

Modèle de Von Neumann

qkzk

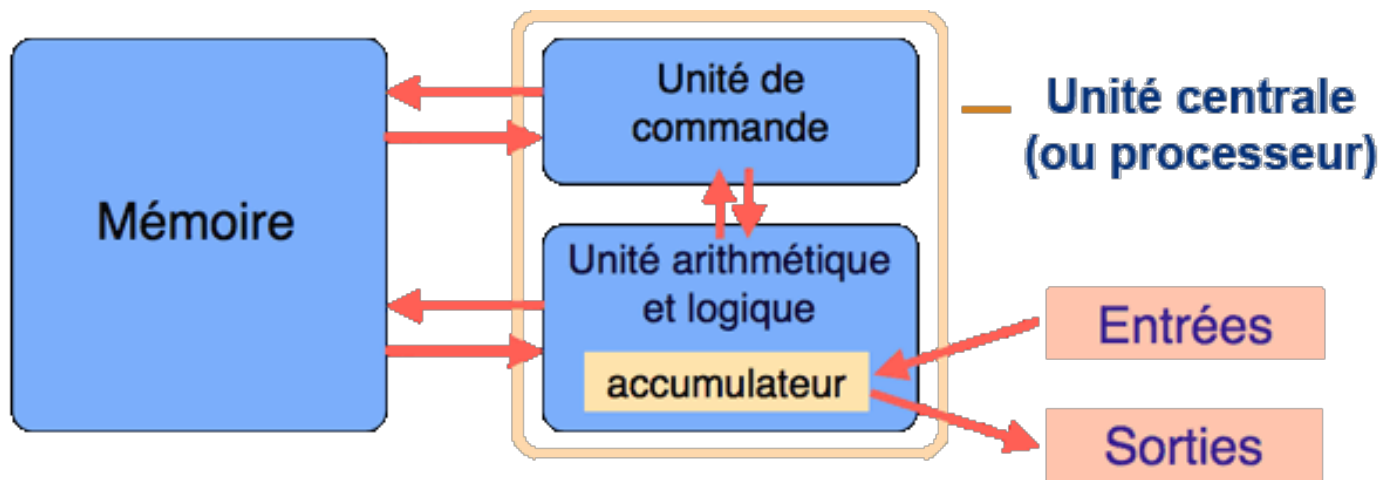
Architecture des machines : le modèle de Von Neumann

Un esprit universel

John Von Neumann : mathématicien, informaticien, ingénieur... Participe au projet Manhattan (première bombe atomique) et à l'ENIAC

En 1944, il propose un modèle *d'architecture* novateur qui sert toujours de base à l'architecture des ordinateurs actuels.

Présentation du modèle de Von Neumann



- **Processeur** : composé de deux unités
- **Unité de commande** : contrôle la séquence d'instructions
- **Unité arithmétique** : exécute les instructions
- **Mémoire** : contient les données et **les programmes**
- **Entrées** : clavier, cartes perforées, etc.
- **Sorties** : affichage, imprimante, écran

Avant d'entrer dans le détail, bref historique

Historique de la machine

Préhistoire informatique

- Compter : les doigts, les orteils et des outils.
- Concevoir des machines pour réaliser des calculs (*calculi* mot latin qui signifie "cailloux"). **Exemple** : Le *boulier*, découvert indépendamment par de nombreuses civilisations

