VRAI" Si émetteur actif ET Récepteur actif
  - Décrocher = ( Décision de répondre ET Sonnerie ) OU décision d'appeler
    - Décrocher est "VRAI" Si on entend la sonnerie ET que l'on décide de répondre OU si l'on décide d'appeler

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### Ordinateurs électro-mécaniques

- Caractéristiques
  - utilisent des relais de téléphones
  - programmes externes sur bandes
- Principales dates
  - 1937 : G. Stibitz (Model K)
  - 1939 : K. Zuse (Z2)
  - 1940 : G. Stibitz (Complex Number Calculator)
  - 1941 : K. Zuse (Z3)
  - 1944 : H. Aiken (Harvard Mark I)

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### G. Stibitz

- Employé chez Bell Labs
- Model K (« kitchen table » 1937)
  - Additionneur binaire électromécanique
  - à base de relais de téléphone
- Complex Number Calculator (1940)
  - calculatrice (+, -, \*, /) de nombres complexes
  - 450 relais
  - reliée par lignes téléphoniques à 3 terminaux

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### K. Zuse - Z1 (1937)

- Calculateur mécanique
- Utilise le système binaire
  - pièce poussée ou tirée pour représenter « 0 » ou « 1 »
  - porte logique mécanique
  - programmé fourni par film 35mm percé de trous
  - représentation des nombres en « virgule flottante »
- Sépare
  - l'unité de traitement
  - la mémoire de données
  - l'unité de commande
- Peu fiable
  - certaines pièces fabriquées à la main avec une scie

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### K. Zuse - Z2 (1939)

- Calculateur électro-mécanique à relais
  - relais de téléphones électro-mécaniques « ouvert/fermé »
- Caractéristiques
  - mémoire mécanique du Z1 (64 nbs flottants de 22 bits)
  - unité de calcul composée de 1000 relais
- Fonctionnelle mais encore très peu fiable
  - présenté à l'Institut de recherche aéronautique allemand

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### K. Zuse - Z3 (1941)

- Considéré comme le premier véritable ordinateur de l'histoire
  - utilisé pour des calculs aéronautiques
- Caractéristiques
  - Fréquence du processeur : 5,33 Hz
  - Puissance réelle : 20 Flops
  - Nb relais : 2600
  - Programmable par ruban perforé
    - pas de branchement conditionnel
    - Turing-complet



Informatique générale - Histoire de l'informatique

---

---

---

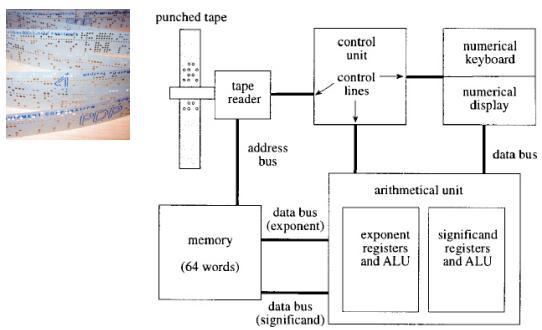
---

---

---

---

### K. Zuse - Architecture du Z3 (1941)



Informatique générale - Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### K. Zuse - Jeu d'instructions du Z3 (1941)

Type	Instruction	Description	Opcode
I/O	Lu	read keyboard	01 110000
	Ld	display result	01 111000
memory	Pr z	load address z	11 z <sub>6</sub> z <sub>5</sub> z <sub>4</sub> z <sub>3</sub> z <sub>2</sub> z <sub>1</sub>
	Ps z	store address z	10 z <sub>6</sub> z <sub>5</sub> z <sub>4</sub> z <sub>3</sub> z <sub>2</sub> z <sub>1</sub>
arithmetic	Lm	multiplication	01 001000
	Li	division	01 010000
	Lw	square root	01 011000
	Ls <sub>1</sub>	addition	01 100000
	Ls <sub>2</sub>	subtraction	01 101000

Informatique générale - Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### H. Aiken – Mark I (1939–1944)

- Université de Harvard
  - construit avec T. J. Watson
  - inspiré de la machine de Babbage
  - IBM ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator)
- Caractéristiques
  - électromécanique
  - 750000 éléments / 5 tonnes / 37 m<sup>2</sup>
  - travaille en décimal
  - 3 opérations sur 23 chiffres / s
  - mémoire de 72 chiffres (roues)
  - programmable par bandes de papier



