

Une histoire du calcul et des machines intelligentes



Présentation historique



- Fondation neurobiologique
- Une petite histoire des chiffres
- Les machines à calculer
- Les machines programmables

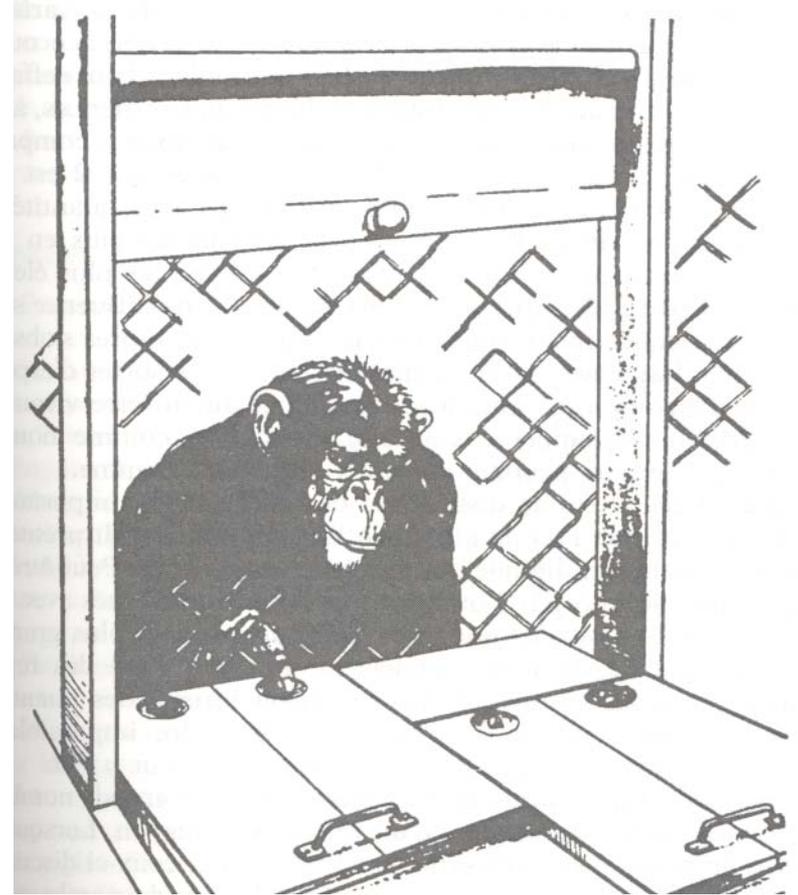
L'animal et le nombre

□ Hans le malin (1904)



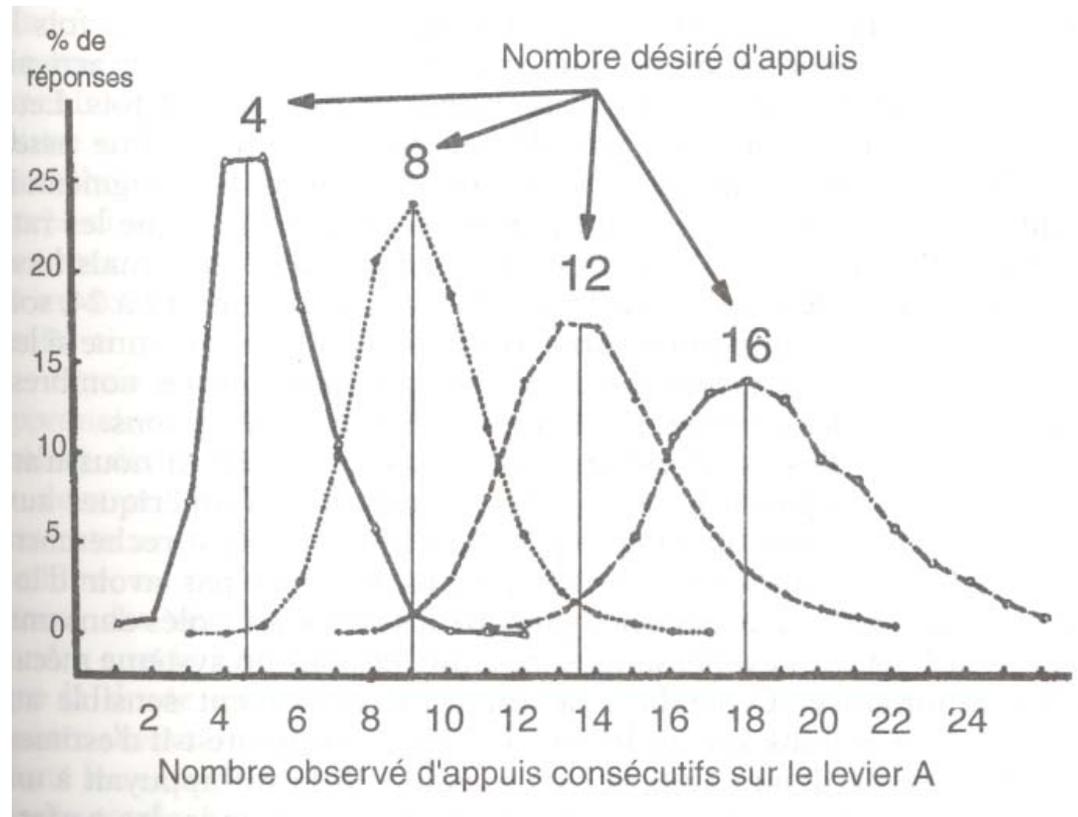
L'animal et le nombre

- A gauche du singe $5+1$
- A droite du singe $4+3$
- Le singe choisit bien



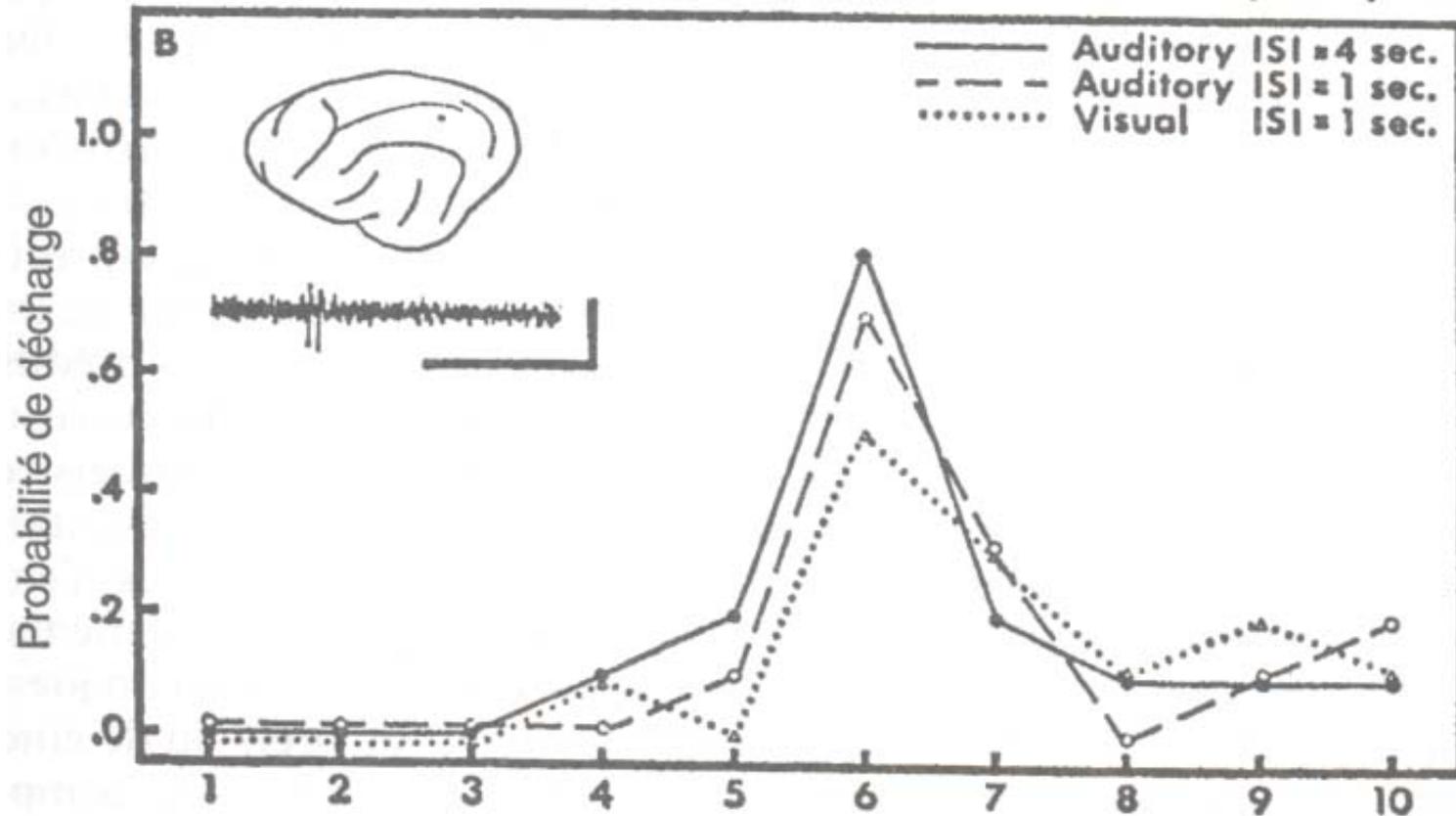
L'animal et le nombre

- Appuyer N fois sur A
- Appuyer sur B
- Nourriture



L'animal et le nombre

□ Hypothèse: l'accumulateur analogique

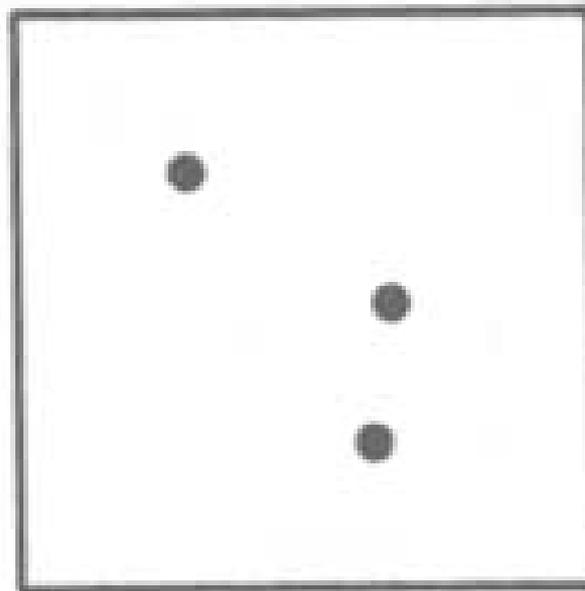
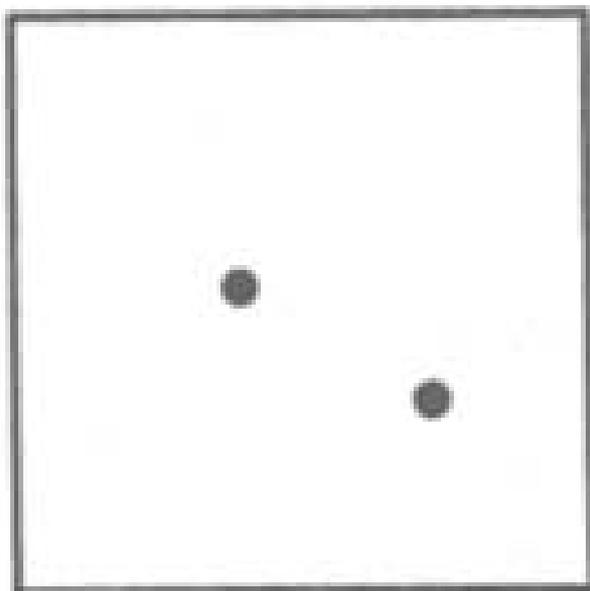


La perception élémentaire

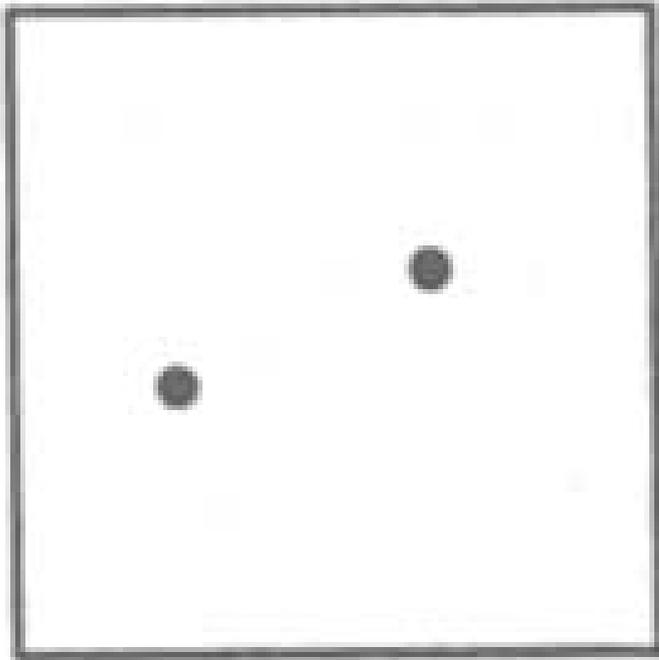
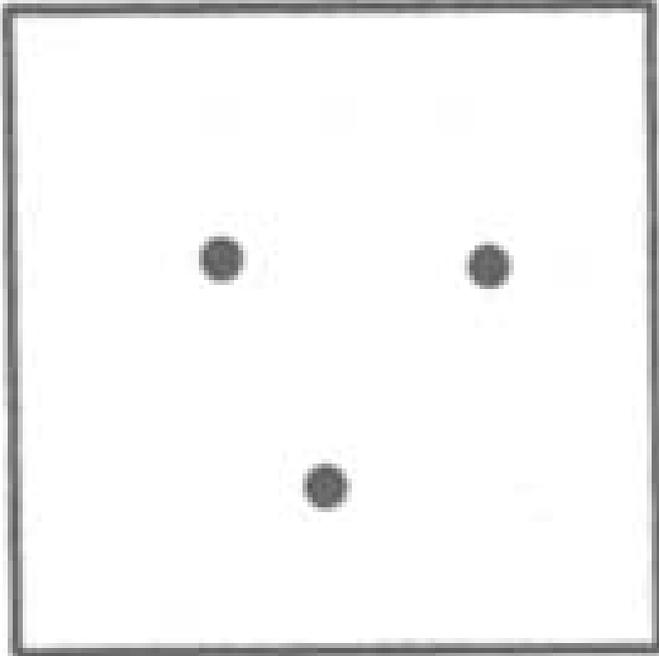


- L 'homme, tout comme les animaux, a des capacités perceptives cablées et limitées

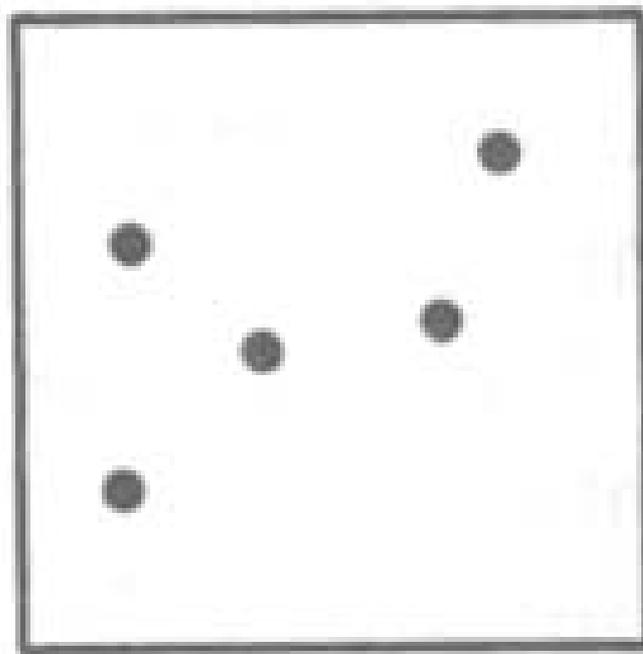
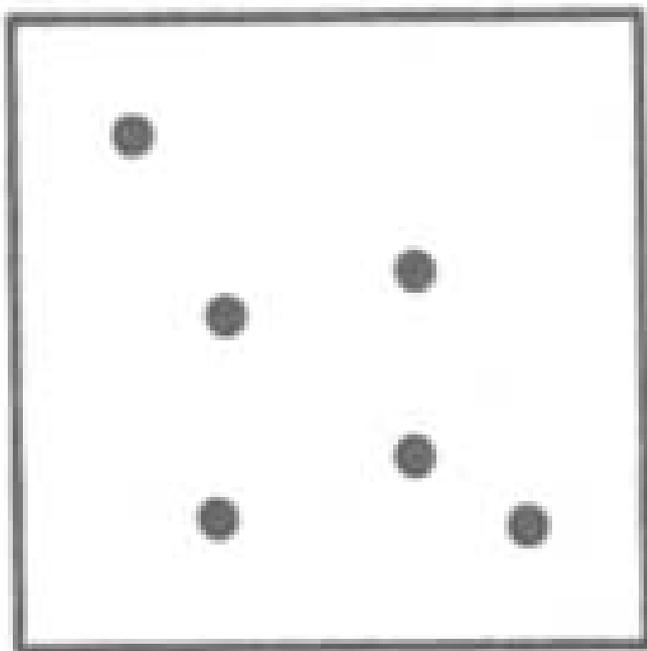
Comparons



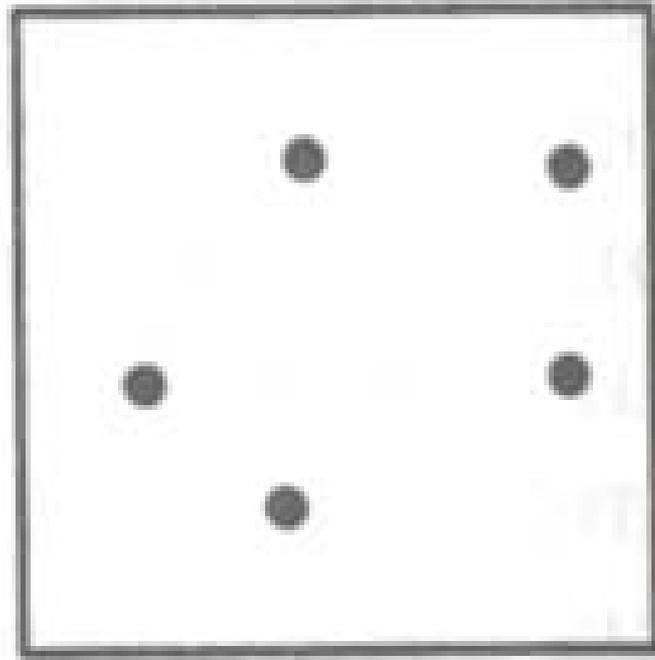
Comparons



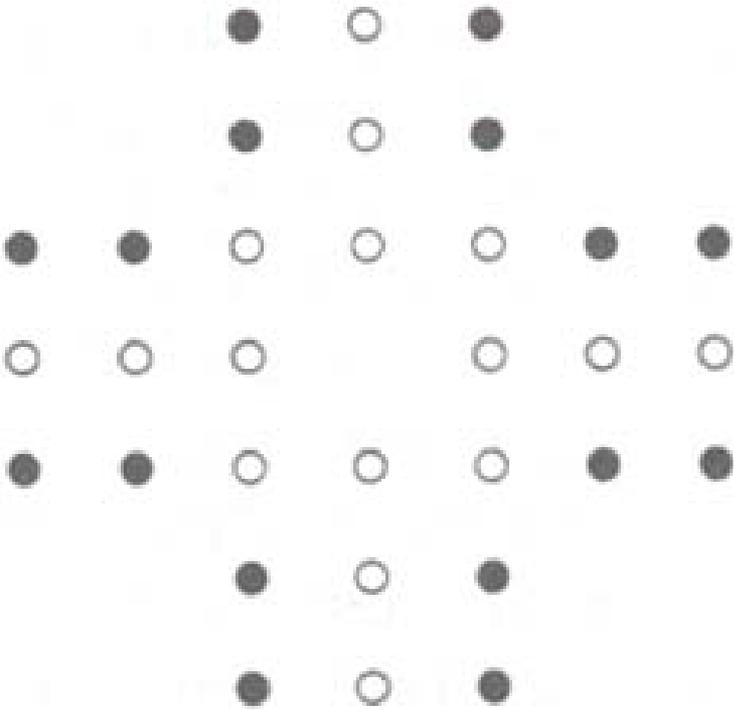
Comparons



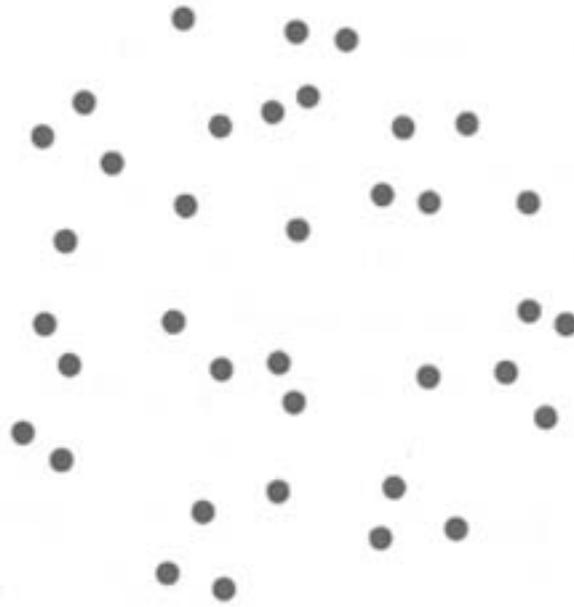
Comparons



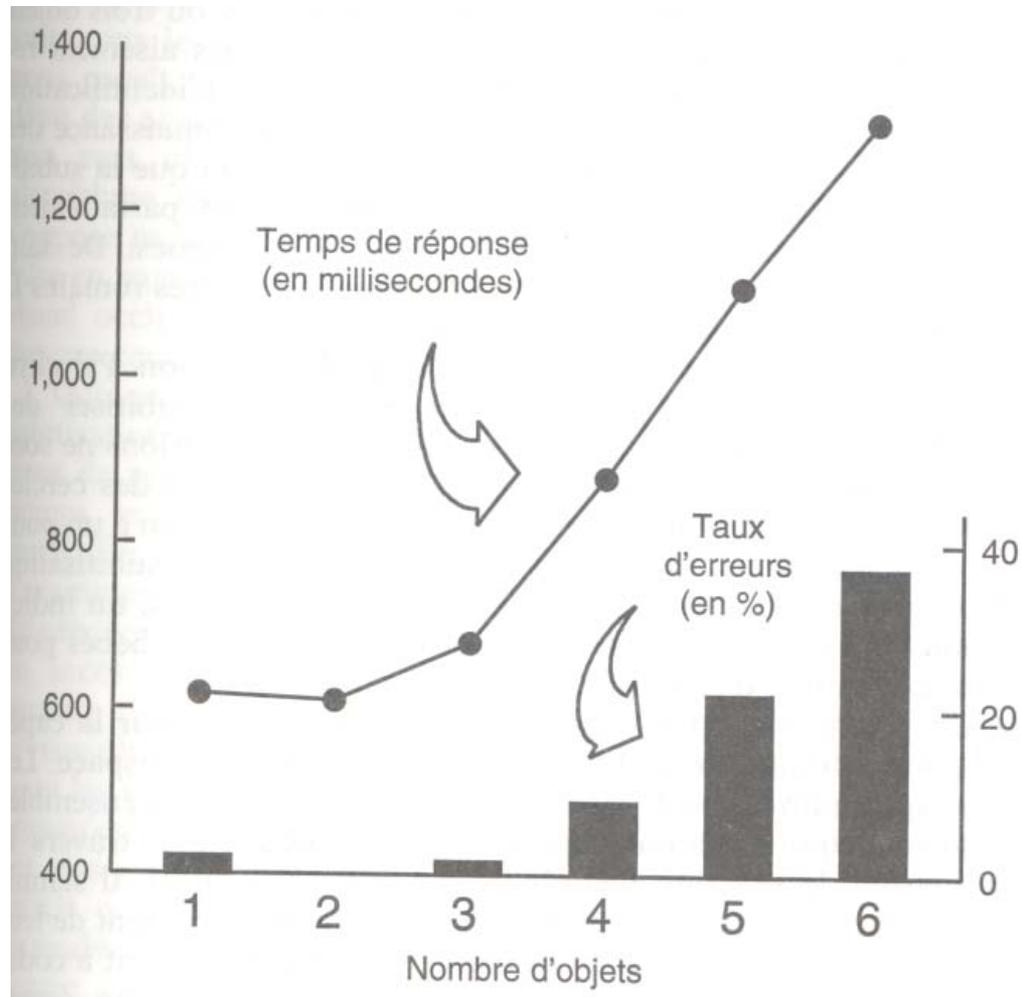
Comparons



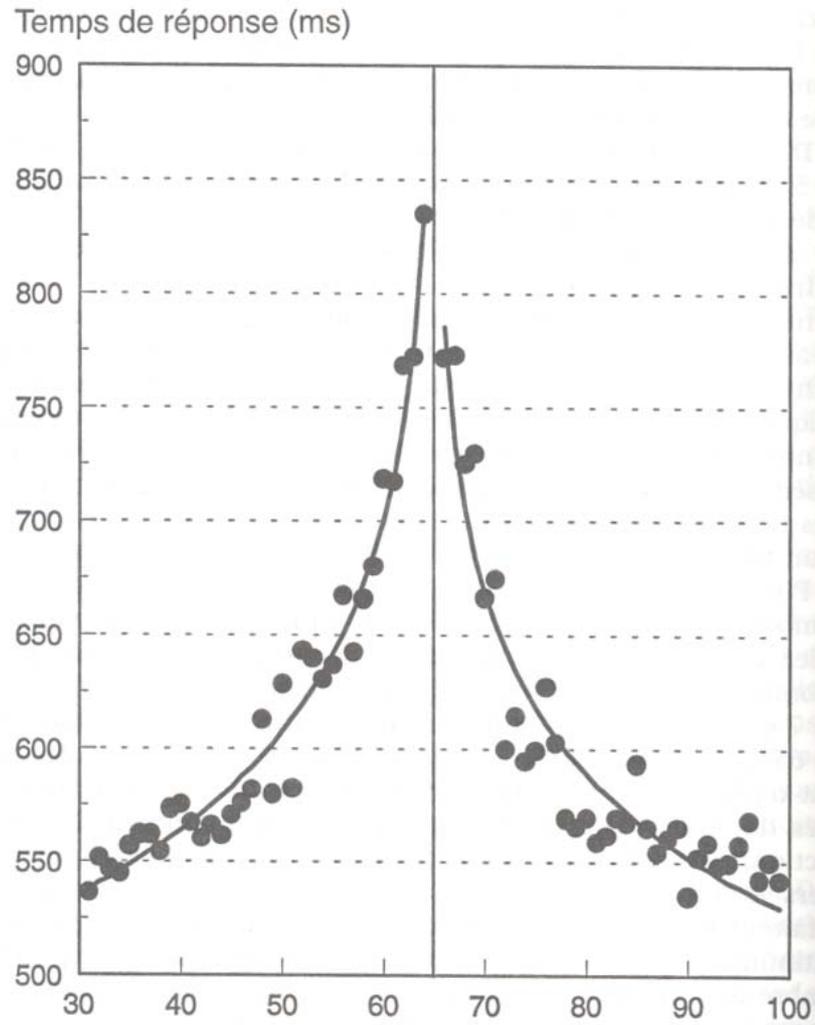
Comparons



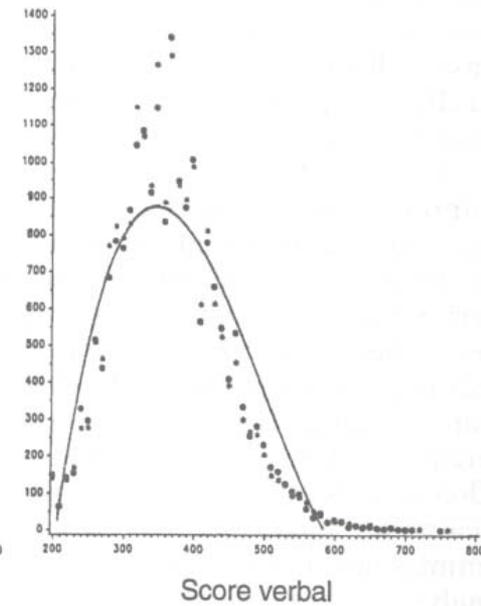
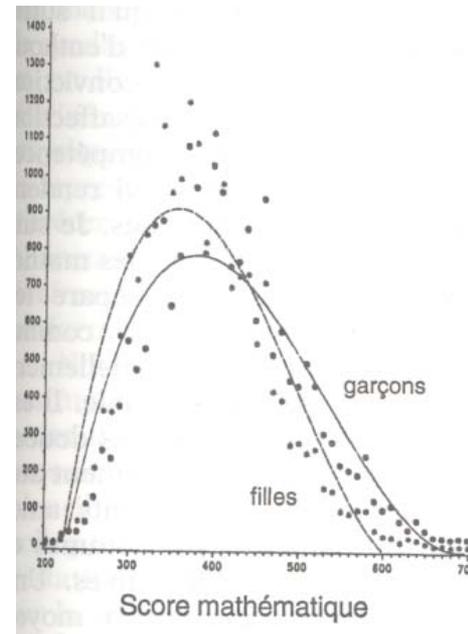
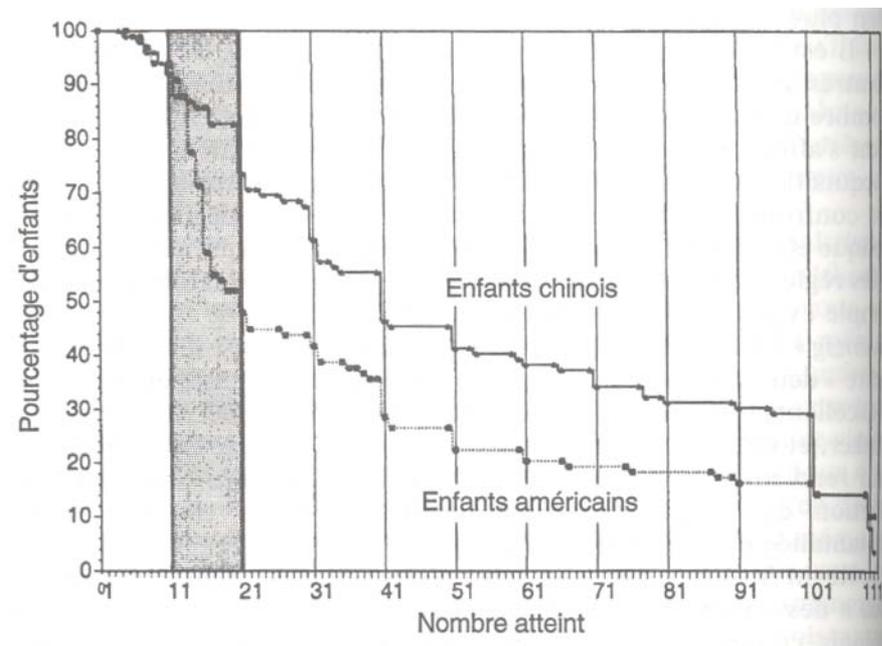
Comparons



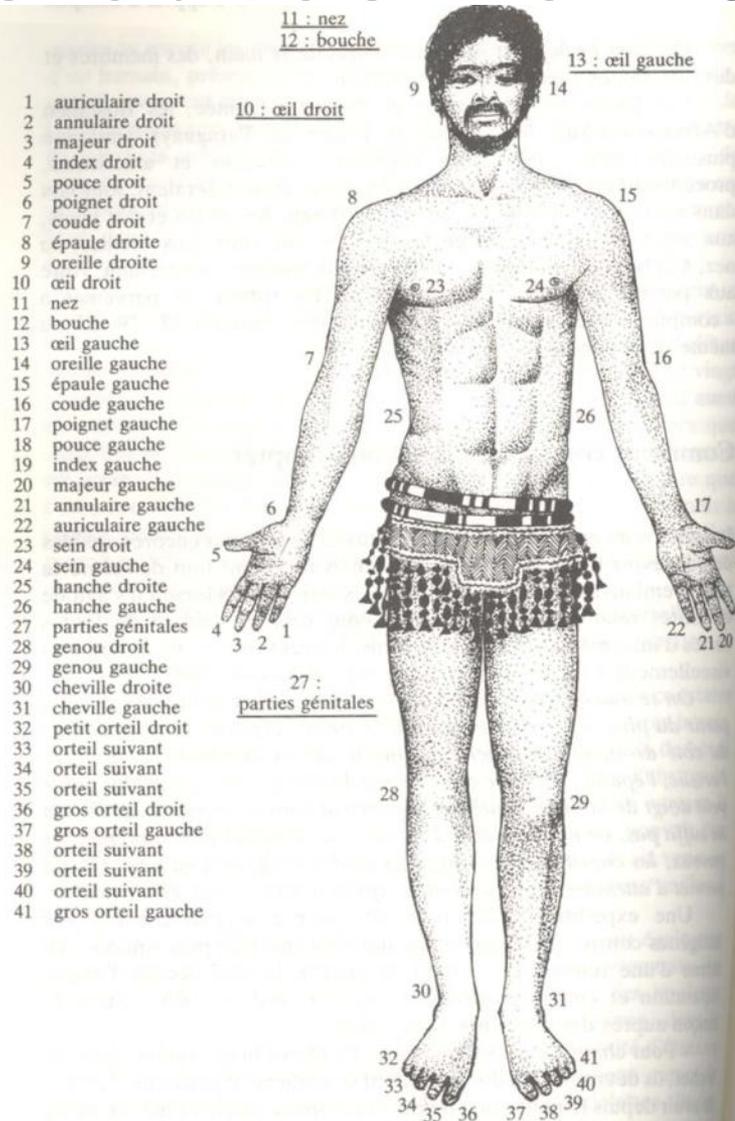
Comparons



Capacités mathématiques?



Le corps et les nombres

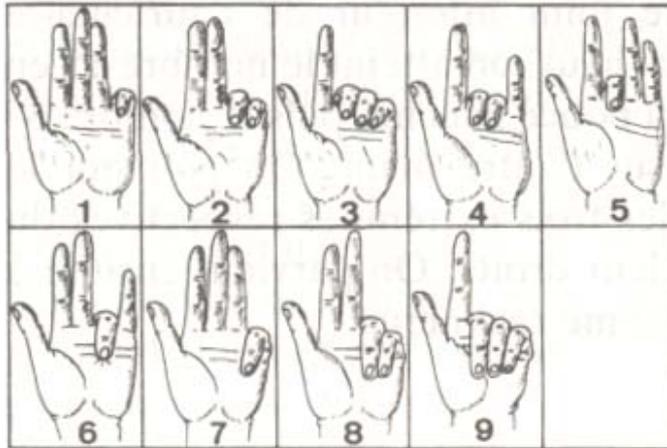


- 1 auriculaire droit
- 2 annulaire droit
- 3 majeur droit
- 4 index droit
- 5 pouce droit
- 6 poignet droit
- 7 coude droit
- 8 épaule droite
- 9 oreille droite
- 10 œil droit
- 11 nez
- 12 bouche
- 13 œil gauche
- 14 oreille gauche
- 15 épaule gauche
- 16 coude gauche
- 17 poignet gauche
- 18 pouce gauche
- 19 index gauche
- 20 majeur gauche
- 21 annulaire gauche
- 22 auriculaire gauche
- 23 sein droit
- 24 sein gauche
- 25 hanche droite
- 26 hanche gauche
- 27 parties génitales
- 28 genou droit
- 29 genou gauche
- 30 cheville droite
- 31 cheville gauche
- 32 petit orteil droit
- 33 orteil suivant
- 34 orteil suivant
- 35 orteil suivant
- 36 gros orteil droit
- 37 gros orteil gauche
- 38 orteil suivant
- 39 orteil suivant
- 40 orteil suivant
- 41 gros orteil gauche

Le corps humain : origine de l'arithmétique
(technique corporelle employée par les Papous de La Nouvelle-Guinée).

Le corps et les nombres

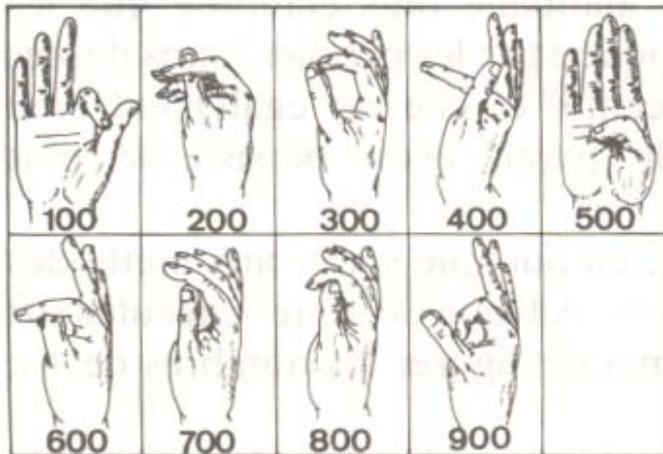
A: UNITES



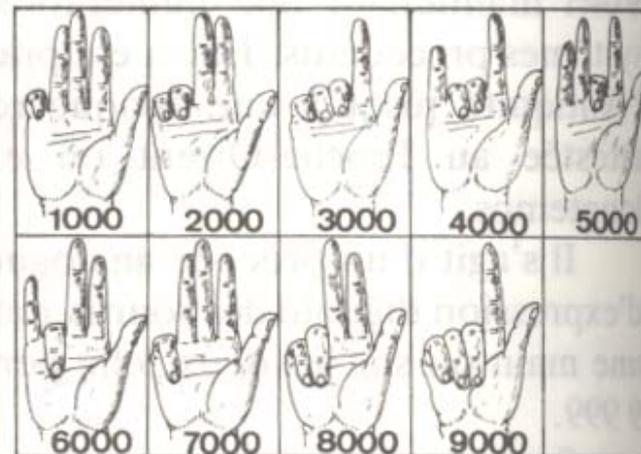
B: DIZAINES



C: CENTAINES

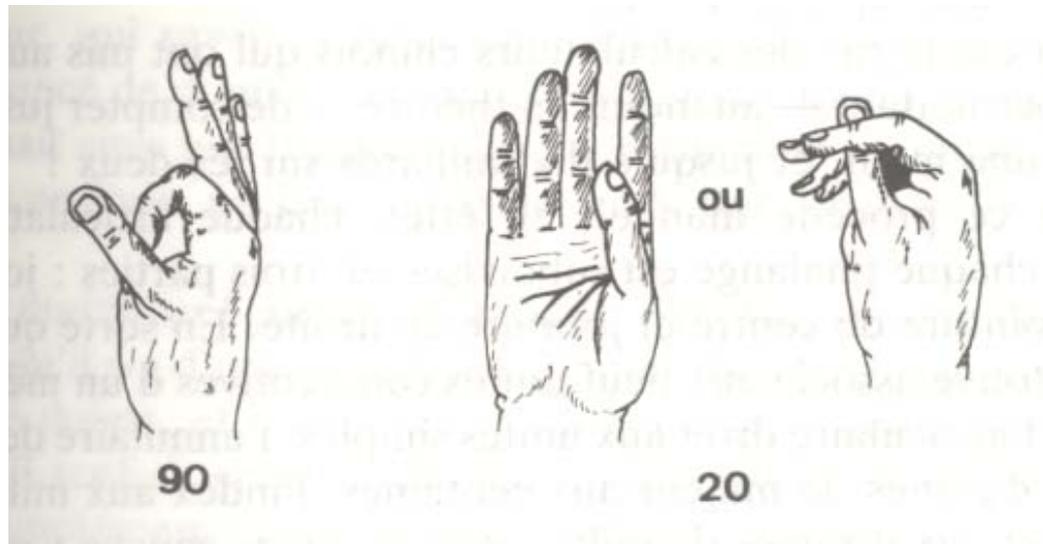


D: MILLIERS

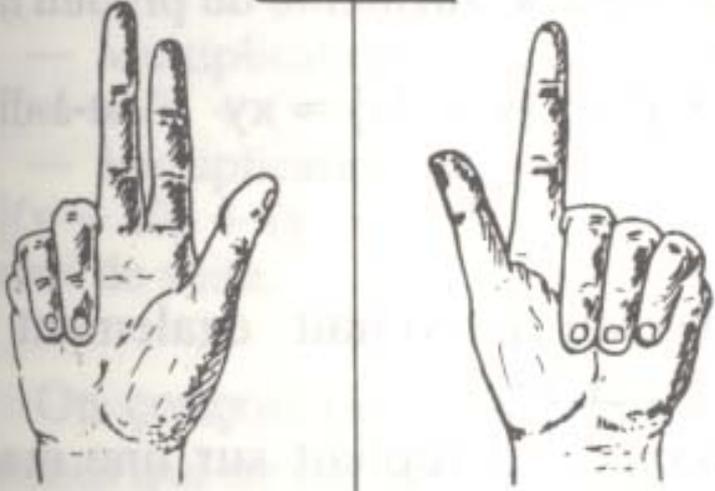
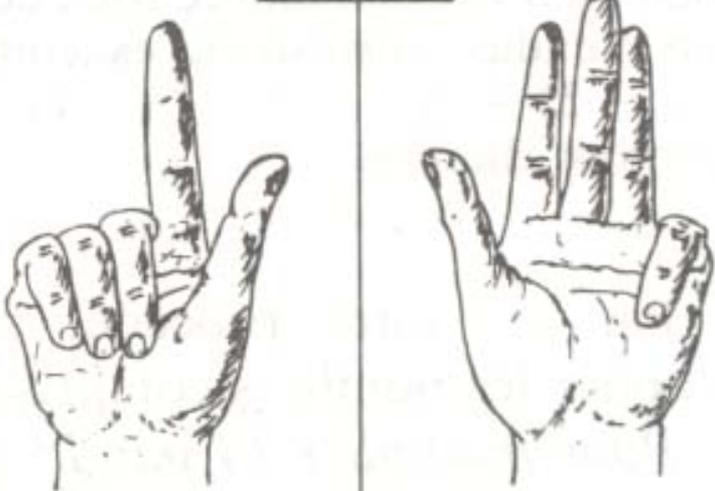


Le corps et les nombres

- Al Khaqani (1106-1200): « Sur leur 90, ils luttent jour et nuit pour savoir celui qui aura le 20 »



Le calcul digital

7×8	8×6
	
<p>PRODUIT DE 7 PAR 8</p> <p>Replier : (7-5) doigts d'une main, et (8-5) de l'autre.</p> <p>Résultat : 5 doigts repliés en tout 3 doigts levés sur une main et 2 sur l'autre</p> <p>Donc : $7 \times 8 = 5 \times 10 + 3 \times 2 = 56$</p>	<p>PRODUIT DE 8 PAR 6</p> <p>Replier : (8-5) doigts d'une main, et (6-5) de l'autre</p> <p>Résultat : 4 doigts repliés en tout, 2 doigts levés sur une main et 4 sur l'autre</p> <p>Donc : $8 \times 6 = 4 \times 10 + 2 \times 4 = 48$</p>

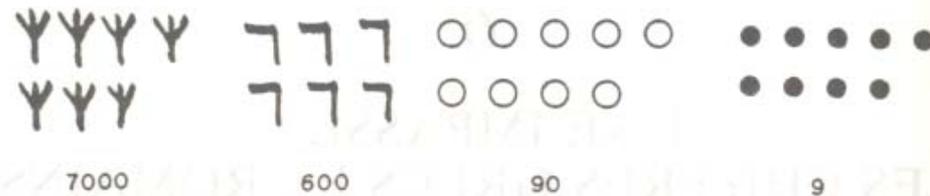
Divers systèmes antiques

Représentations comparées du nombre 7 699.

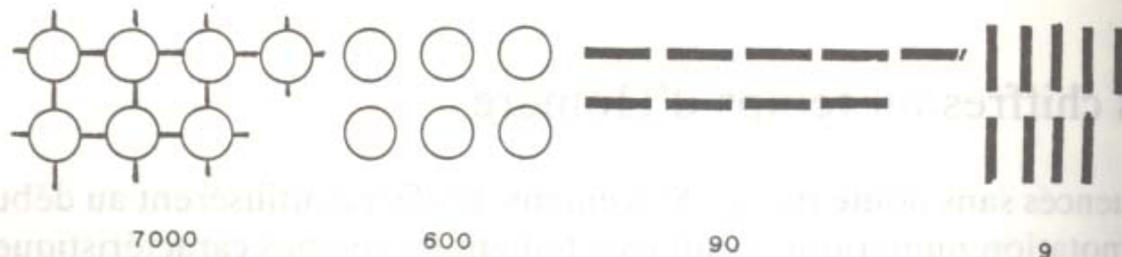
SYSTÈME ÉGYPTIEN



SYSTÈME CRÉTOIS ET MYCÉNIEN



SYSTÈME GREC ARCHAÏQUE



Homère (L 'Iliade 850BC)



- Hephaistos (Vulcain), dieu du feu et des forgerons, crée des apprentis mécaniques qui sont intelligents et doués du pouvoir de la parole.
- Il créera aussi un homme de bronze, Talos, qui surveille les rives de la Crète et repousse les envahisseurs.

Egypte hellénique (200BC)



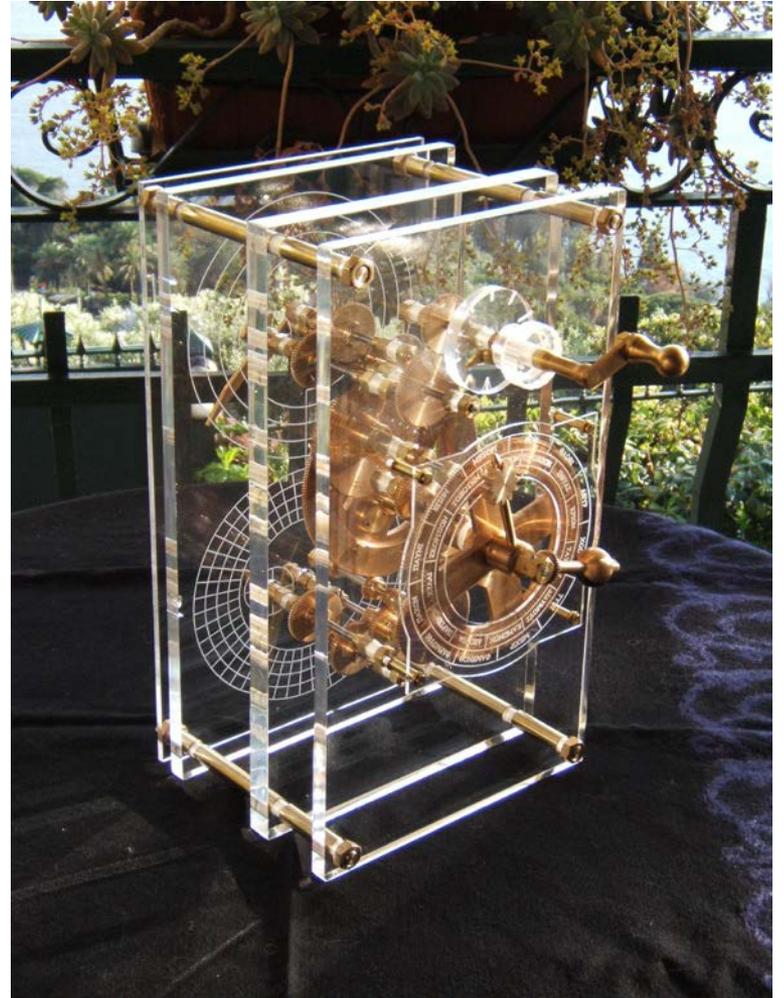
- Les prêtres égyptiens créent de véritables automates, soit mus par des systèmes hydrauliques, soit mus par des systèmes complexes de leviers et de cordes.

La machine d'Anticythère

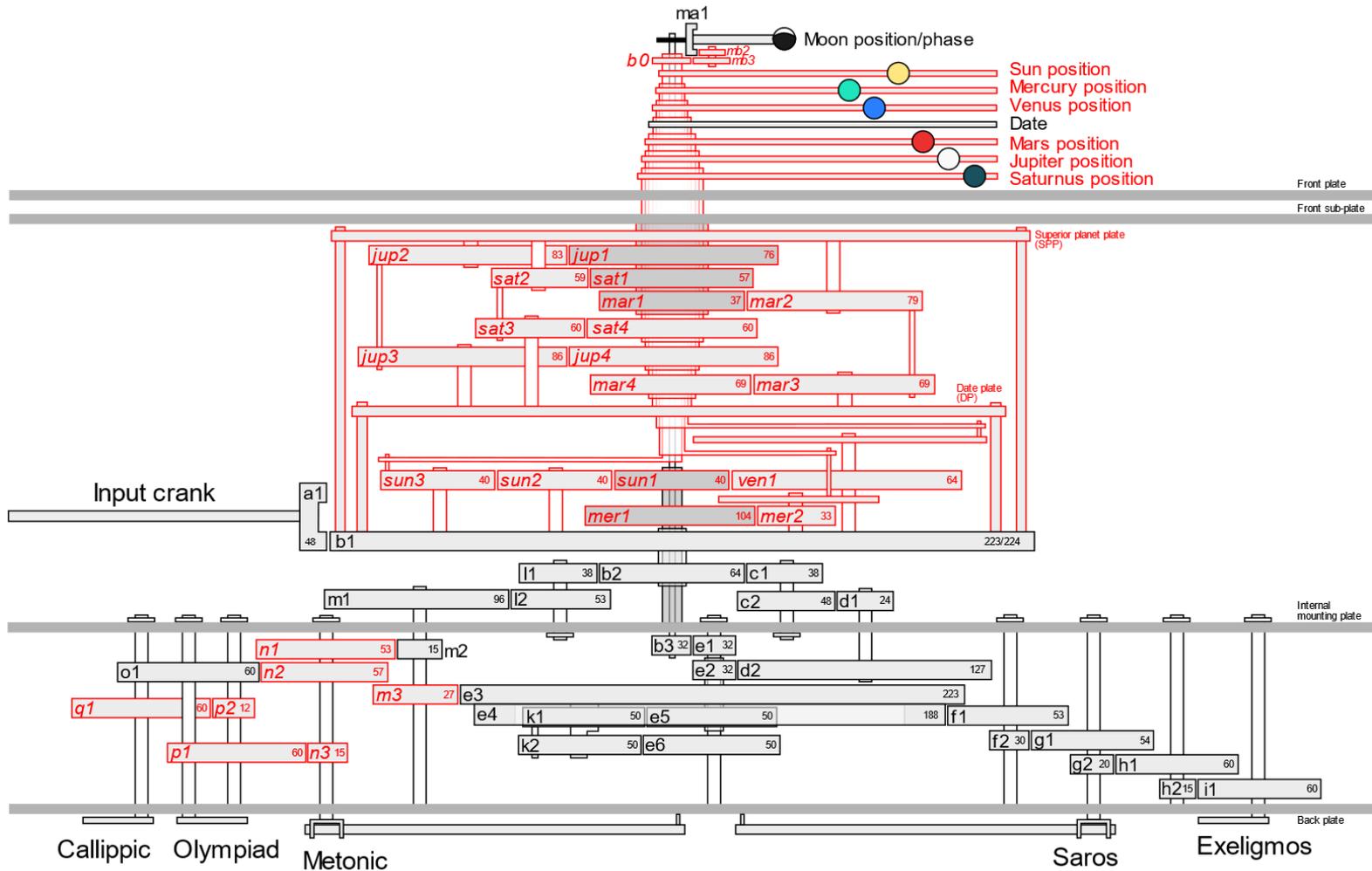


- Premier exemple des horloges astronomiques telles qu'elles seront construites au XIVème siècle
- Premier exemple de calculateur *analogique*
- Date de construction non exactement connue, mais probablement contemporaine d'Archimède
- Certains textes latins indiquent que ce type d'objet n'était pas rare à l'époque et qu'Archimède écrivit un traité sur leur construction.