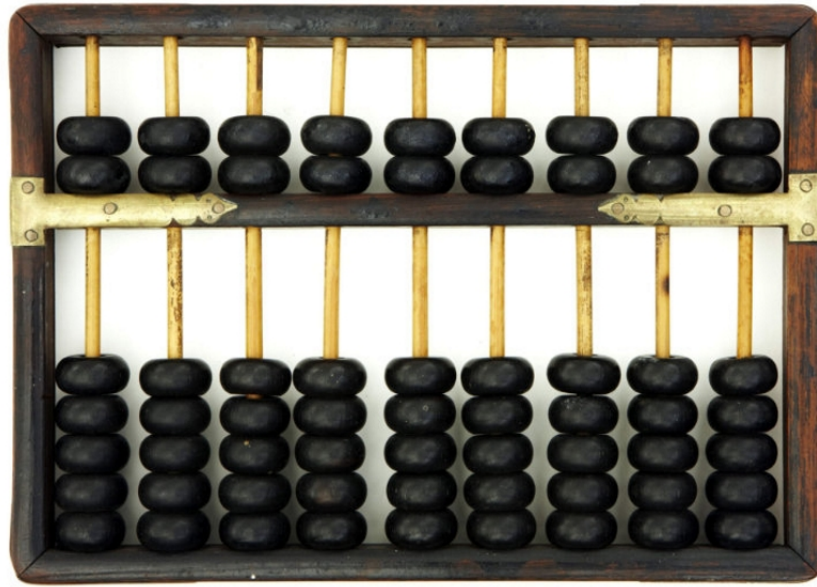


Figure 1: Boulier



Figure 2: La machine d'Anticythère

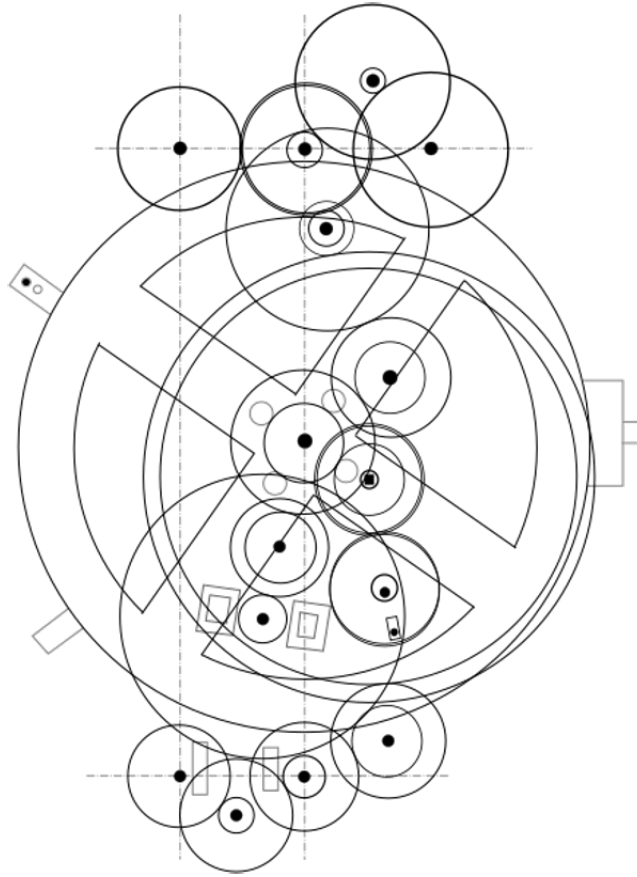


Figure 3: Reconstituée

Antiquité : naviguer

Antiquité : naviguer

Antiquité : naviguer

La machine d'Anticythère, découverte en 1900 et datant de -87 avant J.-C. servait à calculer les positions astronomiques et donc à **naviguer**

Elle démontre que :

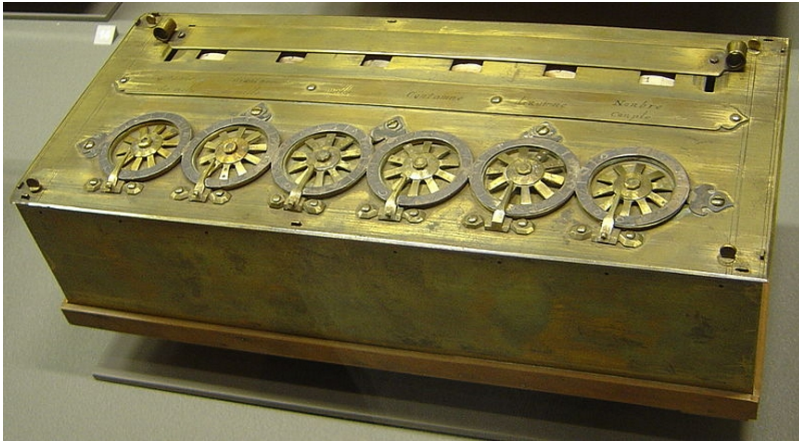
- Calculer a toujours été une entreprise importante
- L'homme s'est toujours montré d'une très grande ingéniosité pour y parvenir