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ordinateurs électroniques

- Caractéristiques
  - utilisent des tubes à vide puis des transistors
  - programmes externes puis enregistrés
- Principales dates
  - 1939–42 : J. Atanasoff / C. Berry (ABC)
  - 1943 : A. Turing / T. Flowers (Colossus II)
  - 1945 : J. Mauchly / J. P. Eckert (ENIAC)

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### J. Atanasoff / C. Berry – ABC (1939–1942)

- Université de l'Iowa
  - jamais terminé
- Caractéristiques
  - utilise des tubes à vide
    - 210 pour l'additionneur-soustracteur
    - 300 pour le contrôleur
  - mémoire de 30 nombres de 50 digits (capacités sur cylindres rotatifs)
  - fonctionne à 60 Hz



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### A. Turing - « Bomb » (1940)

- Bletchley Park

- machine électro-mécanique
- conçue pour déchiffrer les messages allemands de la machine Enigma



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

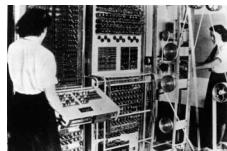
### A. Turing - « Colossus I & II » (1940 / 1943)

- Bletchley Park

- premier calculateur électronique fondé sur le langage binaire
- conçu pour déchiffrer le code Lorenz
- révélé uniquement en 1970

- Caractéristiques

- 1500 puis 2400 tubes à vide
- 5000 opérations/s
- instructions
  - lues sur bandes perforées
  - stockées dans mémoires tampons



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

---

### J. Mauchly / J. P. Eckert - ENIAC (1943-1945)

- Moore School (Université de Pennsylvanie)

- Electronic Numerical Integrator And Computer
- destiné au calcul de tables balistiques
- souvent considéré comme le premier ordinateur

- Caractéristiques

- 30 tonnes / 150 KW / 18000 tubes à vide / 200 KHz
- programmation par recâblage
- utilise la base 10
- accumulateurs

- Fonctionne jusqu'en 1952

- fragile (1 panne / 3 jours)



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

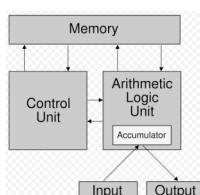
---

### J. v. Neumann – EDVAC (1945)

- Moore School
  - Electronic Discrete VAriable Computer

- Points de repères

- J. v. Neumann discute de l'ENIAC avec Mauchly et Eckert
- publie un rapport en 1945 décrivant l'architecture de l'EDVAC
  - programme enregistré dans la mémoire
  - séparer unité de commande / programme enregistré / unité de traitement
  - une seule mémoire pour instructions et données



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### IBM – SSEC (1947)

- Repères

- Selective Sequence Electronic Computer
- inspiré du Harvard Mark I
- dernier et plus complexe des monstres électromécaniques

- Caractéristiques

- Ordinateur hybride
  - 13000 tubes à vide (arithmétique)
  - 8 registres rapides et 23000 relais (contrôle)
- 50 instructions/s
- Codage des chiffres de 0 à 9 par code binaire
  - BCD (Binary Coded Decimal)
- Programmation
  - programme écrit sur bande papier perforée
  - registres internes pouvant contenir des instructions
  - possibilité de boucles, branchements conditionnels, sauts

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### IBM – SSEC (1947)

- Repères

- Selective Sequence Electronic Computer
- inspiré du Harvard Mark I
- dernier et plus complexe des monstres électromécaniques



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

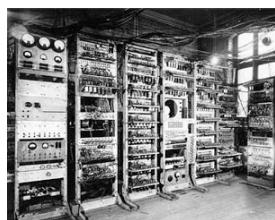
---

---

---

### Dans le sillage de v. Neumann (1)

- « Baby » de Manchester (1948)
  - T. Kilburn / F. Williams
  - utilise des tubes cathodiques
  - capacités très limitées (mémoire de 32 mots de 32 bits)



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

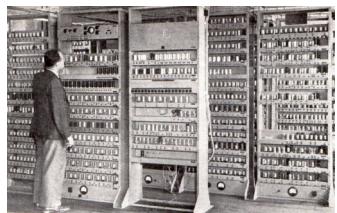
---

---

---

### Dans le sillage de v. Neumann (2)

- EDSAC de Cambridge (1949)
  - M. V. Wilkes
  - mémoires à ligne de retard à mercure (16 tubes de 32 mots de 17 bits)



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### Dans le sillage de v. Neumann (3)

- BINAC (47-49) & UNIVAC (47-51)
  - Eckert et Mauchly
  - premiers ordinateurs électroniques à programme enregistré aux Etats-Unis

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### EDVAC... suite et fin (1952)