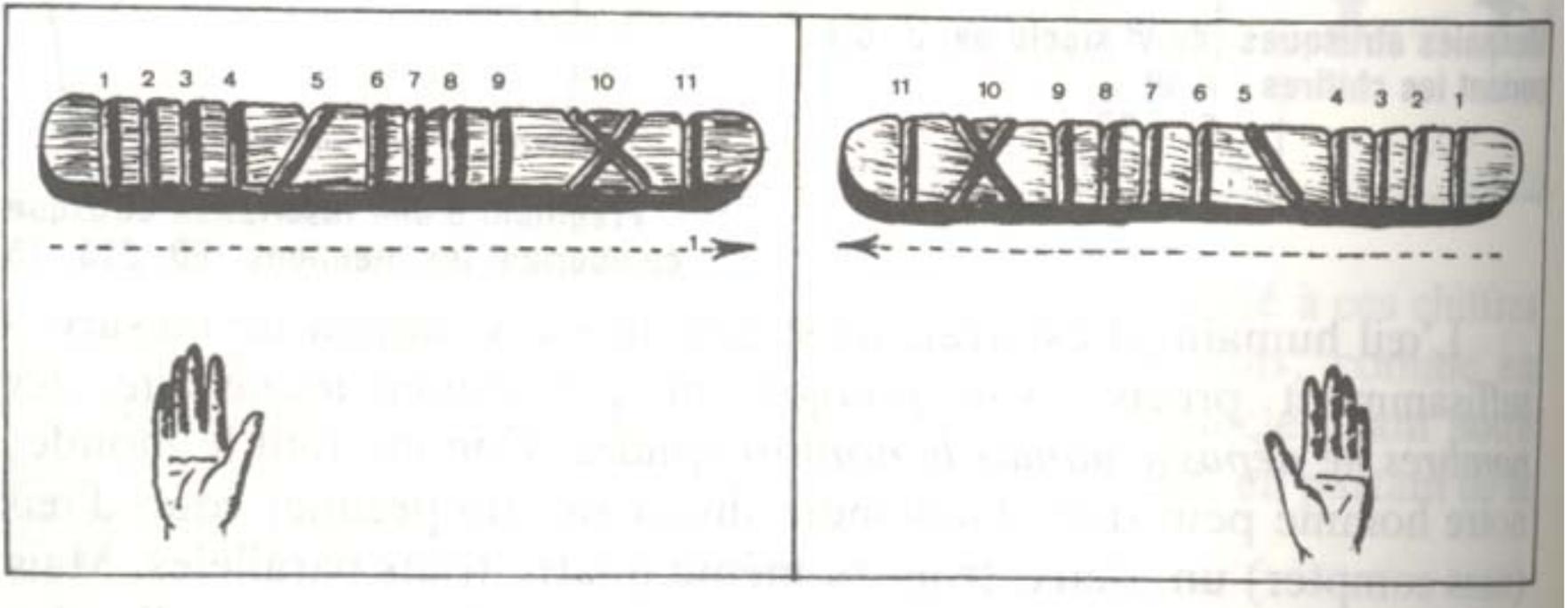
La machine d'Anticythère



La machine d'Anticythère



Les étrusques



Les babyloniens

□ Première numération par position



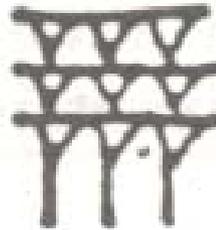
1



10



1



9

69



19

Le zéro



- Inventé par les chinois, les mayas, les babyloniens puis les hindous de façon indépendante. Inconnu des égyptiens, des grecs et des romains
- Ne représente au début qu'une absence de chiffre (rien) dans une position, mais en aucun cas la notion de vide

Les hindous



- Utilisation simultanée de symboles et de noms pour représenter les nombres (les données astronomiques étaient systématiquement vérifiées)
- Le zéro apparaît comme un point qui, en sanscrit, représente le mot vide
- A partir du VI^{ème} siècle, des techniques opératoires autres que les abaques commencent à apparaître

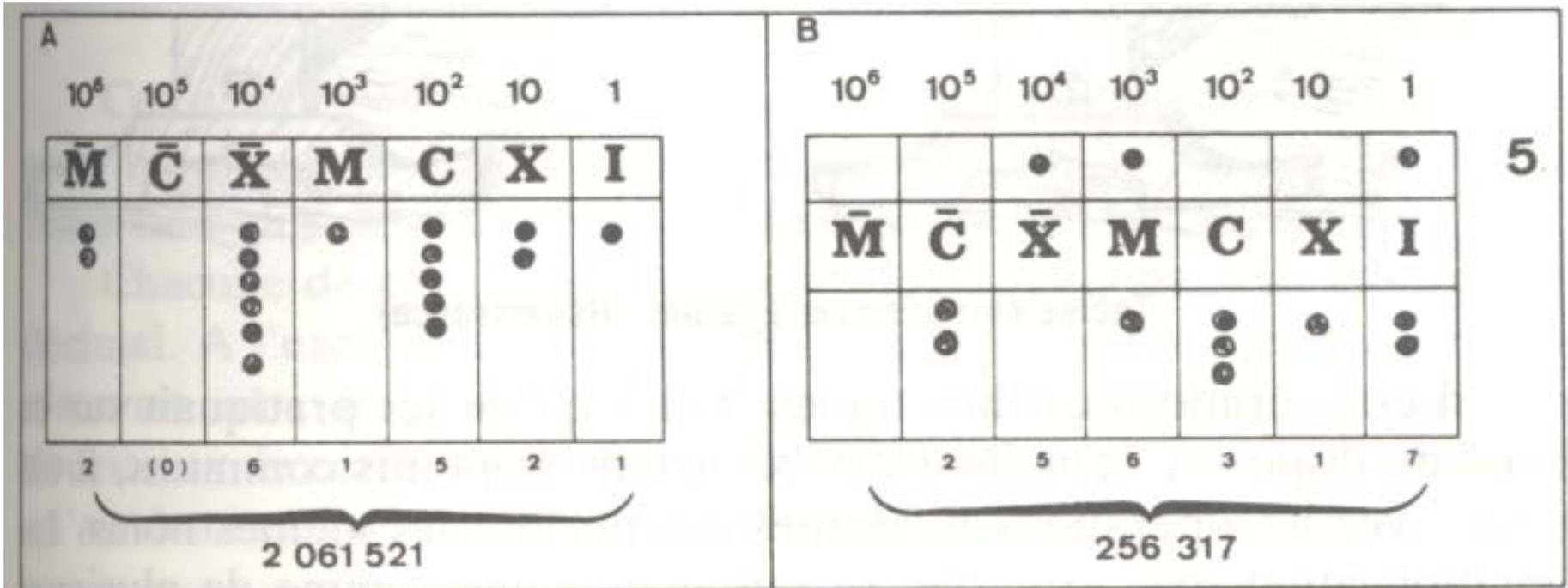
Les arabes

□ Transmission des chiffres hindous

Dates	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
XII ^e siècle	1	୨	୩	୪	୫	୬	୭	୮	୯	୦
XIII ^e s.	1	୭	୩	୪	୫	୬	୮	୮	୯	୦
XIV ^e siècle	1	୨	୩	୪	୫	୬	୭	୮	୯	୦
XV ^e siècle	1	୨	୩	୪	୫	୬	୮	୮	୯	୦
Vers 1524	1	୨	୩	୪	୫	୬	୮	୮	୯	୦

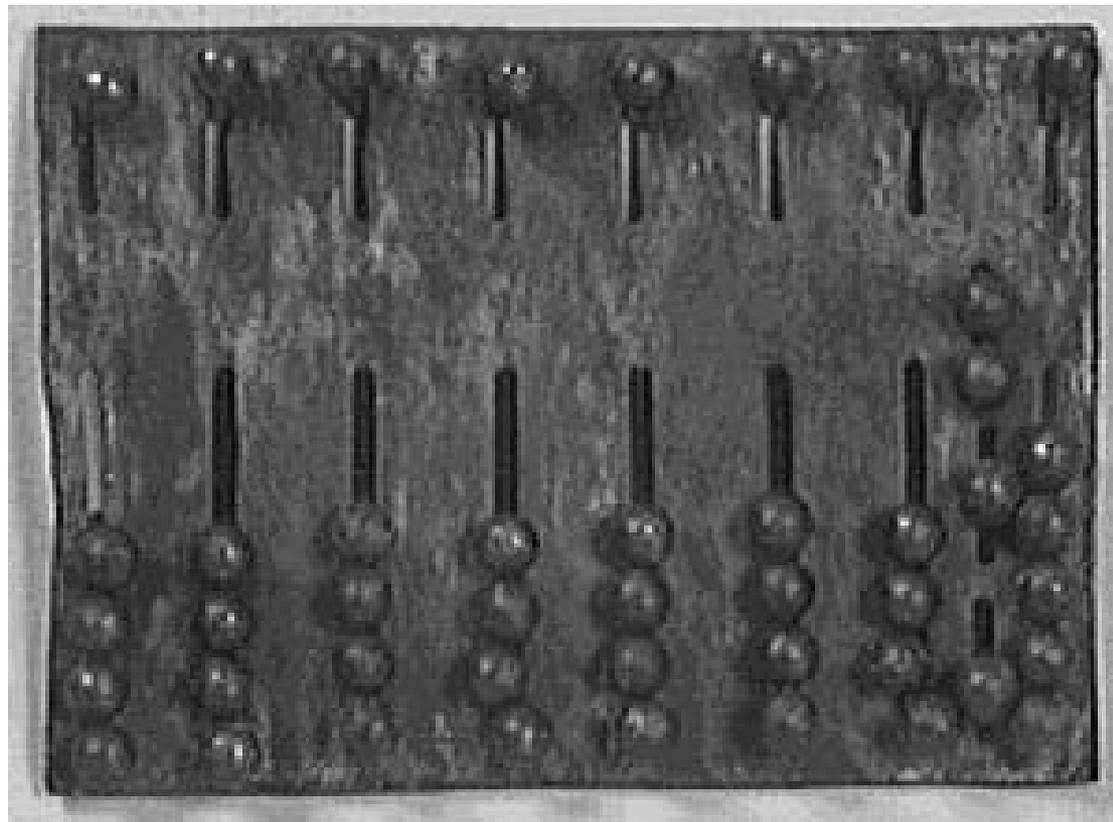
Les abaquages

- Présence attestée chez les grecs, les romains puis dans toute l'Europe médiévale



L'abaque romaine

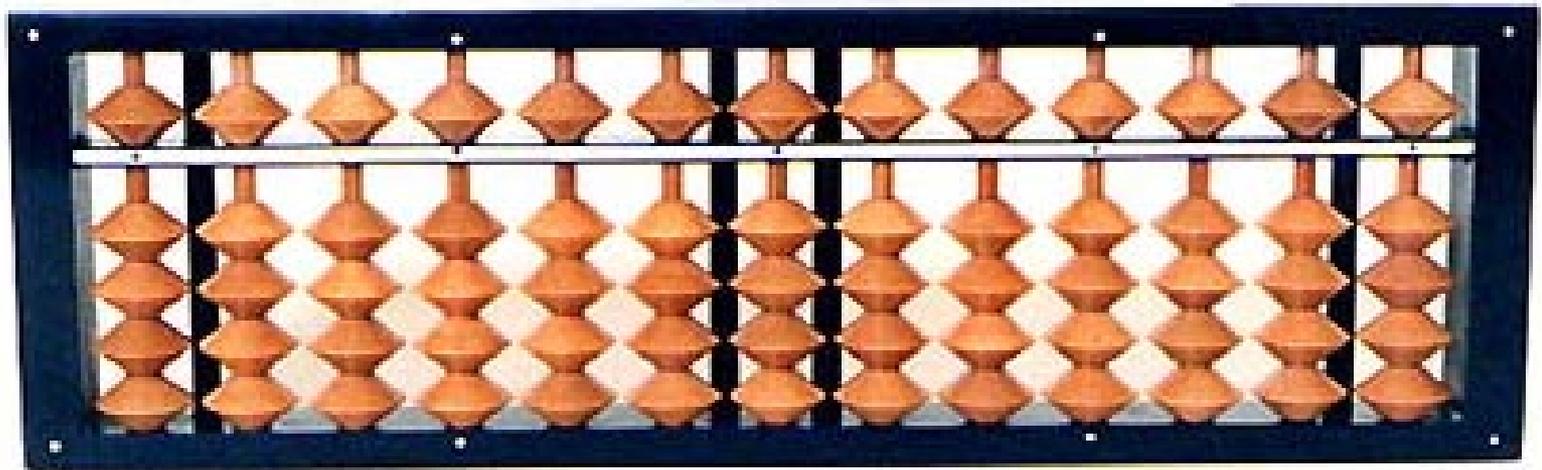
- Calculus = jeton / pierre
- Exemple de calculateur *digital*



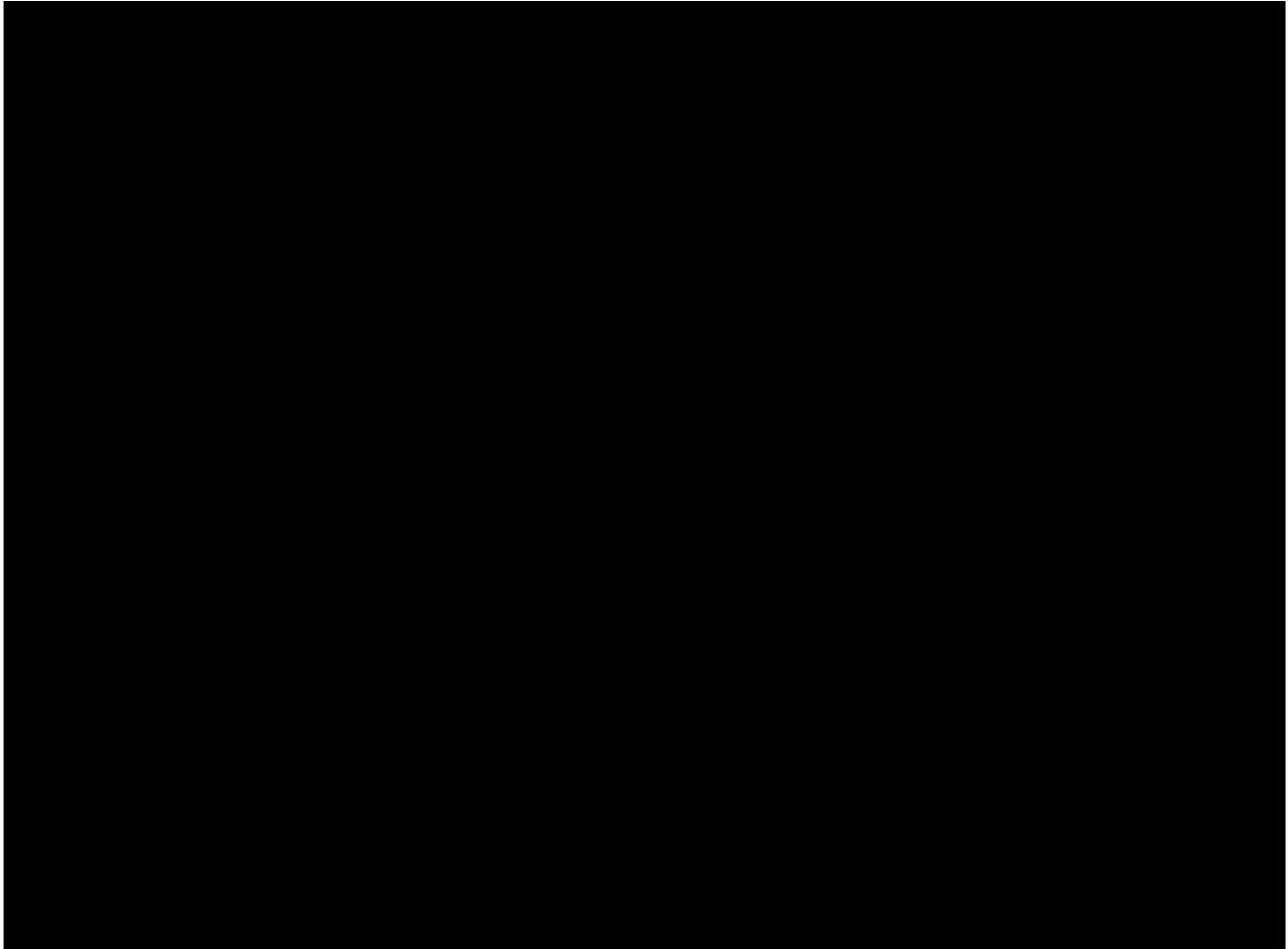
Le boulier chinois



Le boulier japonais (soroban)

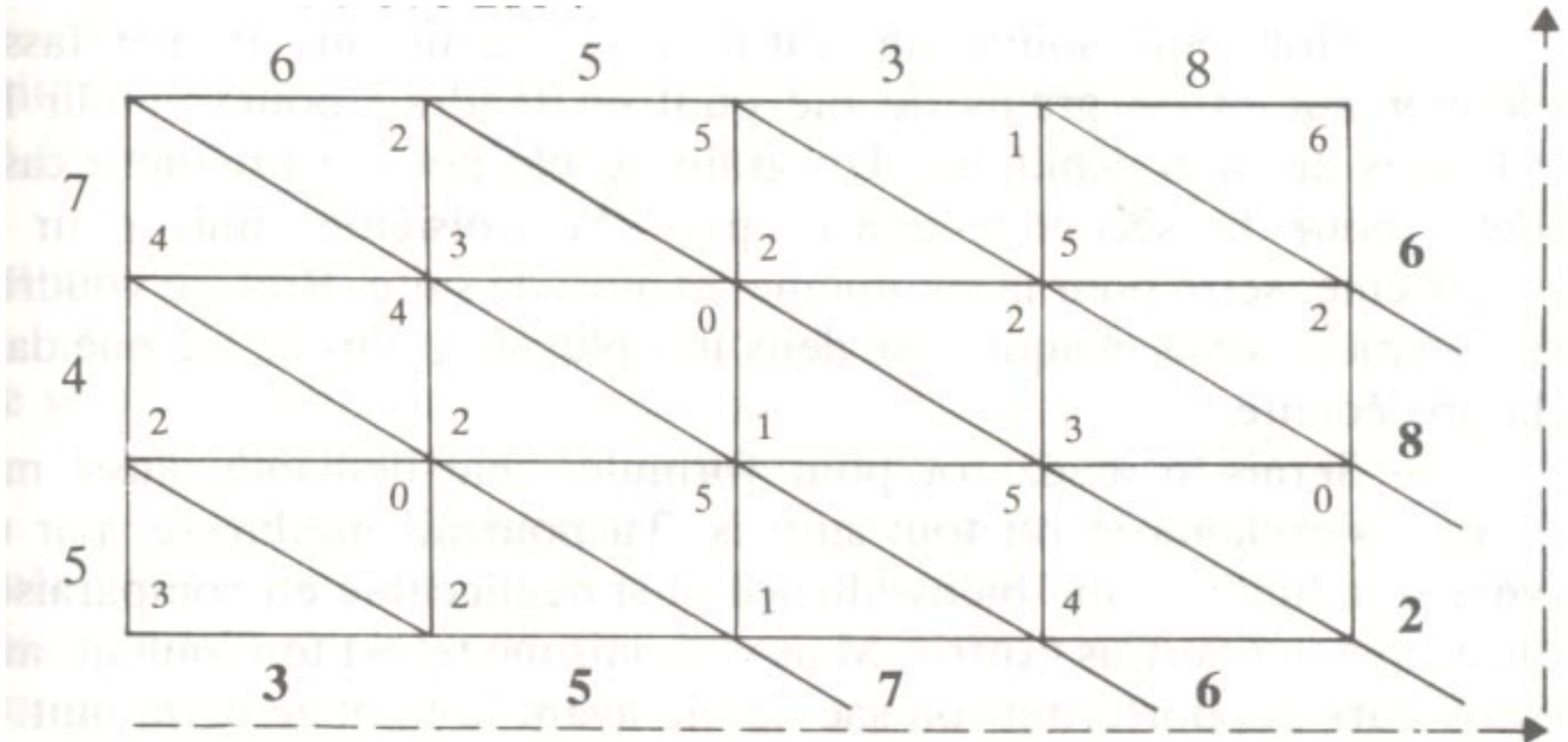


Soroban



La multiplication hindoue

□ $547 \times 6538 = 3576286$



Abacistes et algoristes



Le pape Sylvestre II (945-1000)



- Est supposé avoir construit un automate qui pouvait dire « oui » ou « non » lorsqu'on lui posait une question.

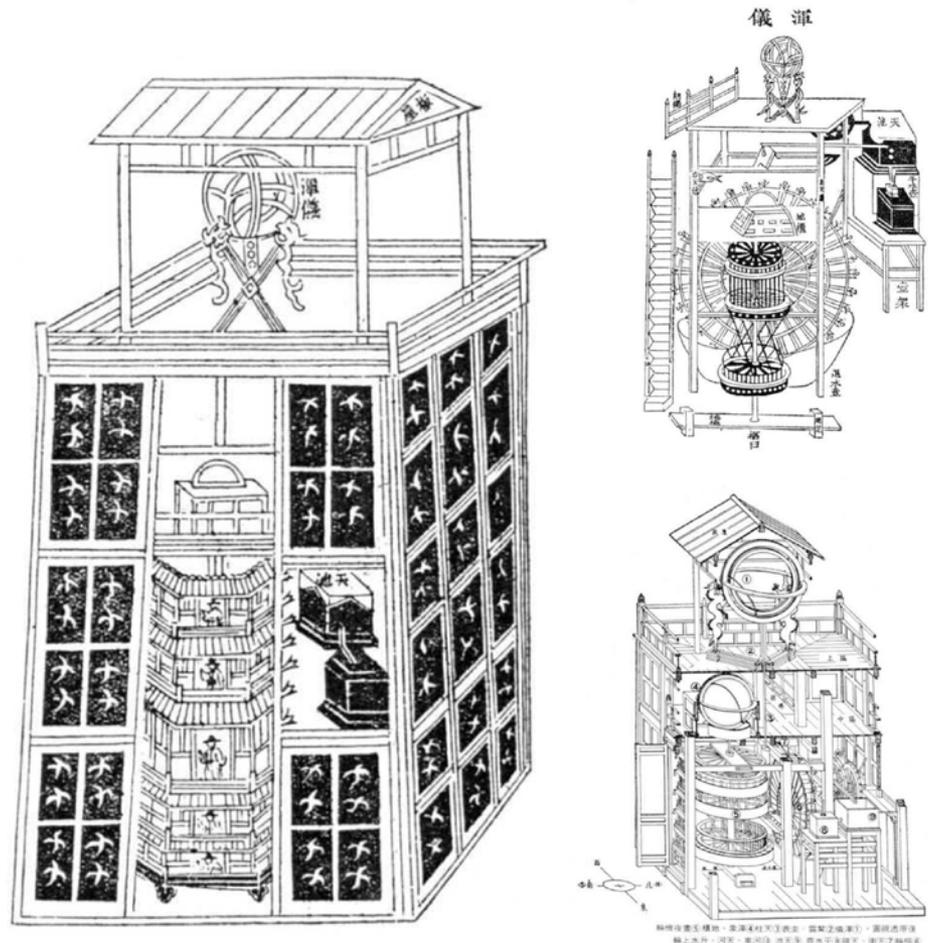
Les horloges astronomiques



- Divers systèmes construits à partir du XI^{ème} siècle en Chine, Maghreb, Turquie, Europe.
- Calculateurs de type analogique.
- Inspirés (peut être directement par la transmission byzantine) des machines grecques du type de celle d'Anticythère

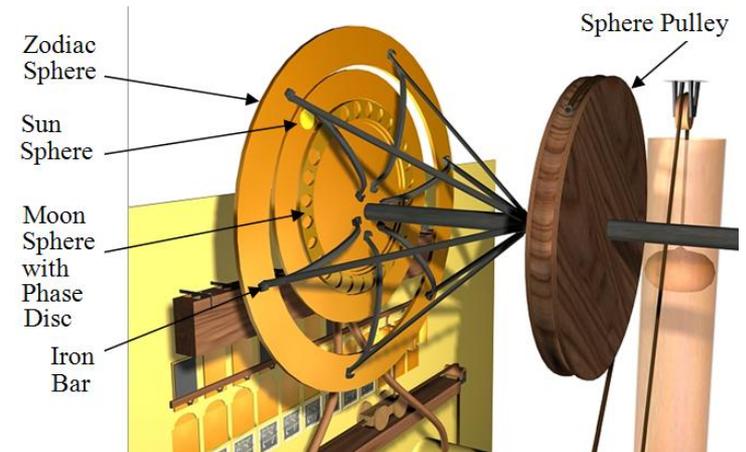
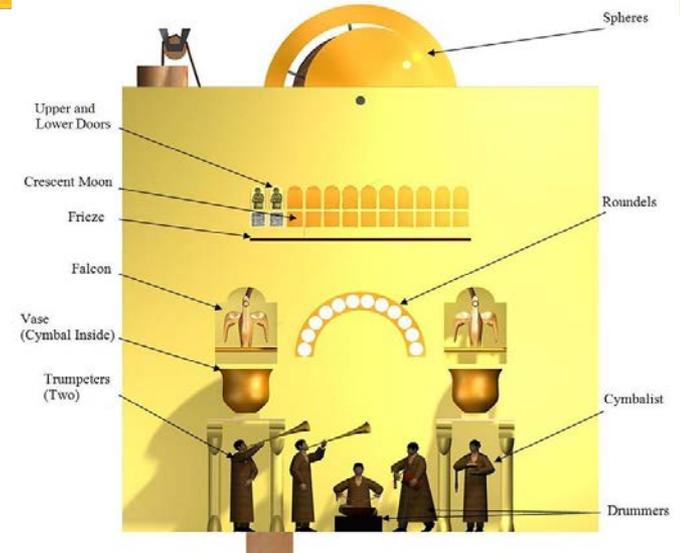
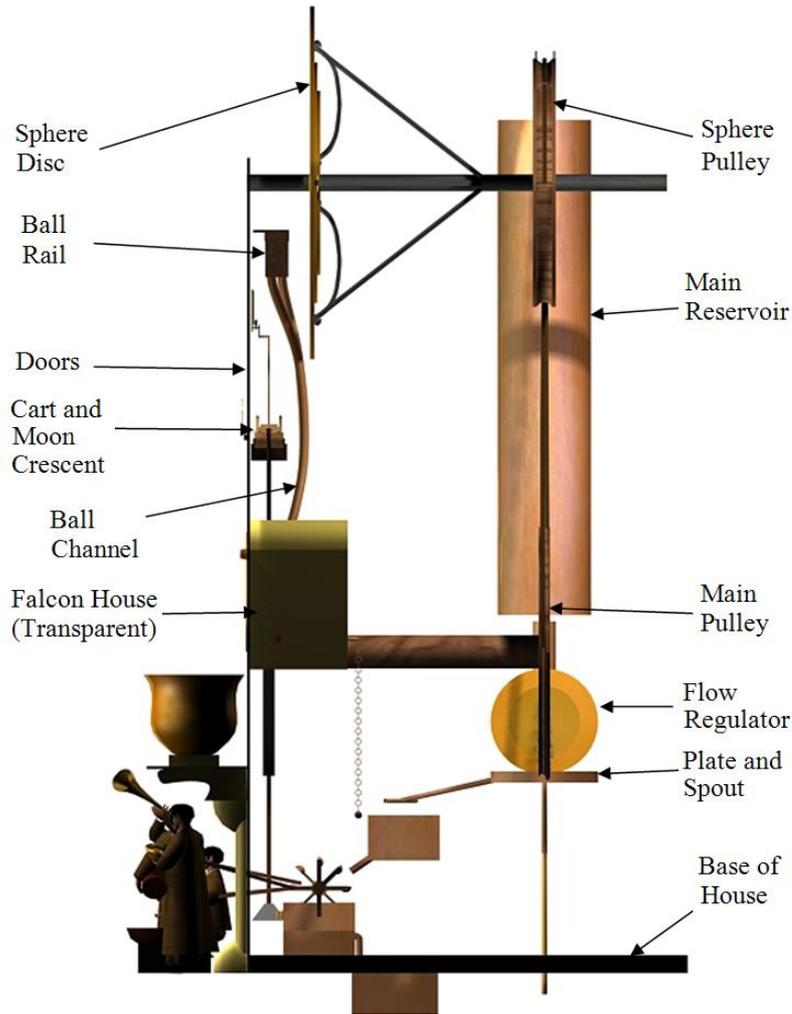
Horloge de Su Song (1091)

- Mécanisme à eau
- Chine (1091)
- 12m de haut



蘇頌《欽定四庫全書》卷一百一十五《律曆志》卷之六十一、圖說渾天儀
圖上水升、河天、車同、渾天、渾天平、渾天、渾天之輪、渾天之輪

Horloge d'Al Jazari (1206)

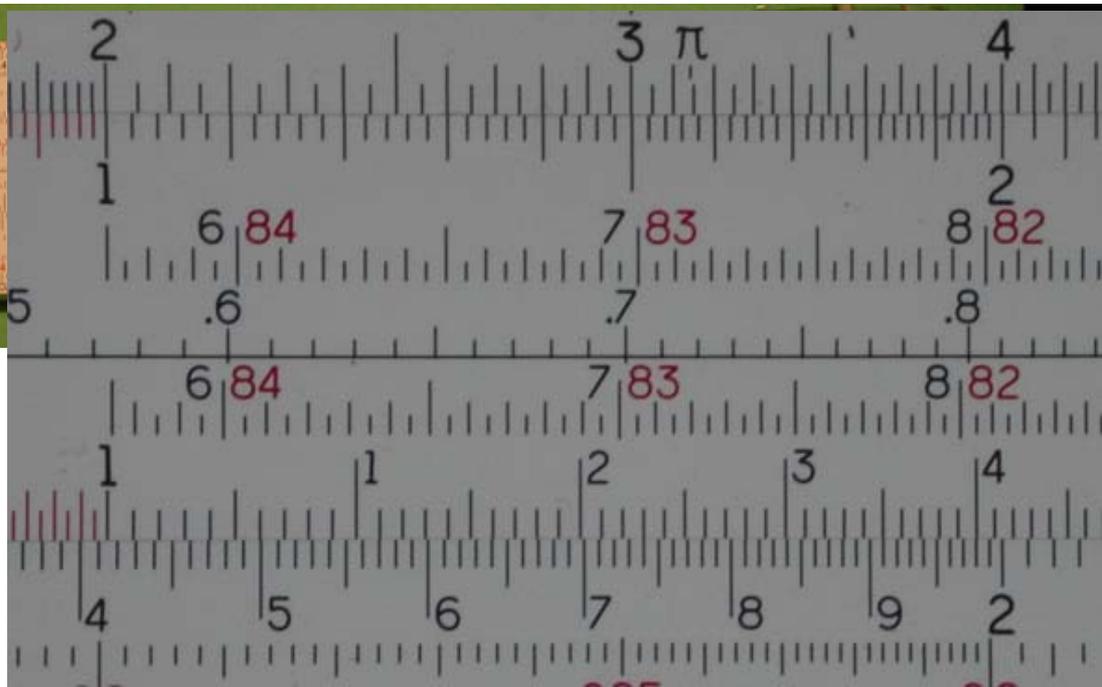
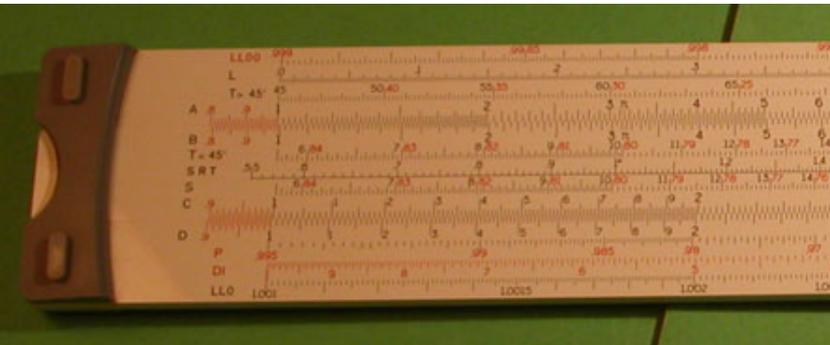


Horloge de Prague (1410)



La règle à calcul (analogique)

- William Oughtred (1600)
- Basée sur les logarithmes de Napier
 - $\text{Log}(a \cdot b) = \text{Log}(a) + \text{Log}(b)$



La règle à calcul



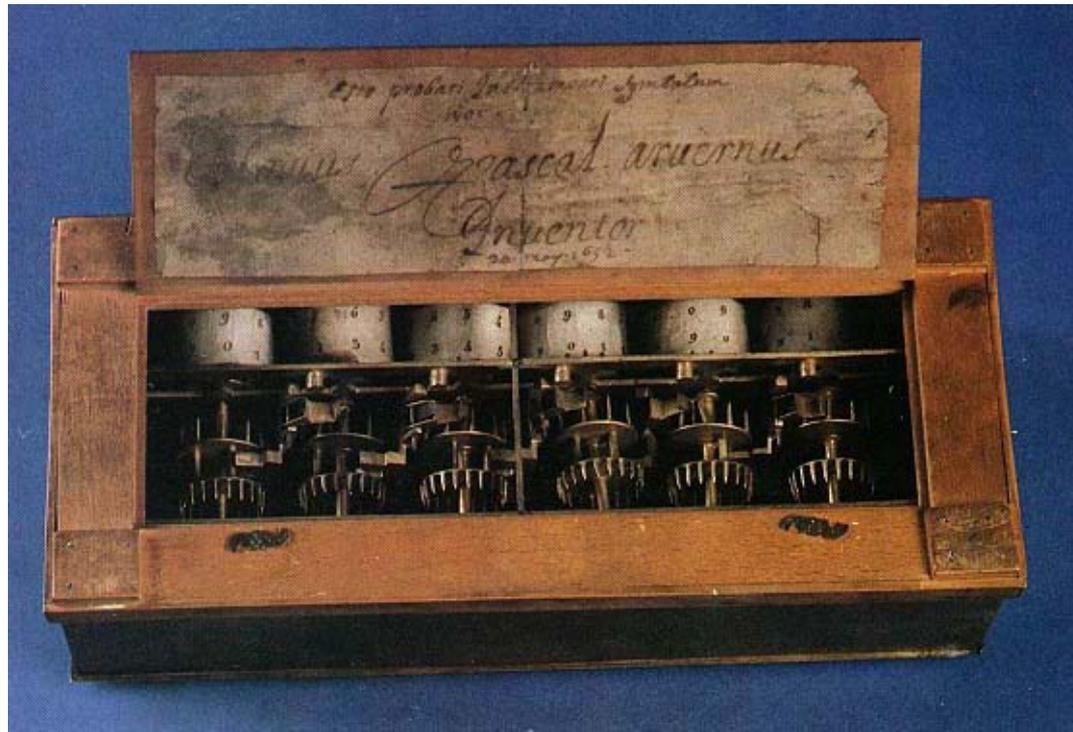
Les machines à calculer

- Schickard (1623)
- Calculs astronomiques pour Kepler



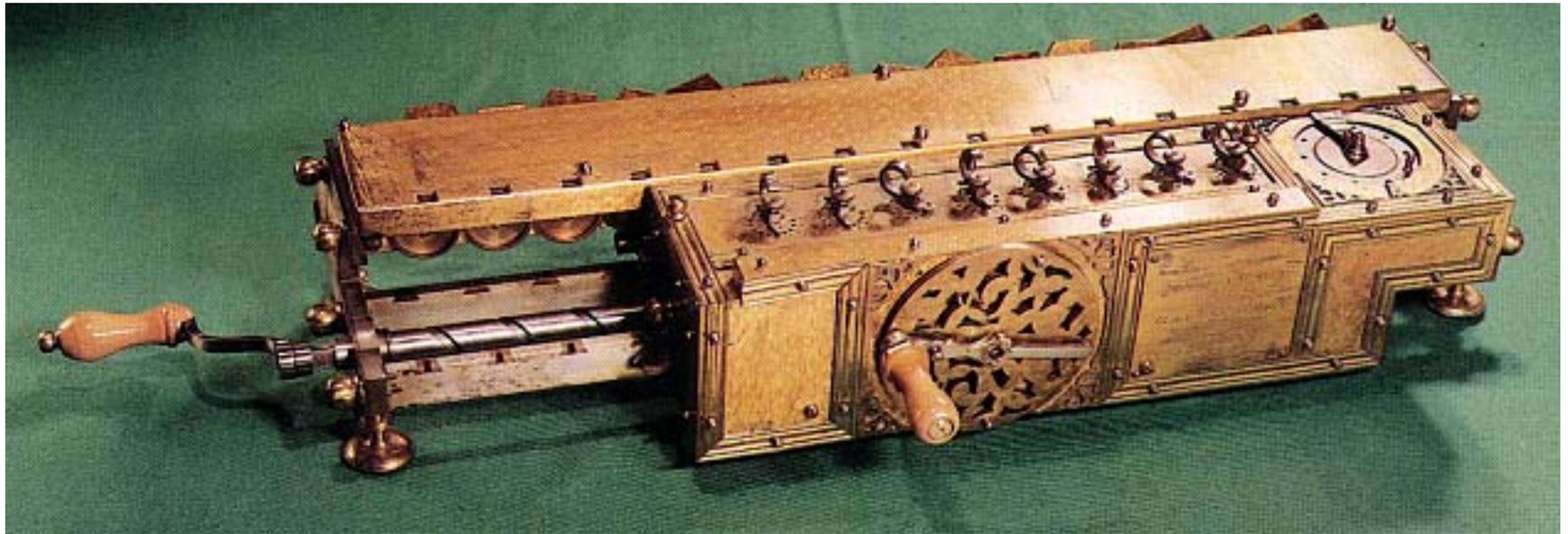
Les machines à calculer

- La Pascaline (1642) : retenue
- Collecte des impôts pour son père



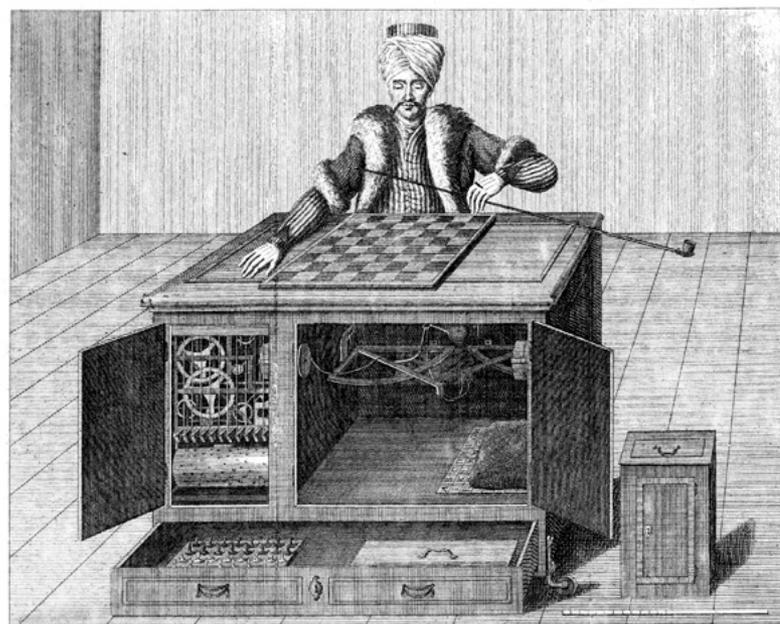
Les machines à calculer

- Leibniz (1694): Stepped reckoner: 4 opérations



Le Turk

- Construit en 1770 par Wolfgang von Kempelen



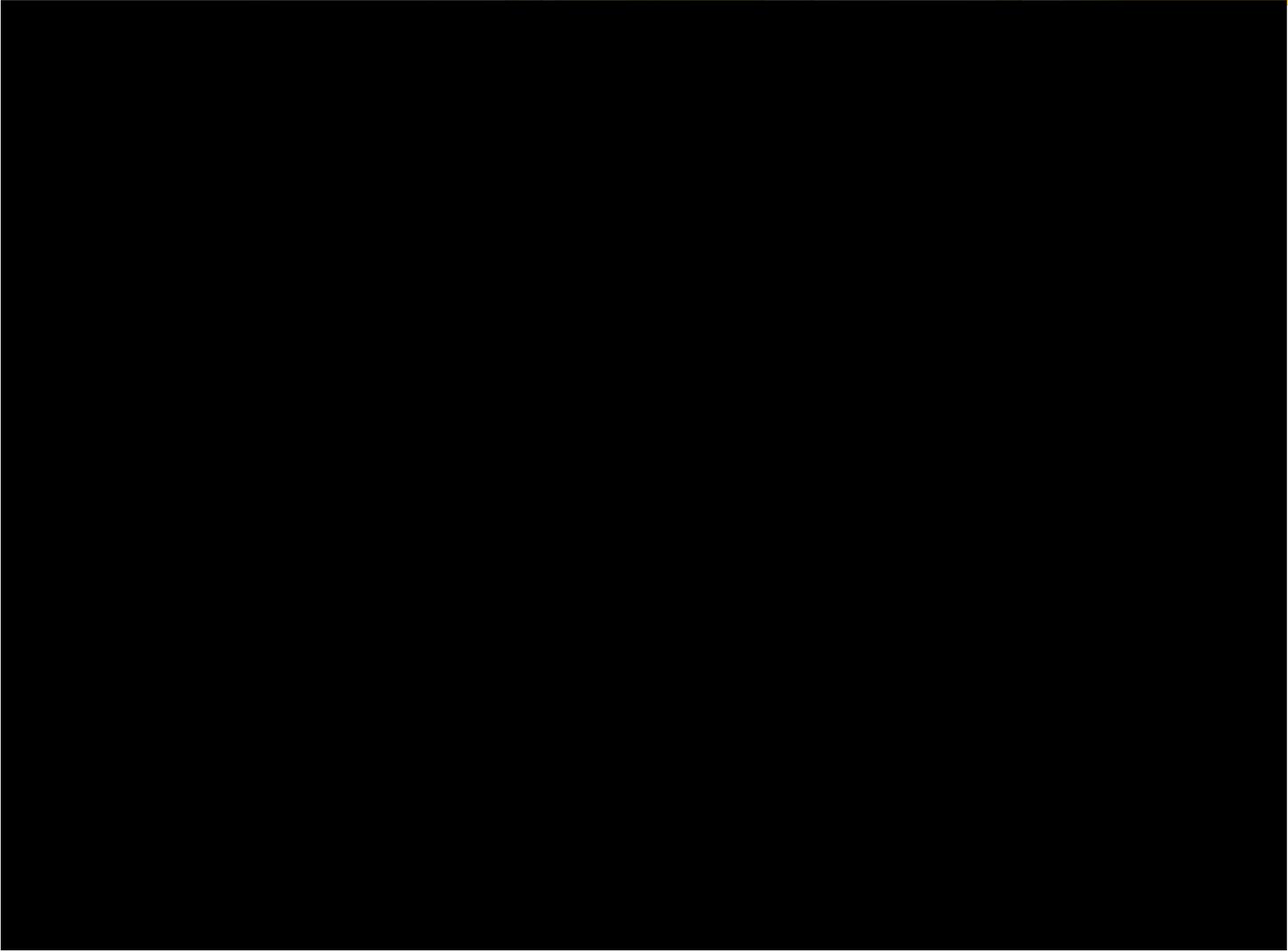
W. de Kempelen del. Che a Stocholm escud. Basilio. P.G. Remy, fec.
Der Schachspieler, wie er vor dem Spiele zu sehen wird von vorne. Le joueur d'Échecs, tel qu'on le montre avant le jeu par devant.

Les machines à calculer

- C.M. Jacquard
- 1801
- Cartes perforées
- Logique binaire
- Temps réel



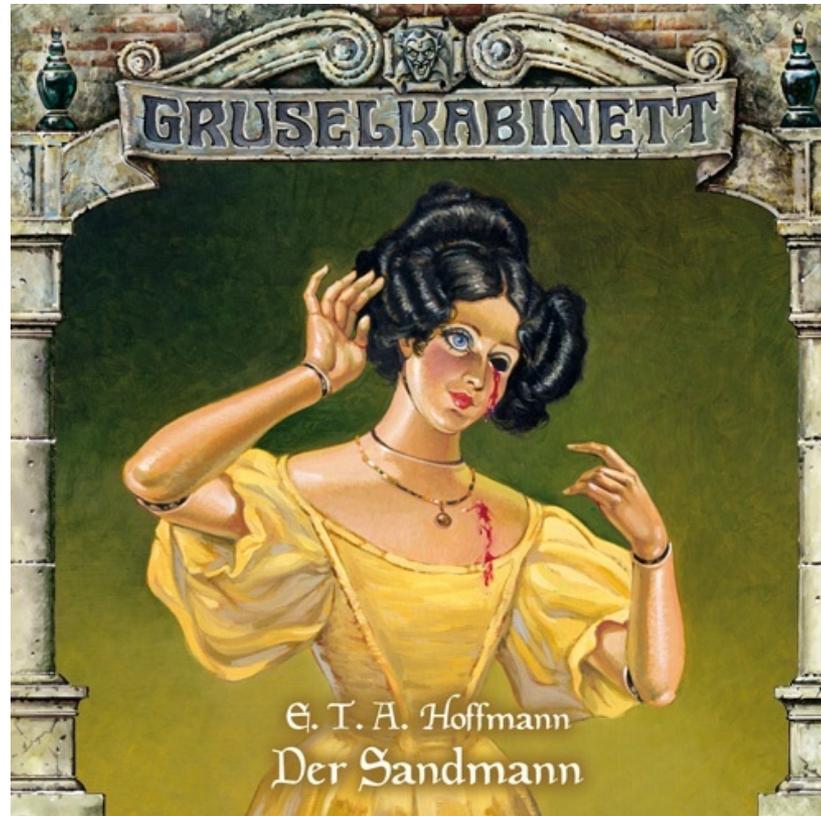
Les cartes perforées



Der Sandman (1817)

E.T.A Hoffman

- Met en scène Olimpia, automate créé par son père, professeur de physique



Frankenstein (1818)

Mary Shelley

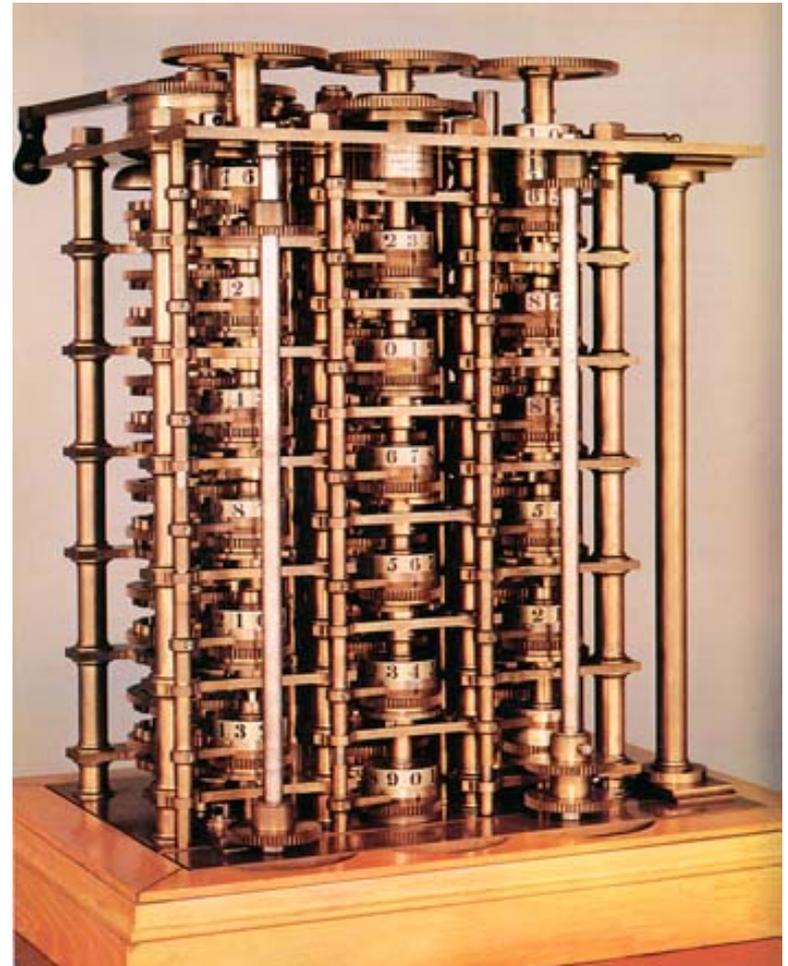
- Pose le mythe de la création se retournant contre son maître



Les machines à calculer

The difference engine (1822)

- Charles Babbage
- Calcul de tables
- Idée de Prony
- Jamais terminée



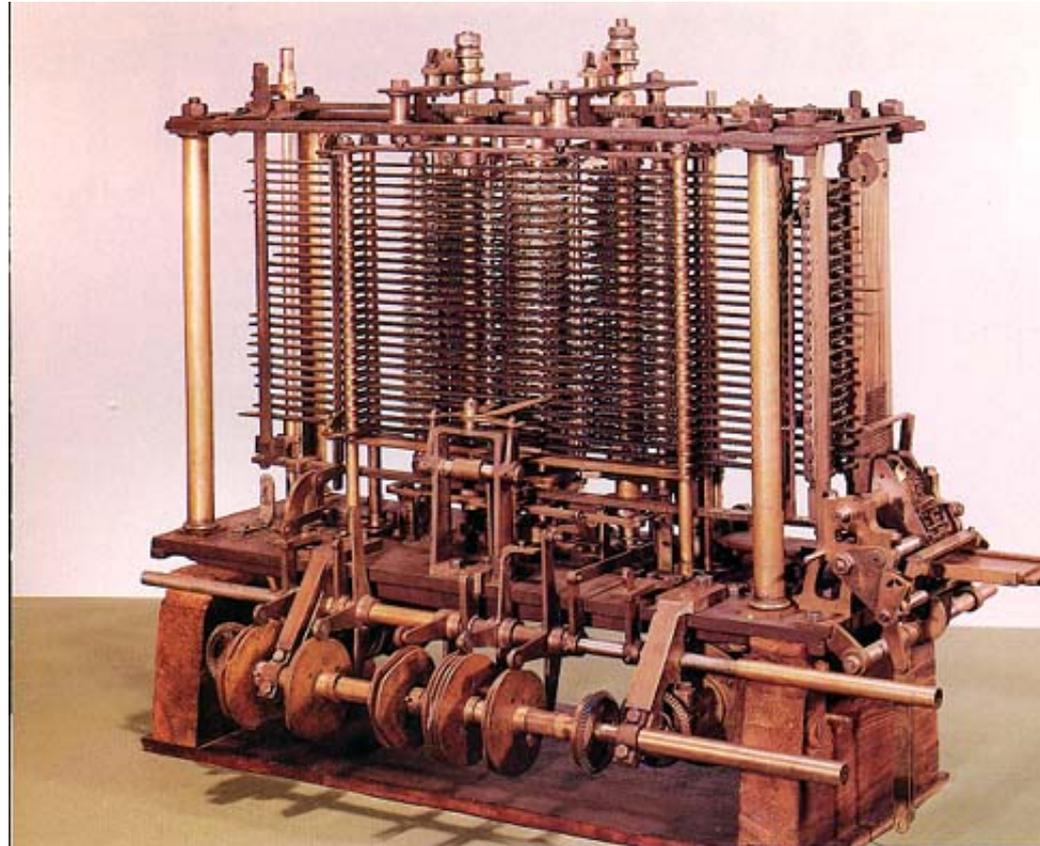
The difference engine



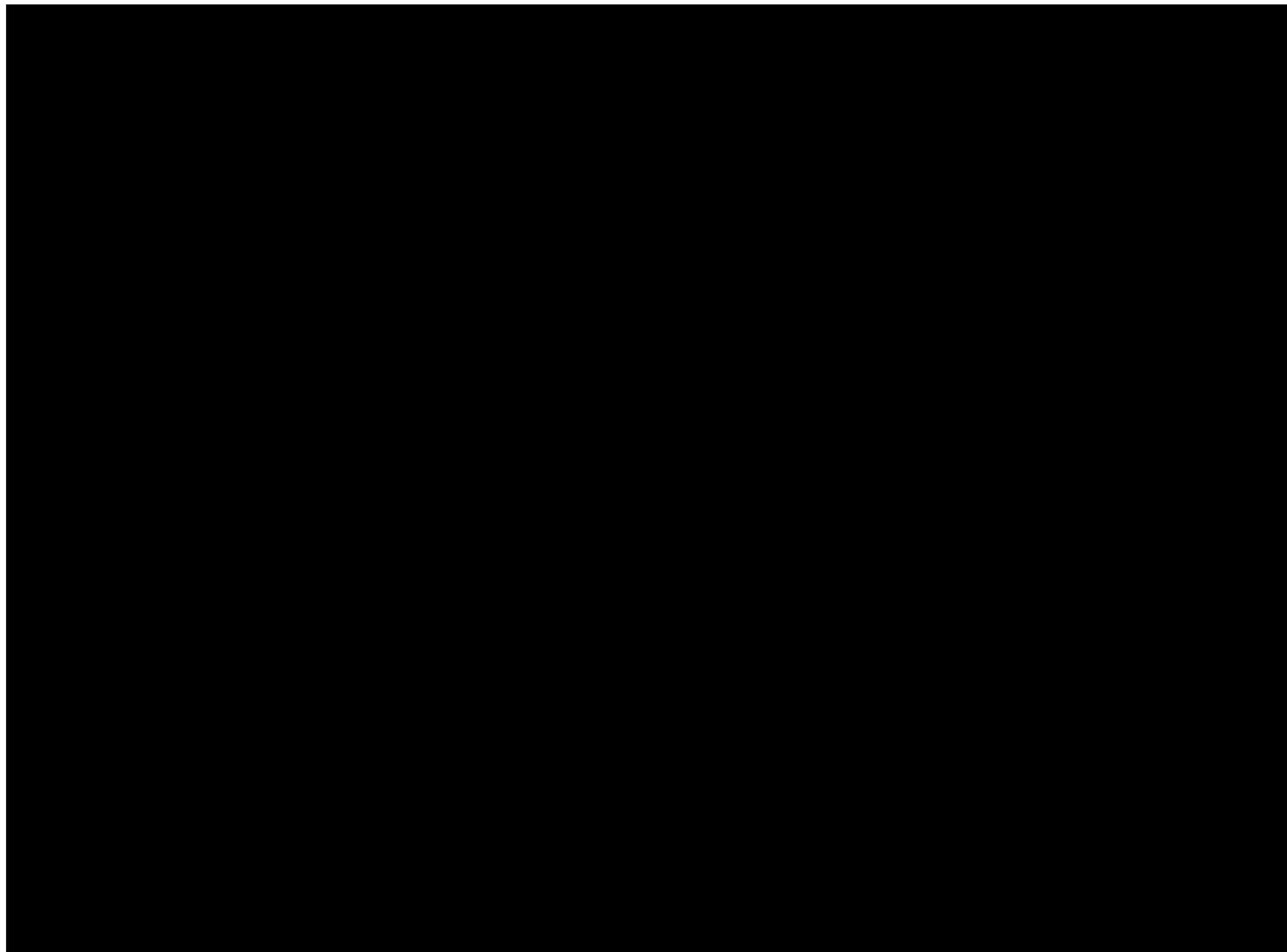
Les machines à calculer

The analytical Engine (1830)

- Charles Babbage
- Séparation
 - Programmes
 - binaire
 - Données
 - Décimales
- Cartes perforées
- Jamais réalisée

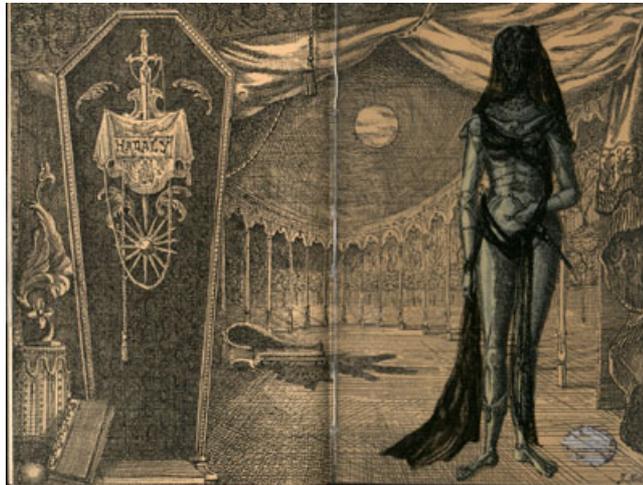


The analytical engine



L'Eve future (1886)

- Roman écrit par le comte de Villiers de l'Isle-Adam
- Met en scène un andréide féminin, nommée Eve



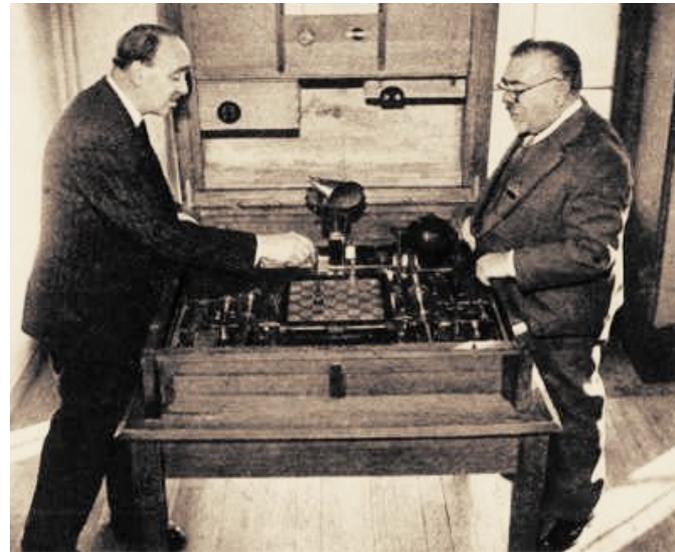
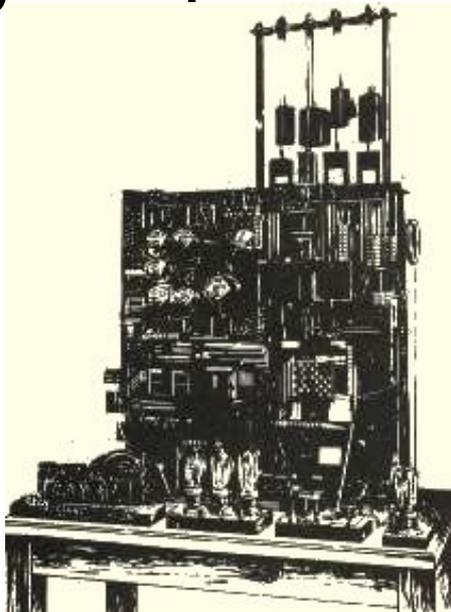
Les machines mécanographiques

- Hollerith (1890)
- Recensement constitutionnel
 - Personnes
 - Bétail
 - Chariots
- Cartes perforées
- Industriel
- => IBM



El Ajedrecista (1910)

- Leonardo Torres y Quevedo. Jue la finale Roi contre Roi+Tour. En 1920, version magnétique.