Renaissance : Blaise Pascal

Blaise Pascal. Scientifique et penseur français du XVIIe siècle

- En physique : le *théorème de Pascal* qui exprime les variations de pression dans un fluide
- En mathématiques : *calcul infinitésimal*, *raisonnement par récurrence* etc.
- En philosophie et littérature : les *Pensées* (1669)
- En ingénierie : la *Pascaline*. Première machine à calculer. Inventée à 19 ans pour aider son père devant remettre en ordre les recettes fiscales d'une province.

La pascaline



Gottfried Wilhelm Leibniz

Leibniz (1646 - 1716) est un penseur allemand fait progresser la philosophie, les mathématiques, la physique et l'ingénierie autant que Pascal.

Il améliore la Pascaline et redécouvre le système **binaire**.

Néanmoins on n'utilisera réellement le binaire qu'après 1945.

Premières machines programmables : métiers à tisser

Joseph Marie Jacquard (1752-1834) améliore des principes déjà existants pour concevoir une machine à tisser utilisant les cartes perforées de **Jean-Baptiste Falcon**.

Les métiers Jacquard sont encore utilisés dans le médical pour réaliser des coudières, genouillères et prothèses d'artères.

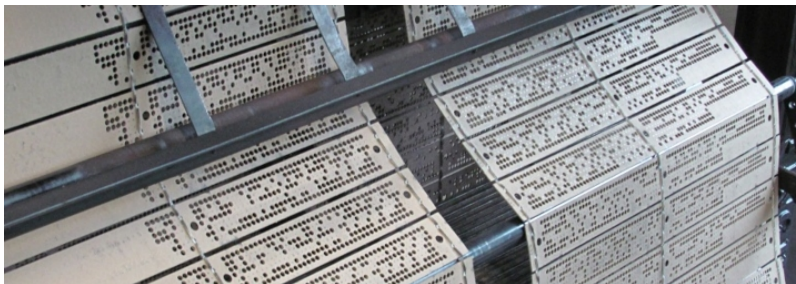


Figure 4: Cartes perforées

Machine à calculer programmable

Charles Babbage constatant que les erreurs de calculs dans les tables conduisent à de nombreuses catastrophes invente en 1833 le concept de *machine (Difference Engine 1)* permettant d'automatiser le calcul.

Il correspond ensuite avec **Ada Lovelace** (comtesse et fille du poète Lord Byron). Elle conçoit les premiers programmes pour cette machine. Elle est vue comme la première programmeuse du monde.

Trop complexe, trop coûteuse la machine de Babbage ne verra jamais le jour.

Ada Lovelace

Électricité

La révolution industrielle de la fin du XIXe siècle conduit à l'apparition de l'électricité et des moteurs qui améliorent les machines à calculer.

Par exemple, aux USA, **Herman Hollerith**, conçoit une machine qui divise par deux le temps nécessaire au recensement de la population. Sa société fusionnera pour devenir IBM.

Diagram for the computation by the Engine of the Numbers of Bernoulli. See Note G. (page 722 of *rep.*)