- Repères
  - le mise au point a pris beaucoup de retard suite à de nombreux conflits et procès
- Caractéristiques
  - 6000 tubes à vides / 12000 diodes / 56 KW / 45 m<sup>2</sup> / 7850 kg
  - mémoire de 1000 mots de 44 bits
  - cadencée à 1MHz
  - 3 équipes de 30 personnes pour le faire fonctionner
  - fonctionne jusqu'en 1961



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### J. v. Neumann – IAS (1952)

- Princeton
  - Institute for Advanced Studies
- Caractéristiques
  - architecture parallèle asynchrone
    - les 40 bits d'une donnée sont traités en parallèle
    - les différentes unités travaillent à leur propre rythme
  - 2500 tubes à vide
  - mémoire de 4000 mots de 40 bits
  - cadencée à 1 MHz

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### 1947 : invention du transistor

- Le **transistor** est le composant électronique actif fondamental en électronique utilisé principalement comme interrupteur commandé et pour l'amplification, mais aussi pour stabiliser une tension, moduler un signal ainsi que de nombreuses autres utilisations
- Supplante le tube à vide
  - plus petit
  - plus fiable
- ordinateurs de deuxième génération
  - IBM 1401 (59) / 1620 (60) / 7000 (60)
  - DEC PDP-1 (60)
    - 1er ordinateur interactif



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

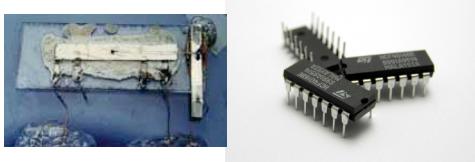
---

---

---

### 1958 : invention du circuit intégré

- Le **circuit intégré**, aussi appelé **puce électronique**, est un composant électronique reproduisant une ou plusieurs fonctions électroniques plus ou moins complexes, intégrant souvent plusieurs types de composants électroniques de base dans un volume réduit, rendant le circuit facile à mettre en oeuvre



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---

### Ordinateurs de troisième génération

- 1964 : IBM série 360
  - 1ère gamme d'ordinateurs compatibles entre eux
- 1964 : DEC PDP-8
  - beaucoup plus compact
- 1969 : Data General Nova
  - bon marché (50000 exemplaires vendus)

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

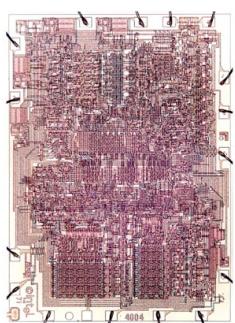
---

---

---

### 1971 : invention du microprocesseur

- 1971 : Intel 4004
  - ordinateurs de 4ème génération



Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

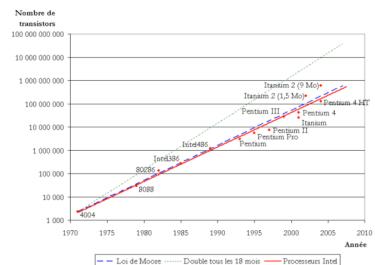
---

---

---

## La loi de Moore

- nb de transistors dans les microprocesseurs double tous les 2 ans



Informatique générale – Histoire de l'informatique

## L'ordinateur personnel (1)

- 1973
  - DIEHL Alphatronic (Allemagne, Intel 8008)
  - Micral (France, F. Grenelle, Intel 8008)
- 1975
  - Altaïr (ordinateur en kit, Intel 8080)
- 1976
  - Apple I (S. Wozniak / S. Jobs)
- 1977
  - Apple II (S. Wozniak / S. Jobs)
    - architecture ouverte
    - lecteur de disquette
    - écran graphique en couleur

Informatique générale – Histoire de l'informatique

## L'ordinateur personnel (2)

- 1981
  - IBM PC (Intel 8088, 3 systèmes d'exploitation dont PC-DOS qui deviendra MS-DOS)
- 1982
  - IBM PC/AT (Intel 80286)
  - Commodore 64 (le plus vendu de tous les temps)
- 1983
  - Apple Lisa (interface graphique)
- 1984
  - Apple Macintosh (Motorola 68000, interface graphique & souris)
- 1985
  - Commodore Amiga

Informatique générale – Histoire de l'informatique

## Sources

- Christian Piguet, Heinz Hügli, *Du zéro à l'ordinateur, une brève histoire du calcul*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2004
- Henri Lilen, *La saga du micro-ordinateur, une invention française*, Vuibert, Paris, 2003
- <http://fr.wikipedia.org>
- Internet et le Web

Informatique générale – Histoire de l'informatique

---

---

---

---

---

---

---