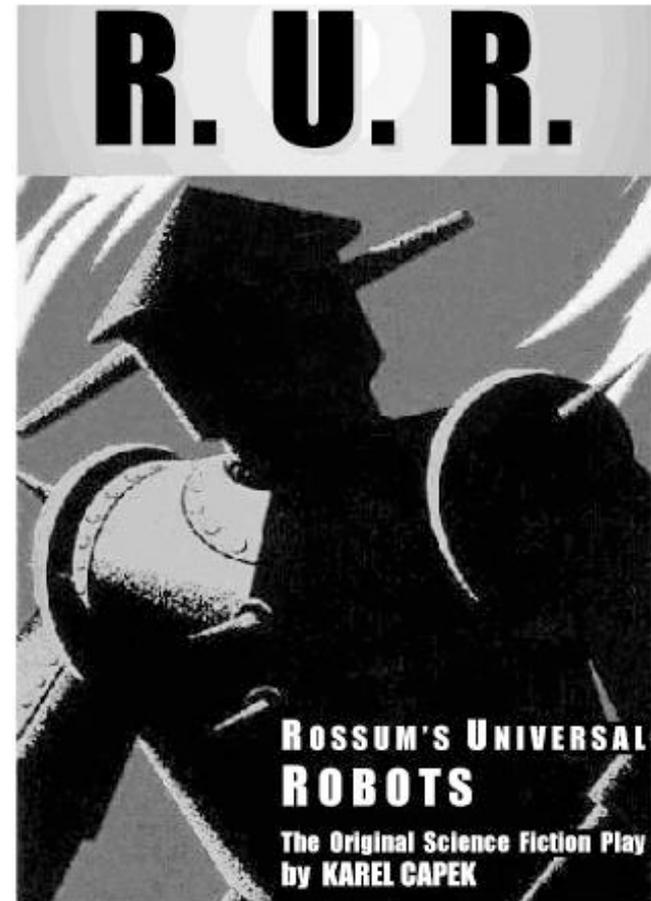
Les machines mécanographiques

□ La machine à perforer



Les robots (1920)

- Karel Kapec (tchèque) publie le roman Rossum's Universal Robots (R.U.R). Robota signifie « corvée » en tchèque.

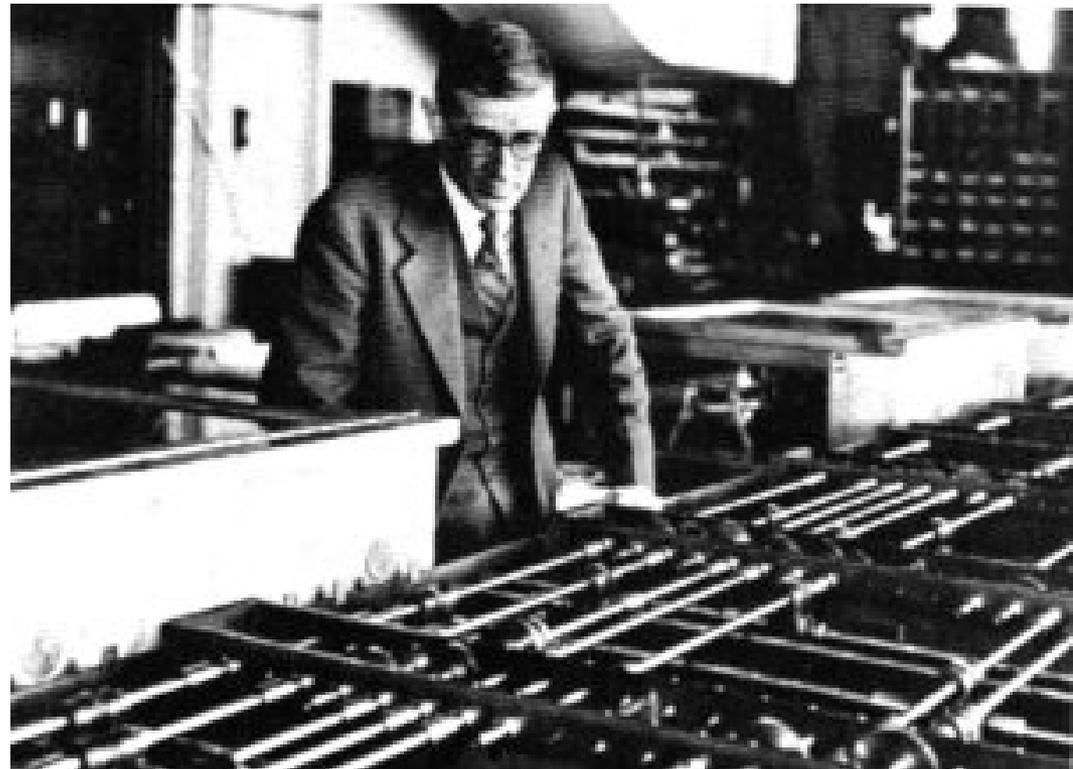


Metropolis (1926)

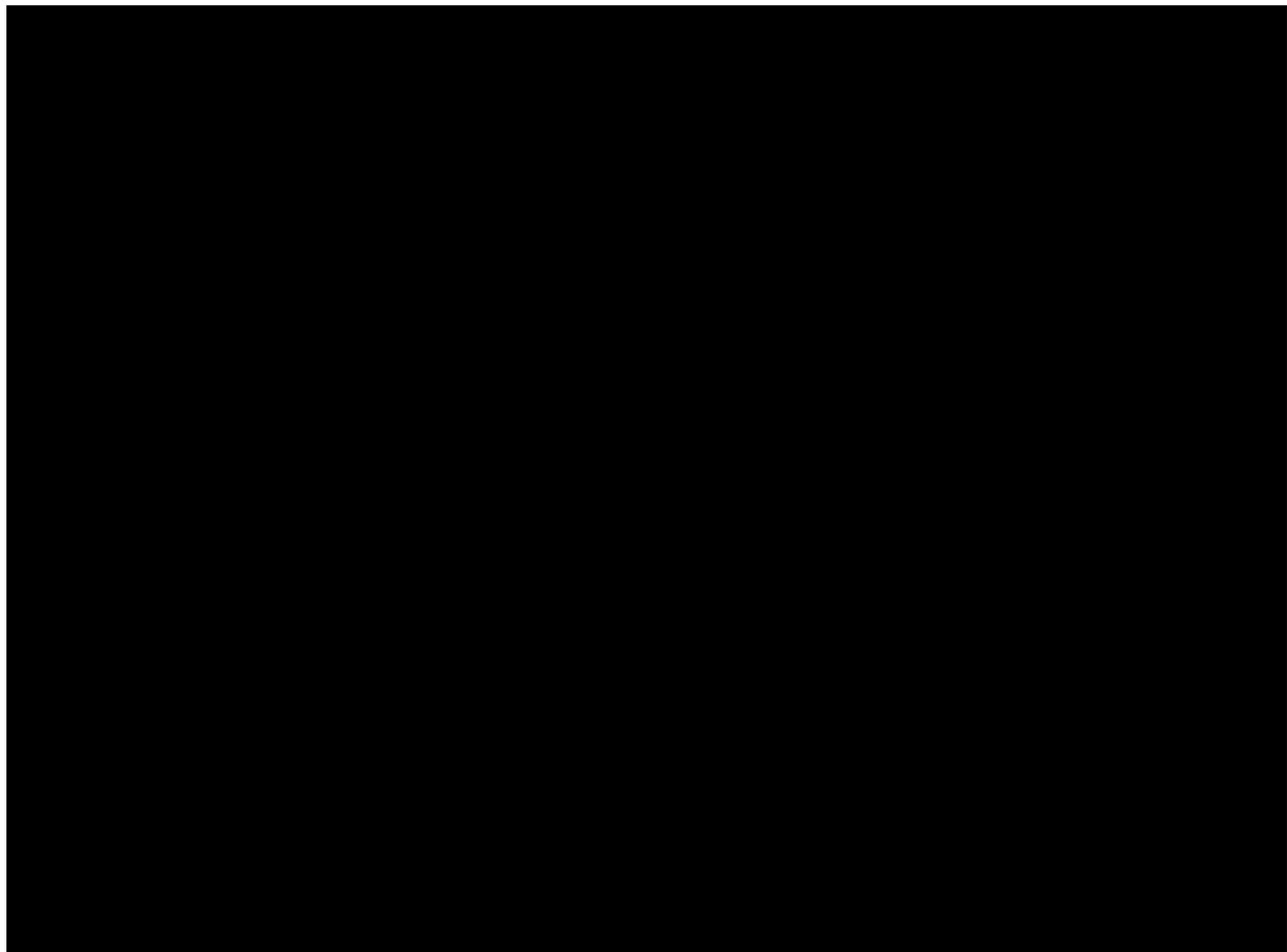


L 'analyseur différentiel (ordinateur analogique)

- Vanevar Bush (MIT) 1930
- Résolution d 'equation différentielles
- Autres:
 - Hypertexte
 - Vocoder

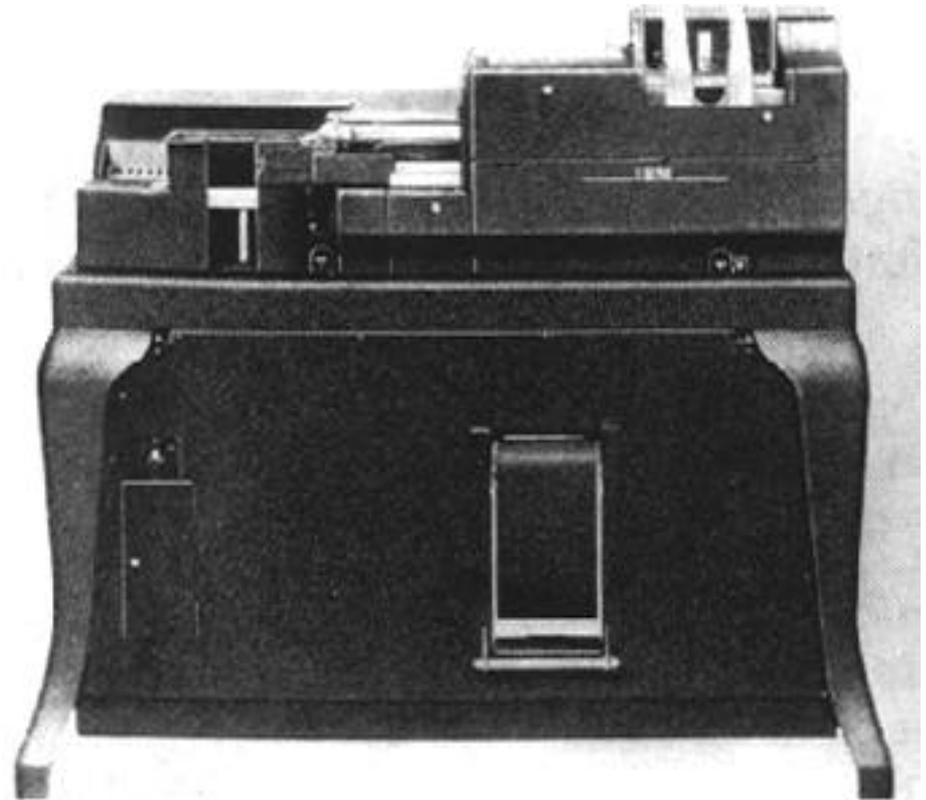


The Differential Analyzer (Crack in the world, 1965)



Les machines à calculer

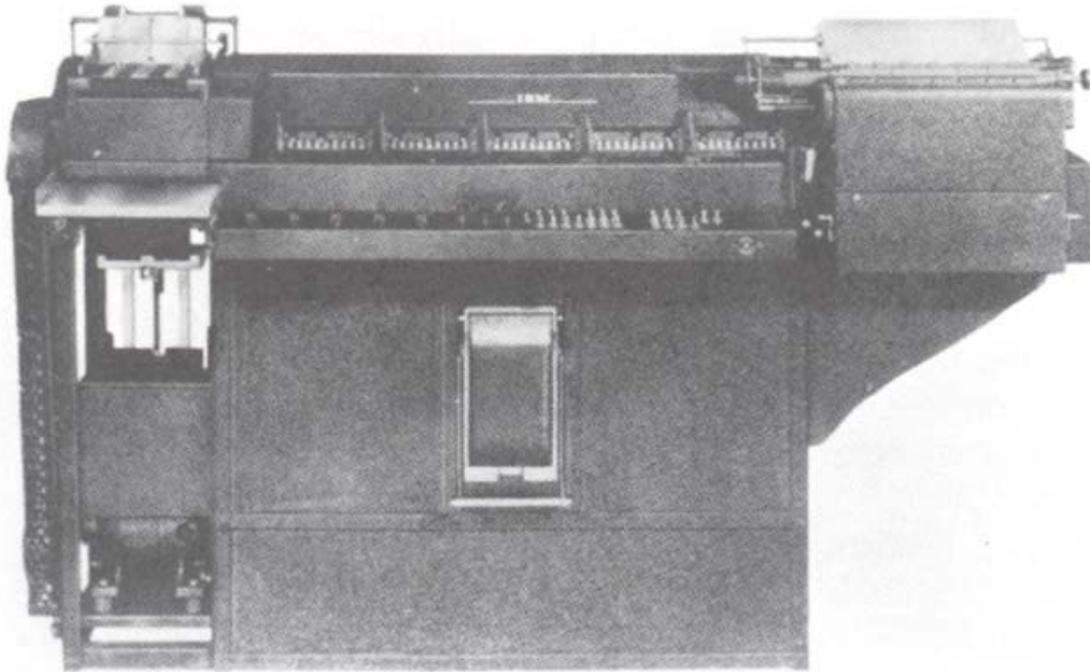
- IBM 601 (1933) (multiplying punch)
- 8x8 : 6 secondes
- Pas d'impression



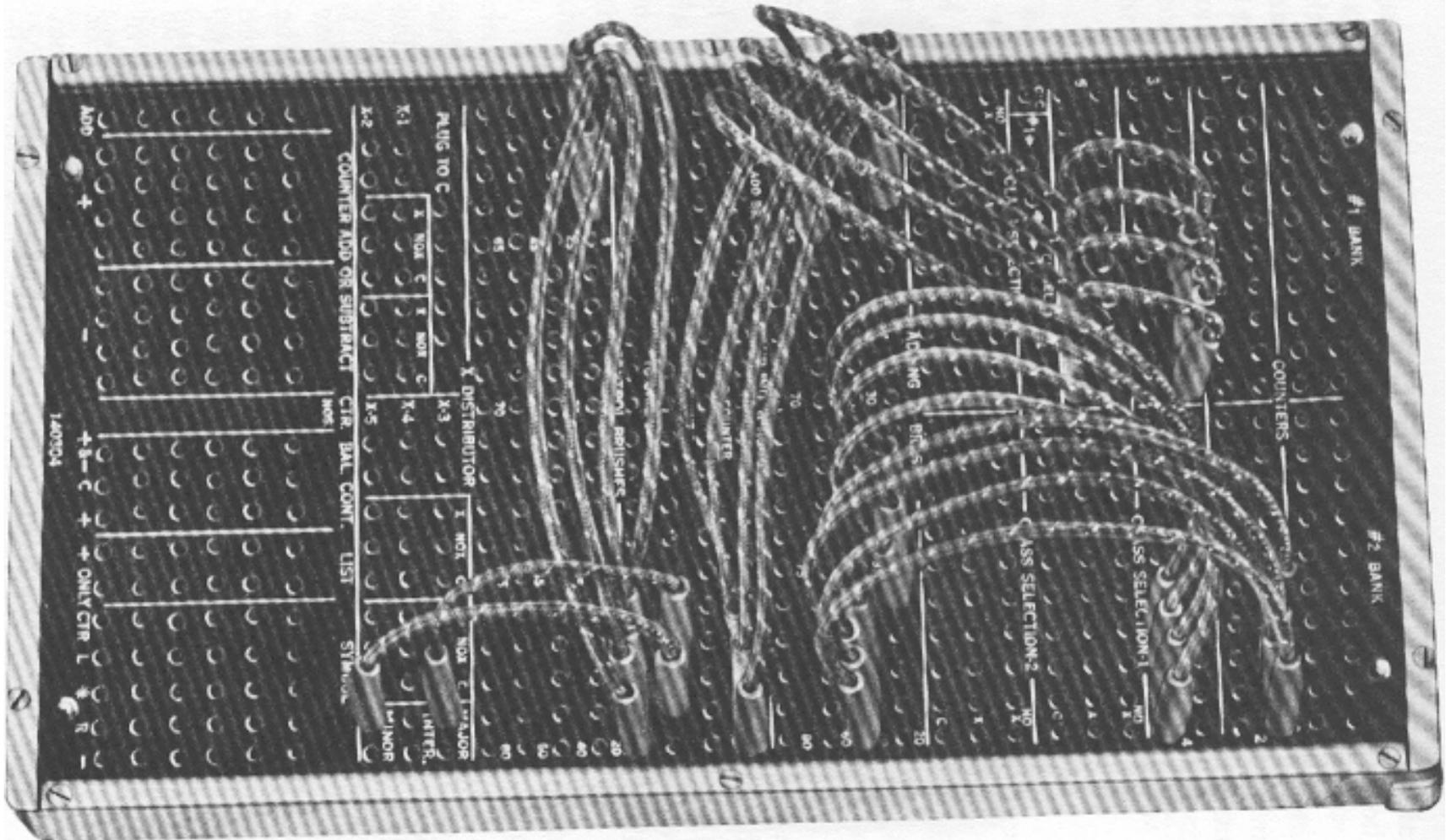
The Numeric Printing Tabulator (1933)

□ IBM 285

- 5 accumulateurs, 7 sorties, cablable

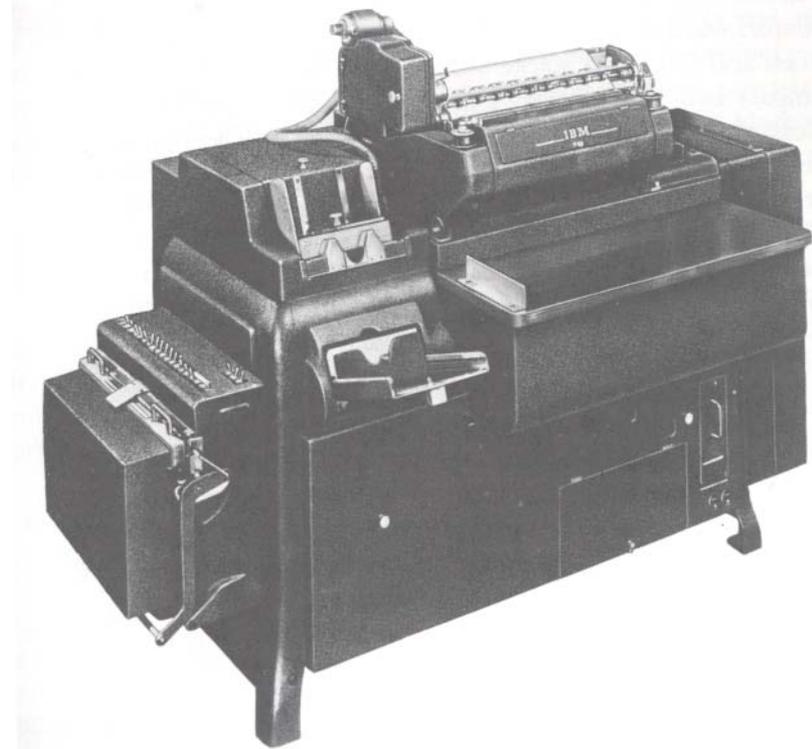


Le plugboard



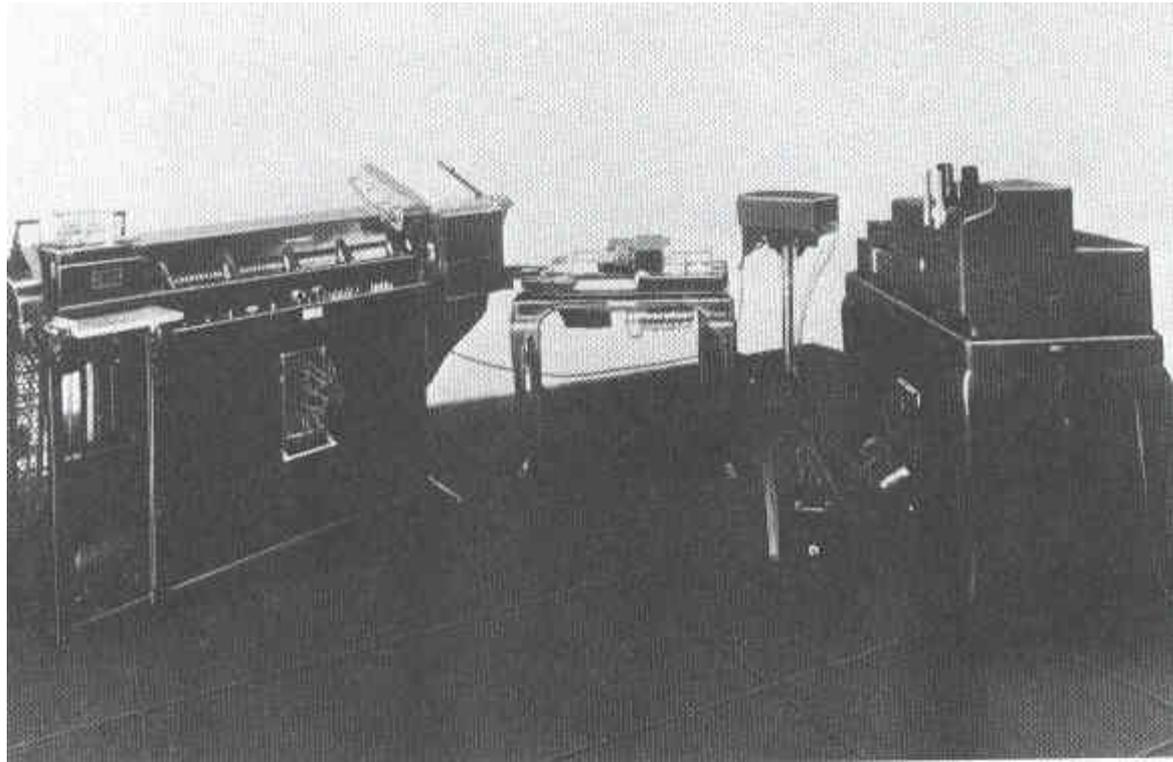
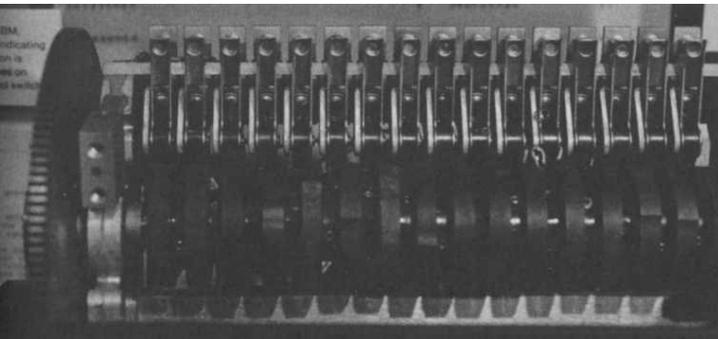
Les machines mécanographiques

- IBM 405 (1934)
 - 16 accumulateurs
 - Panneaux modifiables



Premier système de calcul automatique (1934)

- Wallace Eckert : astronome
 - IBM 285
 - IBM punch
 - Switch
 - IBM 601



Le nimotron (1938)

- Construit par Condon en 1938 chez Westinghouse. Elle joue parfaitement au jeu de Nim.

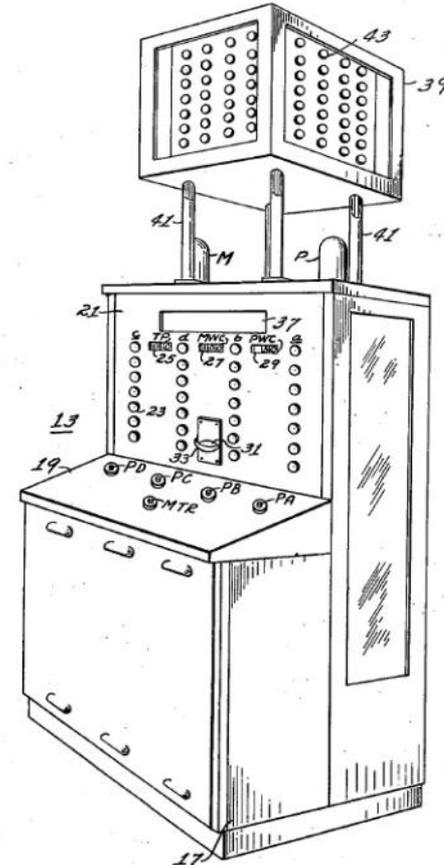
Sept. 24, 1940.

E. U. CONDON ET AL

2,215,544

MACHINE TO PLAY GAME OF NIM

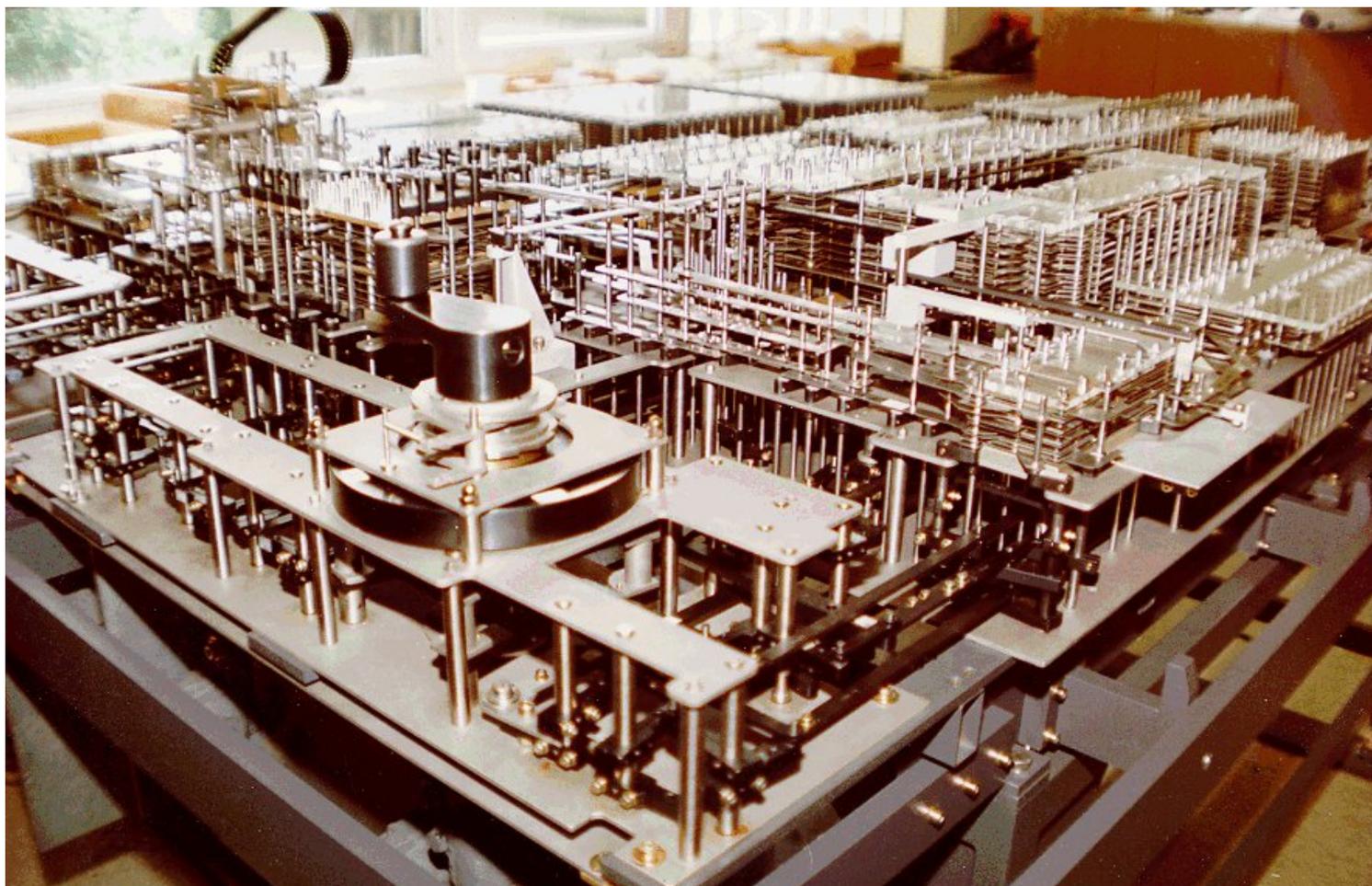
Original Filed April 26, 1940 11 Sheets-Sheet 1



The Zuse Z1 (1936)



The Zuse Z1 (1936)

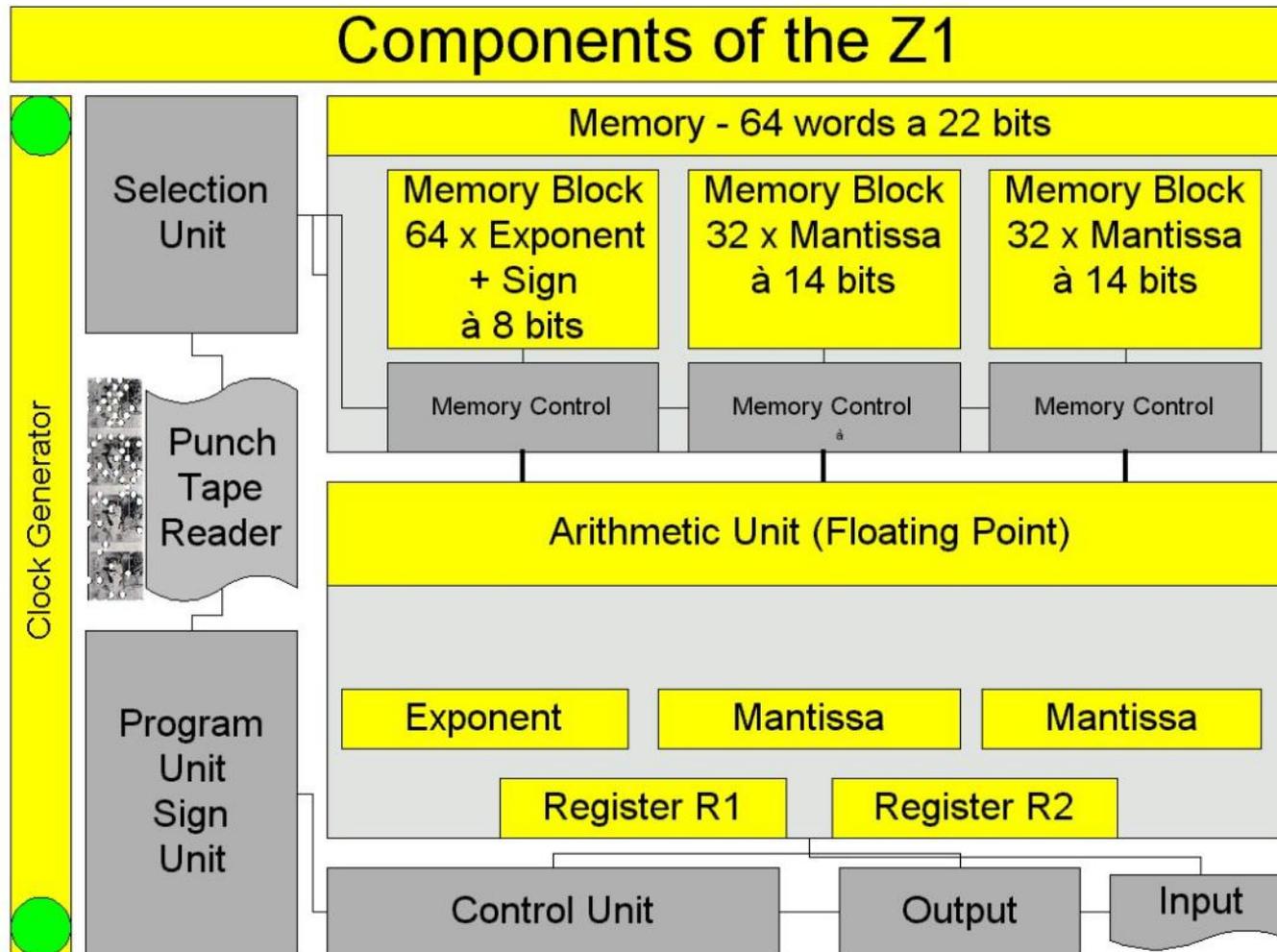


The Zuse Z1 (1936)



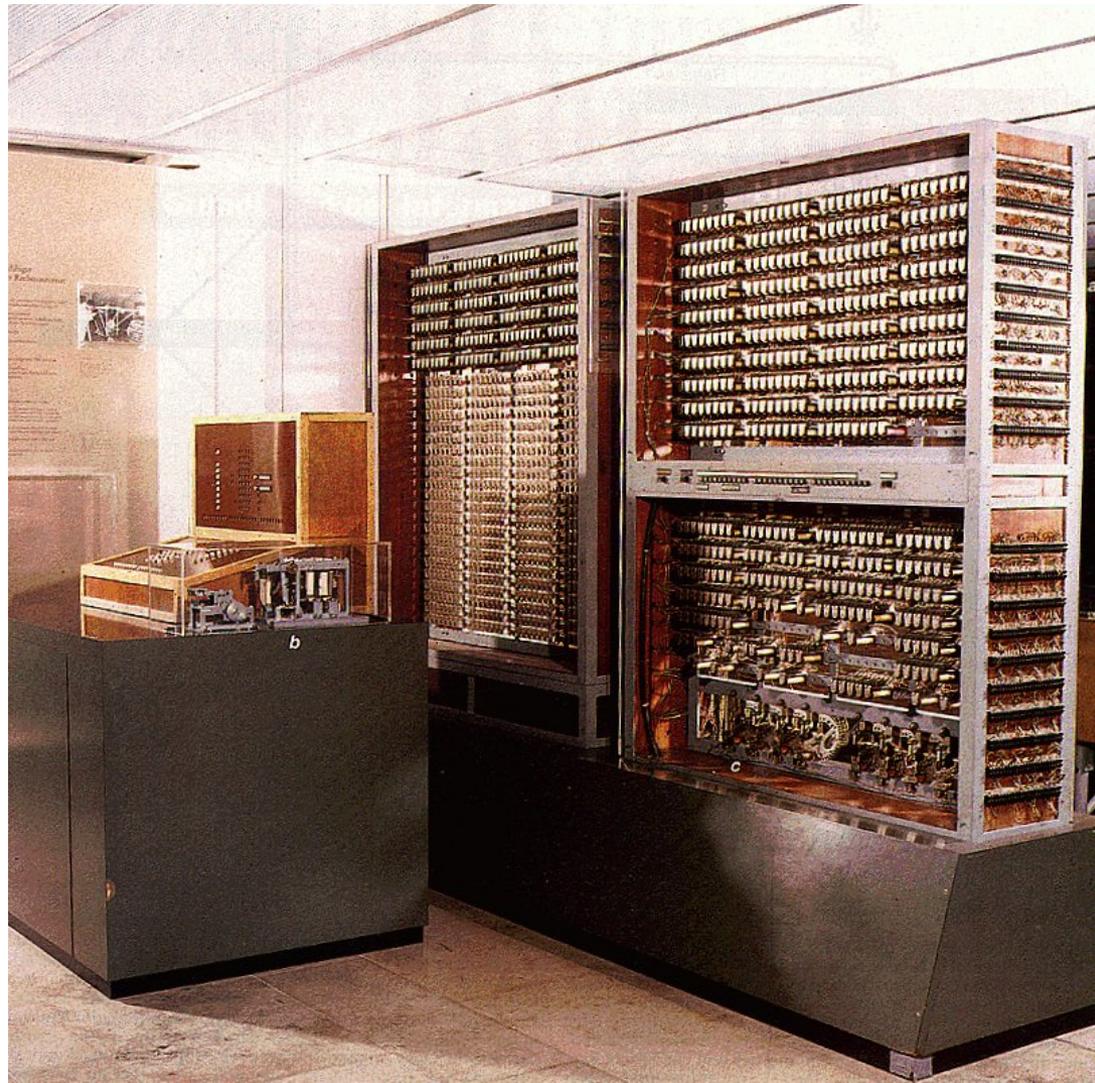
- Konrad Zuse ingénieur en aéronautique
- Plaques de metal
- Programmable
- 22 bits par mot
- 5 secondes par multiplication
- Mémoire : 64 mots de 22 bits
- Non fiable

The Zuse Z1



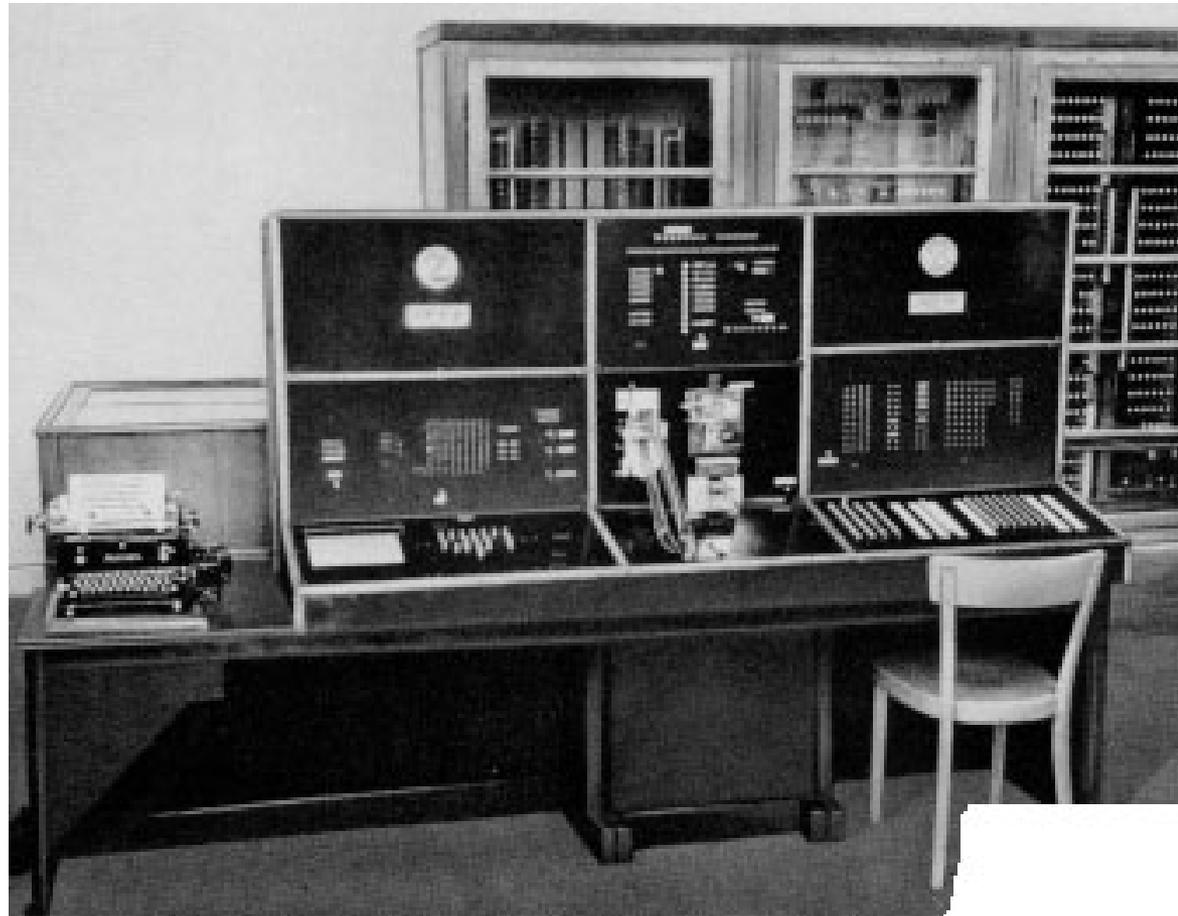
The Zuse Z3 (1941)

- 2200 relais
- 3s/mult
- 22 bits
- Flottant
- 64 mots
- Aéronautique



The Zuse Z4 (1944)

- 2200 relais
- 32 bits
- 11 mult/s
- 64 mots
- Cartes
- ETH Zurich



Plankalkul (1945)

- Premier langage de « haut niveau »
- Booléens
- Structures
- Branchements
- Illisible
- Ambigu

P 148 $R(V) \Rightarrow R 148$

V	0	0
A	5	0

V	x	$\left[(x \in V) \wedge (x = 10) \right]$	$\Rightarrow Z$
K	0	1	0
A	4	$\left[\begin{array}{cc} 5 & 3 \end{array} \right]$	4

V	$(\exists x)$	$\left[(x \in V) \wedge R 17 (Z, x) \wedge (x=0) \vee x \right]$
K	0	$\left[\begin{array}{ccc} 0 & 0 & 1 \quad 1.3 \end{array} \right]$
A	4	$\left[\begin{array}{ccc} 4 & 5 & 2 \quad 2 \quad 3 \quad 0 \end{array} \right]$
V	$\wedge \overline{\exists y}$	$\left[(y \in V) \wedge y \wedge R 128 (v, y, x) \right]$
K	0	$\left[\begin{array}{ccc} 0 & 1.3 & 0 \quad 0 \end{array} \right]$
A	4	$\left[\begin{array}{ccc} 5 & 0 & 5 \quad 2 \quad 2 \end{array} \right]$

Plankalkul



- 3 types de variables
 - V: lecture seule: V_1, V_2, V_3, \dots
 - R: écriture seulement: R_1, R_2, R_3, \dots
 - Z: lecture-écriture: Z_1, Z_2, Z_3
- Types de variable:
 - 8.0 : un octet
 - 16.8.0: un vecteur de 16 octets
 - 0: un bit
 - (0,8.0,16.0): un triplet contenant un bit, un octet et un mot de 16 bits

Plankalkul



- Les instructions contiennent les types et la syntaxe est en 2 dimensions:
 - Ajouter l'élément 0 et l'élément 2 du tableau V0 et stocker le résultat dans la variable Z2.
 - $V0(0)$, $V2(0)$ et Z2 sont des octets
 - $V + V \Rightarrow Z$
 - 0 0 2
 - 0 2
 - 8.0 8.0 8.0

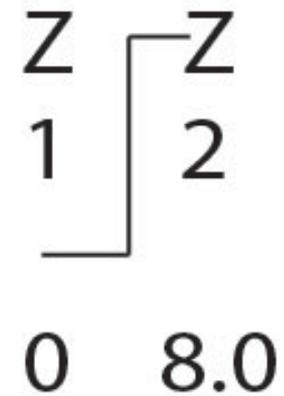
Plankalkul

□ Index:

□ Récupérer dans la variable Z1
l'objet dont l'index est contenu
dans Z2

□ Z2 est un octet

□ L'objet indexé est un bit



Plankalkul

□ Instructions conditionnelles:

□ $Z \wedge Z \rightarrow V + V \Rightarrow Z$

□ 0 1 0 0 3

□ 0 2

□ 0 0 8.0 8.0 8.0

□ Si le *and* des variables Z0 et Z1 vaut 1, alors additionner les éléments 0 et 2 du vecteur V0 et stocker le résultat dans Z3

□ Z0 et Z1 sont des bits, V0(0), V2(0) et Z3 sont des octets

Un peu de théorie: l'infini..



- 1638: Galilée remarque que « les nombres peuvent-être associés avec leur carré »
- Y a-t-il « autant » de carrés que d'entiers?
- Que veut dire « autant »?

Un peu de théorie: les ensembles



- Fin du XIXème siècle: Cantor formalise la notion d 'ensemble, de bijection et d 'équipotence
- « Autant » signifie « peut-être mis en relation 1-1 (bijection) avec »
- Il reste à trouver les grandes relations d 'équipotence

Un peu de théorie: dénombrabilité



- Premier ensemble étudié: l'ensemble des entiers naturels **N**
- Il est équipotent à l'ensemble des entiers relatifs, aux nombres algébriques, aux fractions rationnelles, etc

	1	2	3
1	1/1	2/1	3/1
2	1/2	2/2	3/2
3	1/3	2/3	3/3

Un peu de théorie



- Y a-t-il des ensembles plus grand que \mathbf{N} ?
- Ensemble des fonctions de \mathbf{N} dans \mathbf{N}
- On suppose qu'on peut les numérotter
- On pose: $g(i) = f_i(i) + 1$
- g est une fonction de \mathbf{N} dans \mathbf{N} donc on peut trouver n tel que
- $f_n(i) = g(i)$ pour tout i
- Pour $i = n$, on a $f_n(n) = g(n) = f_n(n) + 1$

Un peu de théorie



- **N** ainsi que tous les ensembles equipotents est dit « dénombrable »
- L'ensemble des fonctions de **N** dans **N** est équipotent à **R** (mais pas à **N**)
- L'ensemble des fonctions de **R** dans **R** est plus grand que **R**
- Hypothèse du continu: y a-t-il des ensembles « entre » **N** et **R** ?

Un peu de théorie



- 1900: David Hilbert au congrès de mathématiques de Paris pose plusieurs questions concernant l'arithmétique:
 - la décidabilité
 - la consistance
 - la complétude

La décidabilité



- Peut-on prouver par une procédure « mécanique » qu'une formule est vraie
- 1936: Turing publie un article montrant l'impossibilité de la décidabilité
- Il formalise la notion de procédure de calcul: c'est la machine de Turing
- 1930: Kurt Godel résout le problème de la complétude (par la négative), puis le problème de la consistance (impossibilité)

Les machines de Turing



- Une bande de papier divisée en cases, infinie, sur laquelle sera stockée le programme
- Un pointeur, qui indique la case active
- Un indicateur d'états, qui garde en mémoire l'état de la machine
- Un programme sous la forme d'un tableau à deux entrées: le symbole inscrit sur la case, et l'état de la machine

Les machines de Turing

- Programme de la machine effectuant $f(x) = x + 1$

	B	0	1
z_0	(z_1, B, G)	$(z_0, 0, D)$	$(z_0, 1, D)$
z_1	$(z_h, 1, I)$	$(z_h, 1, I)$	$(z_1, 0, G)$

Machines de Turing non déterministes



- Nom peu clair...
- On peut les voir comme des machines de Turing ayant un nombre de processeurs infinis (autant que nécessaire)
- Elles sont capables de parcourir un arbre (facteur de branchement fini) à la « vitesse » d'un calcul strictement déterministe

Les machines de Turing



- Théorie de la calculabilité
 - Quelles fonctions sont calculables (problème de Post)
- Théorie de la complexité
 - Problèmes polynomiaux
 - Problèmes non polynomiaux
 - Problèmes de la classe NP (Non déterministe Polynomiaux)

Le problème de Post



- Soit les deux listes suivantes:
 - (aabb, ab, aab)
 - (bb, abaa, b)
- Peut-on construire une liste d'indices telle que la concaténation des éléments de la première liste est égale à la concaténation des éléments de la seconde?