Number of Operation.	Variable used.	Variable receiving result.	Indication of change in the value of any Variable.	Statement of Result.	Data.										Working Variables.										Result Variables.			
					x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}	y_{11}	y_{12}	y_{13}	
1	x_1	y_1	$x_1^2 = y_1$	$y_1 = x_1^2$	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512														
2	x_1	y_2	$x_1^3 = y_2$	$y_2 = x_1^3$	1	3	9	27	81	243	729	2187	6561	19683														
3	x_1	y_3	$x_1^4 = y_3$	$y_3 = x_1^4$	1	4	16	64	256	1024	4096	16384	65536	262144														
4	x_1	y_4	$x_1^5 = y_4$	$y_4 = x_1^5$	1	5	25	125	625	3125	15625	78125	390625	1953125														
5	x_1	y_5	$x_1^6 = y_5$	$y_5 = x_1^6$	1	6	36	216	1296	7776	46656	279936	1679616	10077696														
6	x_1	y_6	$x_1^7 = y_6$	$y_6 = x_1^7$	1	7	49	343	2401	16807	117649	823543	5781343	40353607														
7	x_1	y_7	$x_1^8 = y_7$	$y_7 = x_1^8$	1	8	64	512	4096	32768	262144	2097152	16796160	134368000														
8	x_1	y_8	$x_1^9 = y_8$	$y_8 = x_1^9$	1	9	81	729	6561	59049	531441	4782969	43046721	387420497														
9	x_1	y_9	$x_1^{10} = y_9$	$y_9 = x_1^{10}$	1	10	100	1000	10000	100000	1000000	10000000	100000000	1000000000														
10	x_1	y_{10}	$x_1^{11} = y_{10}$	$y_{10} = x_1^{11}$	1	11	121	1331	14641	161051	1771561	19531251	215438881	2389221651														
11	x_1	y_{11}	$x_1^{12} = y_{11}$	$y_{11} = x_1^{12}$	1	12	144	1728	20736	248832	2985984	35833856	429926400	5159116800														
12	x_1	y_{12}	$x_1^{13} = y_{12}$	$y_{12} = x_1^{13}$	1	13	169	2197	28561	371293	4816941	62250569	809457401	10522946209														
13	x_1	y_{13}	$x_1^{14} = y_{13}$	$y_{13} = x_1^{14}$	1	14	196	2744	38416	537632	7529344	105410816	1475751424	20660519936														
14	x_1	y_{14}	$x_1^{15} = y_{14}$	$y_{14} = x_1^{15}$	1	15	225	3375	50625	759375	11390625	170859375	2562890625	38443359375														
15	x_1	y_{15}	$x_1^{16} = y_{15}$	$y_{15} = x_1^{16}$	1	16	256	4096	65536	1048576	16796160	268435456	4294967040	68719897600														
16	x_1	y_{16}	$x_1^{17} = y_{16}$	$y_{16} = x_1^{17}$	1	17	289	4719	81573	1386951	23584161	401350731	6822962427	115990361259														
17	x_1	y_{17}	$x_1^{18} = y_{17}$	$y_{17} = x_1^{18}$	1	18	324	5508	98424	1771464	31949364	575088552	10351593936	186328710848														
18	x_1	y_{18}	$x_1^{19} = y_{18}$	$y_{18} = x_1^{19}$	1	19	361	6351	121671	2318469	44250921	840867501	15976482519	303553167861														
19	x_1	y_{19}	$x_1^{20} = y_{19}$	$y_{19} = x_1^{20}$	1	20	400	7200	144000	2880000	57600000	1152000000	23040000000	460800000000														
20	x_1	y_{20}	$x_1^{21} = y_{20}$	$y_{20} = x_1^{21}$	1	21	441	8163	167349	3514323	73800849	1550717827	32564674377	683838161927														
21	x_1	y_{21}	$x_1^{22} = y_{21}$	$y_{21} = x_1^{22}$	1	22	484	9248	205344	4519680	99432960	2189525120	48159552640	1059420177920														
22	x_1	y_{22}	$x_1^{23} = y_{22}$	$y_{22} = x_1^{23}$	1	23	529	10381	228761	5262961	121047161	2783274641	62925214741	1426280338041														
23	x_1	y_{23}	$x_1^{24} = y_{23}$	$y_{23} = x_1^{24}$	1	24	576	11520	259840	6144000	147456000	3538944000	84534630400	2028831130240														
24	x_1	y_{24}	$x_1^{25} = y_{24}$	$y_{24} = x_1^{25}$	1	25	625	12675	316406	7912500	197812500	4945312500	123632812500	3090820312500														
25	x_1	y_{25}	$x_1^{26} = y_{25}$	$y_{25} = x_1^{26}$	1	26	676	13876	351536	9141056	238667456	6205353856	161339190208	4114818845440														

Here follows a repetition of Operations thirteen to twenty-three.