Le problème de Post



- Reprenons les deux listes suivantes:
 - (aabb, ab, aab)
 - (bb, abaa, b)
- La solution est (2,3,2,1)
 - abaababaabb
- Peut-on trouver un algorithme résolvant le problème de Post?
- Non

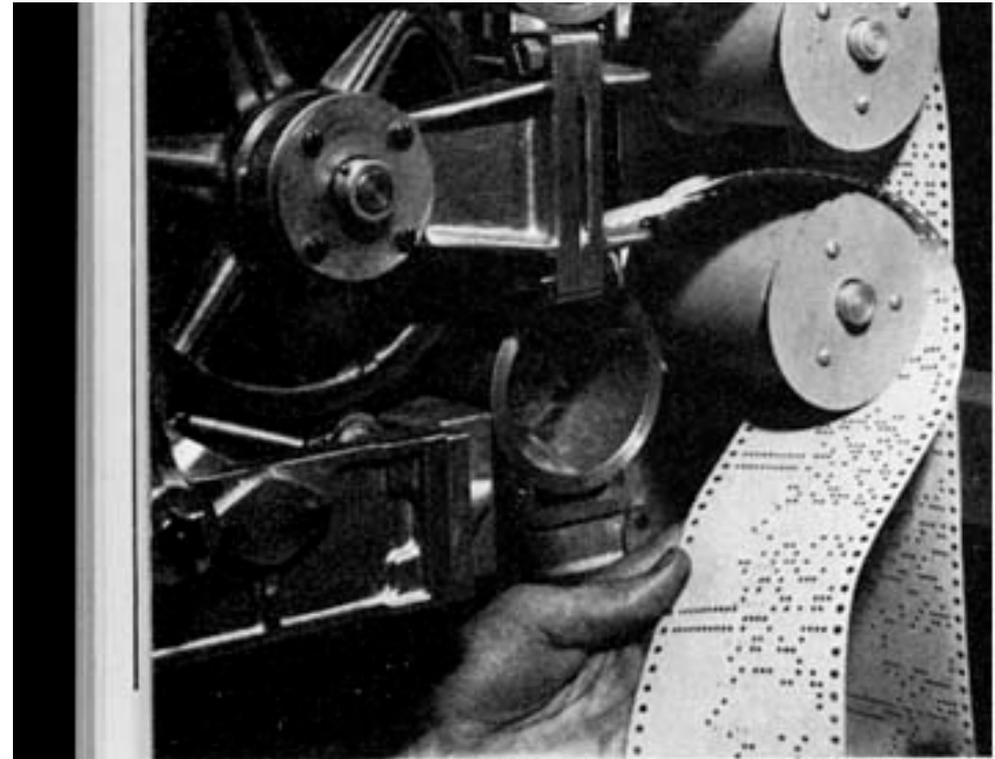
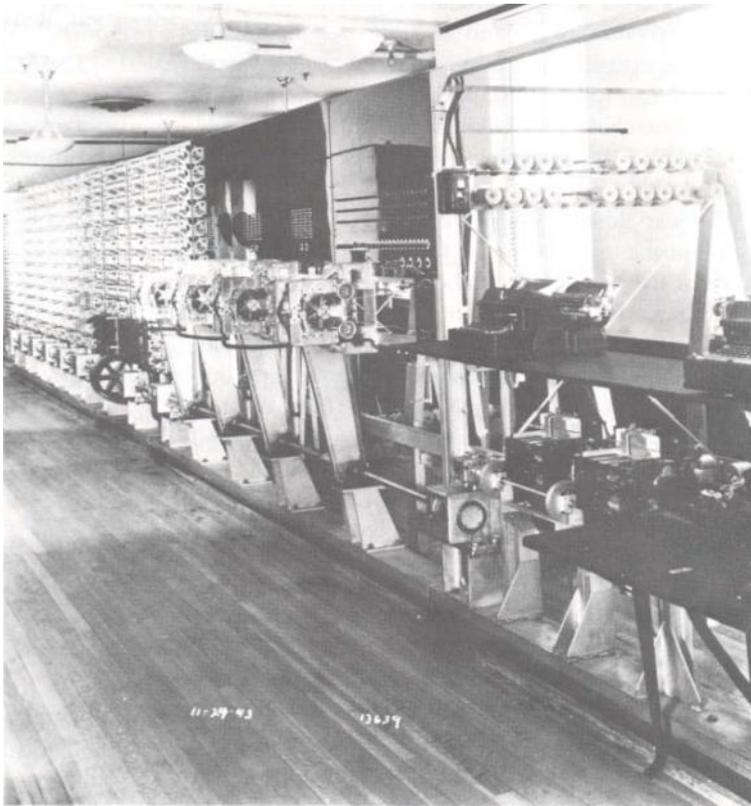
Le lambda calcul



- Dans le même temps, Alonzo Church développe la théorie des fonctions lambda-calculables
- Kleene montrera qu'il y a équivalence entre fonction lambda calculable et fonction Turing-calculable
- Le lambda calcul donnera naissance aux langages fonctionnels (LISP, ML, Haskell)

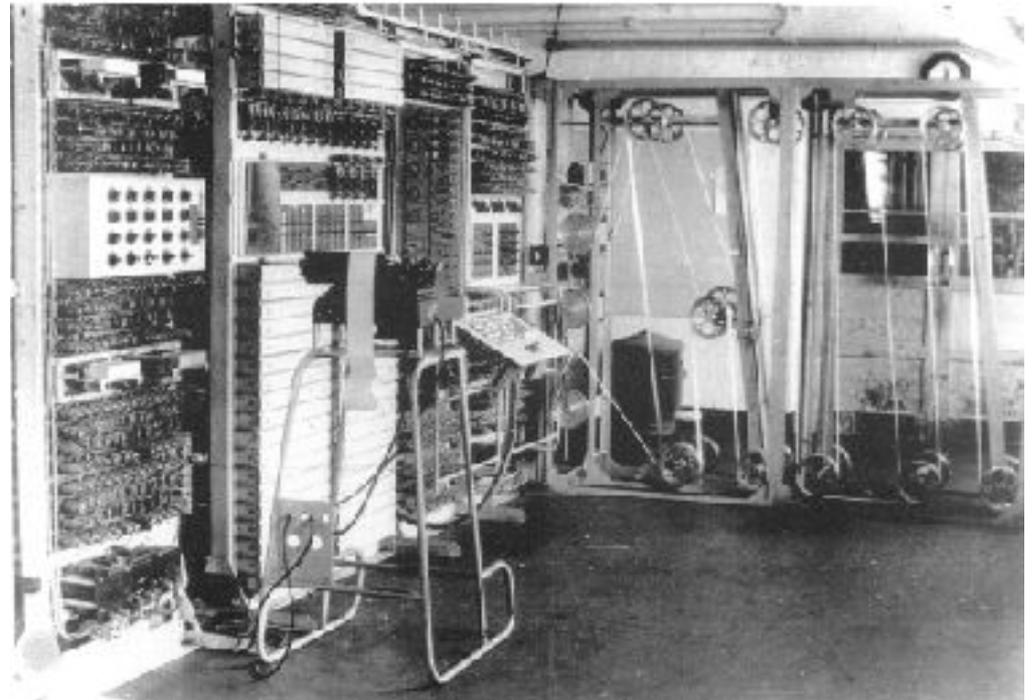
Harvard Mark I / IBM SSEC

- H. Aiken (1937-43): 15 t, 17mx8m, 2200 cpts, 3300 relais, 6s/mul, pas de *bcond*



Le colossus (1944)

- Décodage
- Très rapide
- Une tâche
- Successeur:
 - ACE



Les débuts de l'IA



- 1945-1955: la préhistoire
- De nombreux spécialistes du décryptage se lancent dans la traduction automatique
- Débuts enthousiastes
- Prédications délirantes
- Echecs cuisants

Technologie : les lampes

- 1904 : Sir John Ambrose Fleming invente la diode (valve = soupape)
- 1906 : Lee De Forest ajoute la grille à l'intérieur de la diode et crée la triode

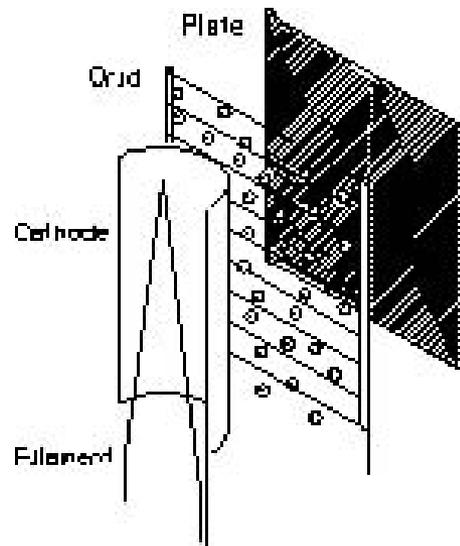
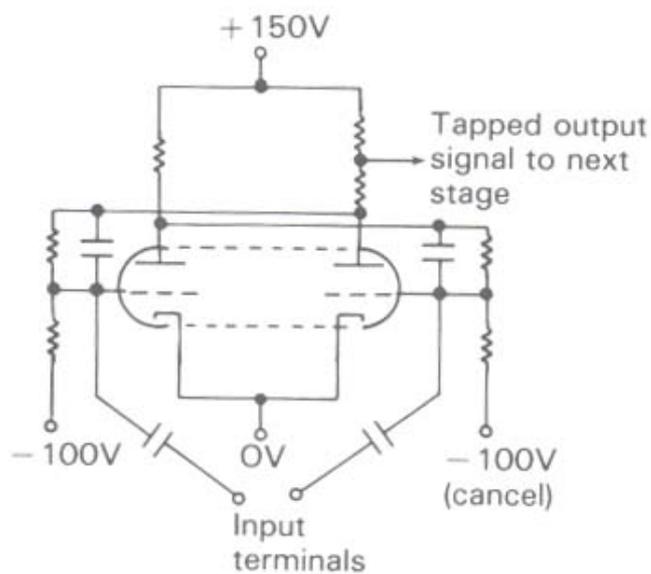
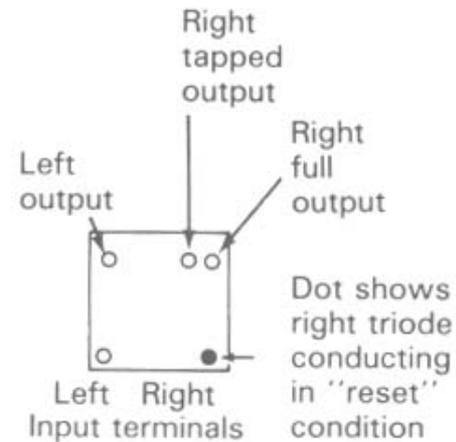


Fig 1. Heat from the filament causes electrons to boil off of the cathode. Any electrons not attracted to a positive plate voltage form a cloud that biases the tube.

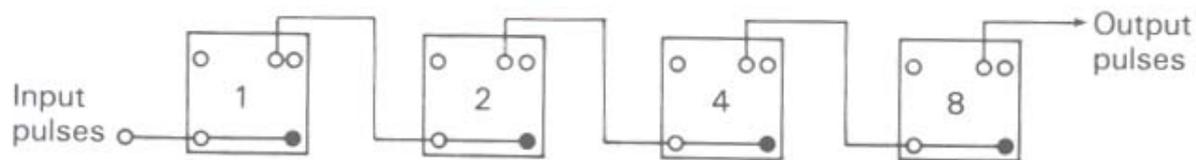
Flip-flop et compteur



a Flip-flop or "trigger" circuit

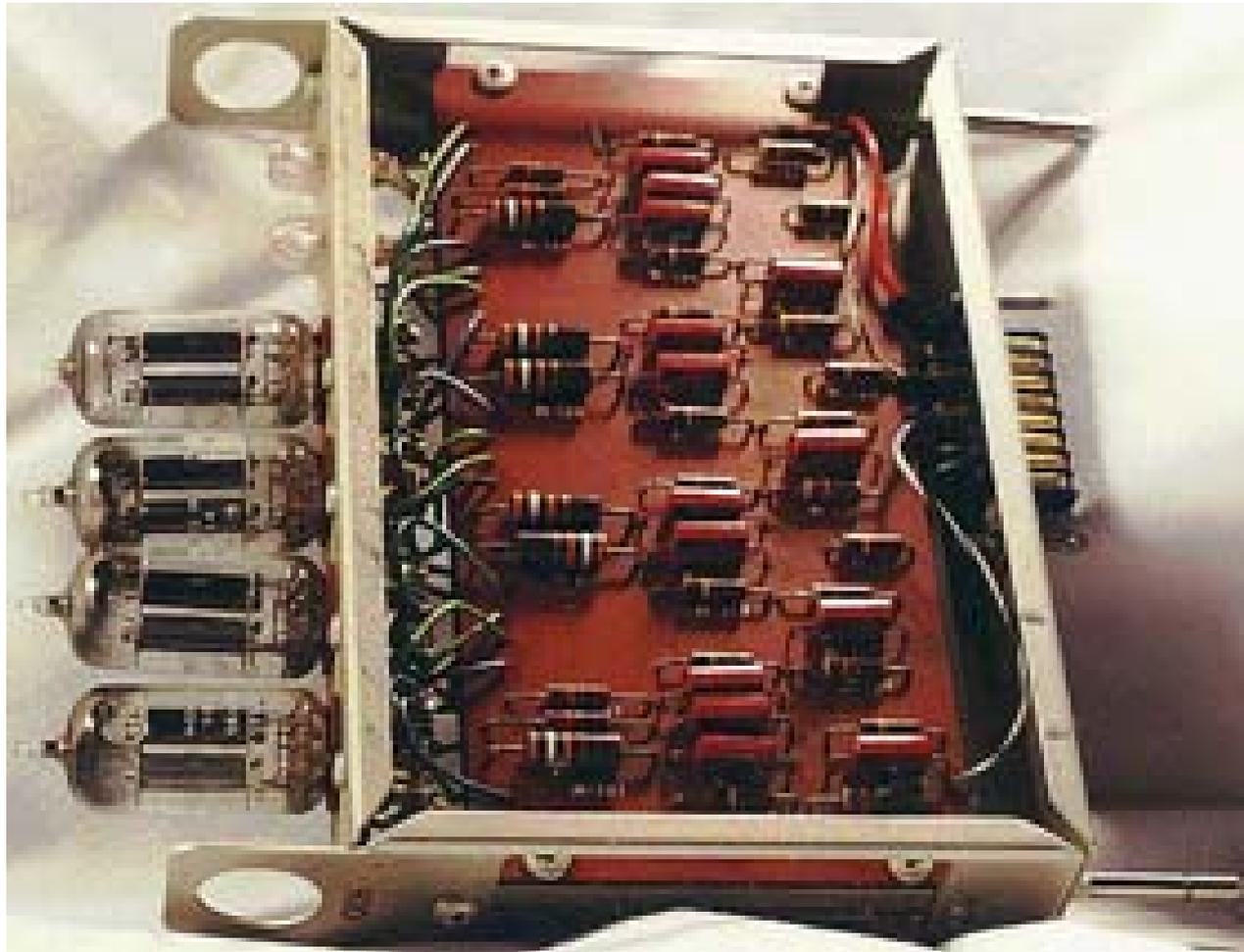


b Block diagram of flip-flop

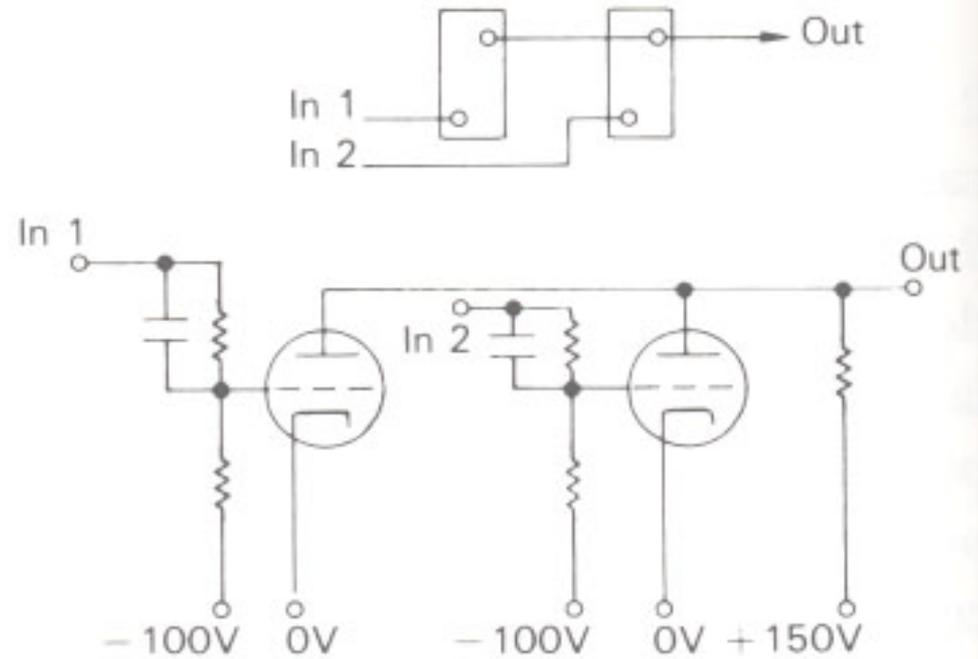
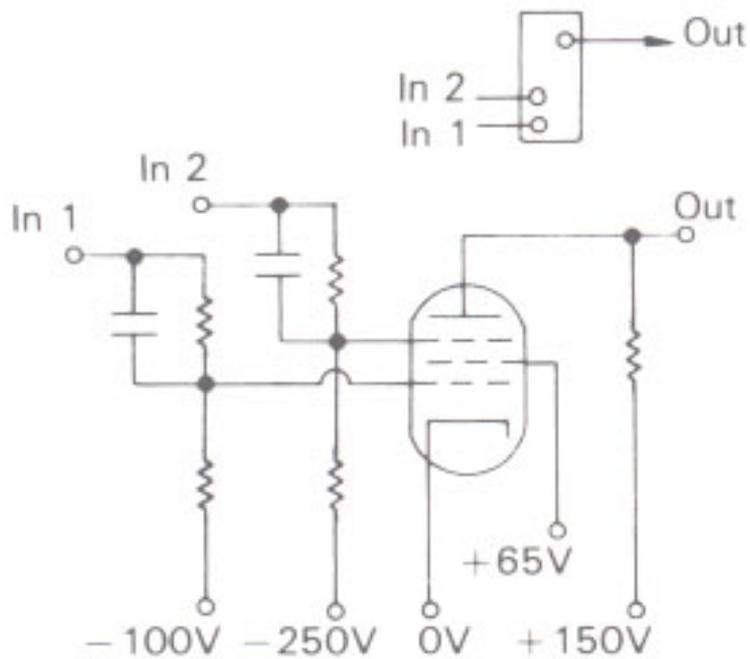


c Scale-of-16 counter

Décalage à lampes

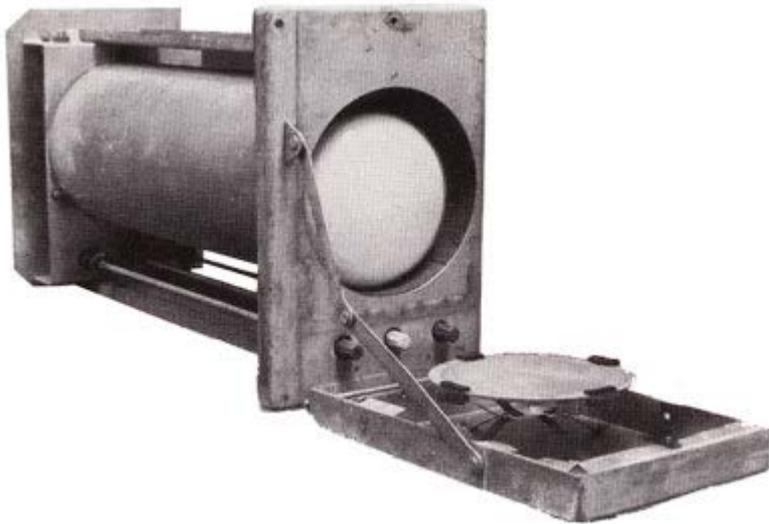


Nand et Nor

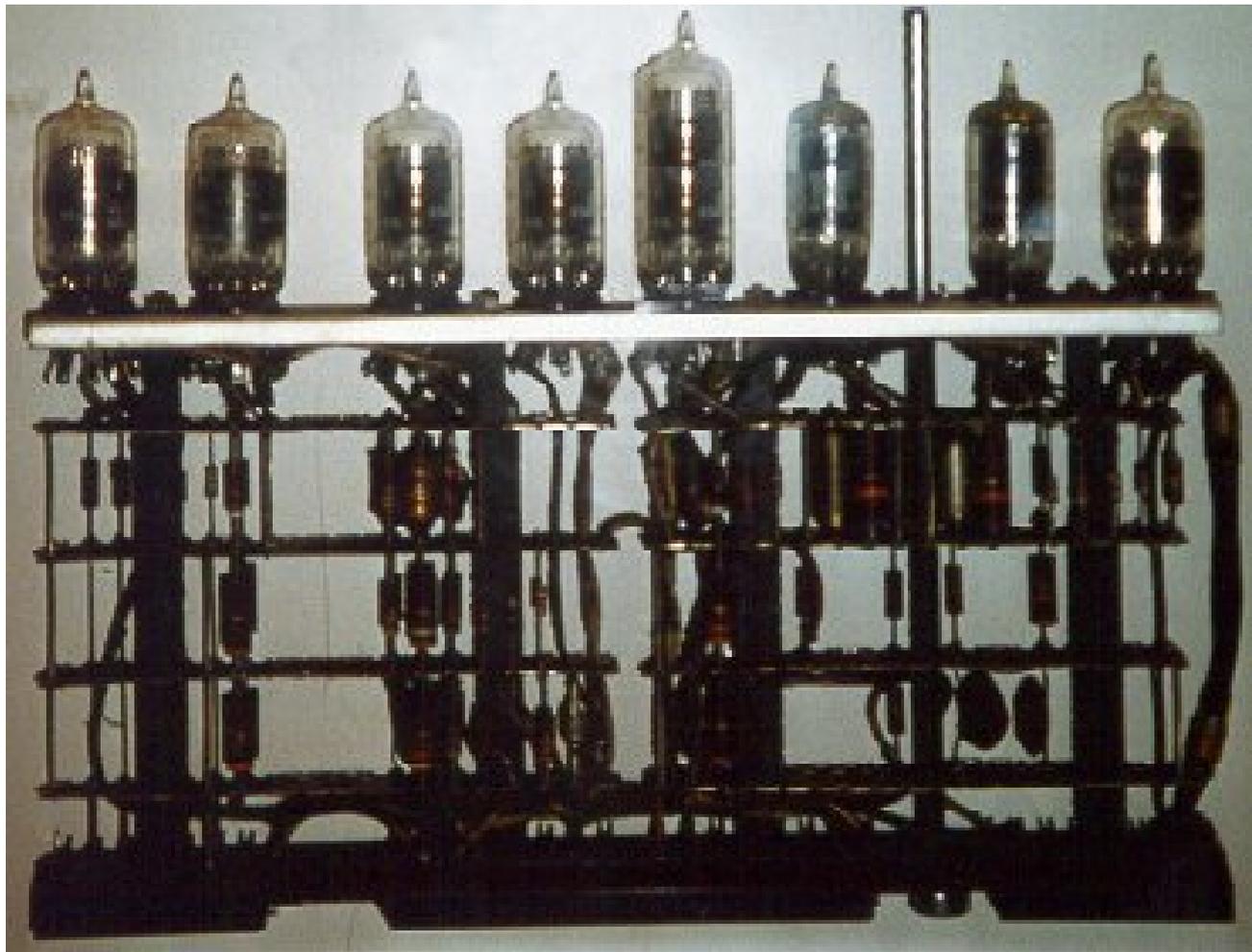


Les mémoires cathodiques

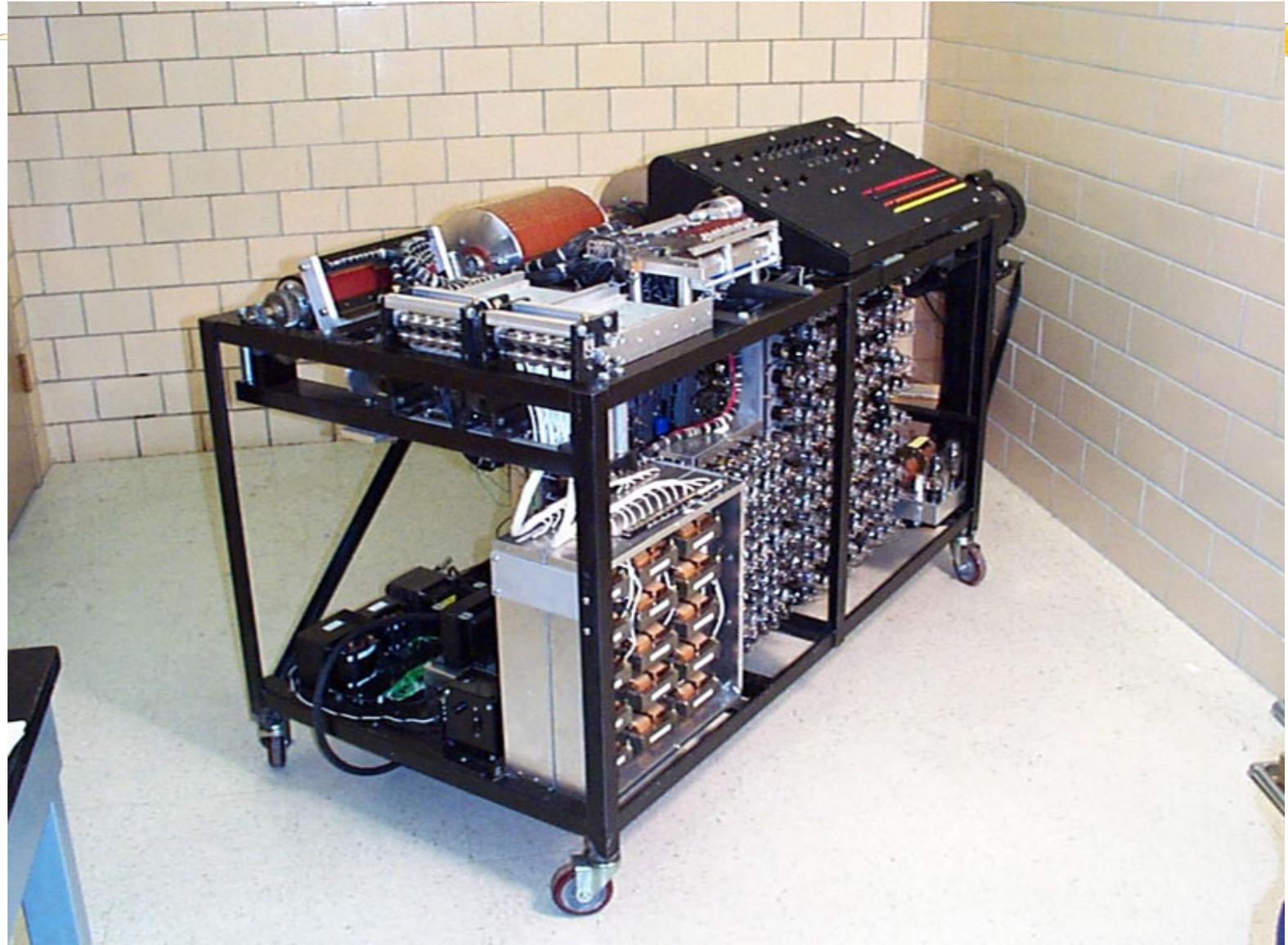
□ Le tube Williams



Exemple



Atanasoff-Berry computer (1939)

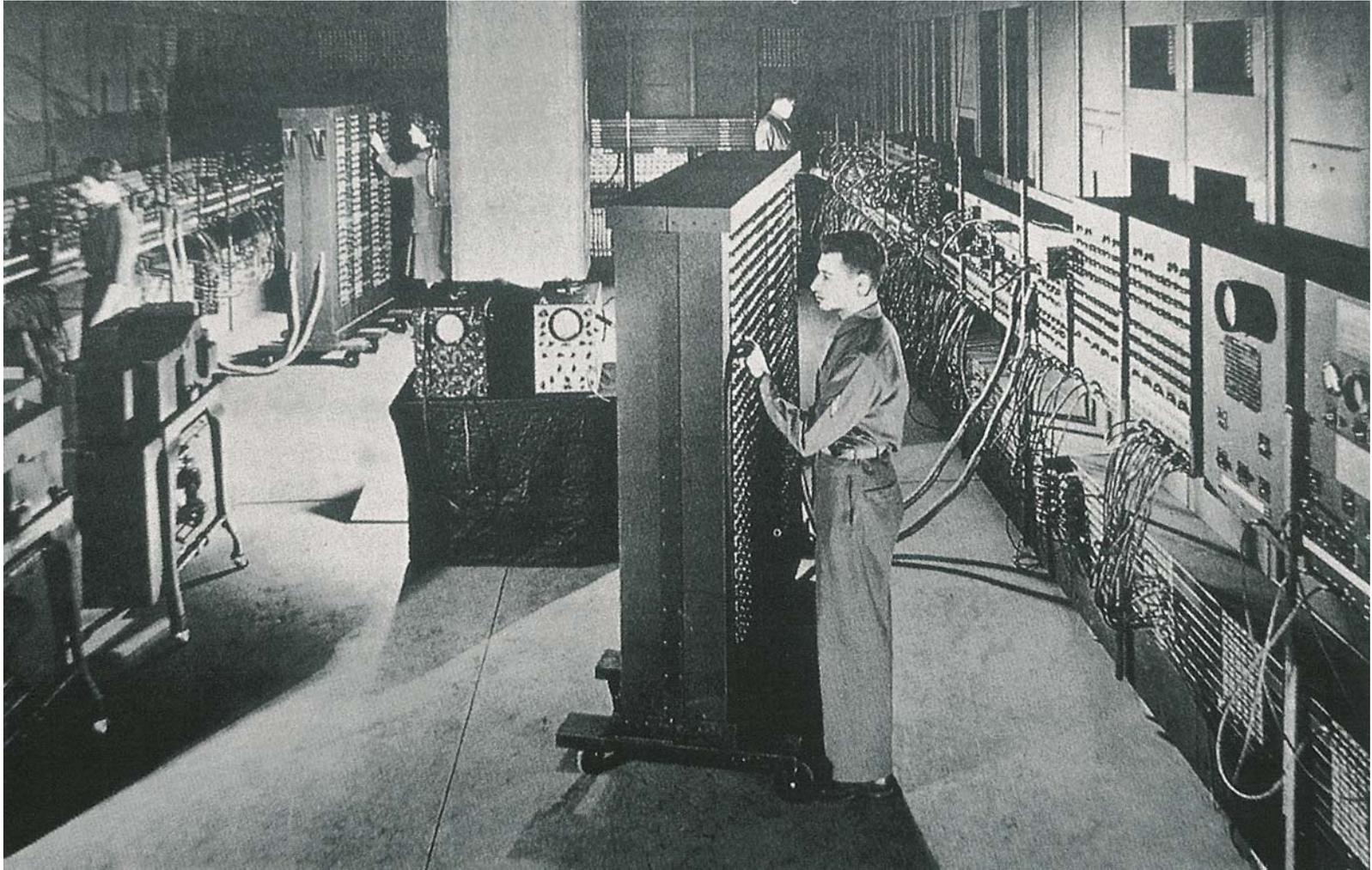


ABC



- John Atanassof / Wallace Berry
- Arithmétique binaire
- Utilisation de condensateurs placés sur un tambour pour la mémoire
- Mémoire régénérée
- 300 tubes
- 1 opération/15 secondes
- Inspira l'ENIAC

Electronic Numerical Integrator And Computer



ENIAC



ENIAC (1942-1945)



- Moore school 1942 : calcul de tables balistiques, utilise un analyseur différentiel
- John W. Mauchly, professeur de physique
- John P. Eckert (22 ans), électronicien
- 18000 tubes, 70000 résistances
- Reprogrammable par câblage
- 1944: Von Neumann découvre l'ENIAC
- Terminé en 1945

ENIAC



- Decimal, 10 chiffres par mot
- 20 mots stockables dans les mémoires à triodes (flip-flop), temps d'accès 200microsec
- 5000 add/s, 350 mult/s, 40 div/s
- 17mx10m, 2.5m de haut, 150Kw

Electronic Discrete Variable Automatic Computer



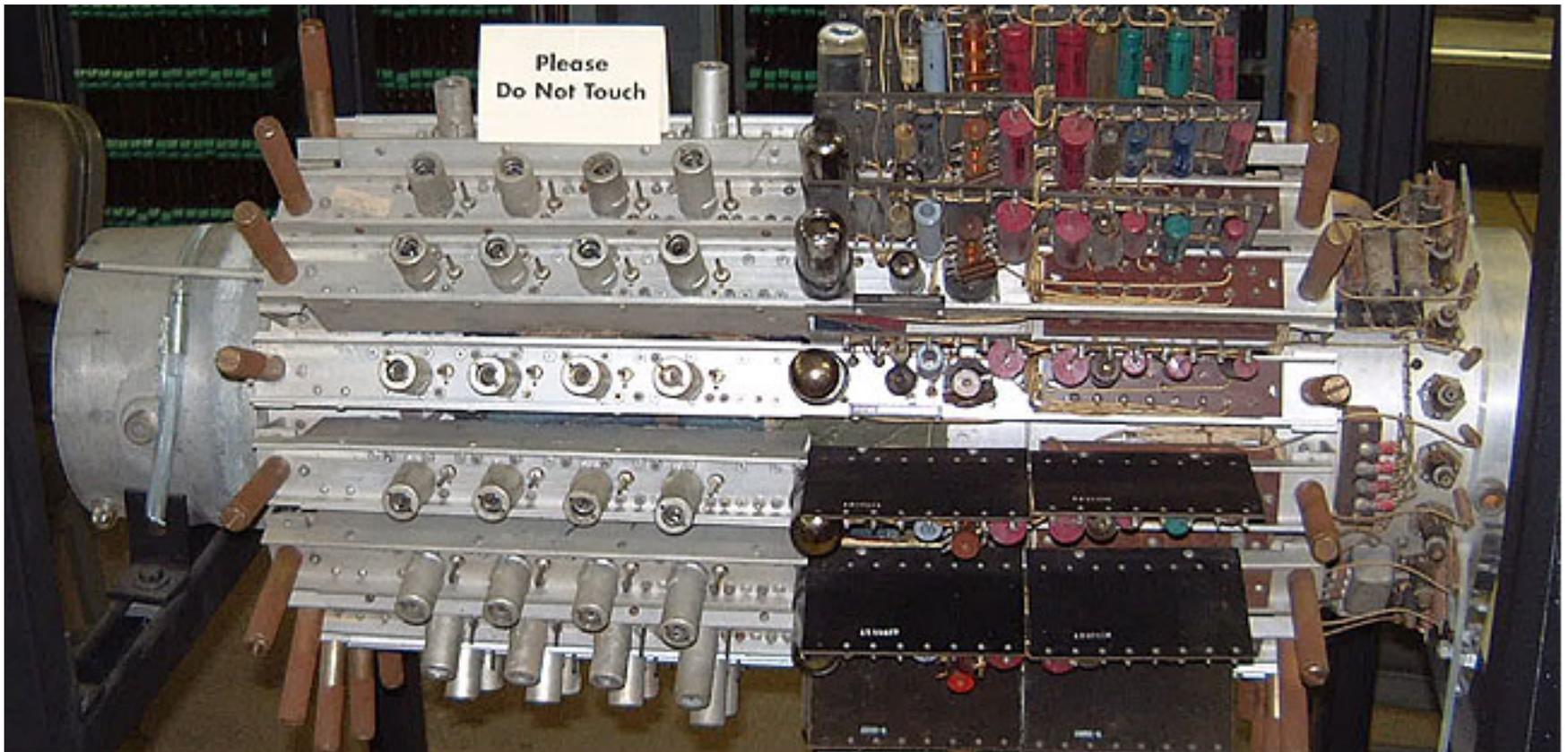
EDVAC (1946-1949)



- Ordinateur stockant son programme comme ses données. Début de la construction: 1946
- Binaire, 44 bits entier/flottant, 10 bits pour les instructions
- 1200 add/s, 350 mult (div)/s
- Lignes à mercure : 1024 mots, 50 microsec
- Tambour magnétique : 4608 mots
- Oscilloscope comme unité de visualisation
- 6000 tubes, 12000 diodes, 56KW

Mémoires à mercure

□ Quartz + mercure + quartz



Mémoires à mercure

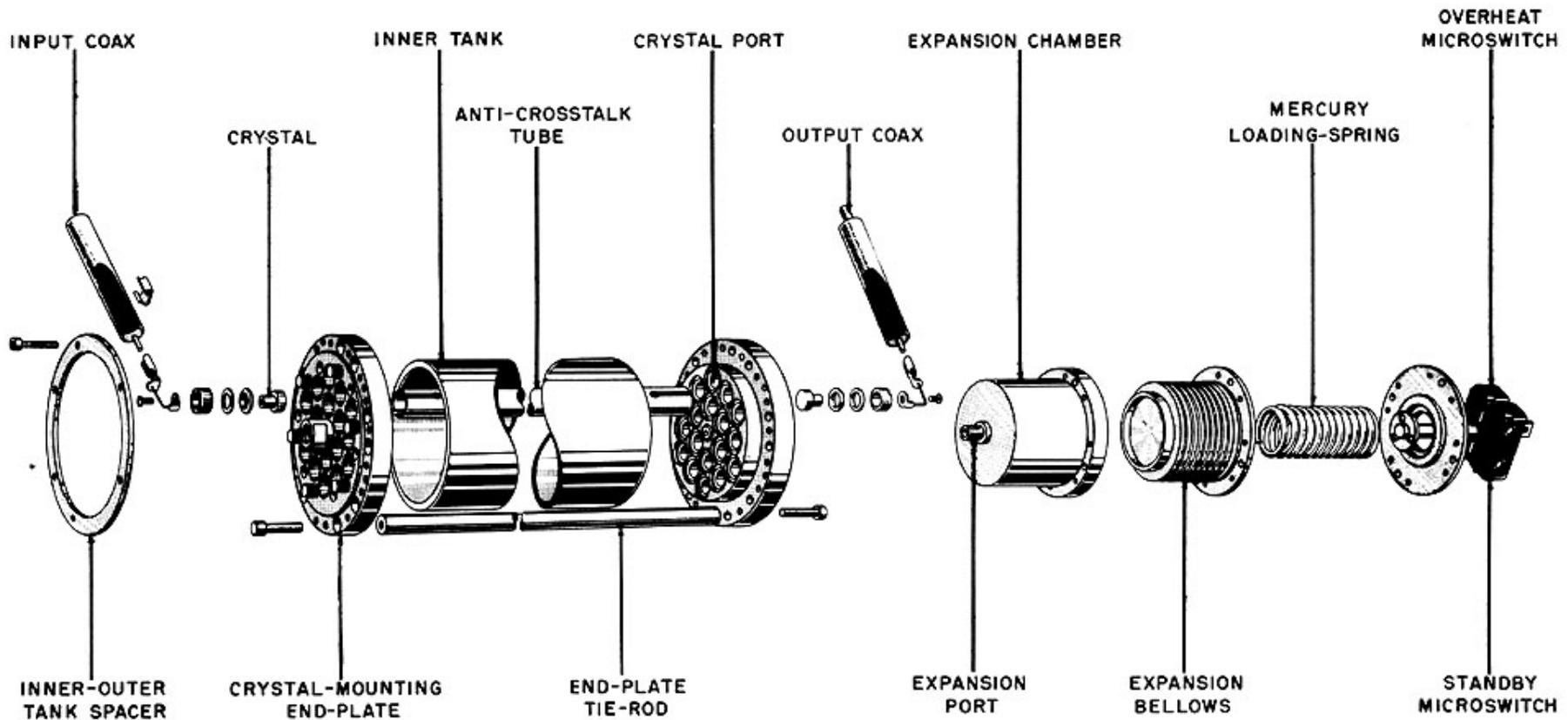
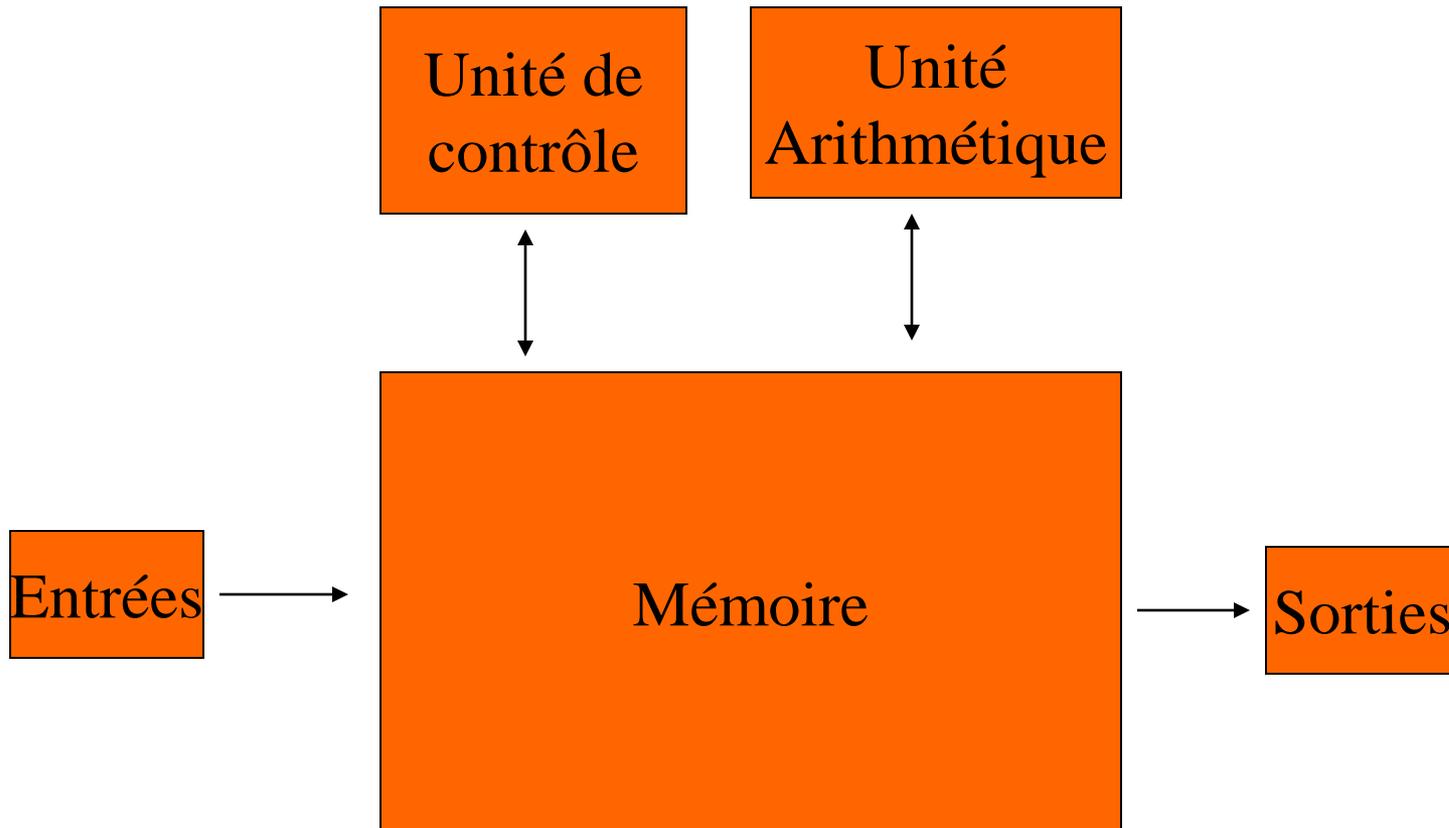


Figure 1-19. Inner Mercury Tank, Exploded View

EDVAC

□ Architecture dite « de Von Neumann »



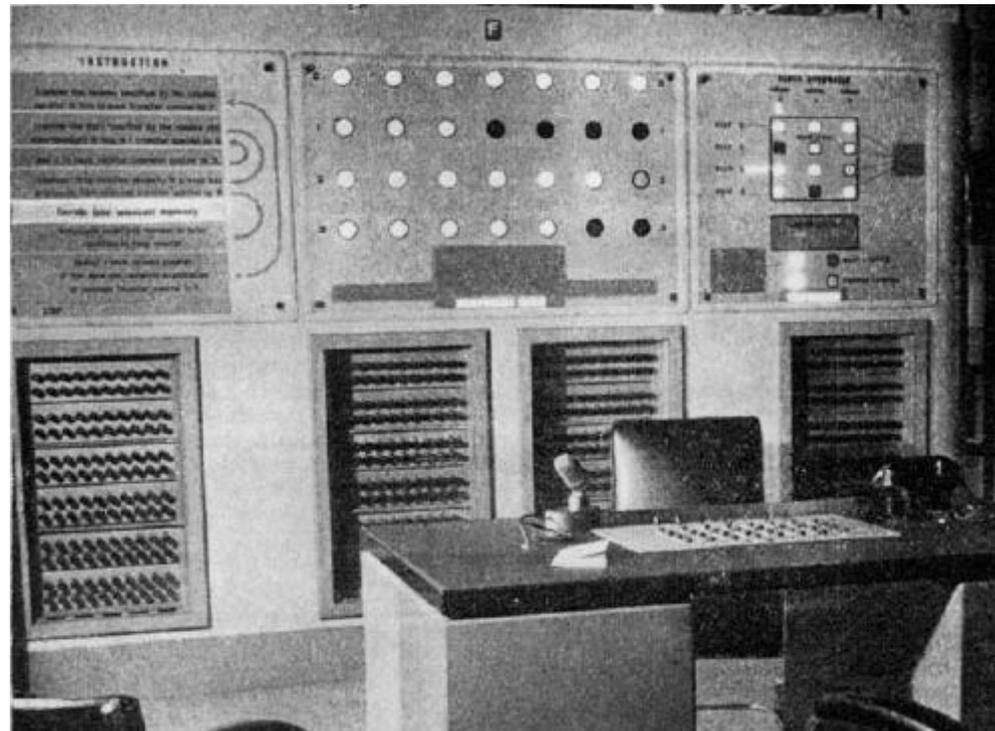
La machine de Shannon (1950)

- Construite par Claude Shannon, elle est capable de jouer des fin de parties comportant 6 pièces.



Le nimrod (1951)

- Construit par Ferranti pour une exposition.
- Joue parfaitement au jeu de Nim.
- 6Kw, 40m³



Le turochamp (1952)



- En 1952, Alan Turing construit un jeu d'instructions (le turochamp) qui constitue le premier « programme » d'échecs existant. Faute de machine capable de l'exécuter, le programme sera simulé par Turing dans une partie contre un étudiant, Alick Glennie.

EDSAC (1949)



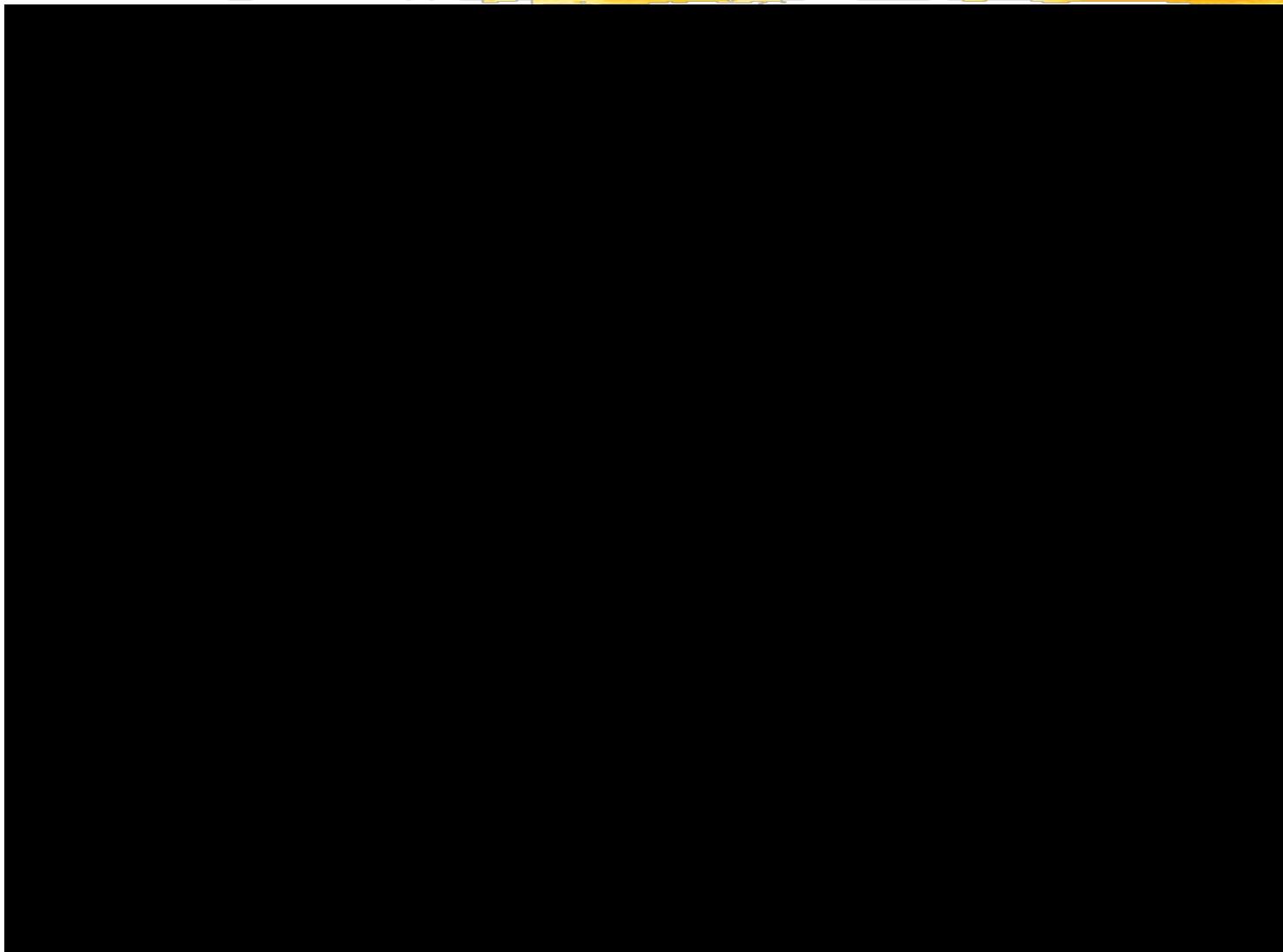
- Construit par Maurice Wilkes à l'université de Cambridge
- Basé sur le papier de J. Von Neumann: *first draft of a report on the EDVAC*
- Mémoires à mercure
- 1024 mots de 18 bits utilisables sous forme de 1 mot de 17 bits ou d'un mot double de 35 bits
- Pas de division

Oxo (1952)



- Premier jeu graphique jouant au tic-tac-toe sur un EDSAC avec affichage sur un tube cathodique
- On trouve trace d'un brevet de 1948 proposant un jeu de simulation de missile.
- En 1951, Ralph Baer (Loral) propose de fabriquer un jeu s'affichant sur un téléviseur. Son idée est jugée ridicule

OXO (1952)



De l'EDVAC à l'UNIVAC



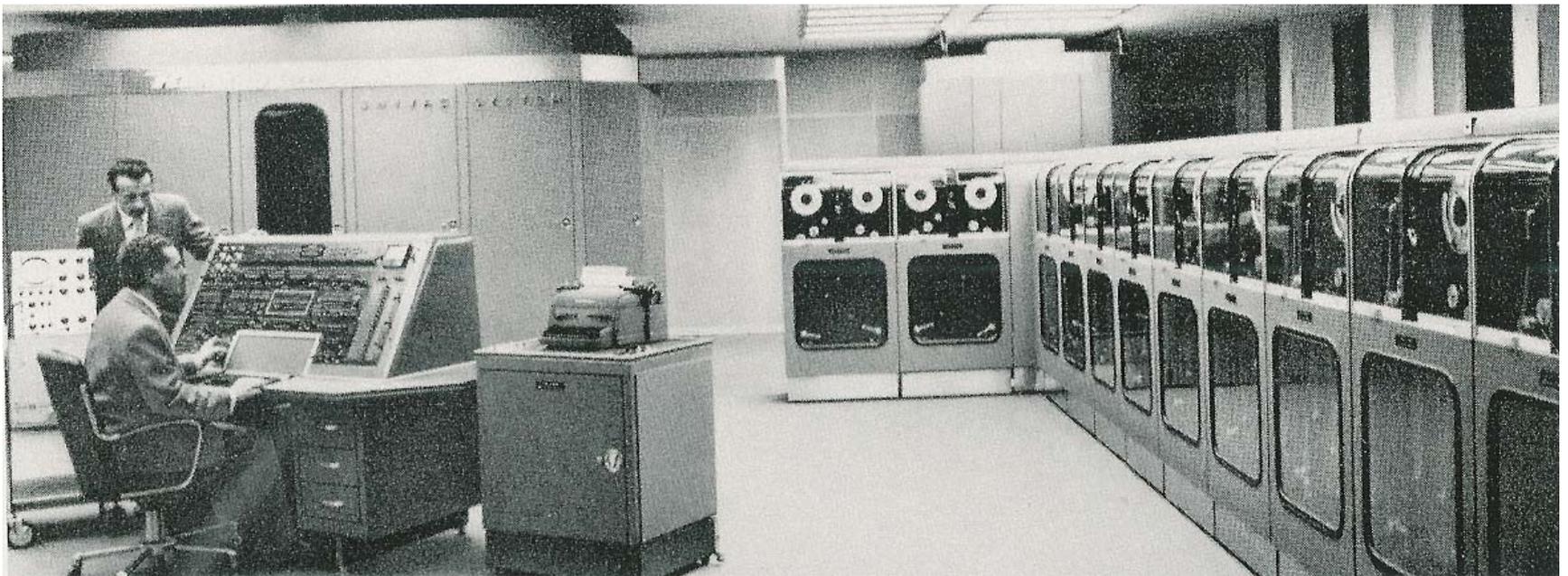
- Conflits Von Neumann - Eckert
- Conflits Moore School - Eckert/Mauchly
- Publications par Von Neumann des principes de l'EDVAC
- En 1946, Eckert et Mauchly quitte Moore School pour fonder leur propre entreprise. Ce sera ECC (Electronic Control Company)

Le BINAC (1949)



- Premier ordinateur commercial développé par Eckert et Mauchly pour Northrop Aircraft
- Binaire, mots de 31 bits
- 2 CPUs avec 512 mots de mémoire chacun (à mercure)
- Comparaison systématique des résultats
- Gouffre financier (278000\$ au lieu de 100000\$ initialement prévu)

L 'UNIVAC I (1951)



L 'UNIVAC I



- 5 commandes
 - Le bureau du recensement
 - L'office national géographique
 - L 'armée de l 'air
 - Une compagnie d 'assurances
 - Une compagnie de type PMU
- En 1950, ECC est au bord de la faillite et est racheté par Remington Rand, mais Eckert et Mauchly voulait vendre à IBM

L 'UNIVAC I (1951)



- 5m x 3m x 3m, 5200 lampes, 14t, 125Kw, unités partiellement dupliquées
- BCD : six bit, 72bits/mot, 1000 mots
 - 0 = 000011; 1 = 000100...; 9 = 001100; A = 010100; B = 010101
- Entrées-sorties à l 'aide de bandes métalliques magnétisées pesant plusieurs kilos (nickel/bronze, 400m, 7200 c/s)
- Pas de cartes perforées

UNIVAC I : codes opérations

Format: op1 op2 unu m1 m2 m3 (6x6=36 bits = 1/2 mot de 72 bits)							
ADDM	A	M->X;X+A->A	010100 000000	JMP	U	Goto M	110111 000000
LOAD A	B	M->A	010101 000000	LOAD V	V	M->V	111000 000000
STORE A	C	A->M	010110 000000	STORE V	W	V->M	111001 000000
DIVIDE	D	M/L->(A,X)	010111 000000	ADD	X	X+A->A	111010 000000
EXTRACT	E		011000 000000	LOAD Y	Y	M->Y	111011 000000
LOAD F	F	M->F	011001 000000	STORE Y	Z	Y->M	111100 000000
STORE F	G	F->M	011010 000000	WAIT	10	Wait input	000100 000011
STORE A	H	A->M	011011 000000	PRINT	50	Print	001000 000011
STORE X	J	X->M	100100 000000	LSR	.n	Shift A right n	010010 nnnnnn
MOVE A	K	A->L;0->A	100101 000000	LSL	;n	Shift A left n	010011 nnnnnn
LOAD L	L	M->L;M->X	100110 000000	ASR	-n	Shift A right n w s	000010 nnnnnn
MULT11	M	M->X;X*L->A	100111 000000	ASL	0n	Shift A left n w s	000011 nnnnnn
NEGMULT11	N	-M->X;X*L->A	101000 000000	READ	1n	1 block -> I	000100 nnnnnn
MULT22	P	M->X;X*L->A	101010 000000	READB	2n		000101 nnnnnn
BEQ	Q	if A=L Goto M	101011 000000	TRANS READ	3n		000110 nnnnnn
REC CC	R	U (CC+1)->M	101100 000000	TRANS READB	4n		000111 nnnnnn
SUB	S	A-M->A	110101 000000	WRT TAPE100	5n		001000 nnnnnn
BGT	T	if A>L Goto M	110110 000000	REWIND	6n		001001 nnnnnn

UNIVAC I : la console



UNIVAC I : le compilateur



- Les utilisateurs développent des routines stockées sur bande pour effectuer les opérations communes (sinus, cosinus, etc)
- Compilateur : programme qui récupère ces programmes sur des cartes ou des bandes et les place automatiquement en mémoire au « bon endroit »
- Premier compilateur: A-0 en 1952 (Grace Murray Hopper)

UNIVAC I

- 46 machines fabriquées et vendues
- La dernière sera arrêtée en 1973

□ 1952, 8:30

IT'S AWFULLY EARLY, BUT I'LL GO OUT ON A LIMB

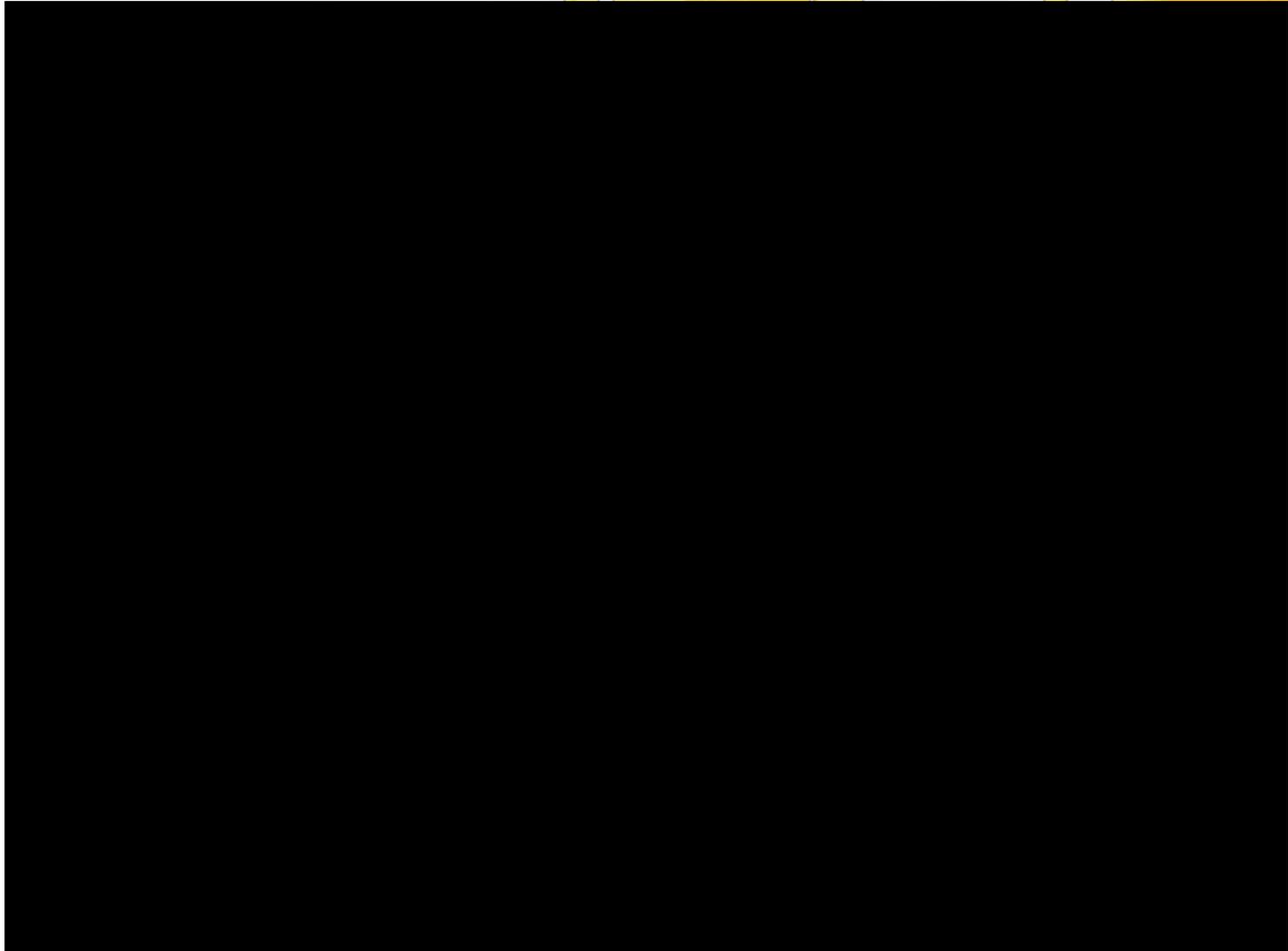
UNIVAC PREDICTS—WITH 3,398,745 VOTES IN—

	STEVENSON	EISENHOWER
STATES	5	43
ELECTORAL	93	438
POPULAR	18,986,436	32,915,049

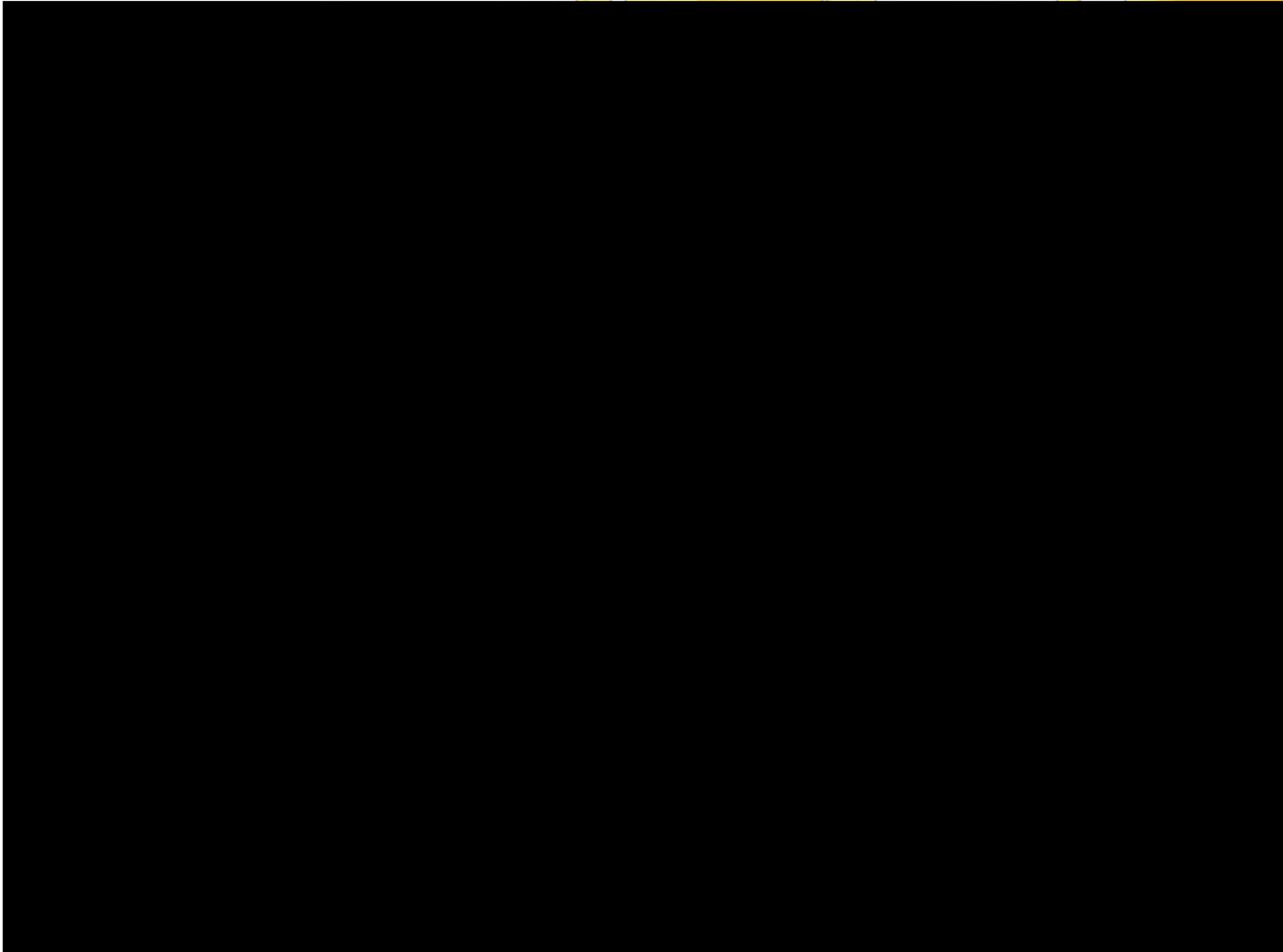
THE CHANCES ARE NOW OO TO I IN FAVOR OF THE ELECTION OF EISENHOWER.