Figure 5: Nombres de Bernoulli



Figure 6: Ada Lovelace

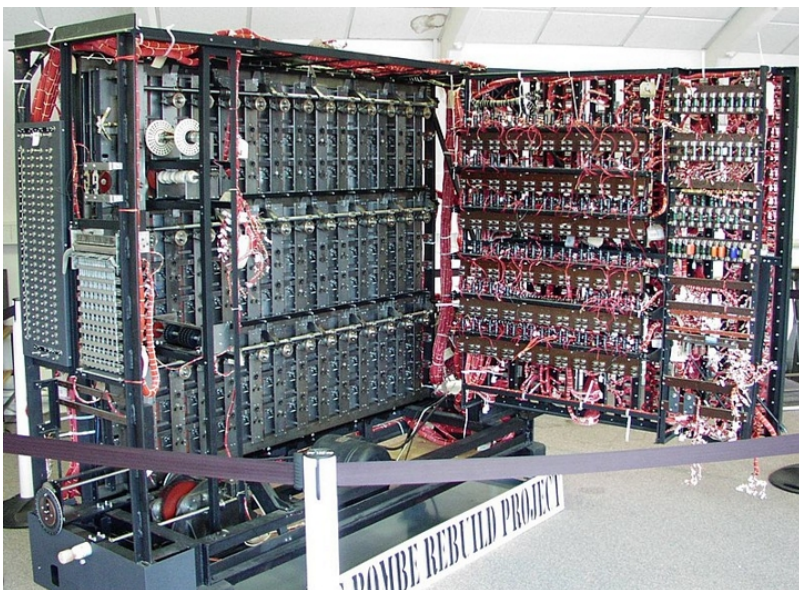
XXe siècle : un essor fulgurant

- Avant 1936 : première machine capable de *parallélisme*
- 1936 : **Alonzo Church** et **Kurt Gödel** fournissent un cadre théorique et Alan Turing propose un concept théorique de machine qui est encore utilisé.
- Seconde guerre mondiale. L'information est chiffrée et circule alors massivement via les ondes radio et le télégraphe. Le déchiffrement devient un enjeu mondial. Citons Enigma, utilisée par les allemands, déchiffrée par Turing grâce à *la bombe*.

Enigma



La bombe



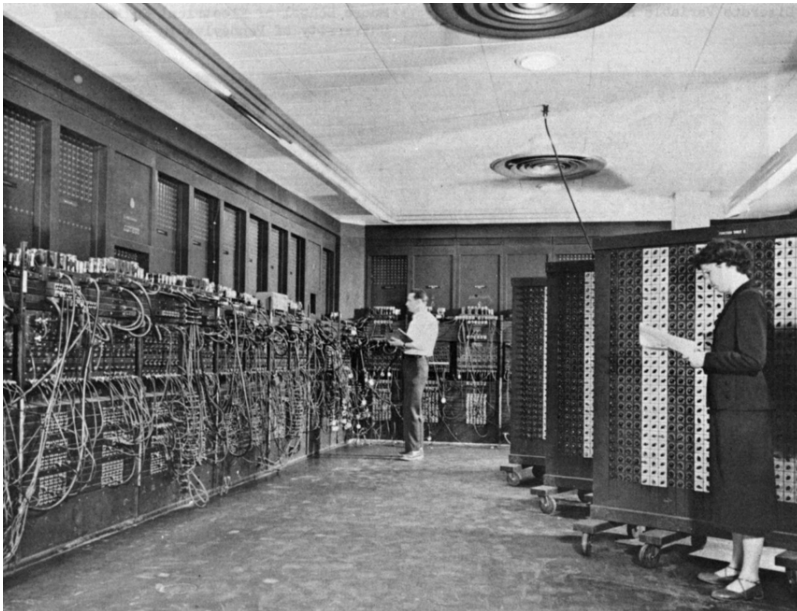
ENIAC

Les machines sont encore colossales !