- UNIVAC deviendra aux Etats-Unis le synonyme d 'ordinateur (un peu comme Frigidaire pour réfrigérateur)

Univac 1 commercial



Univac election



Et IBM ? Le SSEC (1948)



- Proche parent du Harvard Mark I de Aiken: relais (21400) et tubes (12500), BCD, 14 chiffres, 150 additions/s
- Plus lent que l'ENIAC
- Plus grande capacité de stockage
- Un seul exemplaire

Le SSEC



IBM 604 (1948)



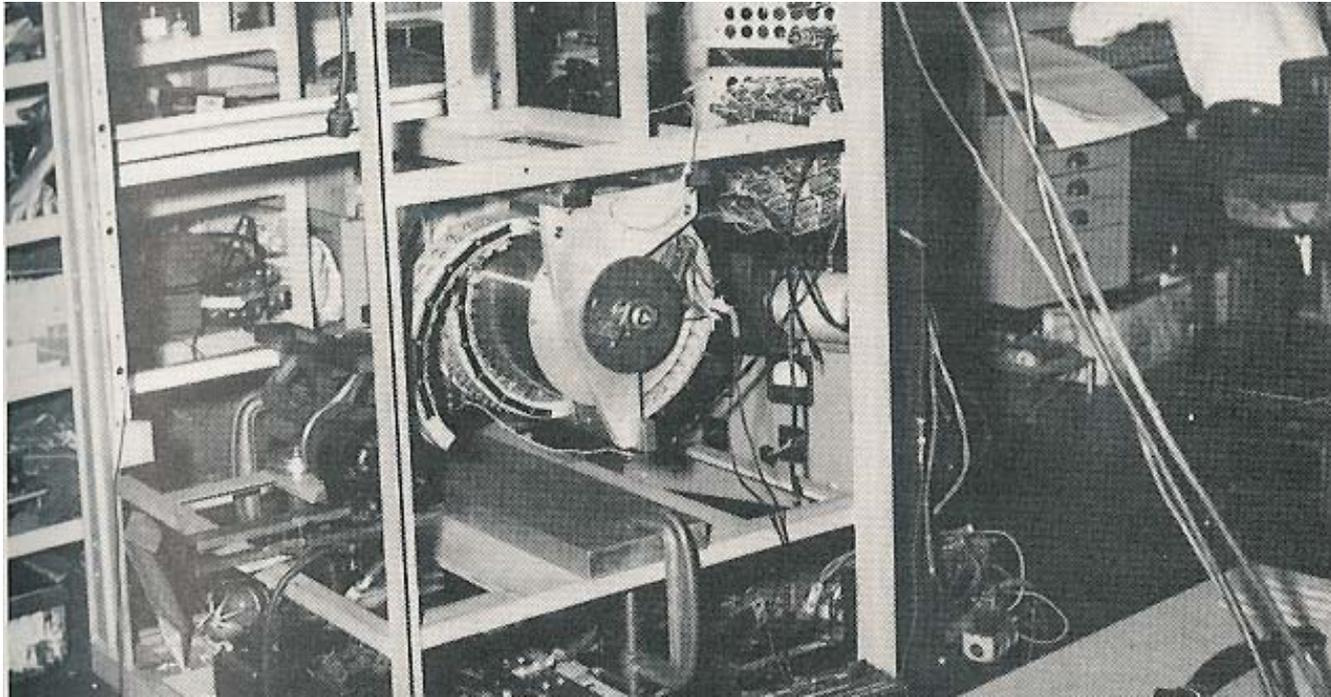
- Mélange de lecteur de cartes perforées et de machine à calculer
- Programmation faite par « plugboard »
- Succès commercial malgré des capacités limités
- 40 opérations entre chaque carte, dont la division
- Compatibilité avec les précédents modèles de la marque

IBM 604



IBM 650, Magnetic Drum Computer (MDC) (1954)

- Tambour de type phonographe (rotatif), sur lequel on stocke des informations magnétiques élémentaires



IBM 650



- 2000 mots de mémoire
- Très fiable
- Lenteur d'accès du tambour compensée par de nombreuses astuces techniques
- Gros travail technologique (tambour à 12500t/mn)
- Un énorme succès commercial: 1800 machines vendues

L 'IBM 701 (Defense computer) (1953)



IBM 701



- Premier véritable ordinateur d'IBM
- 2048 mots de 36 bits stockés dans 72 mémoires cathodiques de 1024 bits
- Technologie basée sur les lampes
- Système binaire: $2^{35} = 34\ 359\ 738\ 368$
- 17000 add/s, 2200 mul(div)/s
- 4 tambours magnétiques de 2048 mots
- 4 lecteurs de bandes, légères (plastique)
- Tomba en panne le jour de l'inauguration

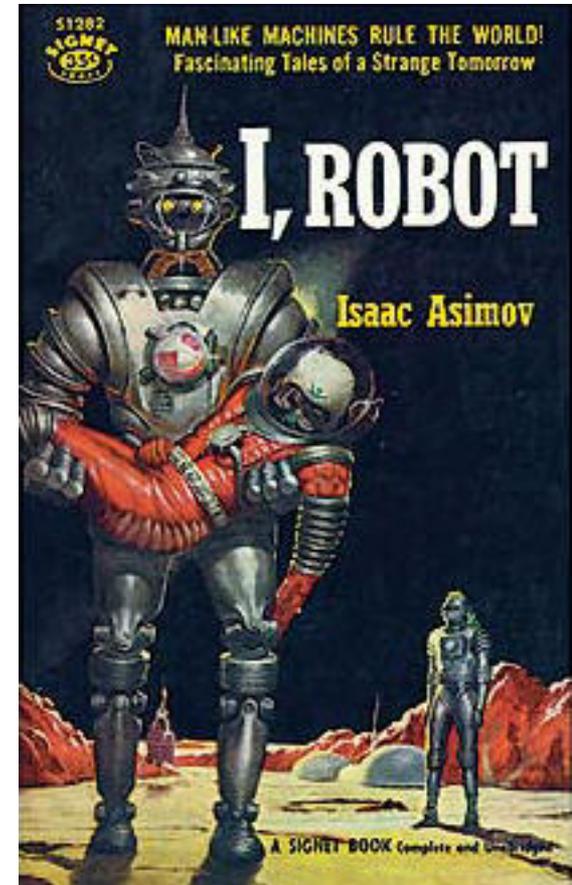
IBM 702 (Tape Processing Machine TPM, 1955)

- Equivalent « Business » du 701
- Suivi du 705



I, Robot

- Parution en 1950 de *I, Robot* d'Isaac Asimov, recueil de nouvelles (1939-1950)
- Fixe les « 3 lois de la robotique »
 - A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm.
 - A robot must obey the orders given to it by human beings, except where such orders would conflict with the First Law.
 - A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Law.



Forbidden planet (1956)

Robby the robot

A horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the page below the text.

Un projet à part: Whirlwind



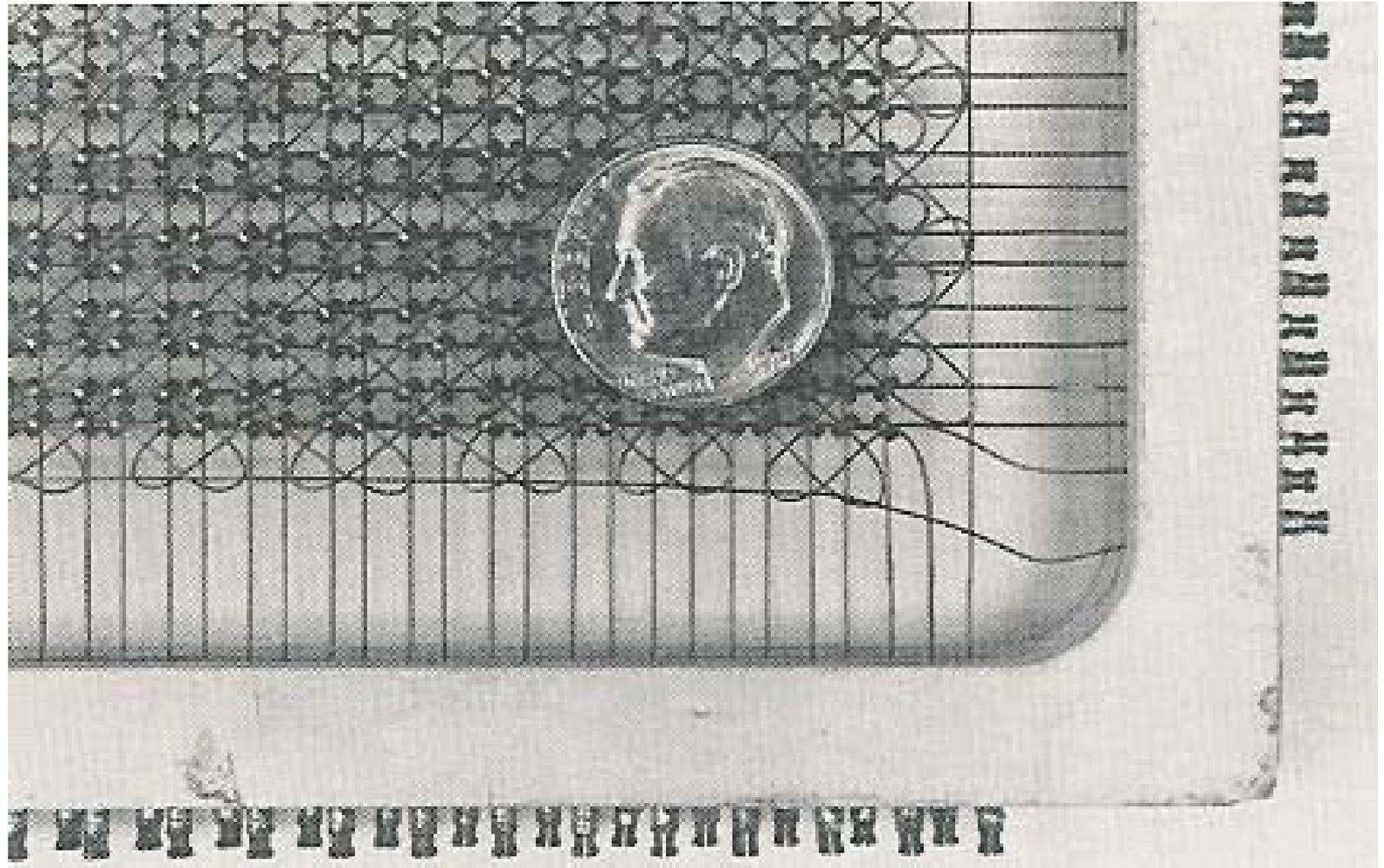
- 1944 : ASCA (Airplane Stability and Control Analyzer): développer un simulateur de vol générique
- Jay Forrester (MIT) est nommé responsable du projet
- Dès 1946, il décide de développer un calculateur digital plutôt qu 'analogique
- Besoin spécifique: le temps réel: « pouvoir répondre en un temps fixé aux flux de données fournies par les capteurs »

Whirlwind



- Mémoires cathodiques : pas suffisamment fiables
- Lignes à mercure ou tambours magnétiques: trop lents
- S'inspire de travaux faits par An Wang à Harvard et développe avec William Papian les mémoires à tores de ferrite (IBM menait des projets similaires)

Les mémoires à tore de ferrite

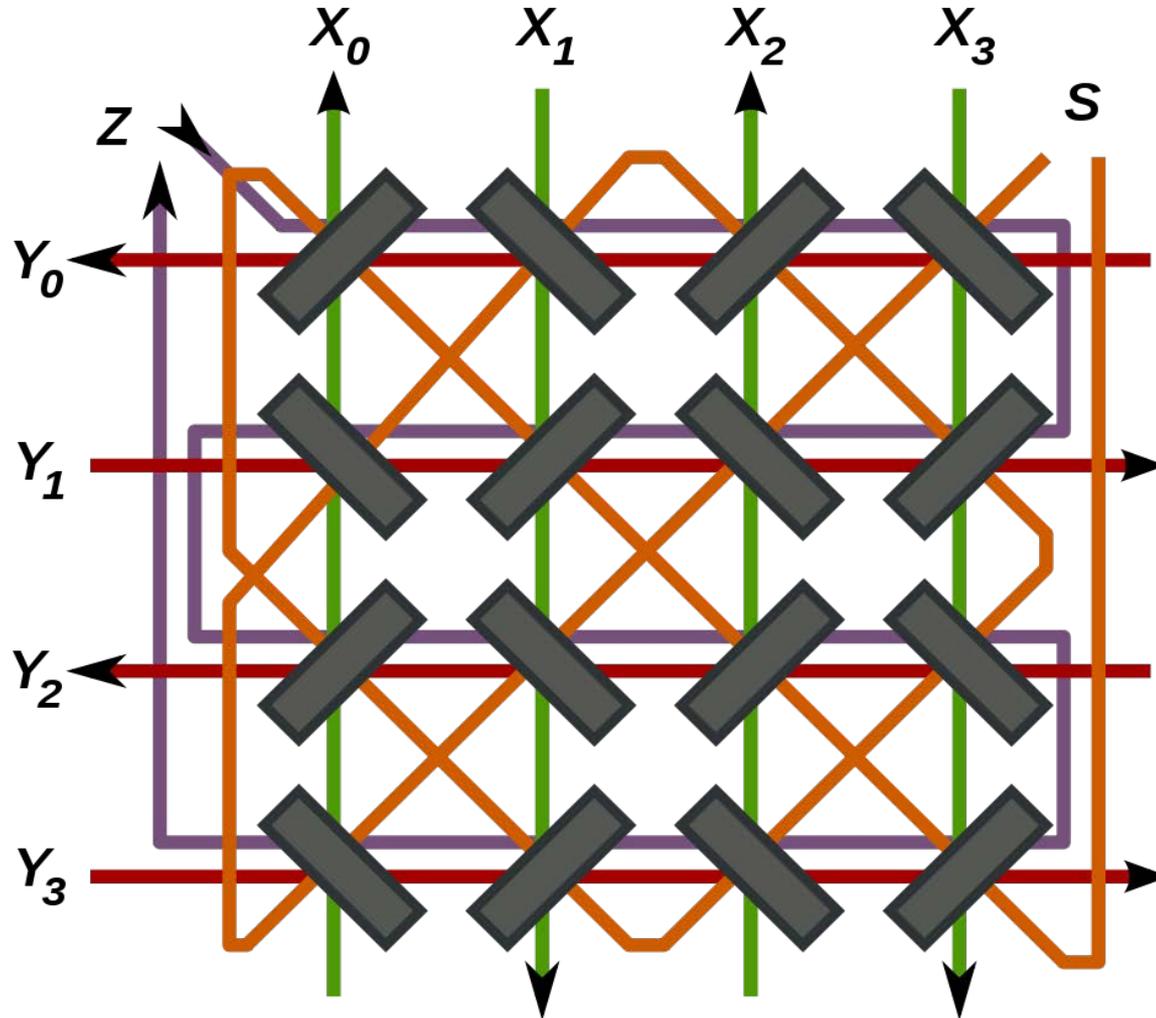


Les mémoires à tores de ferrite

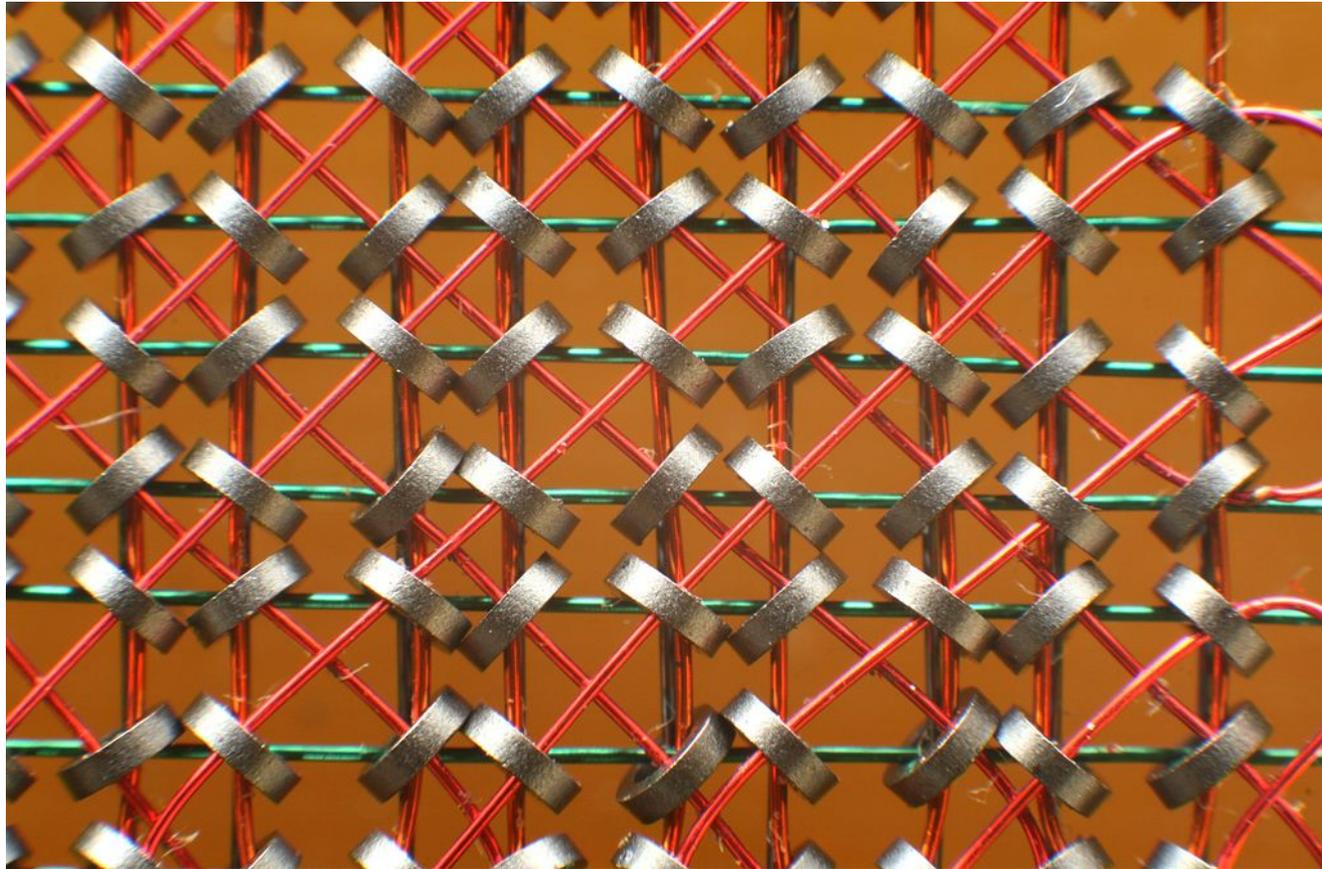


- Quatre fils: *X*, *Y*, *Sense (S)* et *Inhibit (I)*
- Pour lire une valeur, on active les lignes *X* et *Y* correspondantes. Si le bit était à 0, la polarité ne change pas, si le bit était à 1, il y a un changement de polarité qui fait passer le bit à 1 et induit un courant dans la ligne *S*. Une lecture est donc **destructive** et il faut régénérer immédiatement la valeur lue.
- Pour écrire une valeur, on doit d'abord lire le bit (et le mettre à 0). Pour écrire un 1, on active alors les lignes *X* et *Y* dans le sens contraire de la lecture pour induire un changement de polarité.

Les mémoires à tores de ferrite



Les mémoires à tores de ferrite



Les mémoires à tores de ferrite



- En anglais le terme « core » désigne le tore ferro-magnétique utilisé par ces mémoires.
- Le terme anglais est donc « core memory »
- Le terme « core dump » que l'on retrouve encore aujourd'hui quand un programme « plante » et réalise une copie (dump) de sa mémoire vient de là.

Whirlwind



- Prévu pour 875000\$, l'estimation était de 2M\$ en 1946, et 3M\$ en 1947
- Début 1949, Whirlwind consomme 10% du budget recherche de la Navy, le projet va être arrêté
- 23 Septembre 1949 : les russes font exploser leur première bombe atomique

Whirlwind

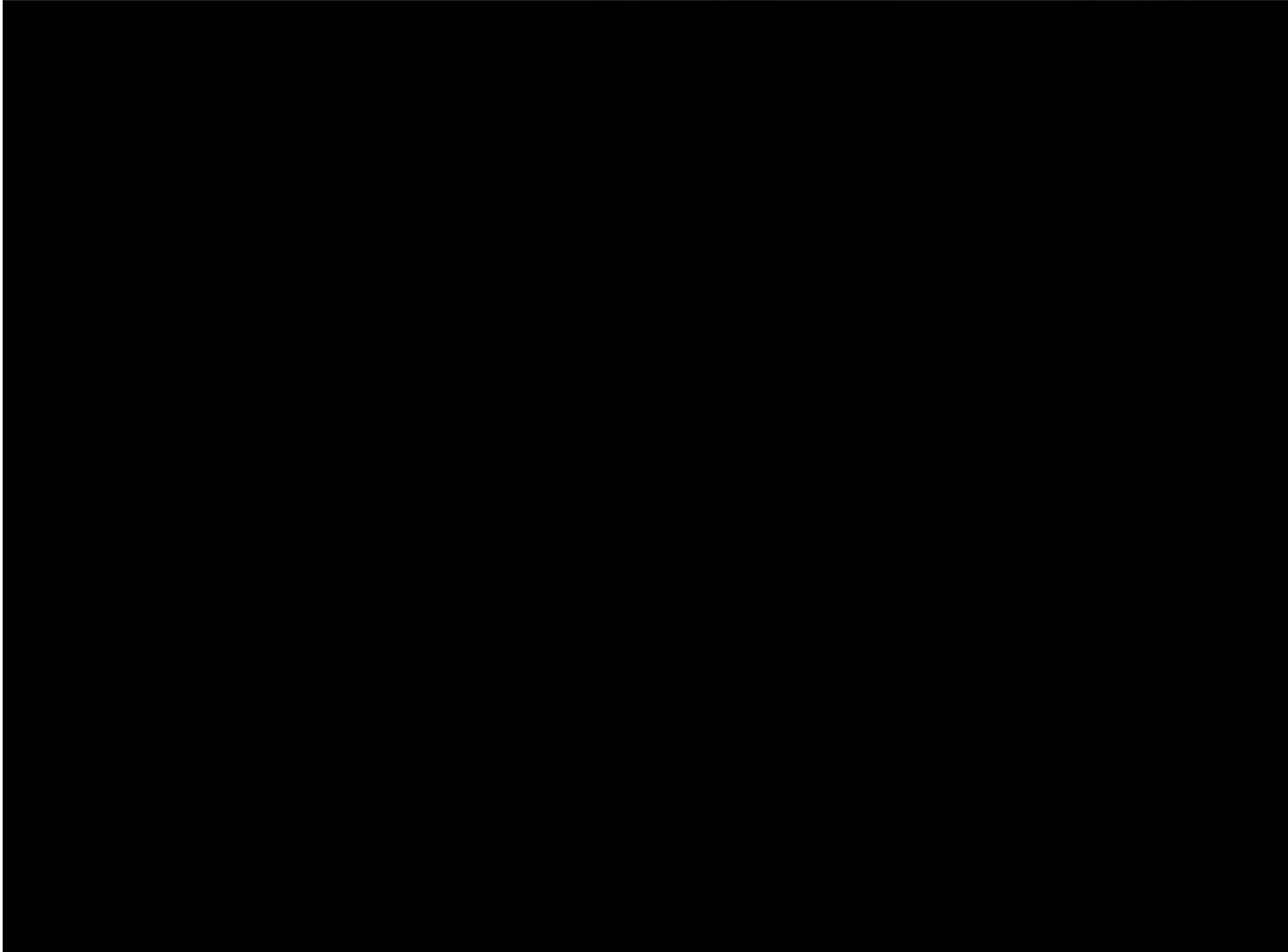


- Le projet est réorienté: constitution d'un réseau de défense aérienne des Etats-Unis
- Mine d'innovations: modems, ordinateurs en réseau, stylos lumineux, écrans de visualisation, multi-utilisateurs (100 consoles), temps réel
- Nom de code SAGE

Semi Automatic Ground Environment (SAGE)



SAGE



Whirlwind



Whirlwind



- Développé commercialement par IBM
- 7000 personnes affectées sur le projet
- Plus de 25 groupes de 2 machines produites
- 250t, 50000 tubes
- La dernière machine sera arrêté en 1983, plus de 25 ans après sa mise en route
- Obsolète lors de sa mise en route opérationnelle...

Whirlwind: the « algebraic system » (1954)



- Lanning et Zierler, MIT
- « A program for translation of mathematical equations »
- Prend en entrées des formules mathématiques et les transforme en code exécutable par Whirlwind
- Aucun succès

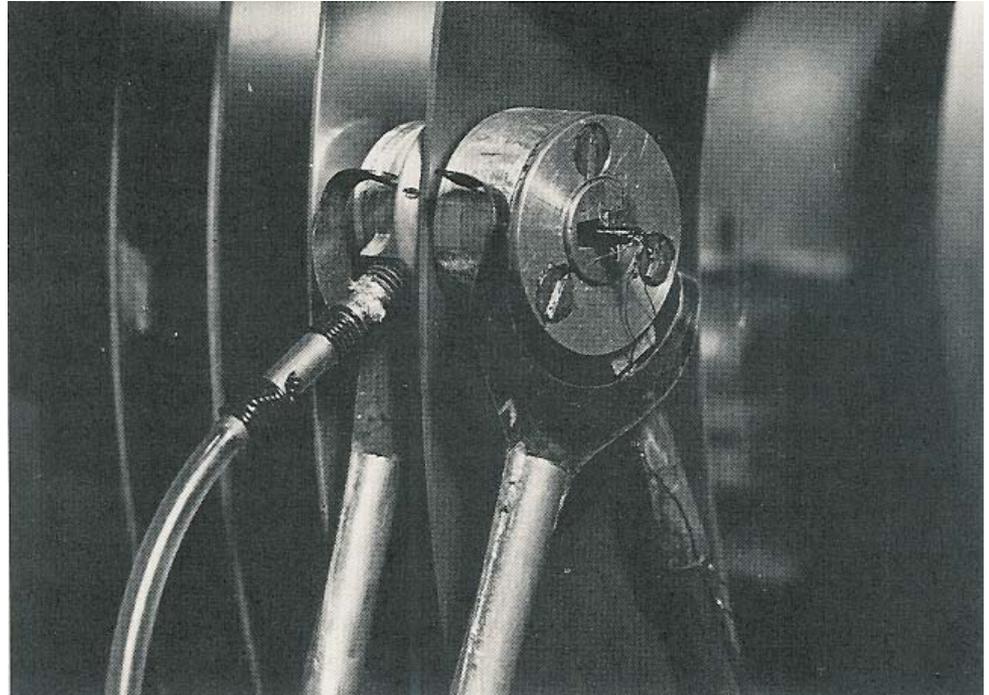
L'IBM 704 (1955)



- Successeur du 701, conçu par Gene Amdahl
- Arithmétique flottante, **registres d'index**
- Mémoire de 4K (1955) et 32K (1957) à tores de ferrite, adresse 15 bits
- De 2 à 20 fois plus rapide que le 701 sur la plupart des applications, 28000 add/s
- 130 machines vendues de 1955 à 1960
- Assembleur, FORTRAN

Les premiers disques

- Nombreux problèmes technologiques
 - Espacement tête disque (air comprimé)
 - Vitesse de rotation
 - 1953:



Random Access Memory ACcounting (IBM 305)

- 1956: machine spécialisé dans le traitement et le tri de fichiers
- Premier disque d 'IBM
- 5 Mo
- 1200t/mn
- 100 machines



Assembleur



- Premiers exemples sur le 701 (1950); il s 'agit alors d 'assembler des routines pour en faire un programme
- Sur le 704: prend en entrée un programme écrit sous forme ASCII avec des mnémoniques et le transforme en langage « machine » exécutable par l 'ordinateur
- Réduit la lourdeur de la programmation binaire

Assembleur

ASSEMBLY PROGRAM			N. Rochester	11-7-50	SERIAL NUMBER	INSTRUCTION
SERIAL NUMBER	OPERATION	TENTATIVE ADDRESS	COMMENT		SERIAL NUMBER	INSTRUCTION
READING						
1.1	F1 → Mem	A.1			001	60037
1.2	Add	A.1	A&C	XYX	002	01037
1.3	Store	A.1			003	74037
1.4	Sub.	A.1	Just A	YY	004	13037
1.5	Add	A.3	J = D + A		005	01039
1.6	RR	1.13			006	86013
1.7	Add	A.1		X C	007	01037
1.8	Add	A.2	F + C + 01000		008	01038
1.9	RR	1.10			009	86010
1.10	- From 1.9	--	Get E		010	--
1.11	G 12 → Mem	A.1			011	80037
1.12	Add	A.1	G = B + E		012	01037
1.13	- From 1.6	--	Store G		013	--
1.14	PPX	1.1			014	50001
PUNCHING						
2.1	Add	F.1		} Set Initial	015	01051
2.2	Sub	A.4		} Value of H	016	11040
2.3	RR	A.5			017	86041
2.4	Add	A.6		} Set Initial	018	01042
2.5	RR	2.18		} Value of K	019	86032
2.6	Add	1.13	86000 + D + A = 86000 + J	} Set Up	020	01013
2.7	Sub	A.7	01000 + D + A	} Stopping	021	11043
2.8	RR	A.8		} Point	022	86044
2.9	Add	2.18		} Increase K	023	01032
2.10	Add	A.4		} by 1	024	01040
2.11	Store	2.18			025	76032
2.12	Sub	A.8		} Test K for	026	11044
2.13	End -	--		} Stop	027	28000
2.14	RR	000			028	86000
2.15	Add	A.5		} Increase H by 1	029	01041
2.16	Add	A.4			030	01040
2.17	RR	A.5			031	86041
2.18	- From 2.11	--	Get Instruction	} Prepare to	032	--
2.19	RR	A.1		} Punch	033	86037
2.20	Mem → G12	A.1		} Instruction	034	88037
2.21	Add	A.5			035	04041
2.22	PPX	2.9			036	50023

FORmula TRANslator (FORTRAN, 1957)



- Développé par John Backus pour l'IBM 704
- Premier vrai langage de programmation au sens moderne
- Langage dit « impératif », où l'on décrit le fonctionnement du programme par des opérations mathématiques, des affectations de valeurs dans des variables, des branchements et des tests
- Typé
- Bien vivant encore aujourd'hui

COmmon Business Oriented Language (1959)



- Compilateur standardisé par le DoD
- Grace Murray Hopper participera au développement
- COBOL tournera directement sur deux architectures différentes, l'UNIVAC II et le RCA 501
- Particularité: verbeux. GREATER au lieu de > par exemple
- Toujours vivant aujourd'hui au niveau des applications bancaires (hélas)

LISt Processing (LISP, 1956-1959)



- Développé par John McCarthy au MIT, inspiré par IPL sur JOHNIAC (Rand), par Newell, Simon et Shaw
- Langage de type fonctionnel, faiblement typé
- LE langage de l'intelligence artificielle, inspiré du lambda-calcul
- Développé sur l'IBM 704
- Architecture du 704 -> Instructions du LISP (CAR=Content of Address Register, CDR=Content of Decrement Register)

ALGOOrithmic Language (1958)



- ALGOL est le premier exemple d'un langage structuré, fortement typé. ALGOL est impératif, comme FORTRAN
- Il est développé par des universités et des utilisateurs qui souhaitent écrire des programmes lisibles, utilisant une notation mathématique

LISP



- `(define (factorial n)`
- `(if (= n 1)`
- `1`
- `(* (factorial (- n 1)) n))`
- Le programme et les données ont la même forme: des listes
- Evalueur LISP

IA: les vrais débuts (55-70)



- IA fondée par John Mc Carthy sur le postulat mécaniste
- 1956: the Logic Theorist (Newell, Simon, Shaw)
- 1957: General Problem Solver
- 1958: Checkers (Samuel)
- 1960: DENDRAL (système expert)

IA: les vrais débuts



- Conclusions radicalement opposées
- Simon déclare (1958) qu 'avant dix ans
 - Un programme d 'échecs sera champion du monde
 - Un programme de démonstration automatique démontrera un théorème important
- Samuel est pessimiste

L 'IBM 709 (1957)



- **Adressage indirect**
- Notion de canaux de communication et d 'interruption du CPU pour les entrées sorties (véritables implantations sur les 7090/7094)
- Le 709 sera un échec commercial, car sa technologie (lampes) est obsolète à sa sortie.

Et les autres?



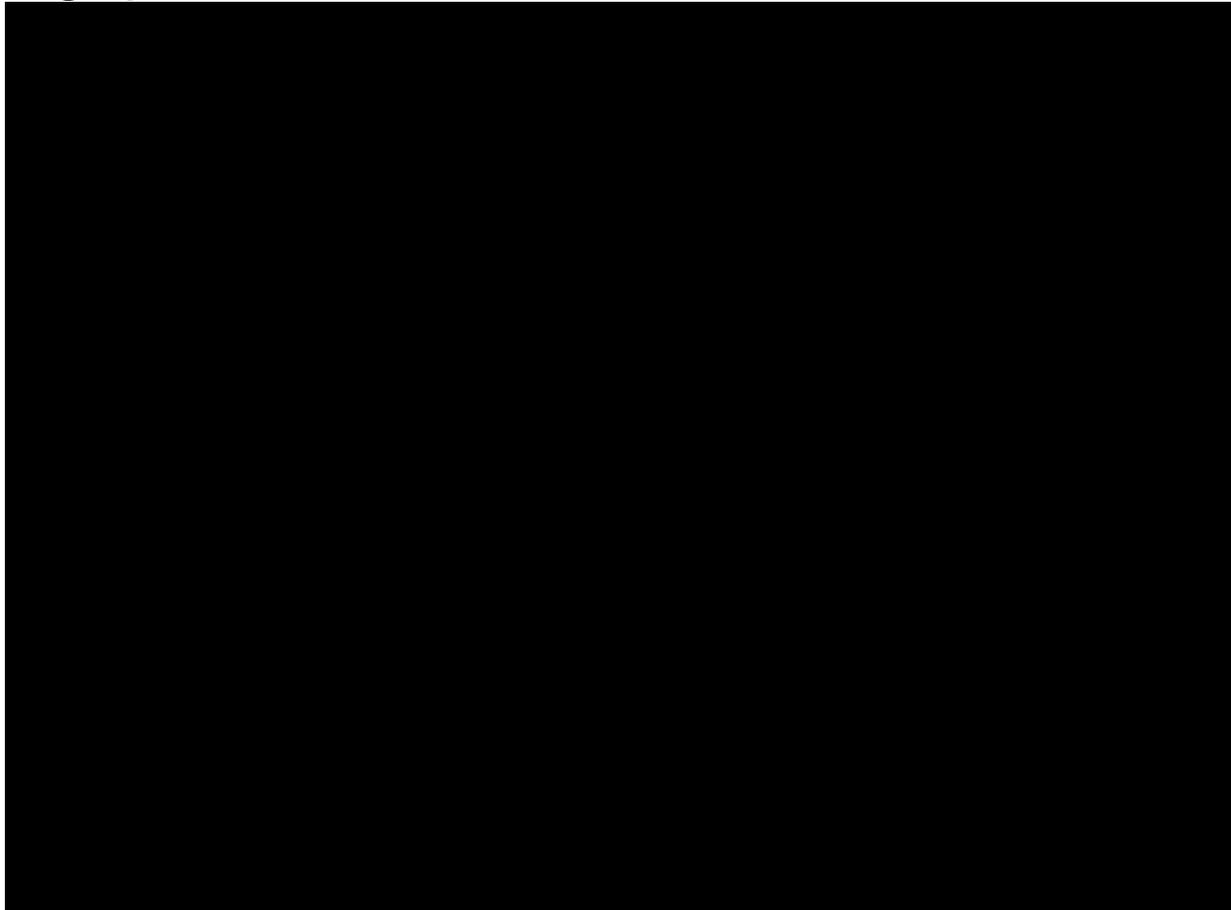
Revenues of selected computer and electronic companies, 1955

Company	Annual sales	Net profit	Employees
GE	\$2.96 billion	\$213 M	210,000
Western Electric*	\$1.5 billion	\$55 M	98,000
RCA	\$940 M	\$40 M	70,500
IBM	\$461 M	\$46.5 M	46,500
NCR	\$259 M	\$12.7 M	37,000
Honeywell	\$229 M	\$15.3 M	25,000
Remington Rand**	\$225 M	\$12.2 M	37,000
Raytheon	\$177 M	\$3.5 M	18,700
Burroughs	\$169 M	\$7.8 M	20,000

Tennis for Two (1958)

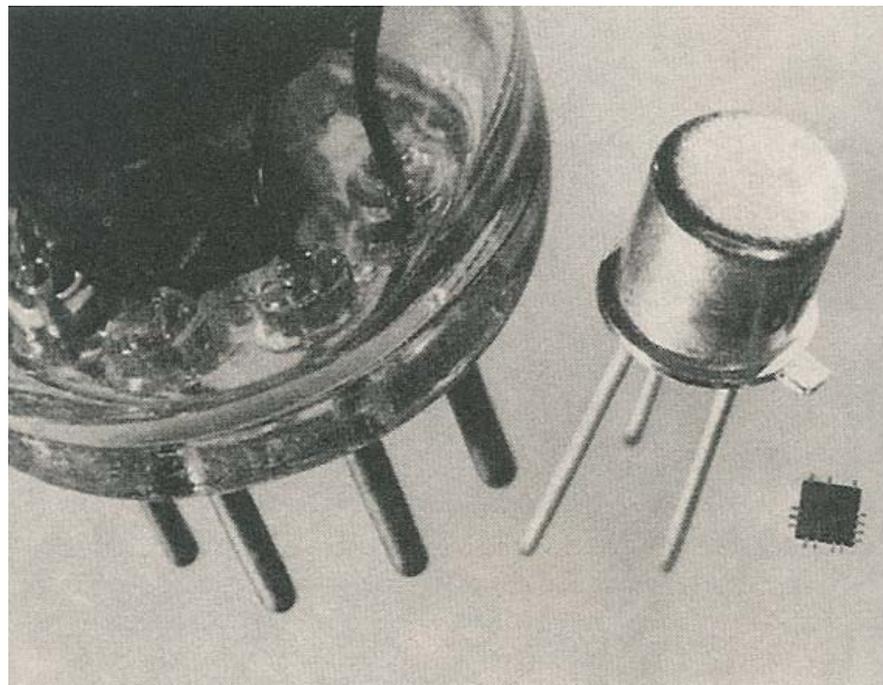


- Premier jeu graphique. Développé sur un calculateur analogique.



Une autre révolution

- 1948: John Bardeen, Walter H. Brattain, et William Shockley inventent le transistor
- « Remplace » une lampe, pas de filament



Le transistor



- 1953 : premier ordinateur à transistors à l'université de Manchester
- 1956: le MIT développe le TX-0
 - 18 bits
 - 64K de mémoire à tores
 - 3500 transistors
 - 83000 additions/s
 - Le TX-0 aura un successeur, le TX-2

Le projet « STRETCH »



- Dès 1956, IBM réfléchit à un nouveau calculateur qui remplacera sa ligne de trois produits (650,701,702)
- L'utilisation des transistors doit permettre une amélioration des performances
- Le projet s'oriente d'abord vers un super calculateur sous le nom de projet STRETCH
- Inspiré du 701/704 (binaire, flottant)

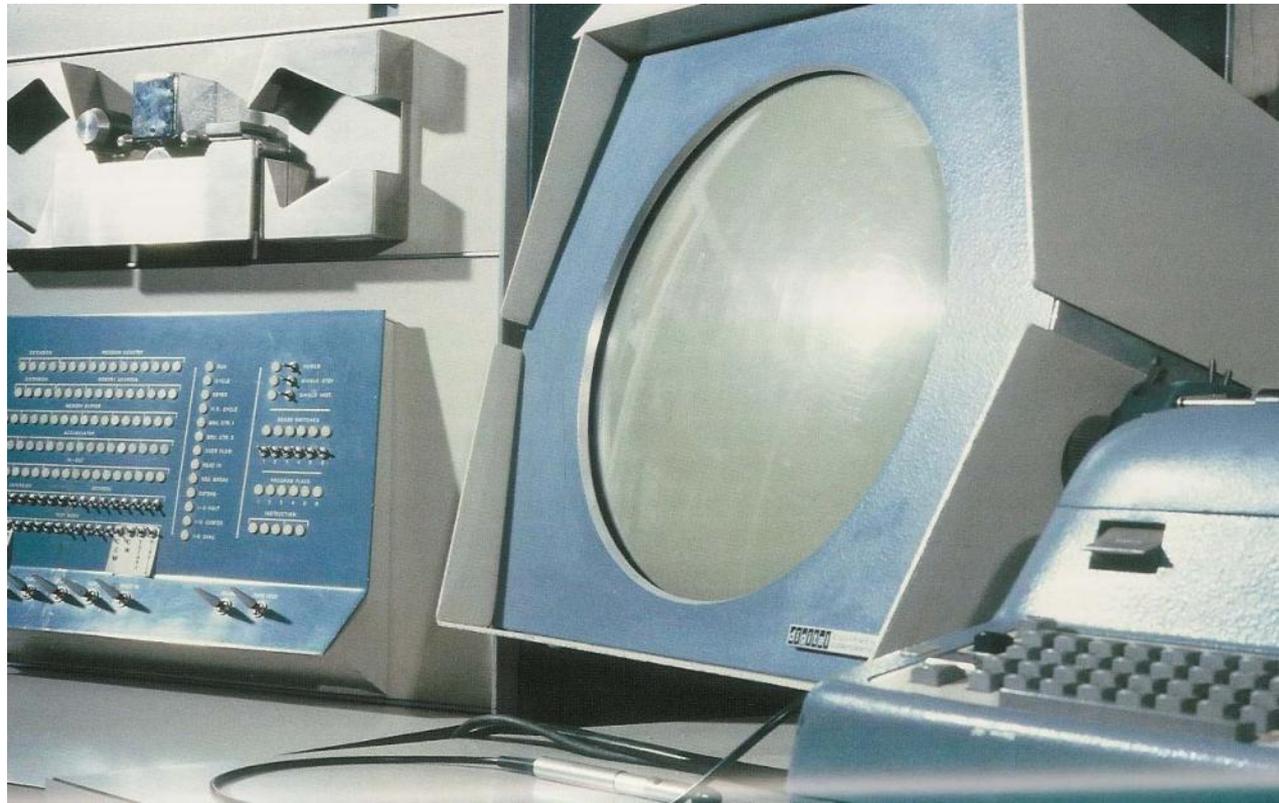
Les débuts de DEC



- Ken Olsen, participant au Whirlwind et un des architectes du TX-0 fonde sa société Digital Equipment Corporation(DEC, 1957)
- En 1960, le PDP-1 est mis en vente
- Ordinateur commercial conçu totalement pour et avec des transistors
- Très bon marché pour l'époque (120000\$, minimum 1000000\$)

Le Programmed Data Processor-1 (PDP-1, 1959)

- Clairement inspiré du Whirlwind
- Mot mémoire de 18 bits (court)
- DMA
- 50 vendus



Spacewar (1962)

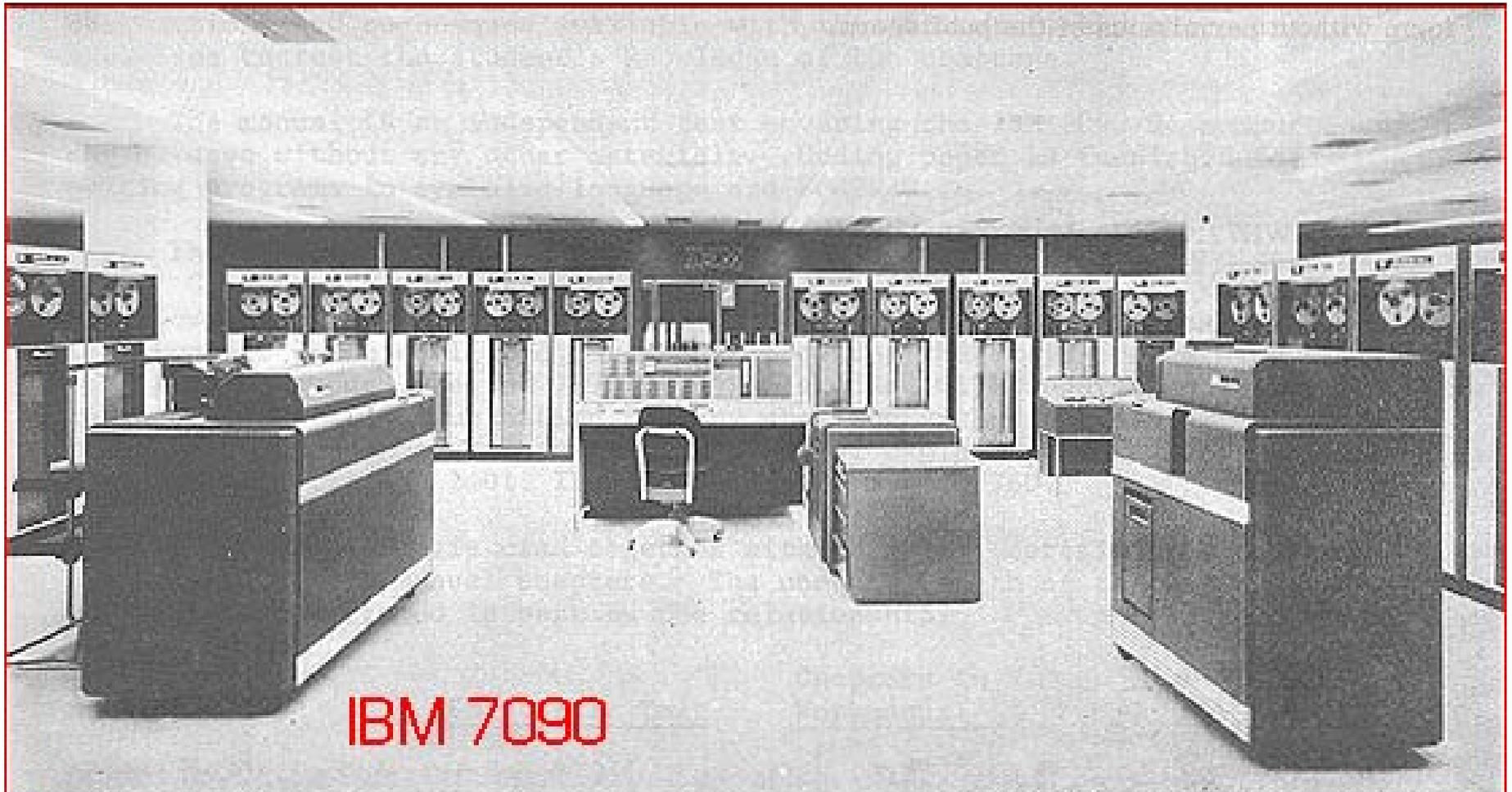
- Jeu video sur PDP-1 avec joysticks.
L 'affichage coute 50000\$ à lui seul.