- ENIAC : 30 tonnes, 167 m², 160 kW pour 100 kHz et 100 000 additions par secondes.
- Programme sur cartes perforées, entièrement électronique. Servant au calcul balistique. Programmé par six femmes.
- Calcul d'une trajectoire d'une table de tir. Comparatif :

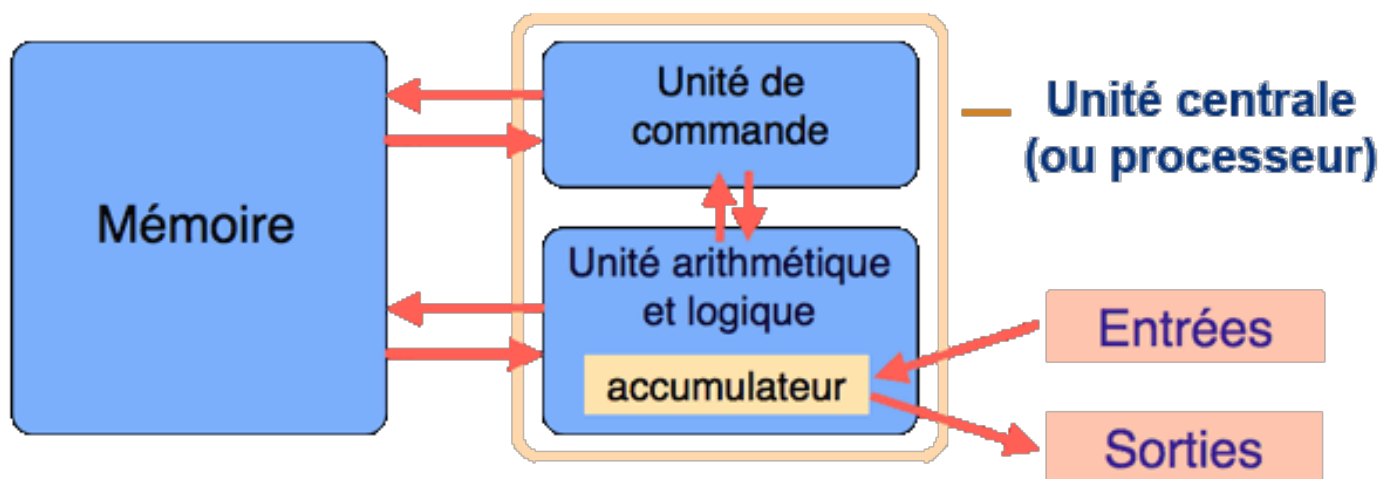
Méthode	Durée
Homme à la main	2,6 j
Avec une machine à calculer	12 h
Model 5 (concurrent ENIAC)	40 min
ENIAC	3 s
PC ~2000	30 µs

l'ENIAC : un monstre



Le modèle de Von Neumann en détail

Modèle de Von Neumann



- **Processeur** : composé de deux unités
- **Unité de commande** : contrôle la séquence d'instructions
- **Unité arithmétique** : exécute les instructions
- **Mémoire** : contient les données et les **programmes**

- **Entrées** : clavier, cartes perforées, etc.
- **Sorties** : affichage, imprimante, écran

Principe général

L'ordinateur effectue des instructions en séquence.

Chaque instruction se découpe en trois parties :

- fetch (*recupérer*)
- read (*lire*)
- execute (*exécuter*)

C'est tout ce que fait un processeur... mais il le fait 4 milliards de fois par seconde.

Unité de commande

Elle contrôle les instructions réalisées par la machine.

C'est elle qui récupère les instructions et les décode.

Elle s'occupe donc des parties "fetch" et "read"

Unité arithmétique et logique

Elle s'occupe de réaliser les *calculs* à effectuer.

On a déjà rencontré un petit morceau d'unité arithmétique : l'additionneur 1 bit.

Mémoire

Dans la mémoire on trouve à la fois les programmes et les données.

Entrées et sorties

L'interface du processeur. Sur un processeur moderne ce sont les broches.