Spacewar (1962)



L 'IBM 7090



L 'IBM 7090 (709TX, 1959)



- Le projet STRETCH se trouve en grande difficulté (performances, composants, etc)
- L 'équipe qui travaille sur le 709 voit dans la technologie développée pour STRETCH l'occasion de développer un 709 à transistors (code 709TX) qui soit compatible avec le 709
- Disponible en 1959 sous le nom de 7090

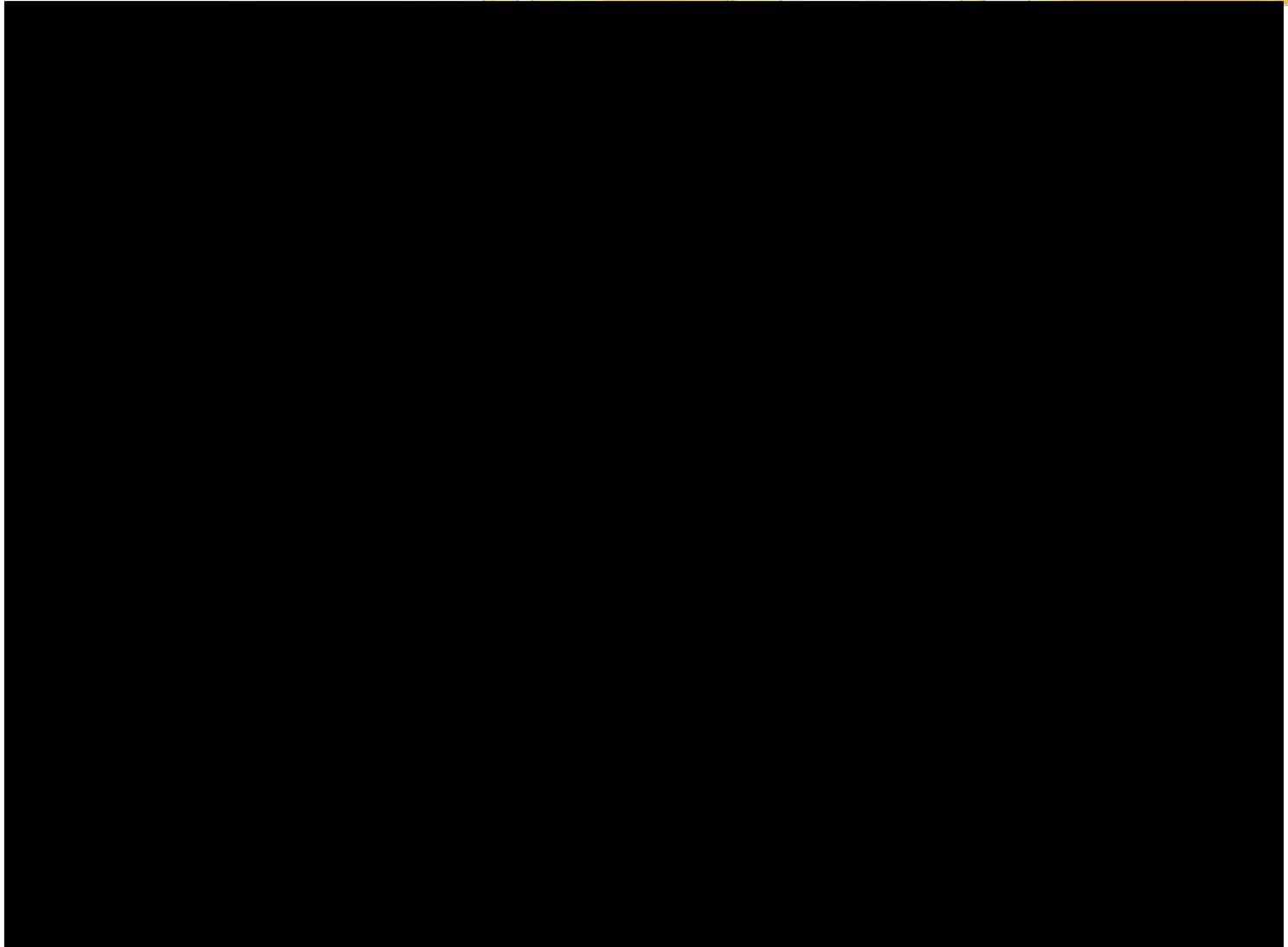
IBM 7090/7094



- 6 fois plus rapide que le 709
 - 230000 addf/s, 4000 à 23000 multf/s
- Le 7094 (1962) sera deux fois plus rapide que le 7090, et le 7094 II (1963) sera 3 fois plus rapide. Ils auront aussi une arithmétique flottante en double précision (72 bits)
 - 7094-II: 23000 à 50000 multf/s
- Le 7040 sera une version « low cost »
- Le 7070 sera le successeur du 705

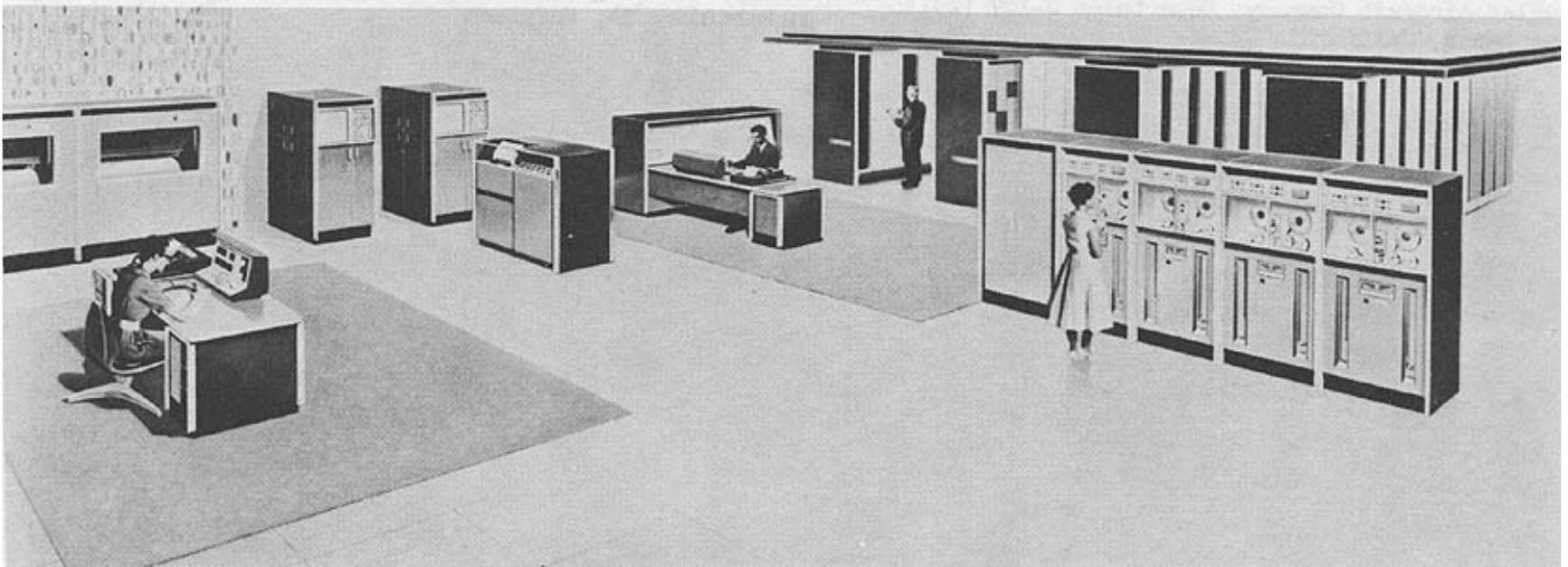
Daisy Bell

by 7094



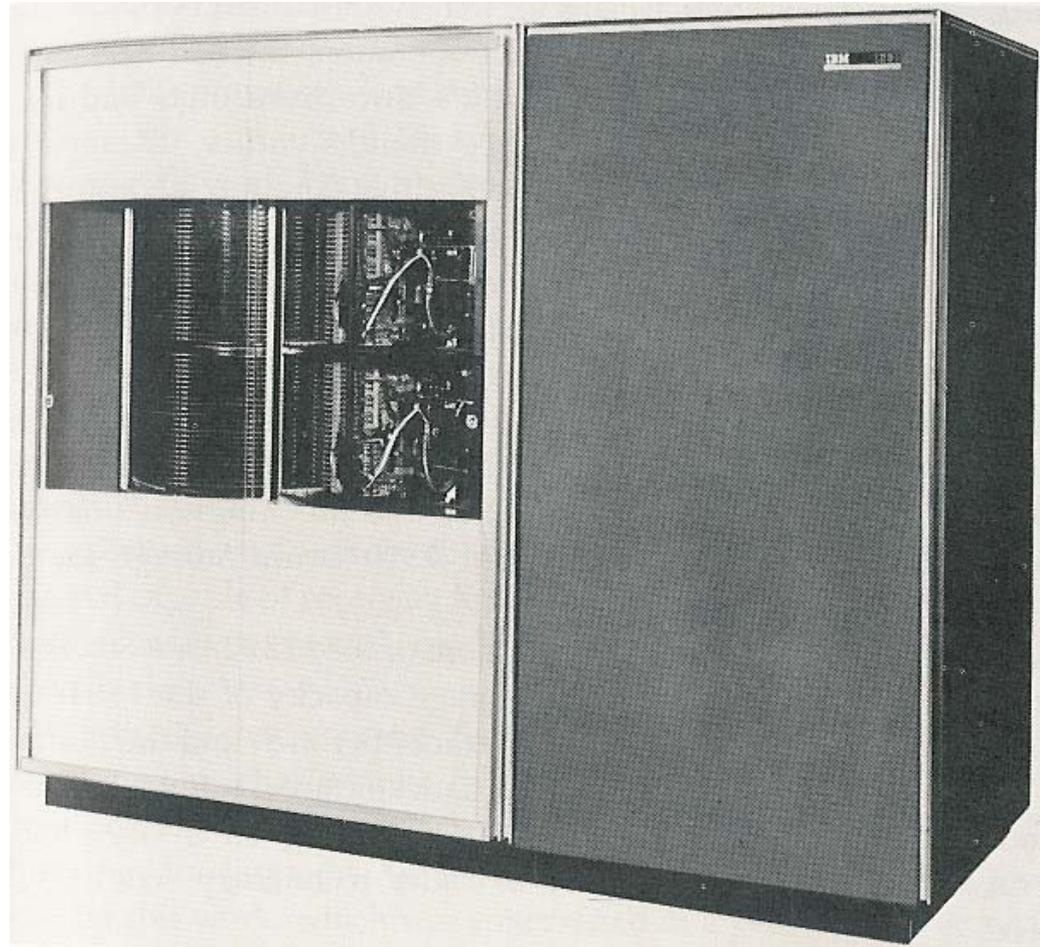
L 'UNIVAC LARC (1960)

- Supercalculateur
 - 250000 additions/s
 - Architecture inspirée UNIVAC I (BCD, etc)



L 'unité de stockage 1301 (1961)

- 28 Mo par module
- 1800t/mn
- 10 modules max
- Pour les 7000



L 'IBM 7030



- Opérationnel en 1961, révolutionnaire
- « Parallèle » : une ALU et une unité pour le décodage et le chargement, pipeline
- 169000 transistors, 96K de 64bits (unité de 8x8bits, soit 8 bytes, ou octets)
- 16 Mo de stockage sur disque, 350Ko/s
- Finalement seulement 4 fois plus rapide que le 7090
- Déception et arrêt du projet après 10 machines

IBSYS (série 7000)

- « Système d 'exploitation », nécessite 8 lecteurs de bandes...

IBSYS Operating System Organization

	Input/Output Executor (IOEX)	Nucleus (IBNUC)	Supervisor (IBSUP)			Editor (IBEDT)	System Core Dump (SYSDMP)	
Utilities (DK90UT)	9PAC Processor (9PAC)	Commercial Translator Processor (CT)	Input/Output Control System (IOCS)	Generalized Sorting System (SORT)	Restart Program (RESTART)	IBJOB Processor (IBJOB)	Symbolic Update Program (UPDATE)	FORTRAN II Processor (FORTRAN)
Utility Monitor		Commercial Translator Monitor				IBJOB Monitor		FORTRAN II Monitor
Disk/Drum Utilities & Tape Dump		Compiler, Loader, Symbolic Maintenance (MAIN), & Subroutine Updater (SUBUP)		COBOL Compiler (IBCBC)	FORTRAN IV Compiler (IBFTC)	Macro Assembler (IBMAP), Loader (IBLDR), Subroutine Library (IBLIB), & Debugging Processor		FORTRAN II Compiler & FAP Assembler (including IBSFAP)

Mémoire virtuelle

Segmentation

- Comment s'assurer qu'un programme ne peut pas écrire dans la mémoire d'un autre programme ou dans celle du SE
 - Première implantation: le Burroughs B5000 (1961), machine révolutionnaire basée sur des mémoires à tores de ferrite et des transistors, utilisant une architecture de mémoire à pile (stack) où chaque objet a sa propre zone de données et programmable directement en ALGOL. Le SE s'appelle **Master Control Program (MCP)**.
 - La segmentation consiste quant à elle à diviser la mémoire en segments, chaque segment ne pouvant être adressé que par un seul process. Un composant matériel, la MMU (Memory Management Unit) fait la traduction entre l'espace virtuel du process et l'adresse physique réelle.

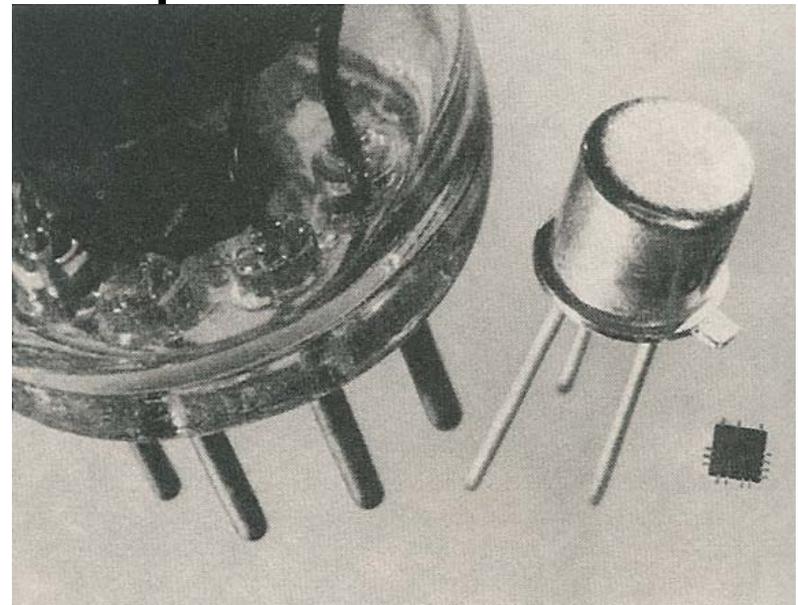
Concurrent Time Sharing System (CTSS)



- MIT, début des années 60
- Partage du temps entre les utilisateurs, au lieu du mode « batch »
- Se base sur l'« University of Michigan Exploitation System » (UMES), qui lui-même se basait sur un des premiers OS développés chez General Electric sur 701
- Nécessita une modification du 7094 pour la segmentation de mémoire

Le circuit intégré (1959)

- Kilby (Texas Instruments) et Noyce (Fairchild) inventent le circuit intégré.
- Permet de développer directement des circuits (puces) comportant plusieurs transistors

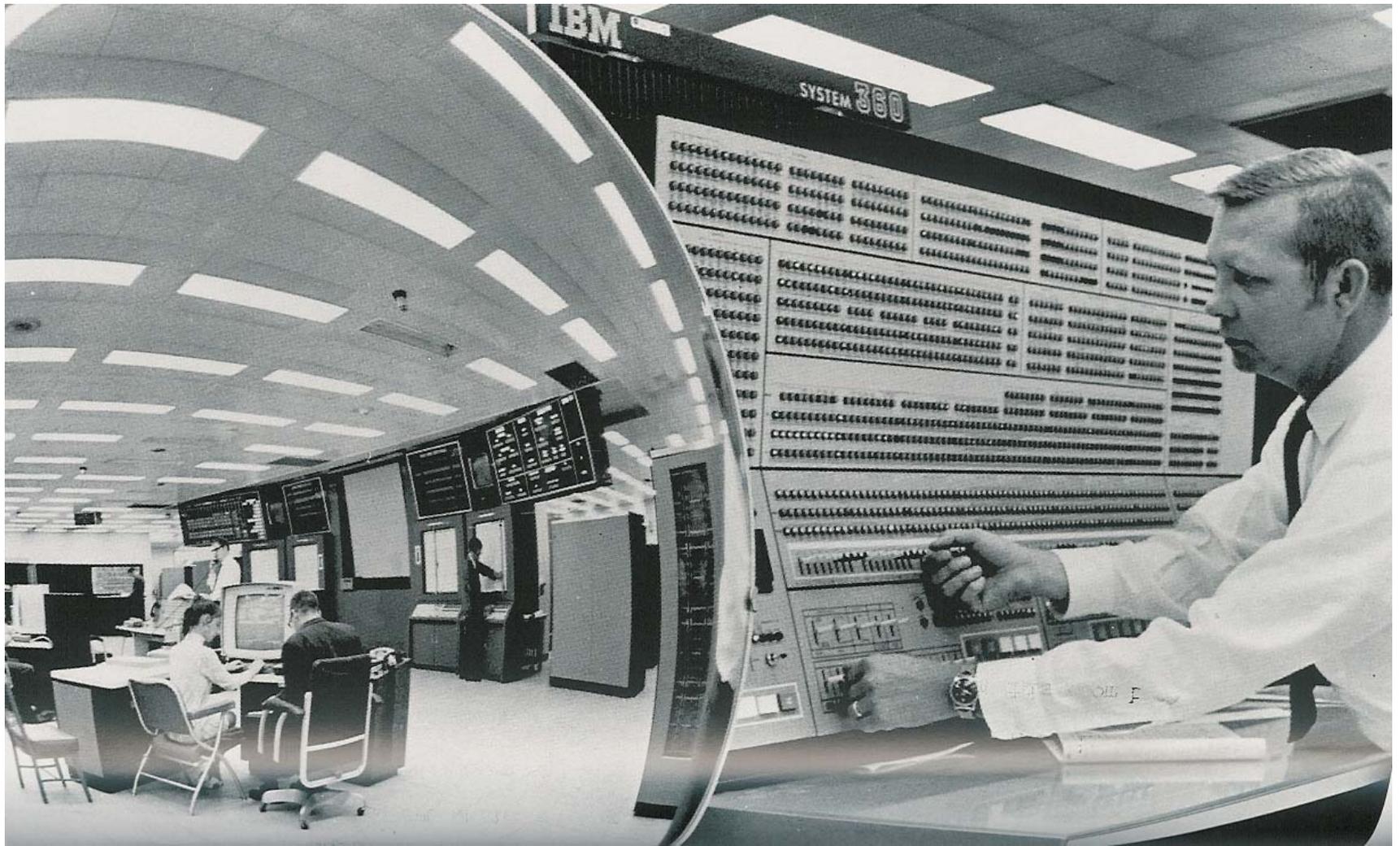


La fin des pionniers



- A partir du début des années 60, les ordinateurs sont devenus fiables
- Les premiers langages commencent à être utilisés
- Les premiers systèmes d'exploitation font leur apparition
- D'autres révolutions s'annoncent

Le système 360 (IBM, 1963)



IBM 360



La révolution du système 360 (IBM, 1963)



- Conçu par Gene Amdahl, $360=360^\circ$
- S'inspire très largement de la technologie développée pour le 7030
- Il s'agit d'une famille complète de machines dont la performance varie de 1 à 25 suivant les modèles
- Tous compatibles entre eux: binaire (32 bits), arithmétique flottante sur 64 bits, peuvent adresser $2^{24}=16\text{Mo}$

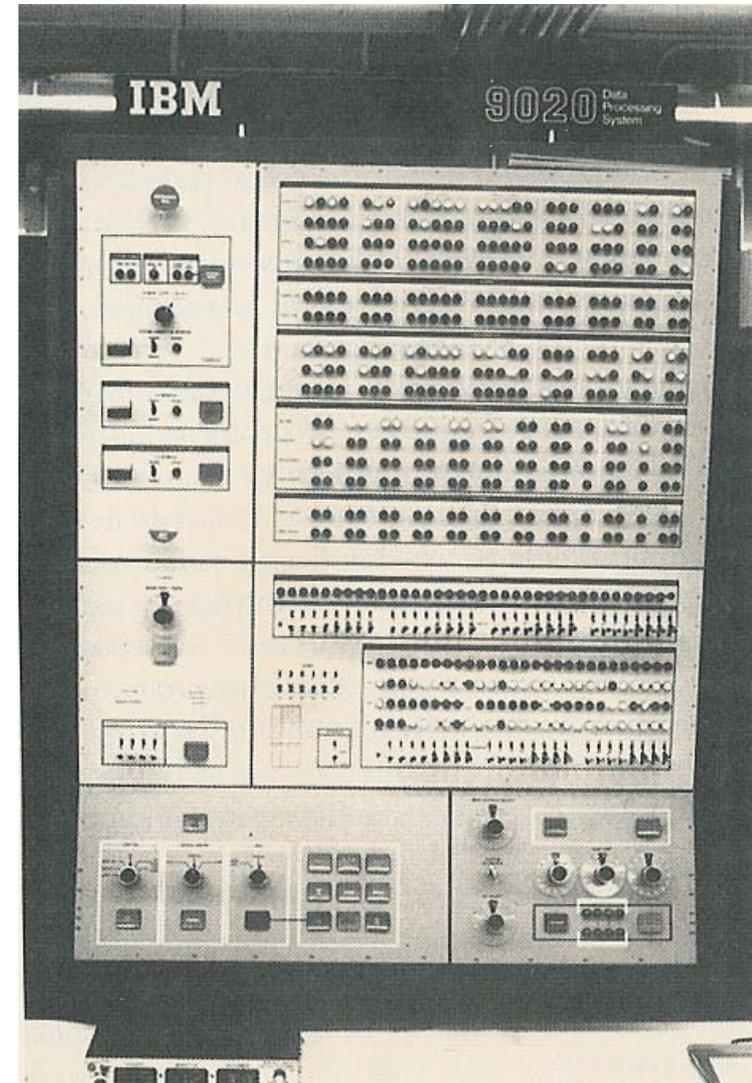
Le système 360



- IBM parie tout sur cette nouvelle machine
- Formidable gamme de nouveaux accessoires et périphériques
- Enorme succès
- Les « mainframes » d'aujourd'hui d'IBM sont encore compatibles avec le 360
- Le 360 a fixé : le byte (8bits), le mot de 32 bits (4x8), l'arithmétique complément à deux, l'ASCII et l'EBCDIC (8 bits)

Le système 360

- Les 9020
 - 3 IBM 360 interconnectés
 - Tolérants aux pannes
 - Utilisés pour l'ATC
 - Arrêtés en 1997



Project MAC (1962) et Multics

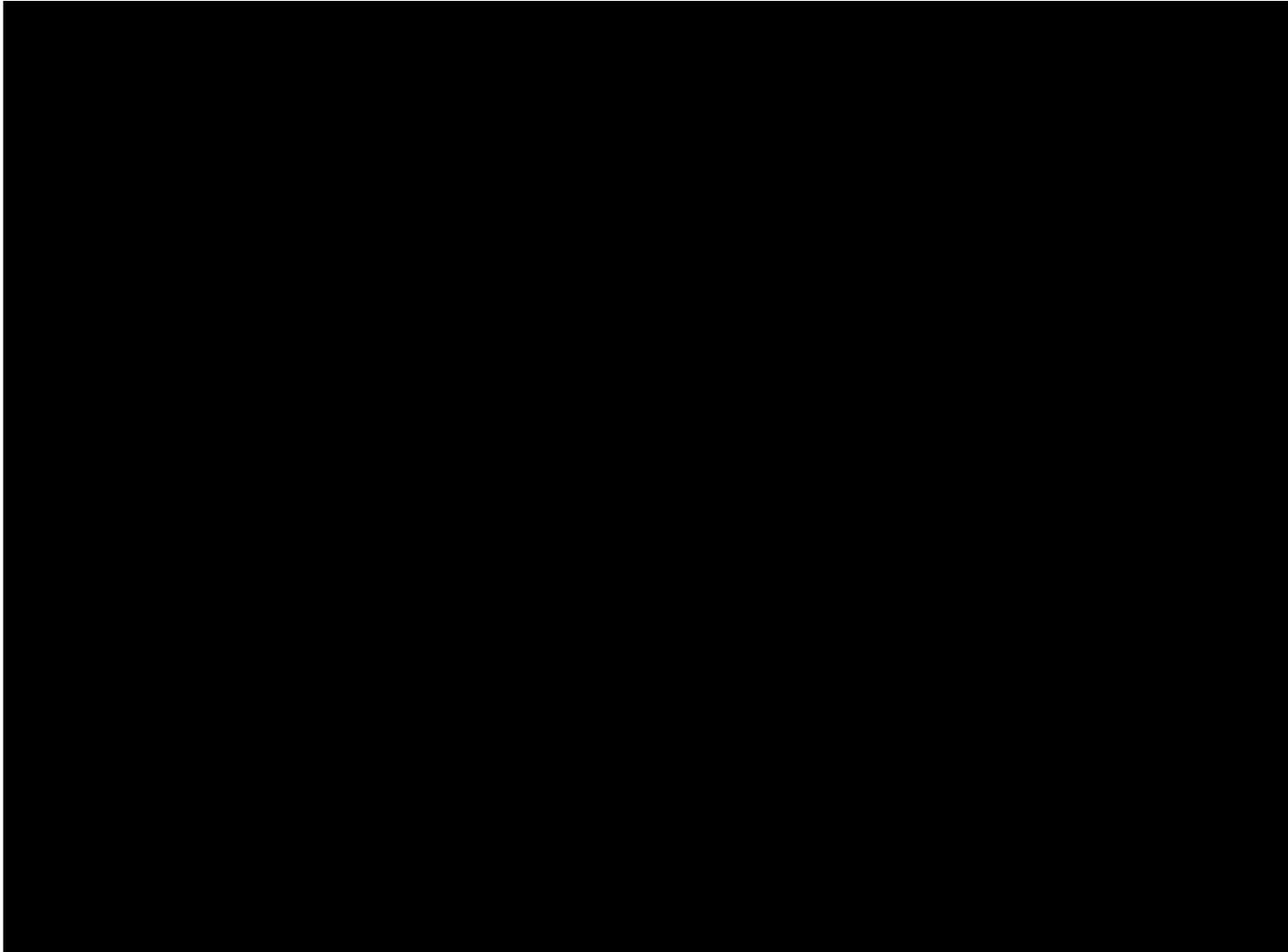
- MIT, puis d'autres universités et industriels
- A partir de CTSS, MAC veut développer un SE multi-tâches
- Abandon d'IBM à la suite de discussions orageuses entre Gene Amdahl et le MIT. Amdahl refuse de s'intéresser au problème de la mémoire virtuelle et de la segmentation sur le 360.
- CTSS Deviendra Multics développé en collaboration avec Bell et General Electrics qui développera un modèle spécifique de sa ligne 600, le GE645 pour Multics.
- Ken Thompson dira en 2007 de Multics: « *it was overdesigned and overbuilt and over everything. It was close to unusable. The MIT still claim it's a monstrous success, but it just clearly wasn't.* »
- Bell (Thompson/Ritchie) quitte Multics en 1967.

IBM et les systèmes d'exploitation



- Problème permanent
- OS/360 ne fonctionna jamais parfaitement (*the mythical man-month*)
- VM, développé au MIT, sera adopté par nombre d'utilisateurs, révolutionnaire dans son principe
- CMS
- MVT
- etc...

OS/360



Les autres erreurs du 360



- Pas de vraie segmentation (protection). Elle sera introduite (trop tard) sur le modèle 360/67 en 1968
- L'arithmétique flottante hexadécimale introduira des problèmes de précision
- Mémoire : base+déplacement
- Plus grave: la crise avec le MIT va aider à faire disparaître IBM du monde universitaire

Le début des cloneurs



- En 1964, RCA sort la série des ordinateurs SPECTRA 70, qui sont compatibles avec le 360, et moins cher
- Les 70/45 et 70/55 utilisent des circuits intégrés: meilleur rapport prix/performance
- En 1970, Gene Amdahl quitte IBM et fonde sa propre compagnie, Amdahl Corporation

Amdahl 470/V6 (1975)

- Clone d 'IBM 360/370
- Plus rapide
- Repris par Fujitsu



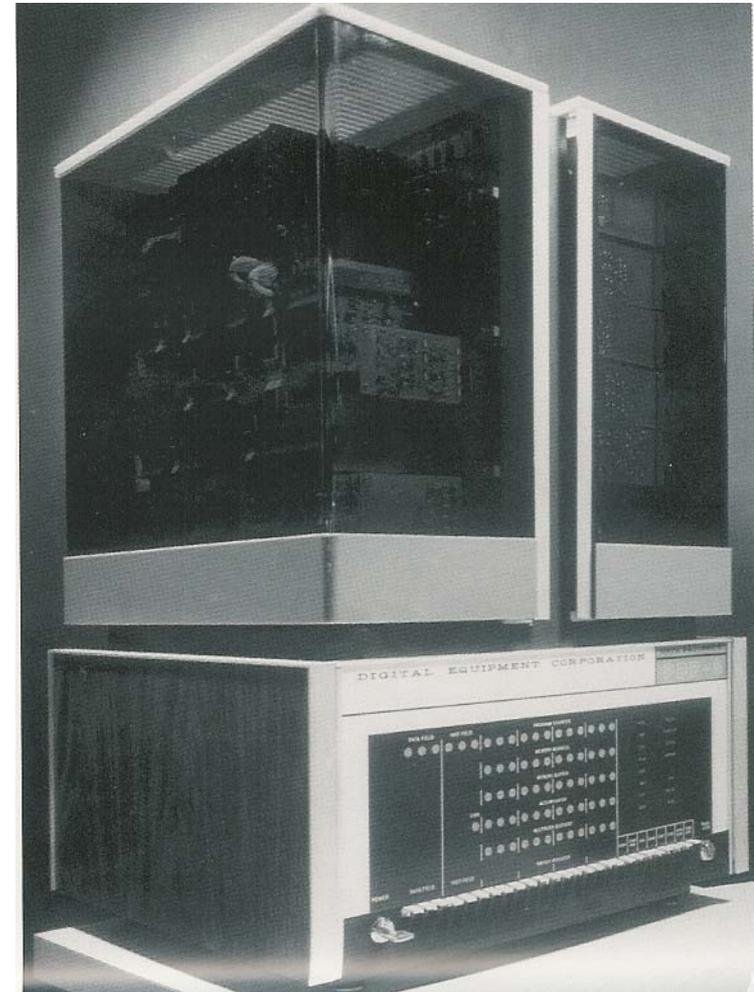
DEC PDP-6 (1963)

- Gros mini 36 bits
- 32 Kmots
- Un écran
« graphique »
- 20 machines dont
une au MIT au
« Tech model
Railroad club »



Le PDP-8 (DEC, 1965)

- 10000 à 18000\$
- mot de 12 bits
- 4K en pages de 128 mots
- Instructions complexes
- Le mot MINICOMPUTER
- 125 kgs seulement
- 40000 vendus



DEC PDP-10 (1967)

- Successeur du PDP-6 (gros mini)
- 36 bits
- 1972: TOPS-10, collaboration DEC-MIT
- Premiers jeux: Dungeon (jdr/1975), baseball (sport), Zork (aventure/1977)



Pourquoi les minis



- DEC va vendre à petits prix
- Il va développer une autre relation avec ses clients
 - Machines vendues et non louées
 - Encouragement à développer ses propres améliorations
- Mentalité de l'époque (d'où le nom)
 - Mini-cooper
 - Mini-jupe

Les super-calculateurs



- Domaine ancien (STRETCH, LARC)
- CDC fondé en 1957 par William Norris, fondateur d'ERA (racheté par Rand)
- Norris persuade Seymour Cray de quitter UNIVAC
- En 1961, CDC lance son premier ordinateur le CDC 1604, puis un mini, le 160 qui inspirera partiellement le PDP-8
- En 1964, lancement du CDC-6600

Le CDC 6600 (1964)

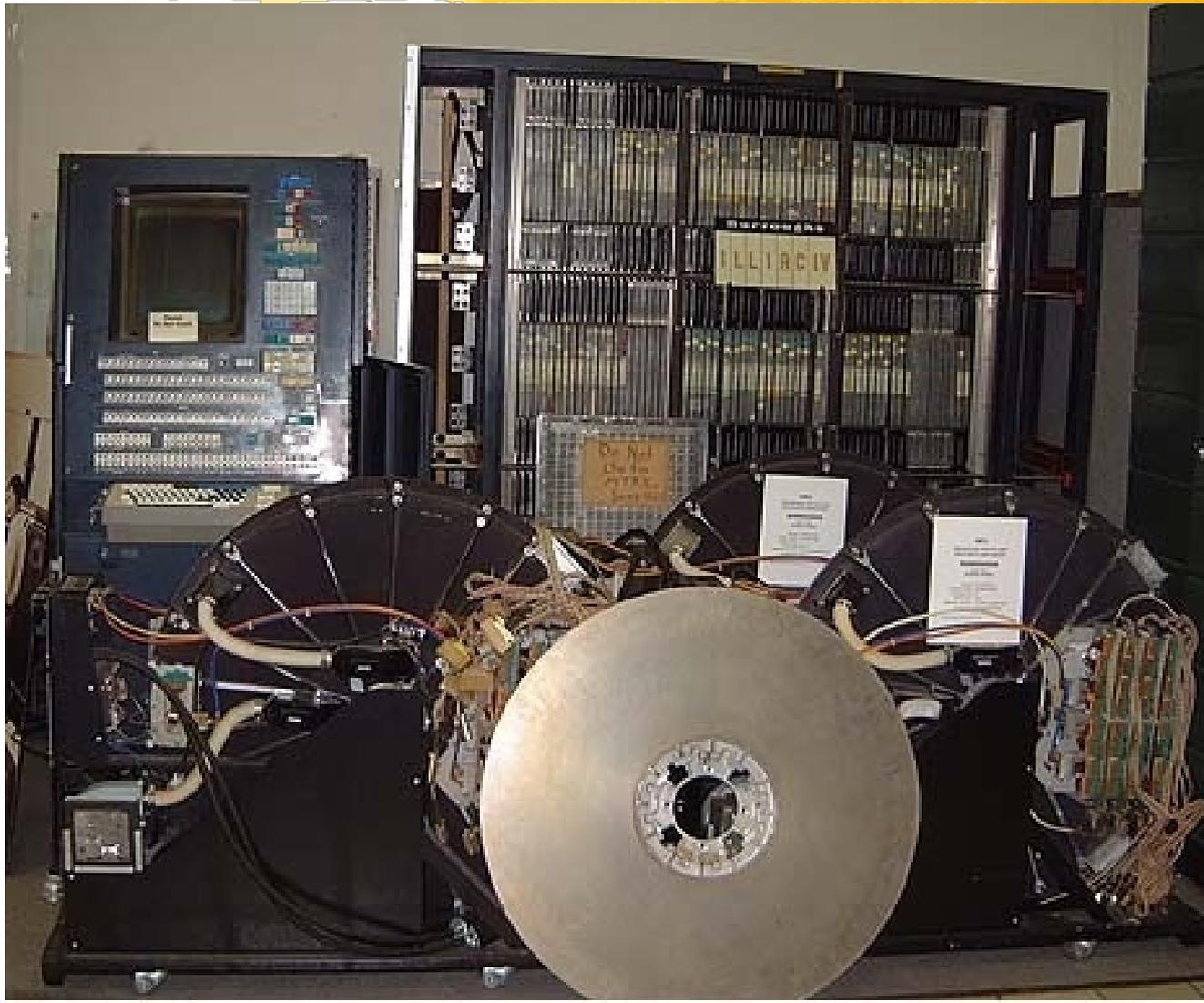


Le CDC 6600



- Premier ordinateur qualifié de super
- Architecture complexe de type « RISC »
- Mots de 60 bits
- Parallélisme interne des instructions (technique de scratchpad)
- Performances extrêmes 1 000 000 multf/s, 3 000 000 addf/s, 320 000 divf/s, 10 000 000 opboul/s
- 50 exemplaires produits

L'ILLIAC IV (1965)



L'ILLIAC IV (1965)



- Conception Burroughs
- Annonce les calculateurs massivement parallèles des années 2000
- 64 processeurs disposant de 64K de mémoire
- Prévu pour 256 processeurs
- Espoir de 1000 millions opf/s
- 15 Mflops seulement, fonctionnement opérationnel à la NASA uniquement en 1975

CDC 7600 (1969)



- Nouveau design de Seymour Cray (ce sera le dernier, il quittera CDC pour fonder sa propre société, Cray Research)
- De l'ordre de 20 000 000 opf/s
- Pipeline, fréquence d'horloge de 36MHz
- Machine relativement instable (plusieurs pannes par jour)

Le début de l'internet



- 23 avril 1963, Joseph Licklider (BBN, puis ARPA):
 - «**Memorandum For Members and Affiliates of the Intergalactic Computer Network** »
- Il convainc l'ARPA qu'un réseau permettra de partager efficacement les résultats et les ressources de calcul entre les universités sous contrat avec le DoD

Le début de l'internet



- Développement du principe de commutation de paquets: Léonard Kleinrock (1962), Paul Baran (1964),...
- 1968: Bob Taylor (ARPA) publie un appel d'offres à 140 compagnies. 12 seulement répondront.
- Premier message sur ARPANET : Octobre 1969

Le début de l'internet

- Connexions à travers des *Interface Message Processors* (IMP) [Routeur]
- Arpanet
 - 1969 : 4 noeuds
 - 1970 : 10 noeuds
 - 1971 : 15 noeuds
- Vinton Cerf (1974) : *RFC 675: Specification of Internet Transmission Control Program*



L'Internet

- 1981: La National Science Foundation développe le Computer Science Network
- 1982: standardisation des protocoles TCP/IP
- 1986: la NSF donne aux universités l'accès aux centres de calcul via NSFNET
- A partir du milieu des années 80, développement international
- 1990: fin d'ARPANET
- 1995: fin de NSFNET : l'Internet est ouvert au trafic commercial

L'Internet



□ Développement mondial:

- 2000: 4%
- 2005: 16%
- 2010: 30%

□ USA:

- 2000: 44%
- 2005: 69%
- 2010: 77%

□ En France:

- 2000: 14%
- 2005: 46%
- 2010: 70%
- Démarrage tardif à cause du Minitel

INTegrated ELelectronics (INTEL, 1968)



- Fondés par Robert Noyce et Gordon Moore qui quittent Fairchild
- Se concentrent d'abord sur la fabrication de circuits intégrés de mémoire
- Le chip 1103 sort en 1970. Il comprend dans un seul circuit 1024 bits de mémoire
- La fin des mémoires à tores de ferrites est proche

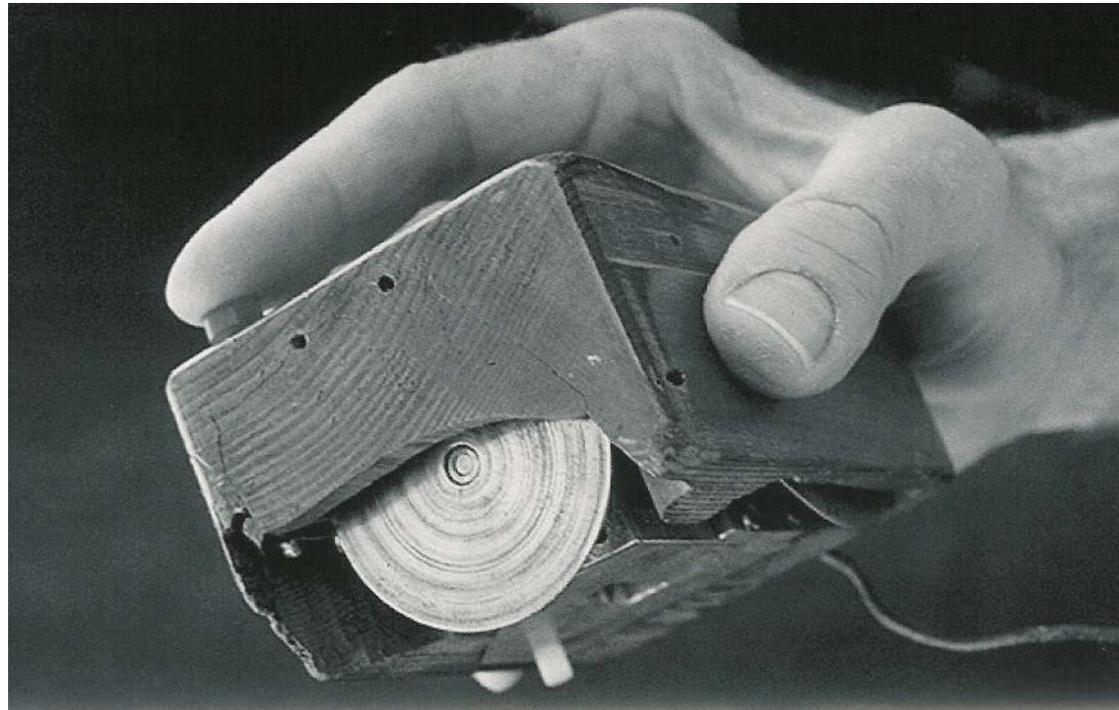
Data General (1968)



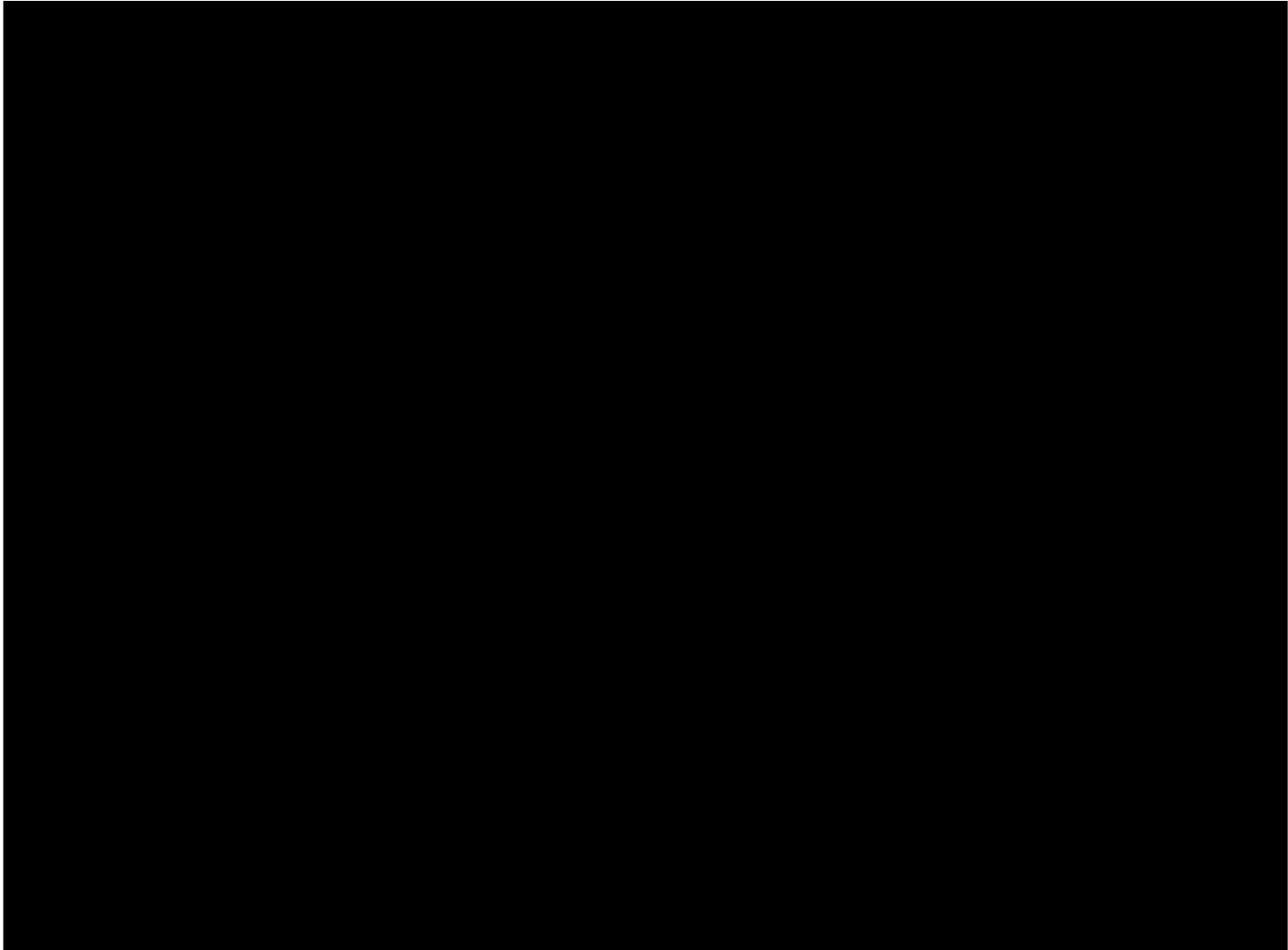
- En 1968, Ed DeCastro quitte DEC et fonde Data General
- Le Nova sort fin 1968
- Premier mini 16 bits utilisant exclusivement des circuits intégrés
- Circuits intégrés MSI (Medium Scale Integration)

La mère de toutes les démonstrations (1968)

- Douglas Engelbart, chercheur à l'Augmentation Research Center présente la première souris



The mother of all demos

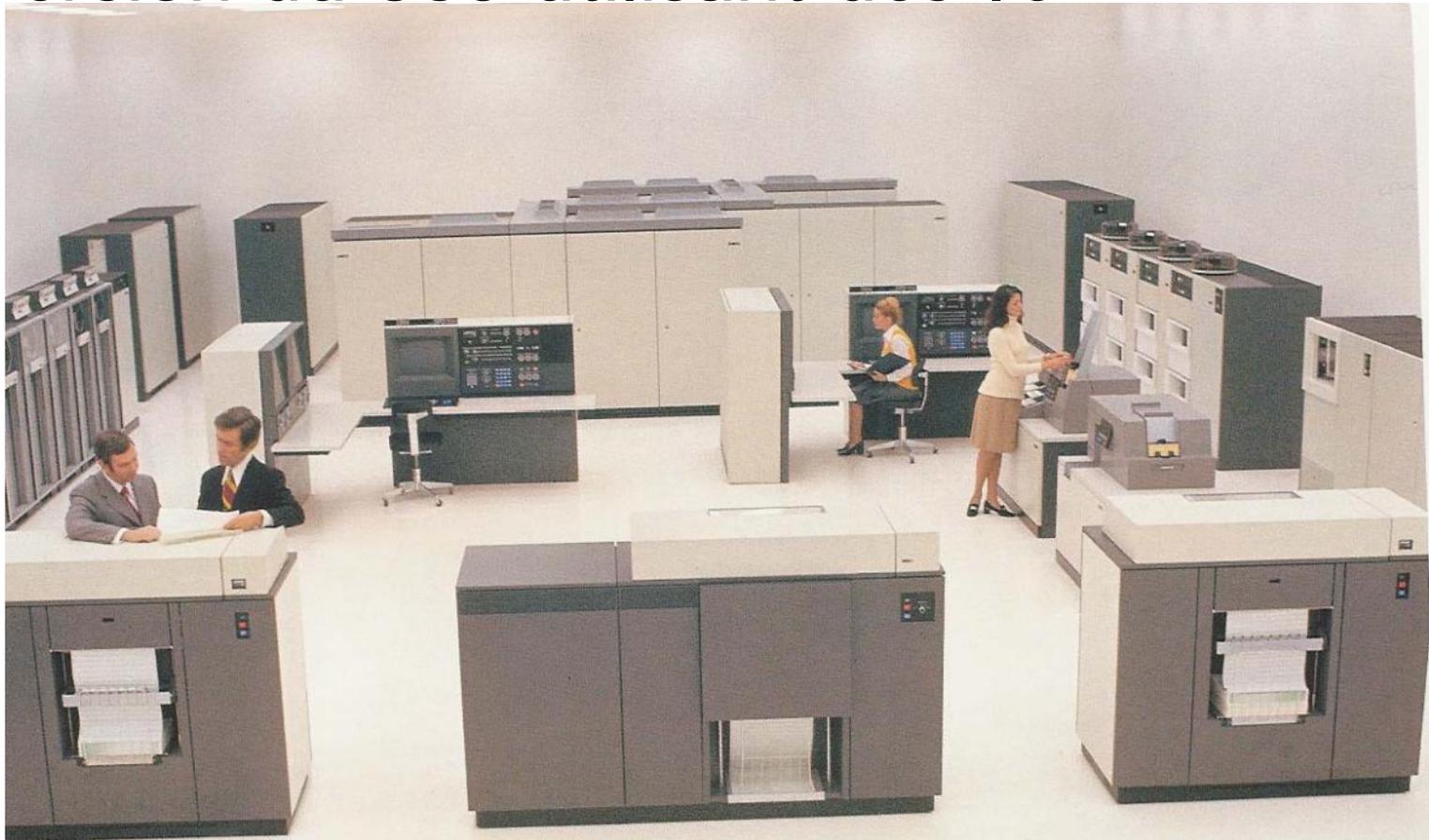


La première souris



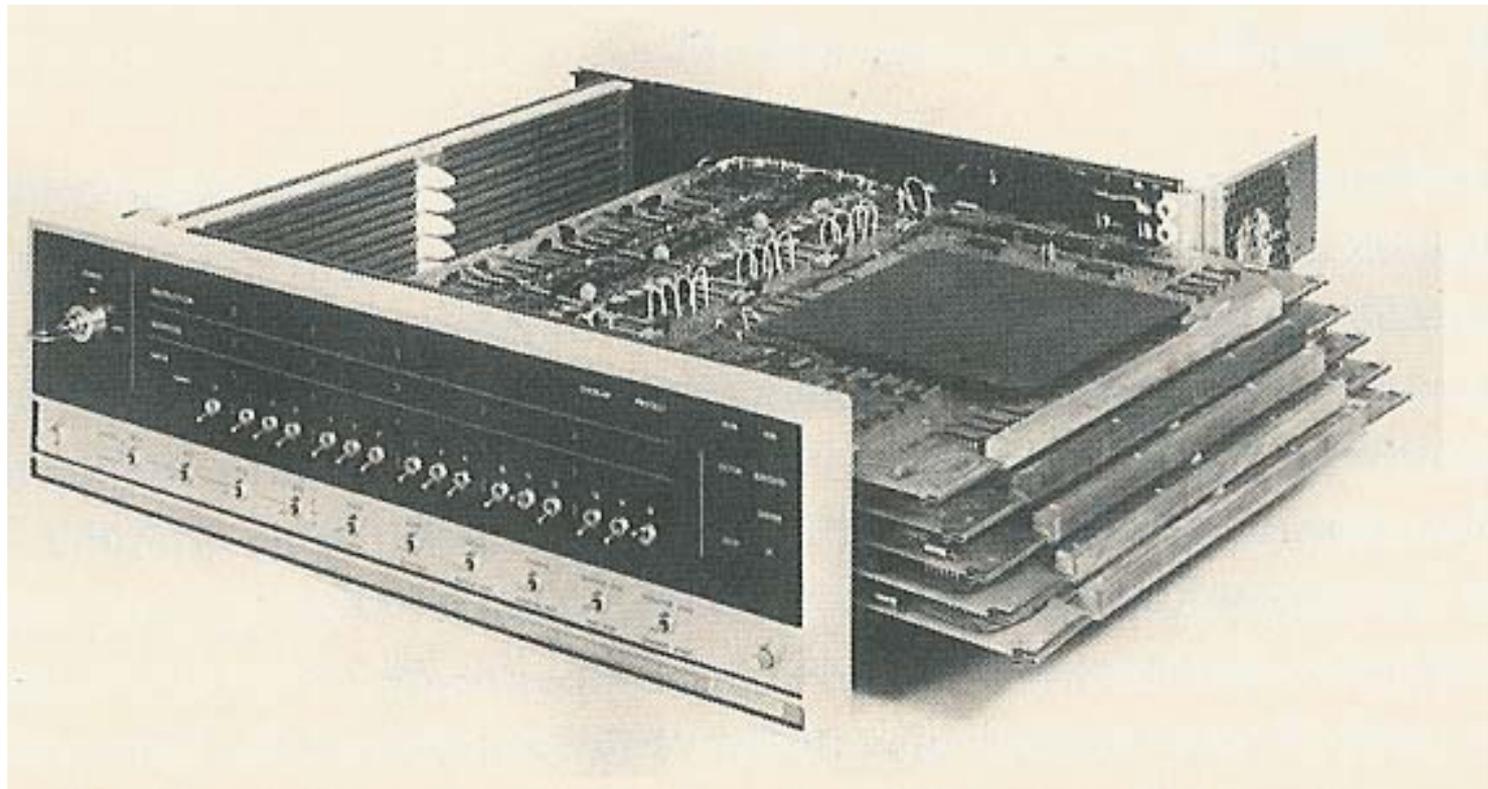
L 'IBM 370 (1970)

- Version du 360 utilisant des IC



Super Nova (DG, 1971)

- Fixe le « packaging » de tous les futurs « minis/micros »



DEC PDP-11 (1970)

- Successeur du PDP8
- Première machine à utiliser un bus pour tous les éléments
- 16 bits
- Puissant
- Complexe
- 170000 vendus



Première borne d'arcade Galaxy Game, Stanford, 1971



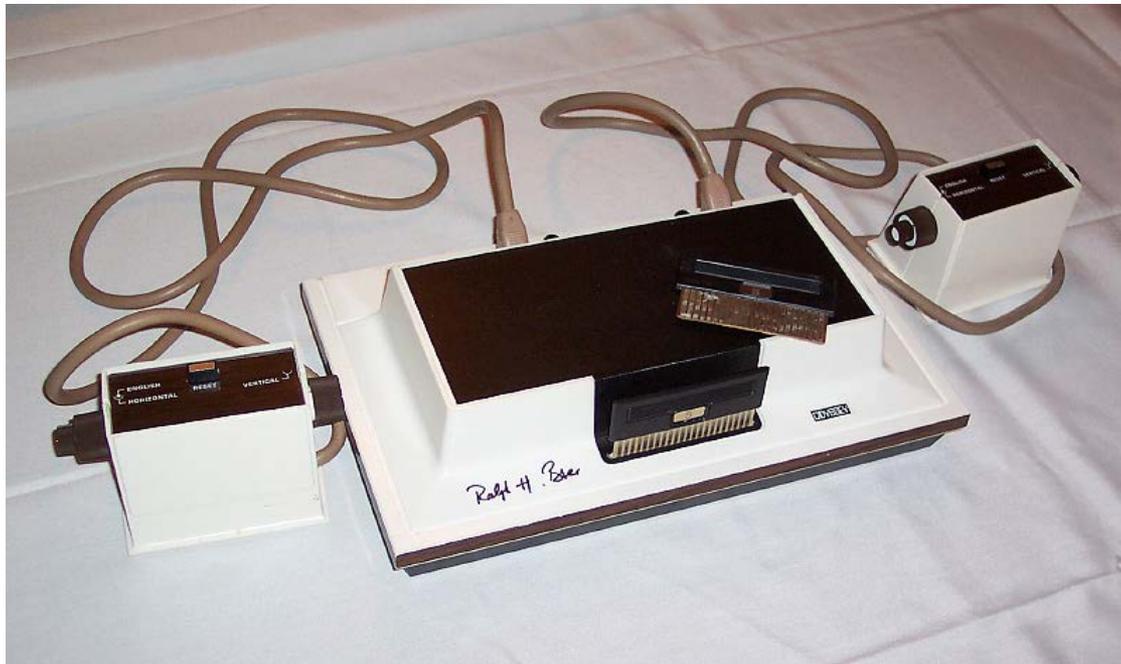
Computer space, 1972

Première borne commercialisée



Le système Odyssey (1972)

- Ralph Baer, après 6 années, parvient à trouver un distributeur: 100000 unités à 100\$ pièce



Pong sur l'ancêtre d'Odyssey avec Ralph Baer



1972: PONG arcade par ATARI
1975: première console PONG



BASIC



- Développé à Dartmouth college dans les années 60 pour l'enseignement de l'informatique aux « Undergraduate »
- Adopté et modifié par DEC sur le PDP-11
- Sera adopté par d'autres fabricants de mini, comme Hewlett Packard
- Utilisable sur le PDP-11 dans un environnement de « time-sharing »

Le langage C et UNIX



- UNIX Développé par Thompson, Kernighan et Ritchie sur DEC PDP-7 pour trouver une alternative à l'abandon de Multics par Bell Labs (1969)
- En 1971, Bell Labs fournit un PDP-11 pour la réalisation d'un traitement de texte, le premier véritable UNIX pourra se faire
- Le langage C sera défini comme une extension de B (un langage non typé) pour le développement d'UNIX

Unix



- *1970 : Peter Neumann trouve le nom Unics (UNiplexed Information and Computing Service) en opposition à Multics, (Multiplexed Information and Computer Services)*
- Unics sera renommé UNIX
- Ecrit initialement en assembleur sur le PDP-11, il est réécrit en C en 1972

La prolifération d'Unix



- At&T Bell labs n'a pas le droit d'entrer dans le marché des ordinateurs en raison d'un arrêt de 1956 de la loi anti-trust
- Unix est diffusé gratuitement aux universités avec le code source
- En 1983, AT&T obtient l'autorisation de commercialiser UNIX (souche Système V)
- Les universités, en particulier Berkeley, développent leur propre Unix (souche BSD: Berkeley Software Distribution)

DEC VAX et VMS



- Alors qu'Unix est développé sur les PDP-11 par des utilisateurs, DEC commence en 1975 le développement d'un successeur hardware au PDP-11 avec un adressage virtuel 32 bits. Le projet Star, dirigé par Gordon Bell, aboutira à l'architecture VAX (Virtual Address eXtension)
- Star a un « compagnon » logiciel, le projet Starlet, dirigé par Dave Cutler

DEC VAX et VMS

- 1977: VAX 11/780
 - Système d'exploitation VAX/VMS
 - TTL, 5MHz, 2Kb cache
 - Mémoire de 128KB à 8MB
- Multiples versions:
 - 11/782: deux processeurs (1982)
 - 11/785: 7.52Mhz, extensions mémoire (1984)
 - 11/750: version compacte plus bas de gamme, 3.125Mhz (1980)



DEC VAX et VMS



- Les VAX furent extrêmement populaires de 1977 au début des années 90
 - Vax 8000: mini (1984 -> 1987)
 - Vaxstation: station de travail 1984 -> 1995
 - Vax 6000: mini (1988 -> 1991)
 - Vax 9000: super (1991), échec commercial
- Un Vax-8600 fut par exemple installé à l'X en 1985 (en remplacement d'un Télémécanique Solar 16/85), connecté à des terminaux

DEC VAX et VMS



- VMS sera au début le seul OS supporté officiellement par DEC sur les VAX
- Rapidement une version d'UNIX, Ultrix, sera porté sur VAX et supporté par DEC
- La guerre entre Unix et VMS fera rage pendant les années 80
- Renommé OpenVMS (1991) sur les Alpha, puis sur les Itanium, disparaît lentement avec DEC
- « Philosophiquement » le père de Windows NT

Les 70', et le début de l'informatique de masse



- Avec l'apparition des minis dans les universités, du time-sharing, une nouvelle ère se prépare
- Baisse du prix des composants, augmentation de la fiabilité et de la densité vont permettre le développement de machines à prix réduit, comportant peu de composants et fiables
- La micro-informatique va bientôt se mettre en route

IA: la spécialisation 70-80



- Séparation de l'IA en plusieurs branches
 - Compréhension du langage
 - Démonstration automatique
 - Jeux
 - Systèmes experts
 - Perception
 - Apprentissage
 - etc...

2001, l'odyssée de l'espace Kubrick, (1968)

- Film très documenté qui reprend beaucoup de ce que certains scientifiques pensaient à l'époque



2001, the HAL computer



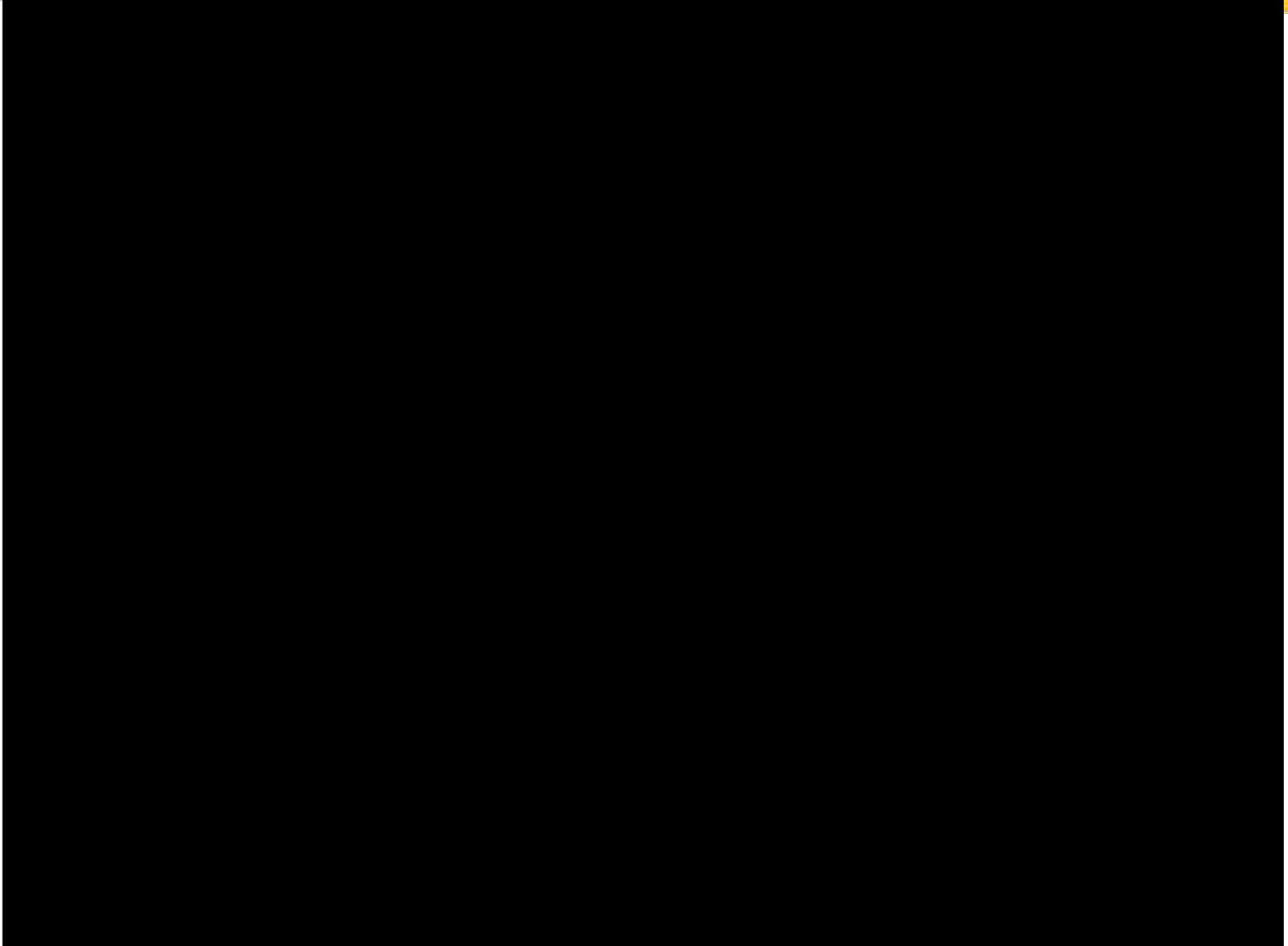
- H : Heuristically programmed
- AL: Algorithmic computer

- Référence (involontaire?) à IBM
 - (H->I, A->B, L->M)

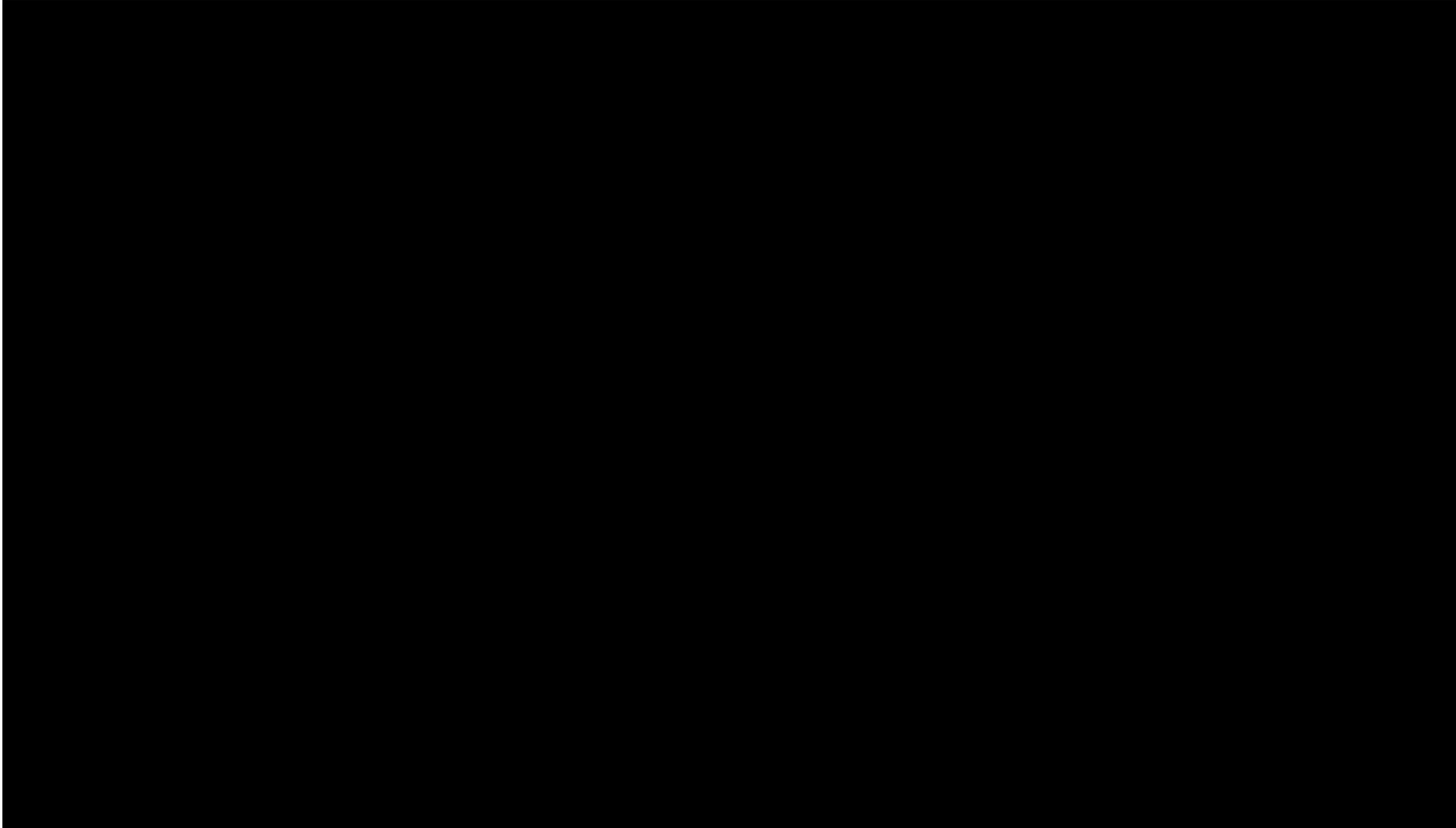
« Bishop to b3... »

A horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the slide below the text.

Poole vs Hal9000



« Everything is going
extremely well »

A horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the page below the text.

« Hal, open the door... »

A thick, horizontal yellow brushstroke underline is positioned below the text, extending across most of the width of the slide. The brushstroke has a textured, painterly appearance with some darker and lighter yellow tones.

Daisy Bell

A horizontal brushstroke in a vibrant yellow color, with a textured, painterly appearance, extending across the width of the page below the title.

IA: la spécialisation



- Les années 70-80 voient le début de la controverse pragmatiste/cognitif
- Les pragmatistes s'intéressent avant tout au résultat
- Les cognitifs veulent reproduire le raisonnement humain
- 1974: MacHack (Greenblatt): premier bon programme d'échecs. Ne reproduit pas le raisonnement humain.

Les machines à calculer

- 1964 : Wang 300
- 4 opérations
- Programmé par cartes perforées
- 1700\$

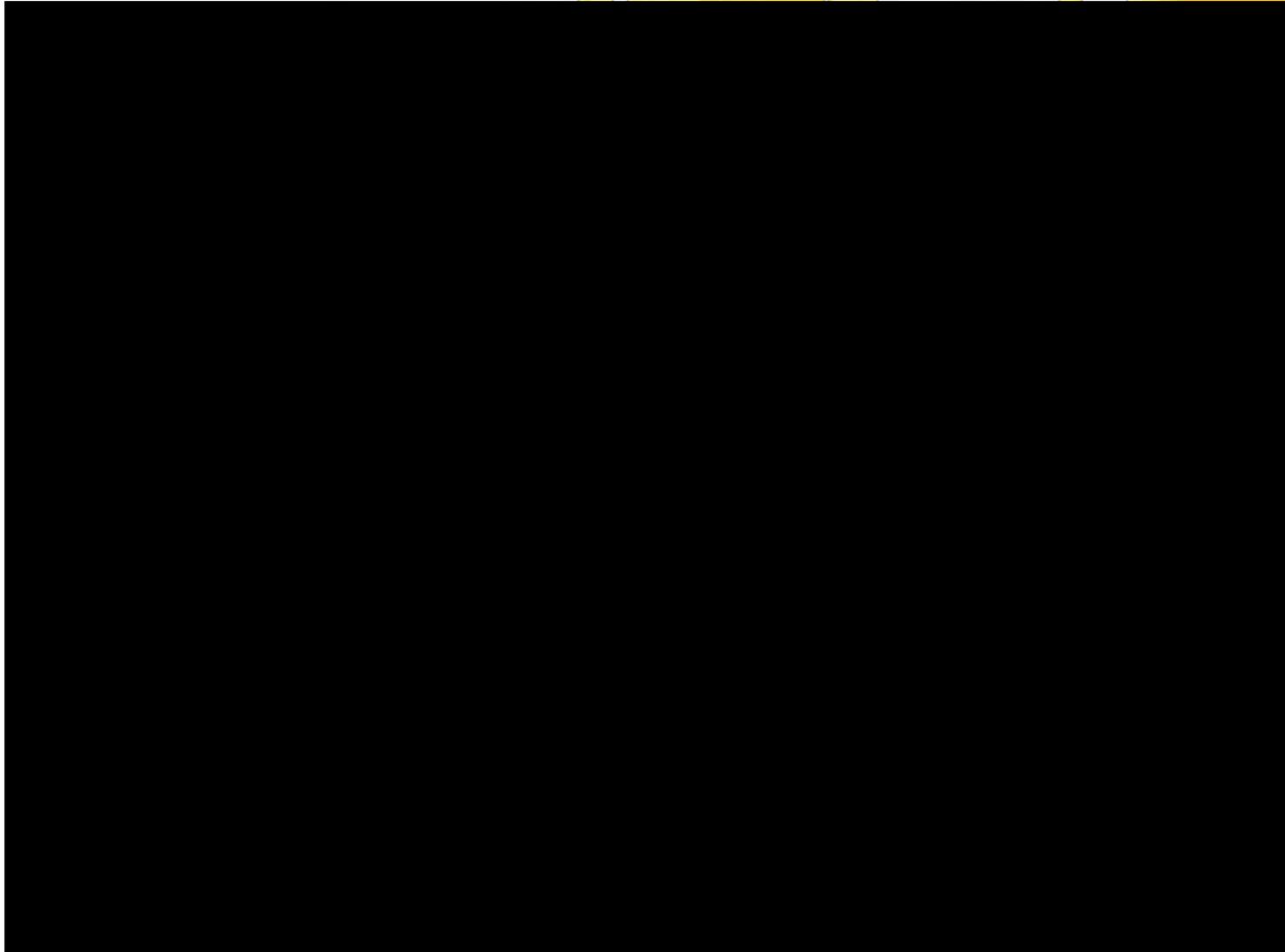


Sharp EL-8 (1970)

- 8 chiffres
- 4 opérations
- IC Rockwell
 - NRD2256,
 - AC2261,
 - DC2266B,
 - AU2271B,
 - CG1121
- 345\$

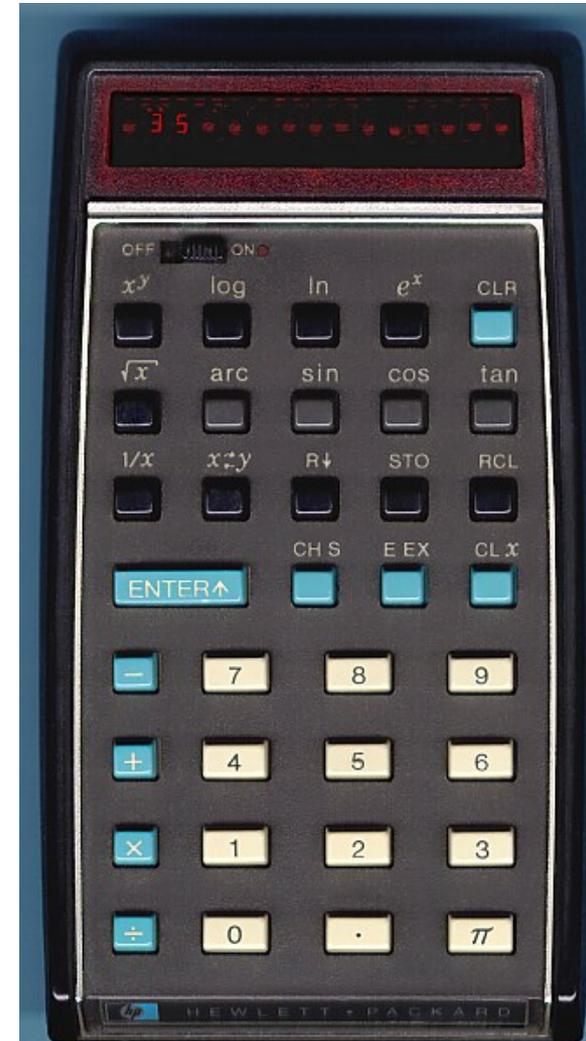


Sharp



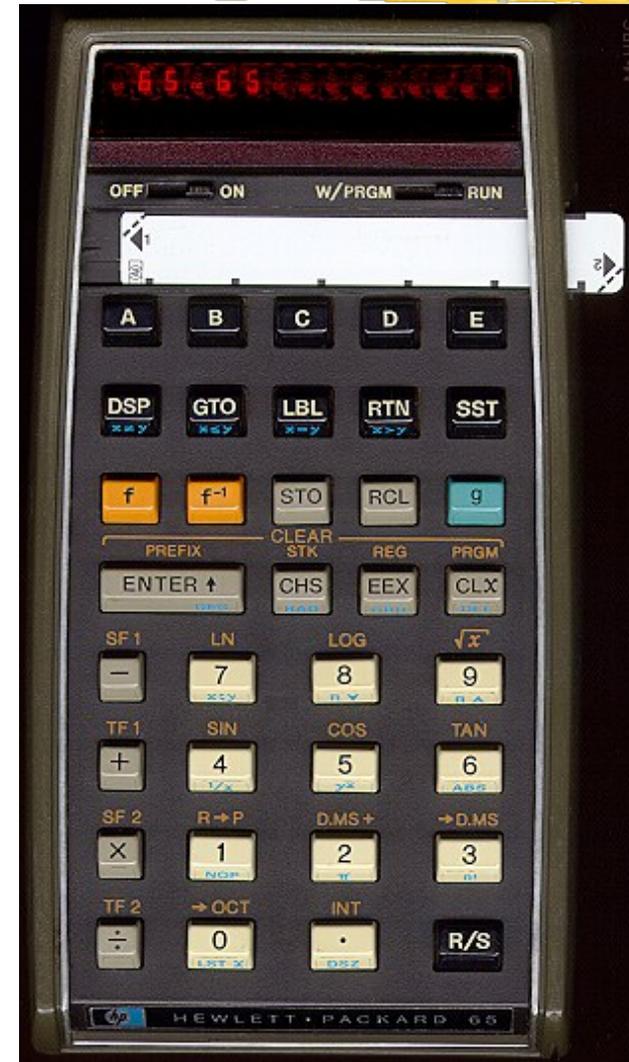
Les machines à calculer

- 1972: HP-35
 - Scientifique
 - 400\$
- La fin des règles à calculer



Les machines à calculer

- 1974 : HP-65, première machine à calculer programmable
- 100 pas de programme
- 795\$



La disquette (IBM, 1971)

- La disquette, ou floppy disk, est inventée par Alan Shugart chez IBM
- La disquette d'origine fait 8 inch (20cm)
- 1976: 5 1/4
- 1981: 3 1/2

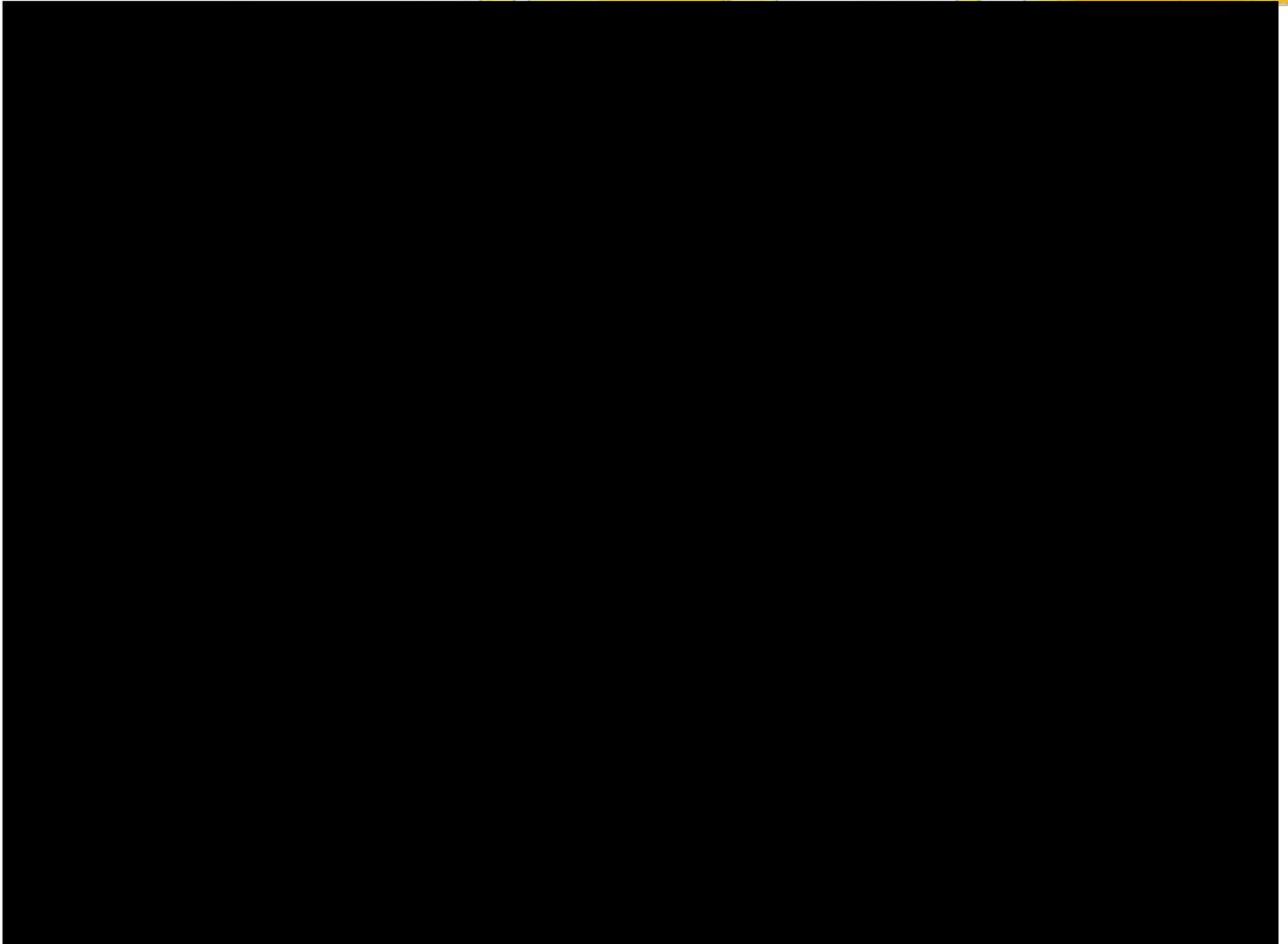


Xerox Alto (1972)

- Système révolutionnaire
- Premier What You See Is What You Get (WYSIWYG)

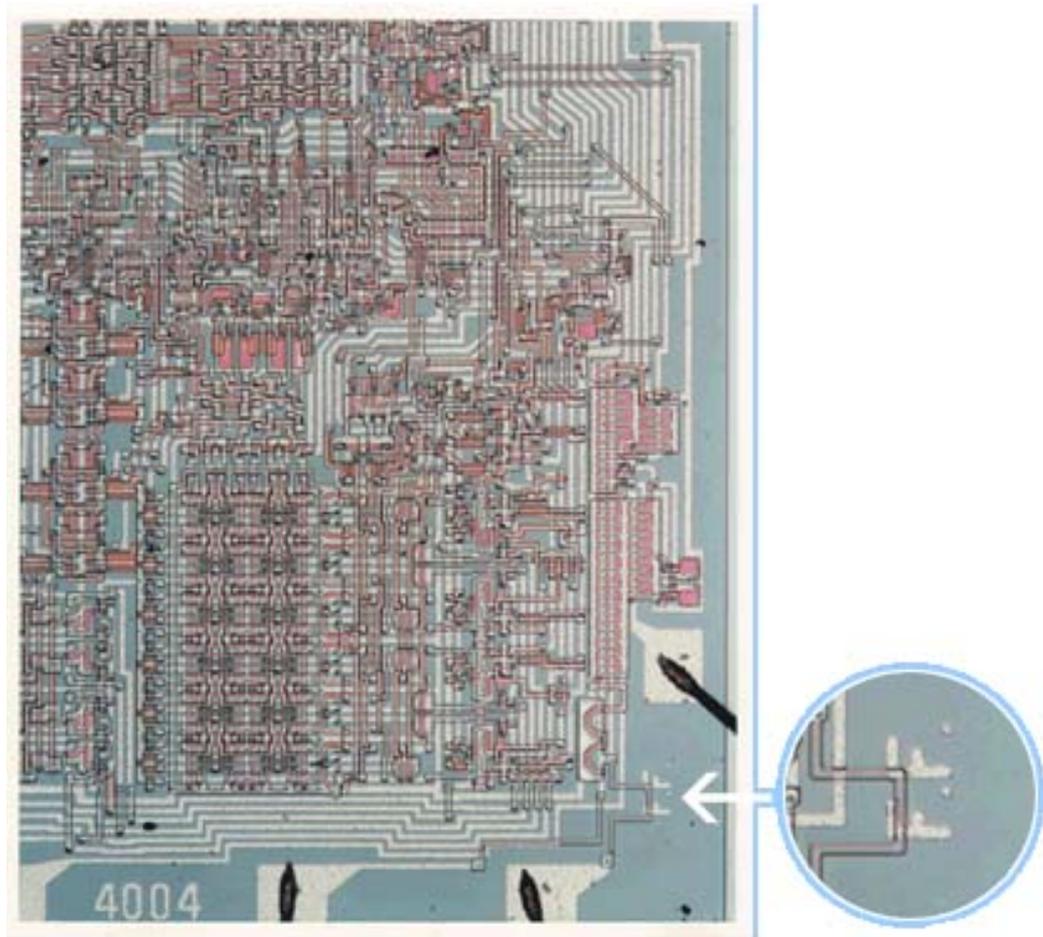


Xerox Alto



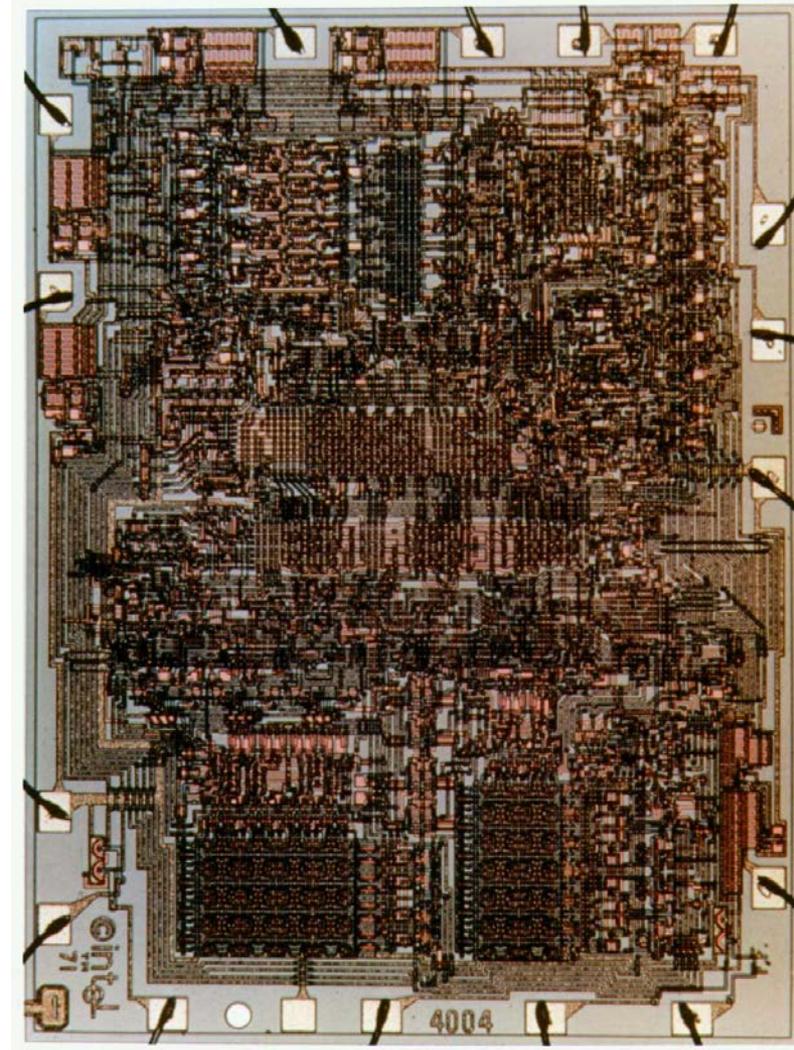
L 'INTEL 4004 (1971)

- Fernando Faggins,
Marcian Hoff
- 4 bits, 1Kdata,
4Kprogramme
- Développé pour
Busicom
- Microprogrammé
- 2300 transistors



Intel 4004 (1971)

- Premier CPU complet sur un chip
- 4 bits de données
- 12 bits d'adresses
- Instruction sur 8 bits



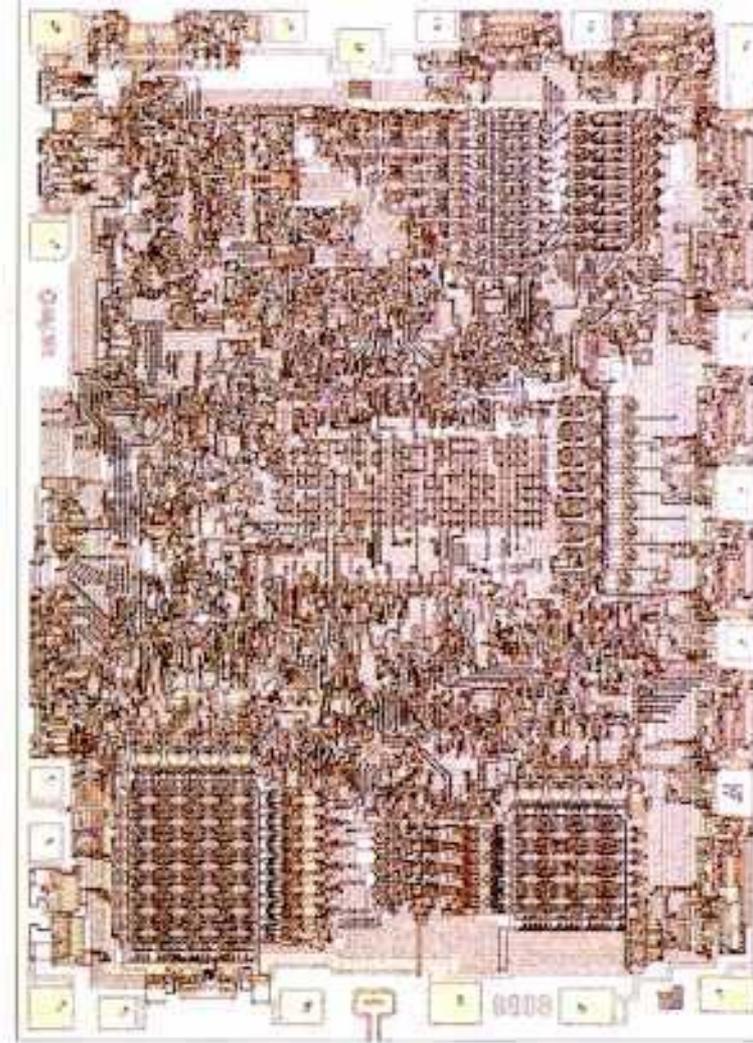
Intel MCS4/SIM4 (1972)

- Système de développement
- Basé sur le 4004



Intel 8008 (1972)

- 8 bits de données
- 14 bits d'adresses
- Base du premier micro-ordinateur



Intellec-4 et Intellec-8 (INTEL, 1974)

- ❑ Micro-ordinateurs
fabriqué par Intel
comme systèmes de
développement
- ❑ Programmation:
 - ❑ PL/M (Kildall!)
 - ❑ Copie de PL/1
- ❑ Jamais vendus
comme micros



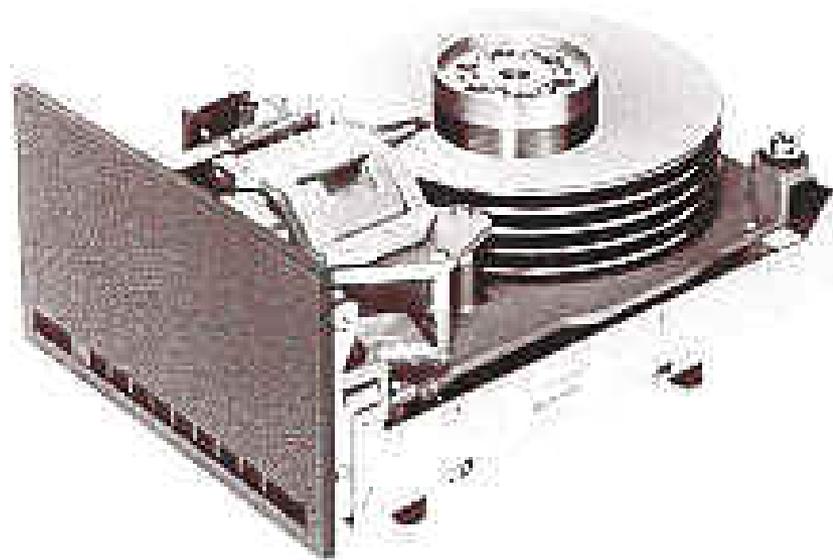
Micral-N R2E (1973)

- Premier ordinateur commercial équipé d'un microprocesseur
- Basé sur un 8008 cadencé à 500Khz
- Gernelle et Truong
- Premier micro ordinateur



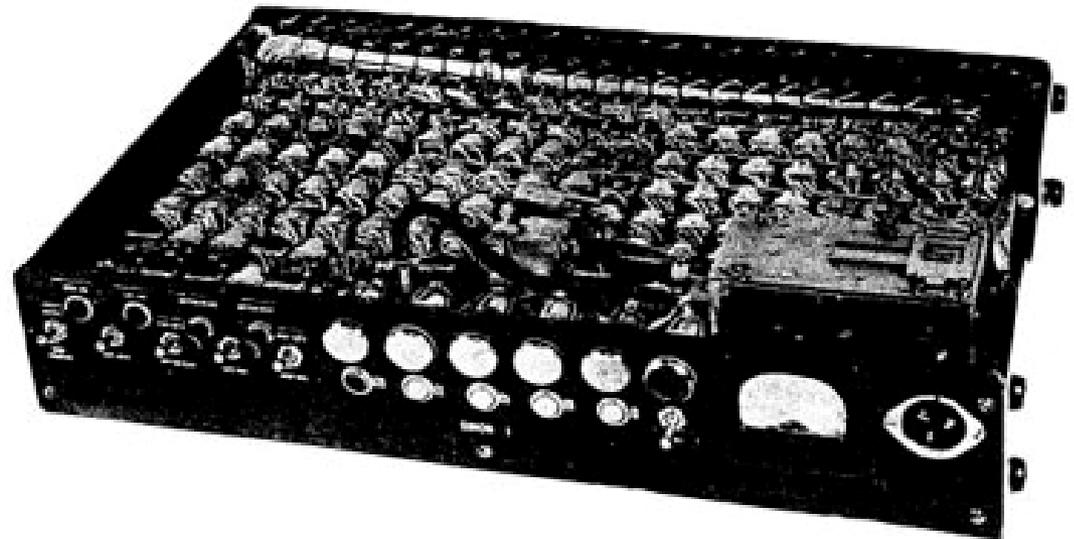
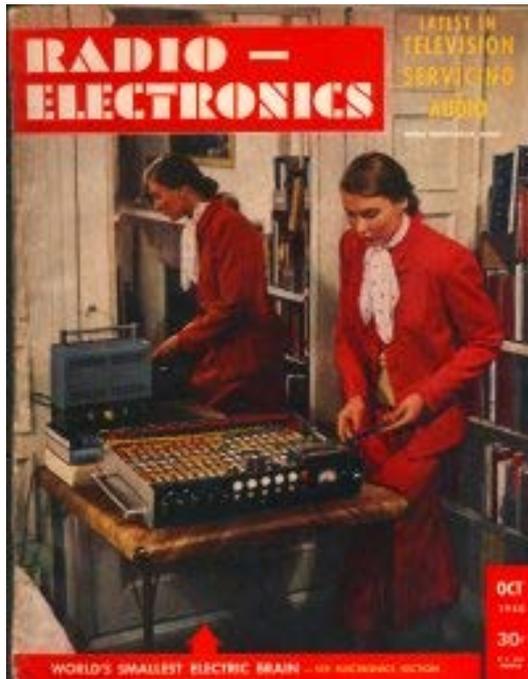
Disque dur autonome Winchester (IBM, 1973)

- Premier disque dur en format compact autonome, nom de code Winchester
- 2 plateaux de 30 Mb chacun
- Le format adopté sera désormais repris par tous les fabricants
- Exemple: le SEAGATE



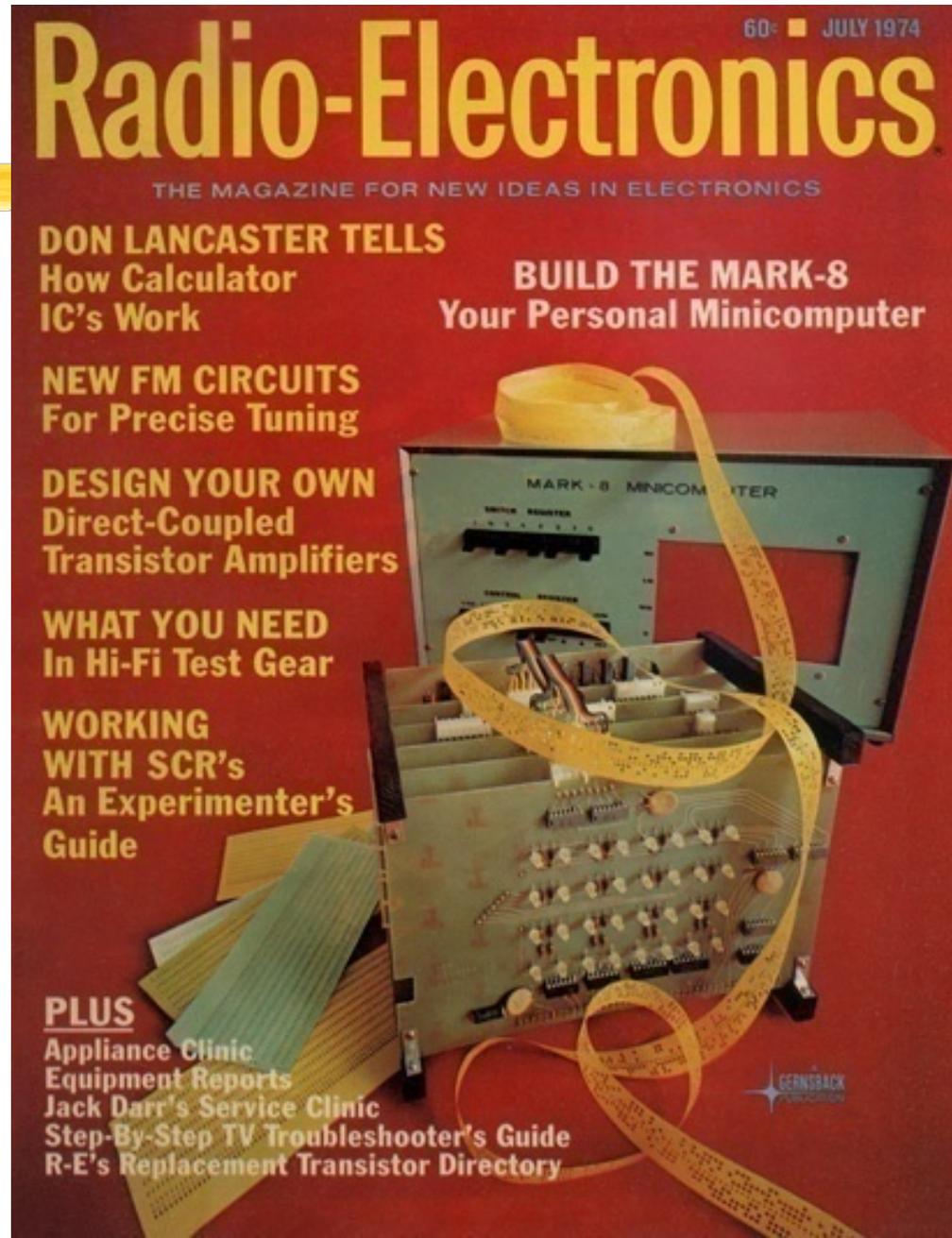
Le Simon (1950)

- Basé sur des relais, en kit
- Confidentiel, mais...



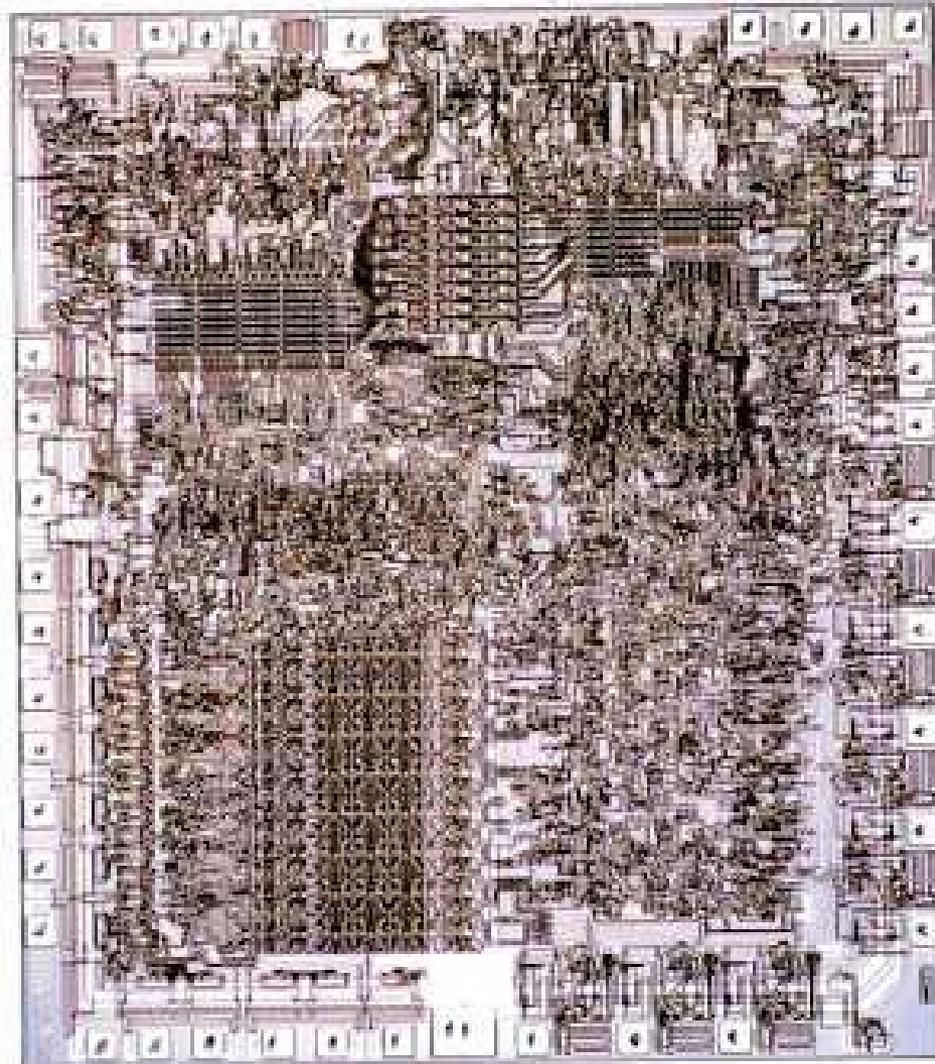
Mark-8 (1974)

- Premier micro dont les plans sont publiés dans un magazine
- Basé sur le 8008
- Le 8008 n'est pas assez puissant



Intel 8080 (1974)

- 8 bits de données
- 16 bits d 'adresses
- 8 registres 8 bits, dont 6 combinables en 16 bits
- 1 Mhz
- 4500 transistors



Altair 8800 (MITS, 1975)

- Machine basée sur le 8080
- 256 octets de mémoire de base
- 395\$ en kit
- 495\$ assemblé
- 4000 commandes en 3 mois

HOW TO "READ" FM TUNER SPECIFICATIONS

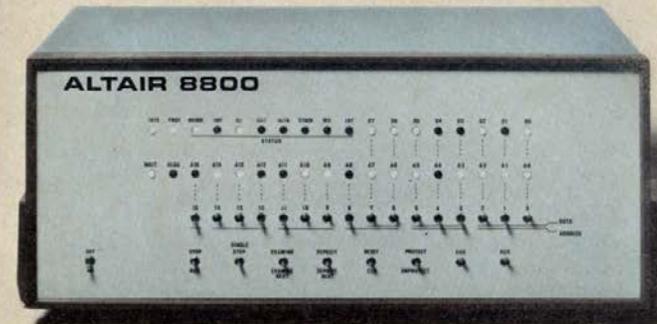
Popular Electronics

WORLD'S LARGEST-SELLING ELECTRONICS MAGAZINE JANUARY 1975/75¢

PROJECT BREAKTHROUGH!

World's First Minicomputer Kit to Rival Commercial Models...

"ALTAIR 8800" SAVE OVER \$1000



ALSO IN THIS ISSUE:

- An Under-\$90 Scientific Calculator Project
- CCD's—TV Camera Tube Successor?
- Thyristor-Controlled Photoflashers



TEST REPORTS:

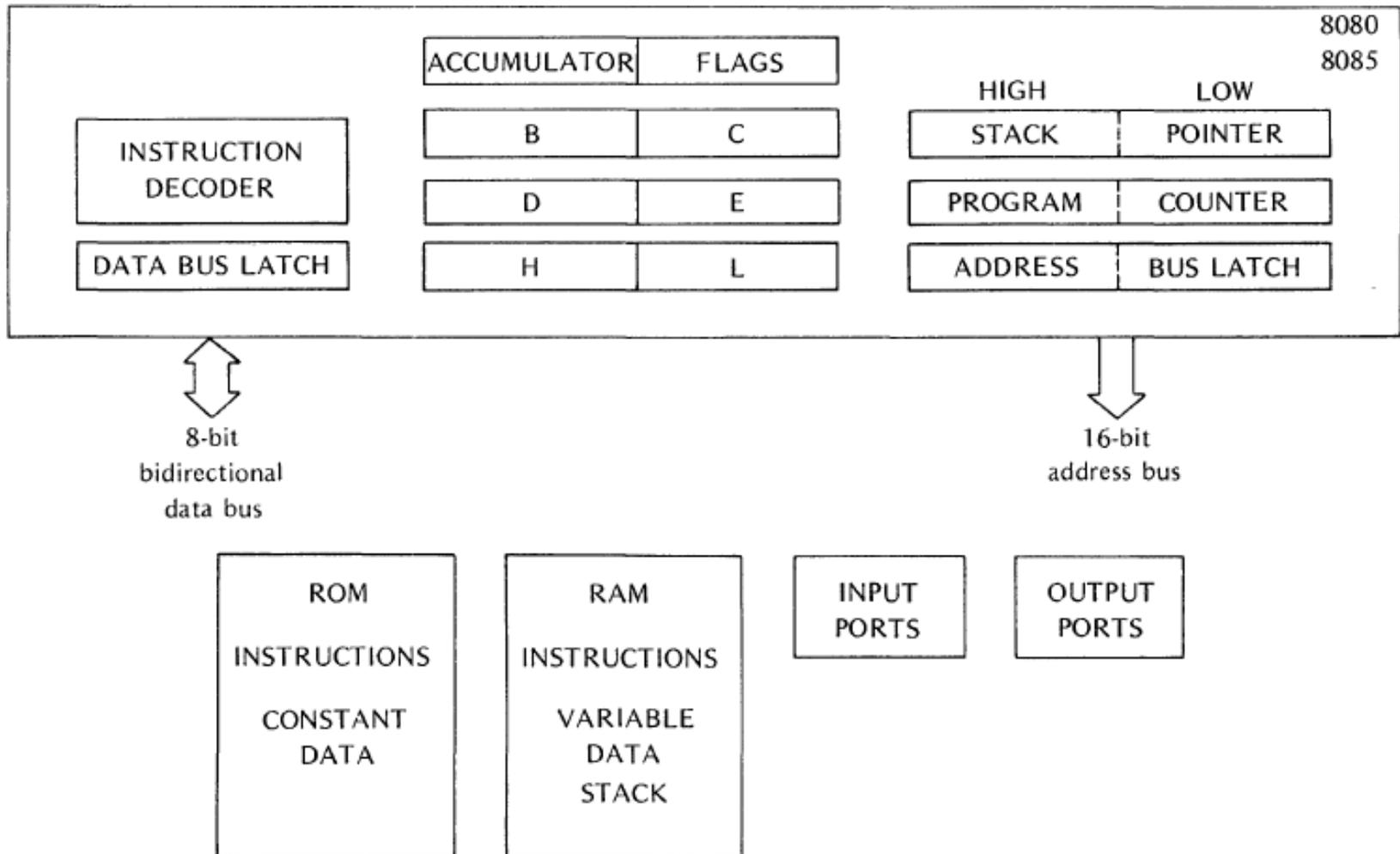
- Technics 200 Speaker System
- Pioneer RT-1011 Open-Reel Recorder
- Tram Diamond-40 CB AM Transceiver
- Edmund Scientific "Kirlian" Photo Kit
- Hewlett-Packard 5381 Frequency Counter



MITS

ALT AIR 8800 COMPUTER

Architecture du 8080



Instructions du 8080

Mnemonic	Instruction Code [1]							Operations Description	Clock Cycles [2]	
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1 D0			
MOVE, LOAD, AND STORE										
MOV r, r2	0	1	D	D	D	S	S	Move register to register	5	
MOV M, r	0	1	1	1	0	S	S	Move register to memory	7	
MOV r, M	0	1	D	D	D	1	1	0	Move memory to register	7
MVI r	0	0	D	D	D	1	1	0	Move immediate register	7
MVI M	0	0	1	1	0	1	1	0	Move immediate memory	10
LXI B	0	0	0	0	0	0	0	1	Load immediate register Pair B & C	10
LXI D	0	0	0	1	0	0	0	1	Load immediate register Pair D & E	10
LXI H	0	0	1	0	0	0	0	1	Load immediate register Pair H & L	10
STAX B	0	0	0	0	0	0	1	0	Store A indirect	7
STAX D	0	0	0	1	0	0	1	0	Store A indirect	7
LDAX B	0	0	0	0	1	0	1	0	Load A indirect	7
LDAX D	0	0	0	1	1	0	1	0	Load A indirect	7
STA	0	0	1	1	0	0	1	0	Store A direct	13
LDA	0	0	1	1	1	0	1	0	Load A direct	13
SHLD	0	0	1	0	0	0	1	0	Store H & L direct	16
LHLD	0	0	1	0	1	0	1	0	Load H & L direct	16
XCHG	1	1	1	0	1	0	1	1	Exchange D & E, H & L Registers	4
STACK OPS										
PUSH B	1	1	0	0	0	1	0	1	Push register Pair B & C on stack	11
PUSH D	1	1	0	1	0	1	0	1	Push register Pair D & E on stack	11
PUSH H	1	1	1	0	0	1	0	1	Push register Pair H & L on stack	11
PUSH PSW	1	1	1	1	0	1	0	1	Push A and Flags on stack	11
POP B	1	1	0	0	0	0	0	1	Pop register Pair B & C off stack	10
POP D	1	1	0	1	0	0	0	1	Pop register Pair D & E off stack	10
POP H	1	1	1	0	0	0	0	1	Pop register Pair H & L off stack	10
POP PSW	1	1	1	1	0	0	0	1	Pop A and Flags off stack	10
XTHL	1	1	1	0	0	0	1	1	Exchange top of stack, H & L	18
SPHL	1	1	1	1	0	0	1	1	H & L to stack pointer	5
LXI SP	0	0	1	1	0	0	0	1	Load immediate stack pointer	10
INX SP	0	0	1	1	0	0	1	1	Increment stack pointer	5
DCX SP	0	0	1	1	1	0	1	1	Decrement stack pointer	5
JUMP										
JMP	1	1	0	0	0	0	1	1	Jump unconditional	10
JC	1	1	0	1	1	0	1	0	Jump on carry	10
JNC	1	1	0	1	0	0	1	0	Jump on no carry	10
JZ	1	1	0	0	1	0	1	0	Jump on zero	10
JNZ	1	1	0	0	0	0	1	0	Jump on no zero	10
JP	1	1	1	1	0	0	1	0	Jump on positive	10
JM	1	1	1	1	0	1	0	0	Jump on minus	10
JPE	1	1	1	0	1	0	1	0	Jump on parity even	10

Mnemonic	Instruction Code [1]							Operations Description	Clock Cycles [2]	
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1 D0			
JPO	1	1	1	0	0	0	1	0	Jump on parity odd	10
PCHL	1	1	1	0	1	0	0	1	H & L to program counter	5
CALL										
CALL	1	1	0	0	1	1	0	1	Call unconditional	17
CC	1	1	0	1	1	1	0	0	Call on carry	11/17
CNC	1	1	0	1	0	1	0	0	Call on no carry	11/17
CZ	1	1	0	0	1	1	0	0	Call on zero	11/17
CNZ	1	1	0	0	0	1	0	0	Call on no zero	11/17
CP	1	1	1	1	0	1	0	0	Call on positive	11/17
CM	1	1	1	1	1	0	0	0	Call on minus	11/17
CPE	1	1	1	0	1	1	0	0	Call on parity even	11/17
CPO	1	1	1	0	0	1	0	0	Call on parity odd	11/17
RETURN										
RET	1	1	0	0	1	0	0	1	Return	10
RC	1	1	0	1	1	0	0	0	Return on carry	5/11
RNC	1	1	0	1	0	0	0	0	Return on no carry	5/11
RZ	1	1	0	0	1	0	0	0	Return on zero	5/11
RNZ	1	1	0	0	0	0	0	0	Return on no zero	5/11
RP	1	1	1	1	0	0	0	0	Return on positive	5/11
RM	1	1	1	1	0	0	0	0	Return on minus	5/11
RPE	1	1	1	0	1	0	0	0	Return on parity even	5/11
RPO	1	1	1	0	0	0	0	0	Return on parity odd	5/11
RESTART										
RST	1	1	A	A	A	1	1	1	Restart	11
INCREMENT AND DECREMENT										
INR r	0	0	D	D	D	1	0	0	Increment register	5
DCR r	0	0	D	D	D	1	0	1	Decrement register	5
INR M	0	0	1	1	0	1	0	0	Increment memory	10
DCR M	0	0	1	1	0	1	0	1	Decrement memory	10
INX B	0	0	0	0	0	0	1	1	Increment B & C registers	5
INX D	0	0	0	1	0	0	1	1	Increment D & E registers	5
INX H	0	0	1	0	0	0	1	1	Increment H & L registers	5
DCX B	0	0	0	0	1	0	1	1	Decrement B & C registers	5
DCX D	0	0	0	1	1	0	1	1	Decrement D & E registers	5
DCX H	0	0	1	0	1	0	1	1	Decrement H & L registers	5
ADD										
ADD r	1	0	0	0	0	S	S	S	Add register to A	4
ADC r	1	0	0	0	1	S	S	S	Add register to A with carry	4
ADD M	1	0	0	0	0	1	1	0	Add memory to A	7
ADC M	1	0	0	0	1	1	1	0	Add memory to A with carry	7
ADI	1	1	0	0	0	1	1	0	Add immediate to A	7
ACI	1	1	0	0	1	1	1	0	Add immediate to A with carry	7
DAD B	0	0	0	0	1	0	0	1	Add B & C to H & L	10
DAD D	0	0	0	1	1	0	0	1	Add D & E to H & L	10
DAD H	0	0	1	0	1	0	0	1	Add H & L to H & L	10
DAD SP	0	0	1	1	1	0	0	1	Add stack pointer to H & L	10

Mnemonic	Instruction Code [1]							Operations Description	Clock Cycles [2]	
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1 D0			
SUBTRACT										
SUB r	1	0	0	1	0	S	S	S	Subtract register from A	4
SBB r	1	0	0	1	1	S	S	S	Subtract register from A with borrow	4
SUB M	1	0	0	1	0	1	1	0	Subtract memory from A	7
SBB M	1	0	0	1	1	1	1	0	Subtract memory from A with borrow	7
SUI	1	1	0	1	0	1	1	0	Subtract immediate from A	7
SBI	1	1	0	1	1	1	1	0	Subtract immediate from A with borrow	7
LOGICAL										
ANA r	1	0	1	0	0	S	S	S	And register with A	4
XRA r	1	0	1	0	1	S	S	S	Exclusive Or register with A	4
ORA r	1	0	1	1	0	S	S	S	Or register with A	4
CMP r	1	0	1	1	1	S	S	S	Compare register with A	4
ANA M	1	0	1	0	0	1	1	0	And memory with A	7
XRA M	1	0	1	0	1	1	1	0	Exclusive Or memory with A	7
ORA M	1	0	1	1	0	1	1	0	Or memory with A	7
CMP M	1	0	1	1	1	1	1	0	Compare memory with A	7
ANI	1	1	1	0	0	1	1	0	And immediate with A	7
XRI	1	1	1	0	1	1	1	0	Exclusive Or immediate with A	7
ORI	1	1	1	1	0	1	1	0	Or immediate with A	7
CPI	1	1	1	1	1	1	1	0	Compare immediate with A	7

NOTES:
 1. DDD or SSS: B=000, C=001, D=010, E=011, H=100, L=101, Memory=110, A=111.
 2. Two possible cycle times (6/12) indicate instruction cycles dependent on condition flags.
 *All mnemonics copyright © Intel Corporation 1977

Mnemonic	Instruction Code [1]							Operations Description	Clock Cycles [2]	
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1 D0			
ROTATE										
RLC	0	0	0	0	0	1	1	1	Rotate A left	4
RRC	0	0	0	0	1	1	1	1	Rotate A right	4
RAL	0	0	0	1	0	1	1	1	Rotate A left through carry	4
RAR	0	0	0	1	1	1	1	1	Rotate A right through carry	4
SPECIALS										
CMA	0	0	1	0	1	1	1	1	Complement A	4
STC	0	0	1	1	0	1	1	1	Set carry	4
CMC	0	0	1	1	1	1	1	1	Complement carry	4
DAA	0	0	1	1	0	1	1	1	Decimal adjust A	4
INPUT/OUTPUT										
IN	1	1	0	1	1	0	1	1	Input	10
OUT	1	1	0	1	0	0	1	1	Output	10
CONTROL										
EI	1	1	1	1	1	0	1	1	Enable Interrupts	4
DI	1	1	1	1	0	0	1	1	Disable Interrupt	4
NOP	0	0	0	0	0	0	0	0	No-operation	4
HLT	0	1	1	1	0	1	1	0	Halt	7

Les instructions de déplacement

MOVE, LOAD, AND STORE										
MOV r1,r2	0	1	D	D	D	S	S	S	Move register to register	5
MOV M,r	0	1	1	1	0	S	S	S	Move register to memory	7
MOV r,M	0	1	D	D	D	1	1	0	Move memory to register	7
MVI r	0	0	D	D	D	1	1	0	Move immediate register	7
MVI M	0	0	1	1	0	1	1	0	Move immediate memory	10
LXI B	0	0	0	0	0	0	0	1	Load immediate register Pair B & C	10
LXI D	0	0	0	1	0	0	0	1	Load immediate register Pair D & E	10
LXI H	0	0	1	0	0	0	0	1	Load immediate register Pair H & L	10
STAX B	0	0	0	0	0	0	1	0	Store A indirect	7
STAX D	0	0	0	1	0	0	1	0	Store A indirect	7
LDAX B	0	0	0	0	1	0	1	0	Load A indirect	7
LDAX D	0	0	0	1	1	0	1	0	Load A indirect	7
STA	0	0	1	1	0	0	1	0	Store A direct	13
LDA	0	0	1	1	1	0	1	0	Load A direct	13
SHLD	0	0	1	0	0	0	1	0	Store H & L direct	16
LHLD	0	0	1	0	1	0	1	0	Load H & L direct	16
XCHG	1	1	1	0	1	0	1	1	Exchange D & E, H & L Registers	4

Les instructions d'addition

ADD										
ADD r	1	0	0	0	0	S	S	S	Add register to A	4
ADC r	1	0	0	0	1	S	S	S	Add register to A with carry	4
ADD M	1	0	0	0	0	1	1	0	Add memory to A	7
ADC M	1	0	0	0	1	1	1	0	Add memory to A with carry	7
ADI	1	1	0	0	0	1	1	0	Add immediate to A	7
ACI	1	1	0	0	1	1	1	0	Add immediate to A with carry	7
DAD B	0	0	0	0	1	0	0	1	Add B & C to H & L	10
DAD D	0	0	0	1	1	0	0	1	Add D & E to H & L	10
DAD H	0	0	1	0	1	0	0	1	Add H & L to H & L	10
DAD SP	0	0	1	1	1	0	0	1	Add stack pointer to H & L	10

Les instructions de saut

JUMP										
JMP	1	1	0	0	0	0	1	1	Jump unconditional	10
JC	1	1	0	1	1	0	1	0	Jump on carry	10
JNC	1	1	0	1	0	0	1	0	Jump on no carry	10
JZ	1	1	0	0	1	0	1	0	Jump on zero	10
JNZ	1	1	0	0	0	0	1	0	Jump on no zero	10
JP	1	1	1	1	0	0	1	0	Jump on positive	10
JM	1	1	1	1	1	0	1	0	Jump on minus	10
JPE	1	1	1	0	1	0	1	0	Jump on parity even	10

Petit programme: $4 + 3 = 7$

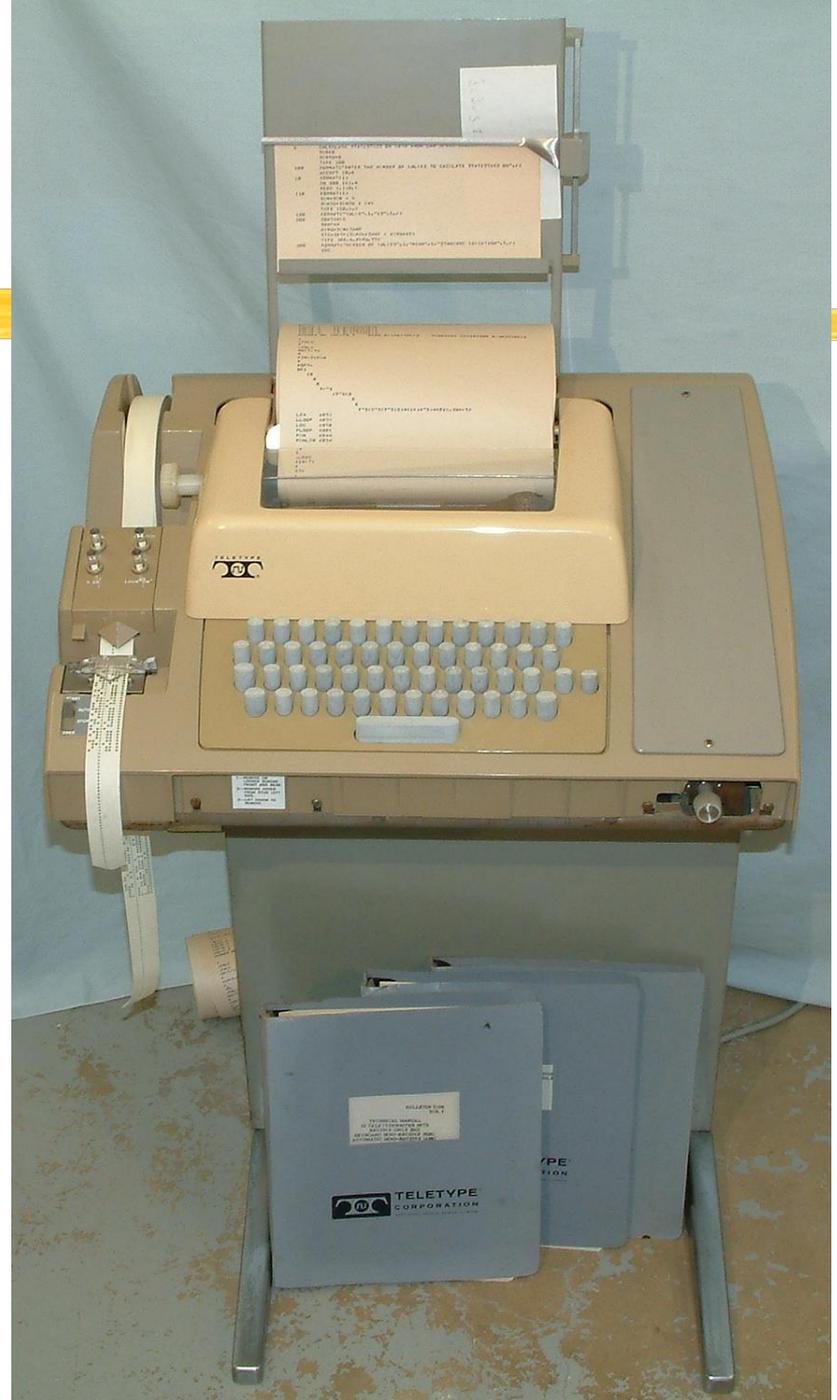
□ 01 : MVI A,3	00111110	A < -3
□ 02 :	00000011	
□ 03 : ADI A,4	11000110	A < -A + 4
□ 04 :	00000100	
□ 05 : LXI HL,0	00100001	HL < -0
□ 06 :	00000000	
□ 07 :	00000000	
□ 08 : MOV (HL),A	01110111	(HL) < -A
□ 09 : JMP 9	11000011	
□ 10 :	00001001	
□ 11:	00000000	
□		

Petit programme: $4 + 3 = 7$

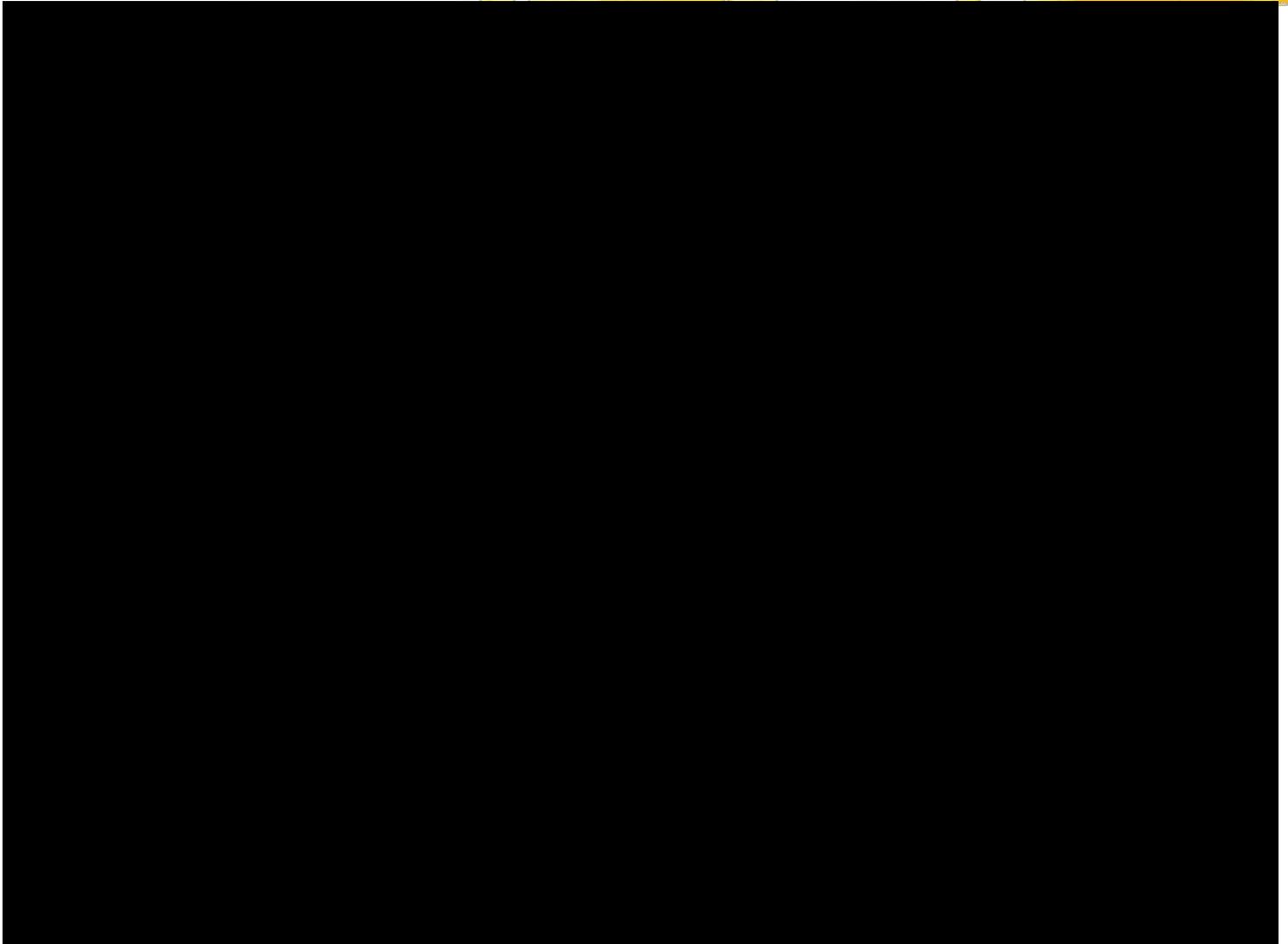
□ 01 : MVI A,3	00111110	00000011	
□ 03 : ADI A,4	11000110	00000100	
□ 05 : LXI HL,0	00100001	00000000	00000000
□ 08 : MOV (HL),A	01110111		
□ 09 : JMP 9	11000011	00001001	00000000

Télétype

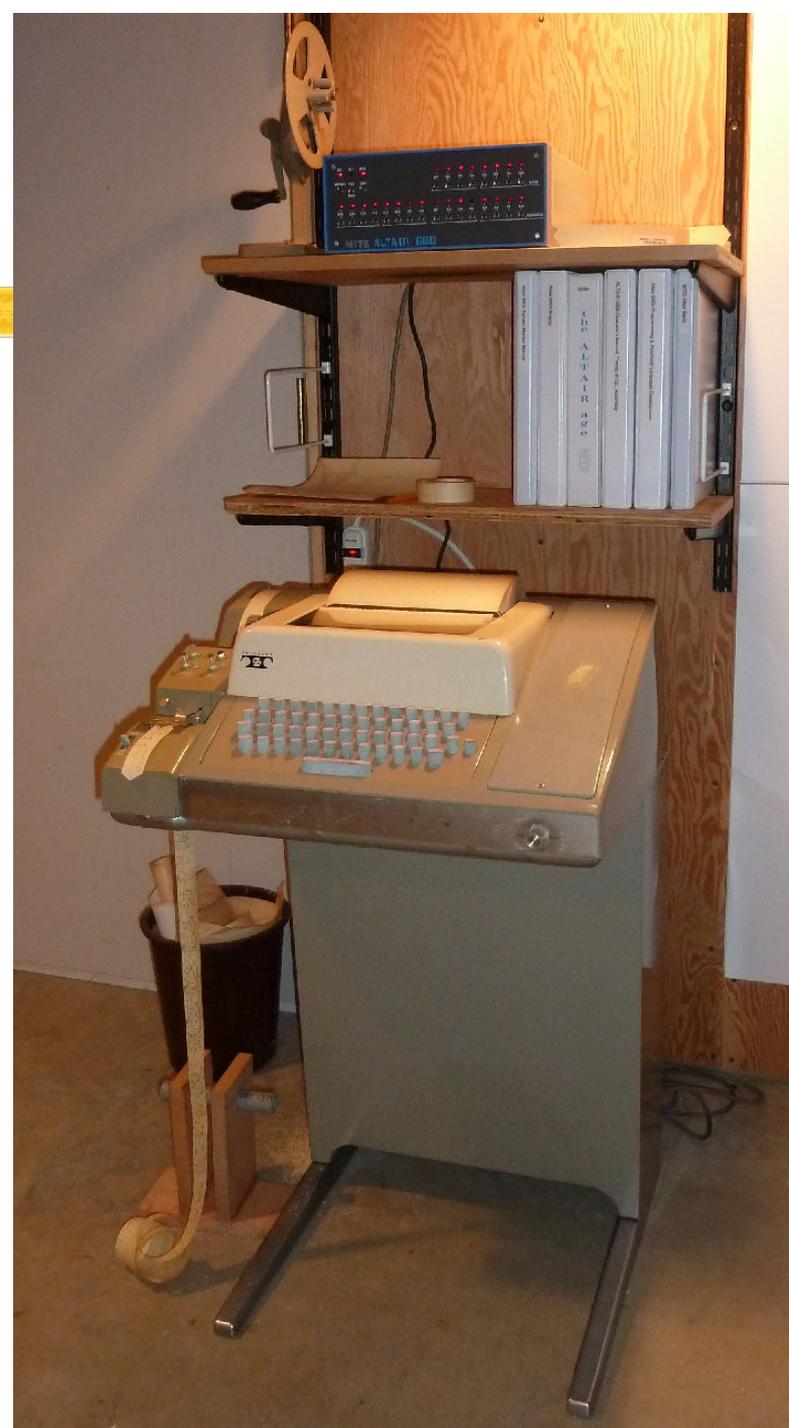
- Utilisés sur les « Gros » ordinateurs
- Permettent d'envoyer des données via un clavier
- Permettent de recevoir des données via une imprimante
- Permettent de lire des données à partir de bandes en papier
- Permettent de sauver des données sur des bandes de papier



Punching paper tape



Altair et télétype



Exemple d'organisation d'une bande perforée

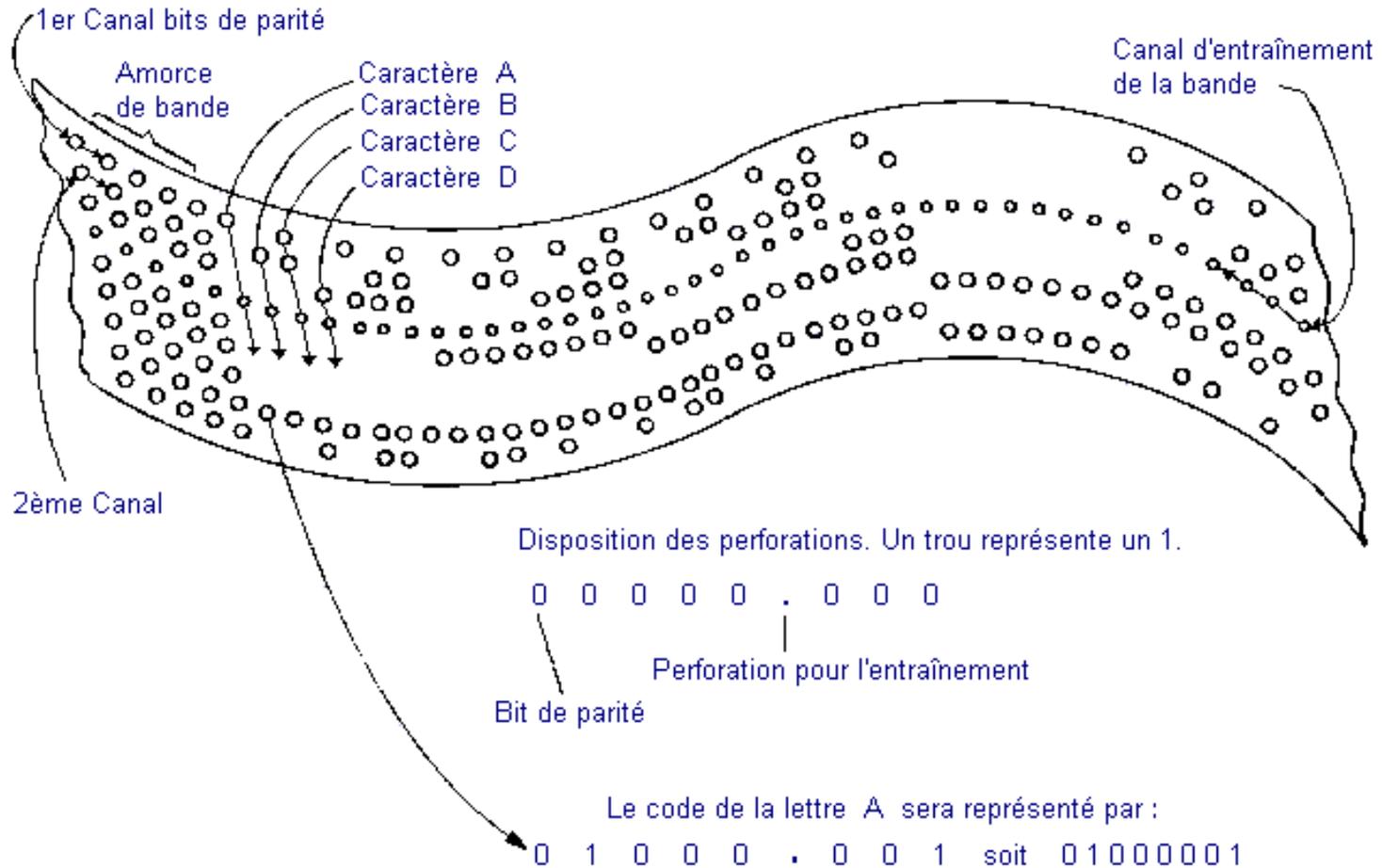


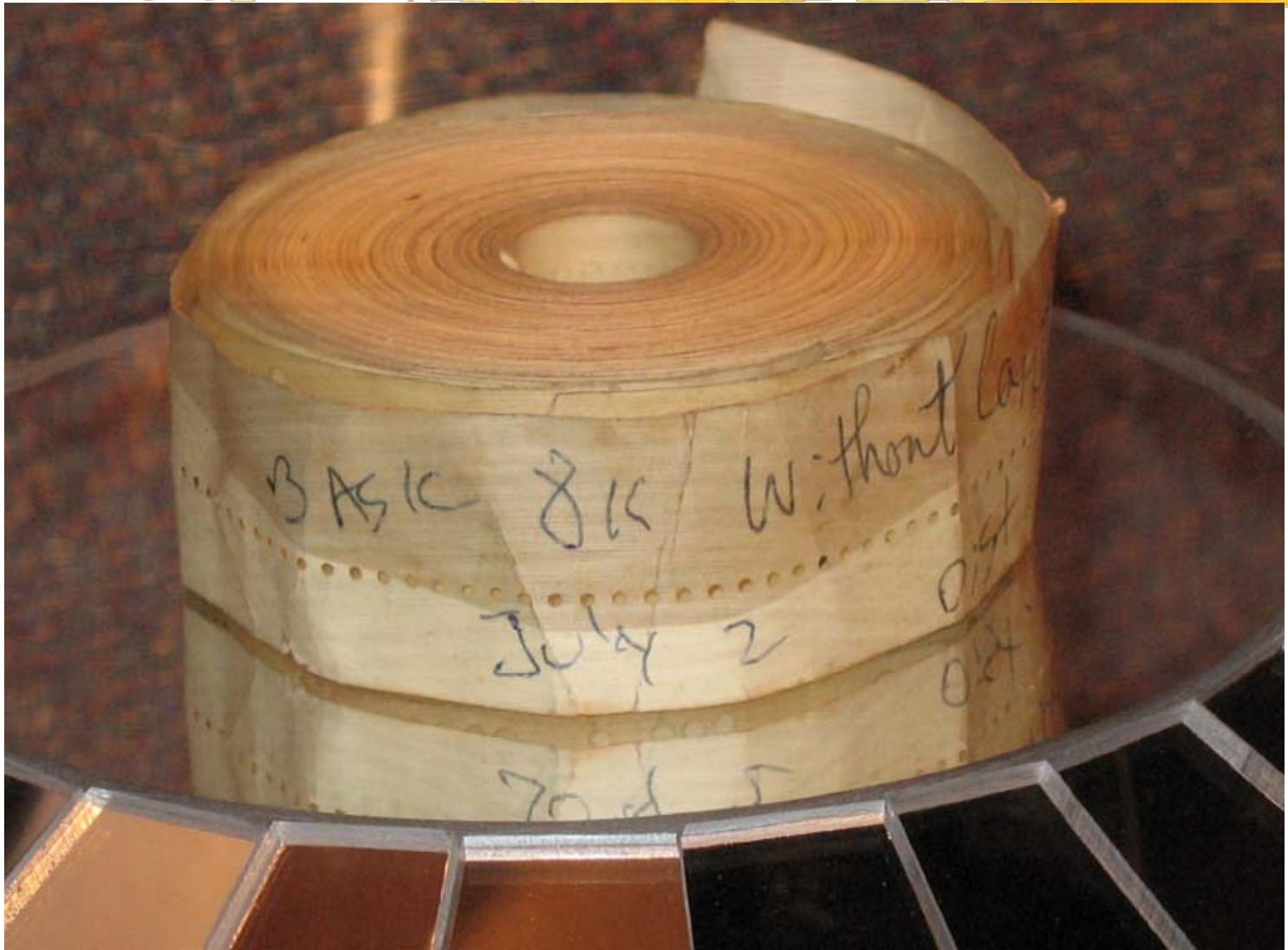
Fig. 1. - Ruban perforé selon le code ASCII.

Williams Gates, le BASIC et l'ALTAIR...



- BASIC pour ALTAIR (Allen et Gates, 1975)
- Ecrit sur un PDP-10 à Harvard (en utilisant gratuitement le matériel de l'Université)
- A partir d'un BASIC développé par DEC
- Dès 1976, Gates écrit une lettre contre la piraterie prétextant que le temps machine utilisé leur a coûté plus de 40000\$
- Micro Soft (puis Micro-Soft et Microsoft)

Basic pour Altair



La vt52 (1975) / vt100 (1978)



La vt100



Altair et VT100



- La communication se fait à travers les ports de l'ALTAIR
- On peut envoyer des octets en code ASCII pour affichage sur l'écran
- On peut recevoir les codes ASCII des caractères frappés au clavier
- Il faut évidemment rentrer dans la machine le programme permettant d'effectuer ces opérations...

Micro et systèmes d'exploitation



- Les besoins sont différents
 - mono utilisateur
 - mono tâche
 - gestion du disque
 - des langages
- Rappelons nous PL/M développé pour Intel et l'Intellect-8...

Digital Research et CP/M



- Gary Kildall a développé PL/M pour l'Intellect-8
- Il développe en même temps CP/M (Control Program for Micros)
- CP/M ressemble aux systèmes de Digital sur les PDP-10, comme TOPS-10
- La dernière brique de la micro est en place

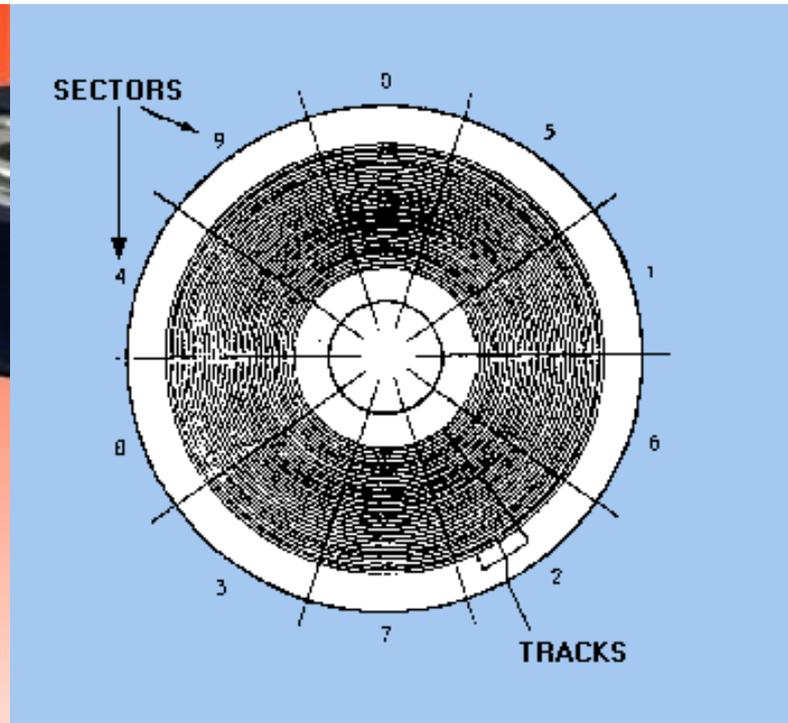
Lecteur de floppy pour Altair



Floppy disks



Organisation simplifié d'un floppy ou d'un DD



Floppy pour l'ALTAIR



- 77 pistes
- 32 secteurs/piste
- 137 octets par secteur dont 9 octets de contrôle => 128 octets « utiles »
- Capacité totale: $77 \cdot 32 \cdot 128 = 315292$ octets

Elements importants



- Un floppy (comme un disque dur) n'est que des séquences de paquets d'octets que l'on peut adresser en les indexant par pistes et par secteurs
- Il faut un logiciel particulier (le système d'exploitation) pour gérer le floppy en y inscrivant un système de fichiers (« file system ») , qui permet de nommer les fichiers et d'en retrouver séquentiellement les morceaux

Le lancement du système d'exploitation



- Sur l'Altair, il faut rentrer manuellement un programme qui va charger en mémoire le « boot loader » du SE (qui se trouve en général sur le premier secteur/première piste) et va lui transférer le contrôle
- Le boot loader chargera puis exécutera le reste du système d'exploitation :
 - Console, Command Line Interface (CLI)
 - Floppy, File System (FS)
 - Loader, gestion de la mémoire, etc...

Le lancement du système d'exploitation



- Une évolution permettra d'avoir en mémoire morte (adresse 0xff00) le programme de chargement.
- Ce mécanisme est globalement toujours le même aujourd'hui...

L'apport de CP/M



- CP/M amène tout un ensemble de logiciels (assembleur, compilateur) qui permettent de développer des applications de bonne qualité
- Il amène une « certaine » uniformité dans le monde des machines basées sur les processeurs 8080/Z80, permettant une « certaine » réutilisabilité des codes (p.e. la famille des F80, M80, LINK80 de Microsoft sur Altair, IMSAI, TRS-80,...)

L 'IMSAI 8080

- Copie de l 'ALTAIR
- Basé sur un 8080
- Séparation de CP/M
 - **BIOS** Basic Input Output System, dépendant machine
 - « DOS », Disk Operating System, indépendant



IBM 5100 (1975)

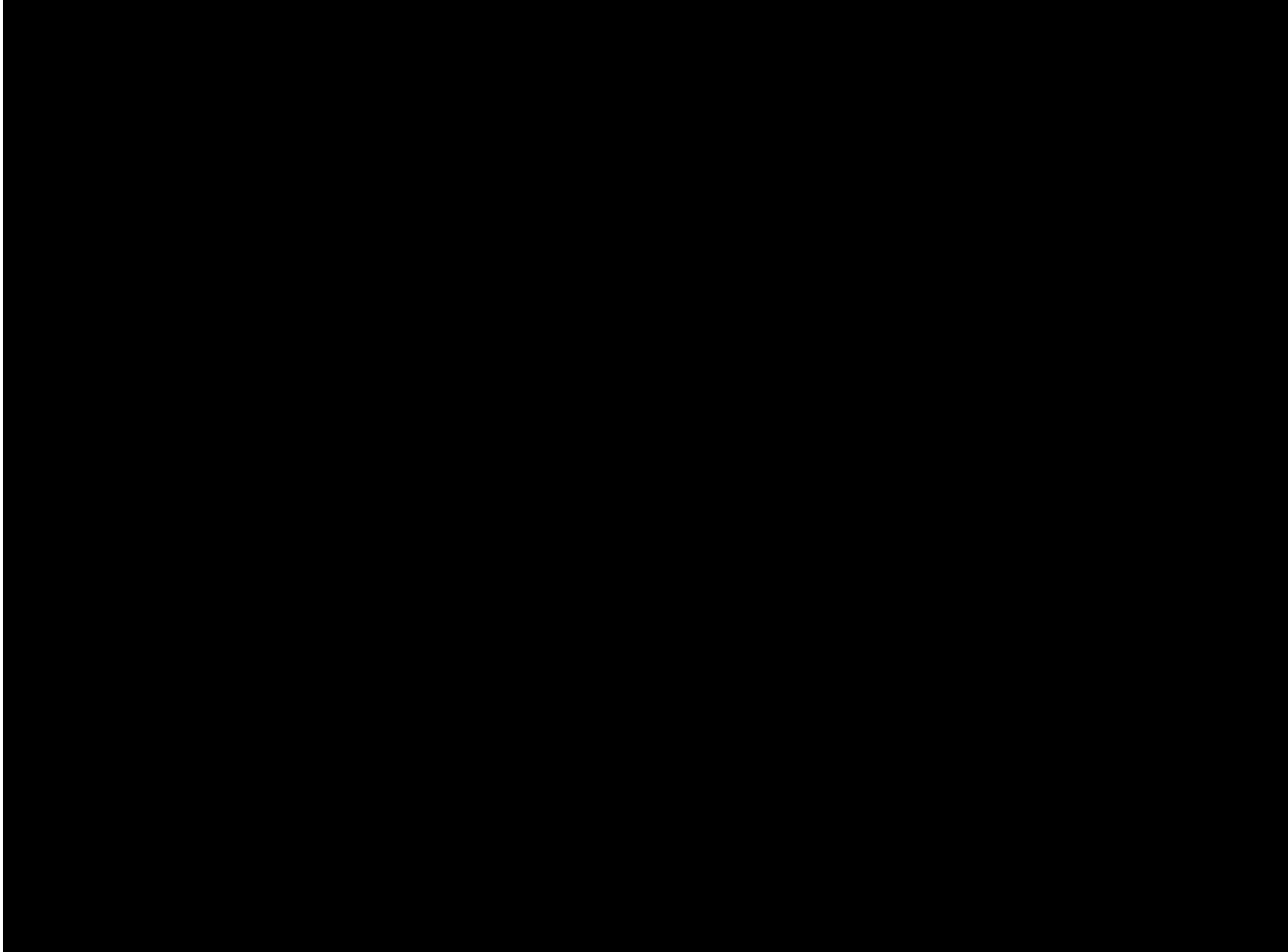
- Premier micro IBM
- Cher (>100000\$)
- 16Ko
- Basic
- APL
- Pas de succès

Introducing The IBM 5100 Portable Computer



**Productivity on your desk. Where you need it.
When you need it.**

IBM 5100



TRS-80 modèle 1 (1977)

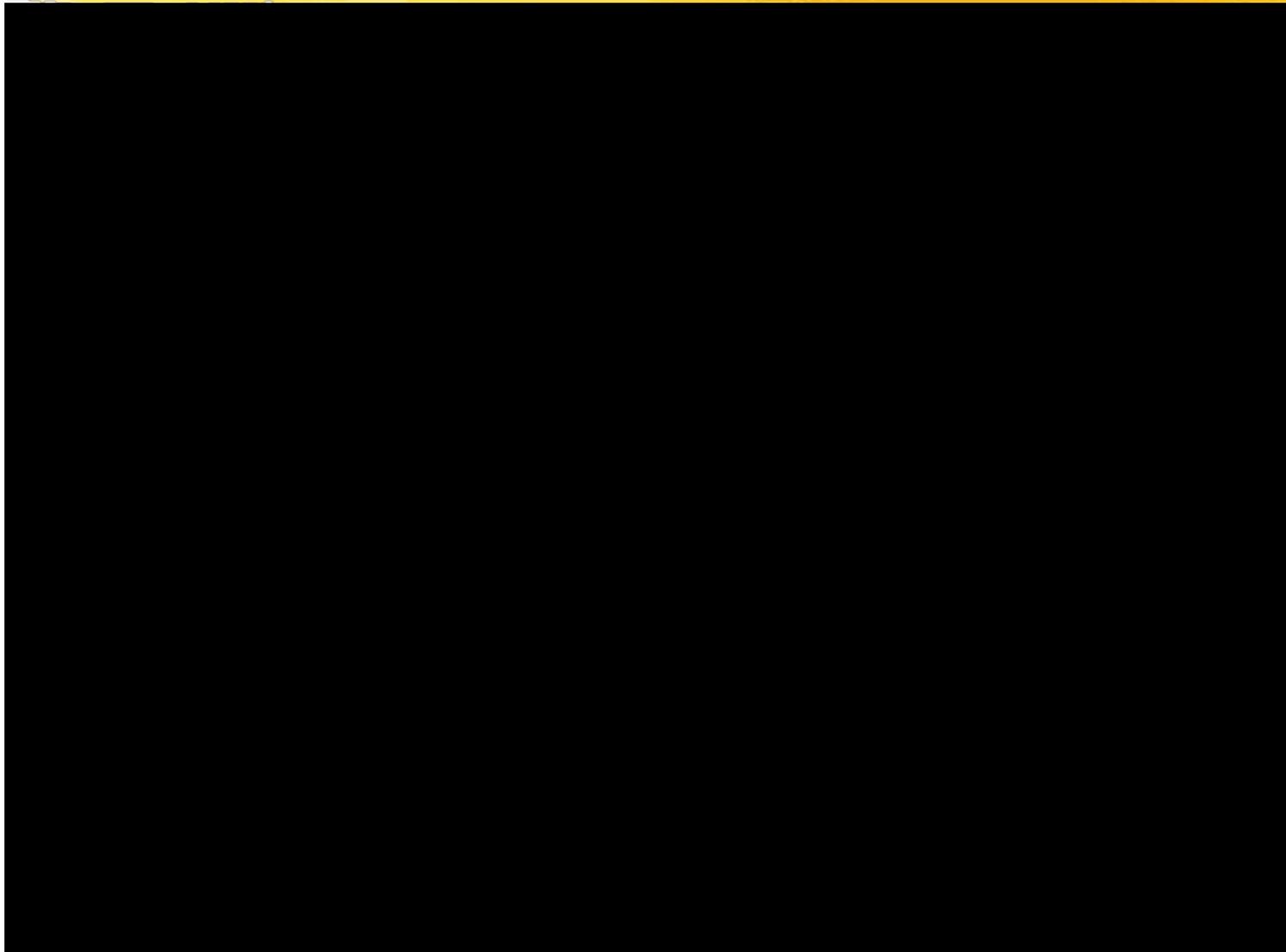
- 600\$
assemblé
- Zilog Z80
- 16Ko
- Cassette



TRS-80



TRS-80



TRS-80



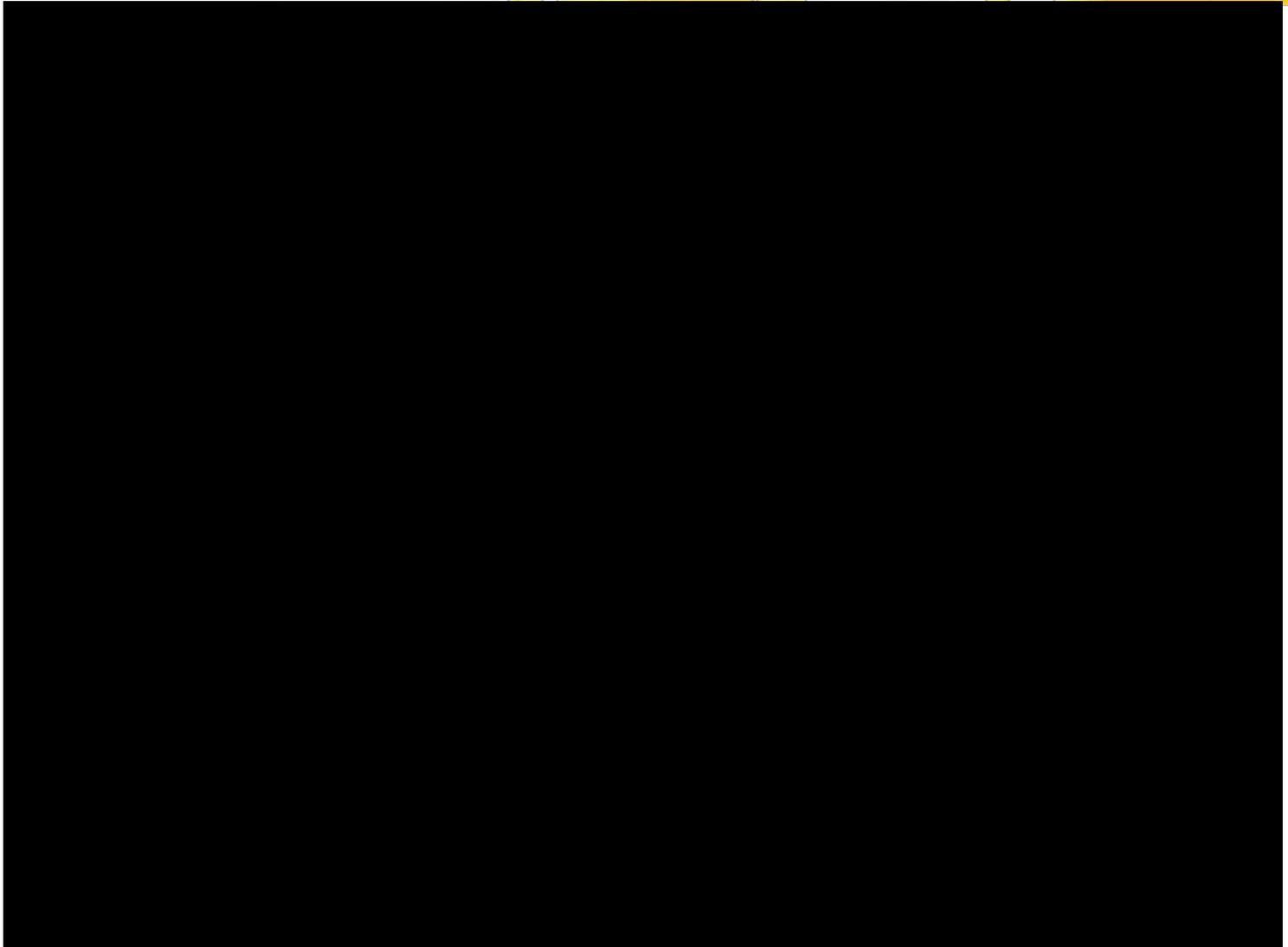
- Machine initialement très rustique
 - Ecran de qualité très médiocre, semi-graphique seulement
 - Lecteur de cassette pas fiable
 - Unité centrale sous le clavier, qui chauffe
- Extensions nombreuses
 - Floppies
 - Boitier d'extension (interface série)
 -

TRS-80

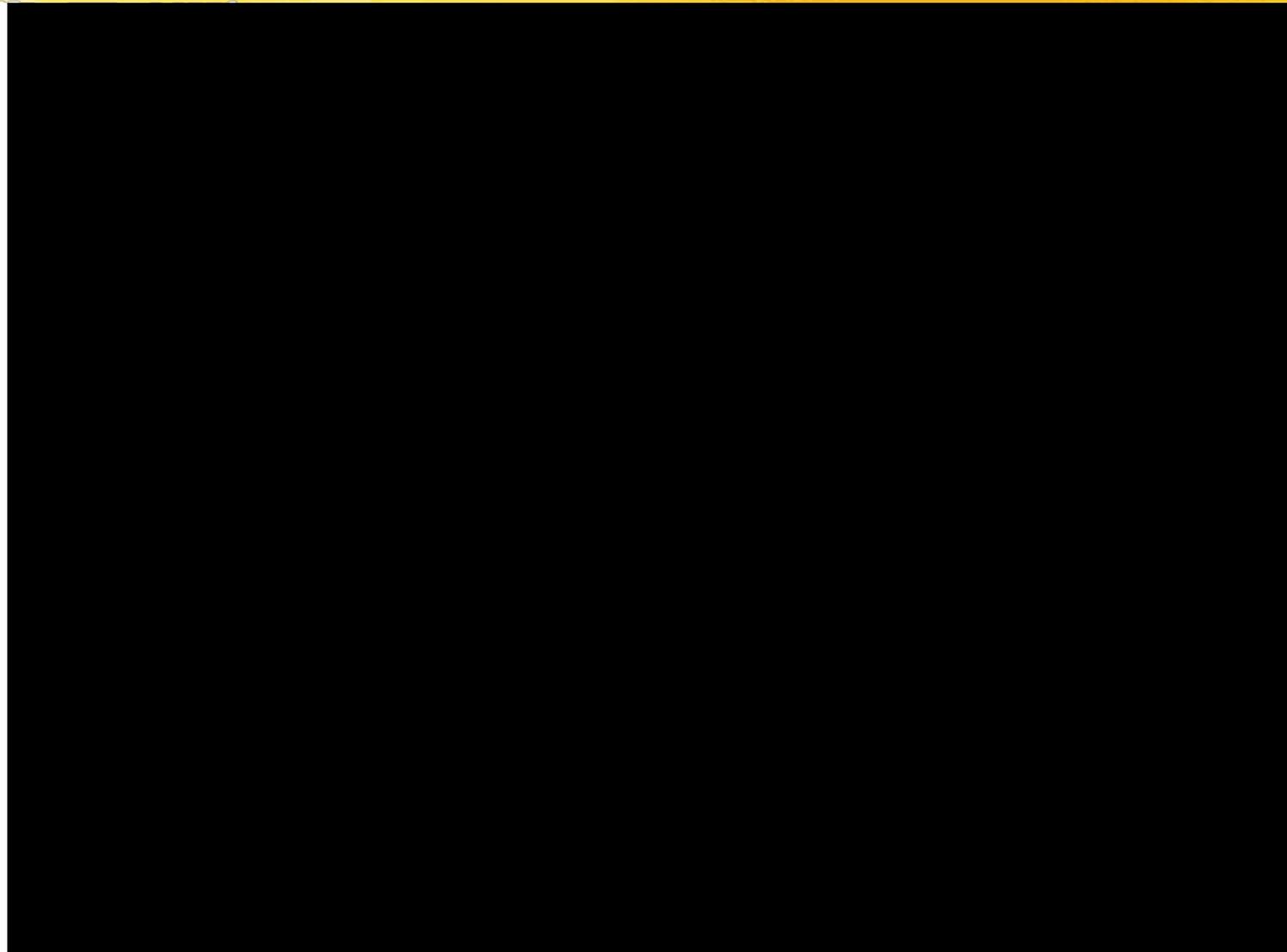


- Le TRS-80 sera pendant plusieurs années le micro le plus vendu au monde
- Il connaîtra plusieurs déclinaisons (modèles 1, 2, 3 et 4)
- Il supportera CP/M et aura une librairie de logiciels impressionnante dont un traitement de texte et un des premiers tableurs ainsi que de nombreux jeux, pourtant bridés par les possibilités graphiques de la machine

Flight Simulator sur TRS-80 (1980)



MicroChess80 sur TRS-80 (1976)



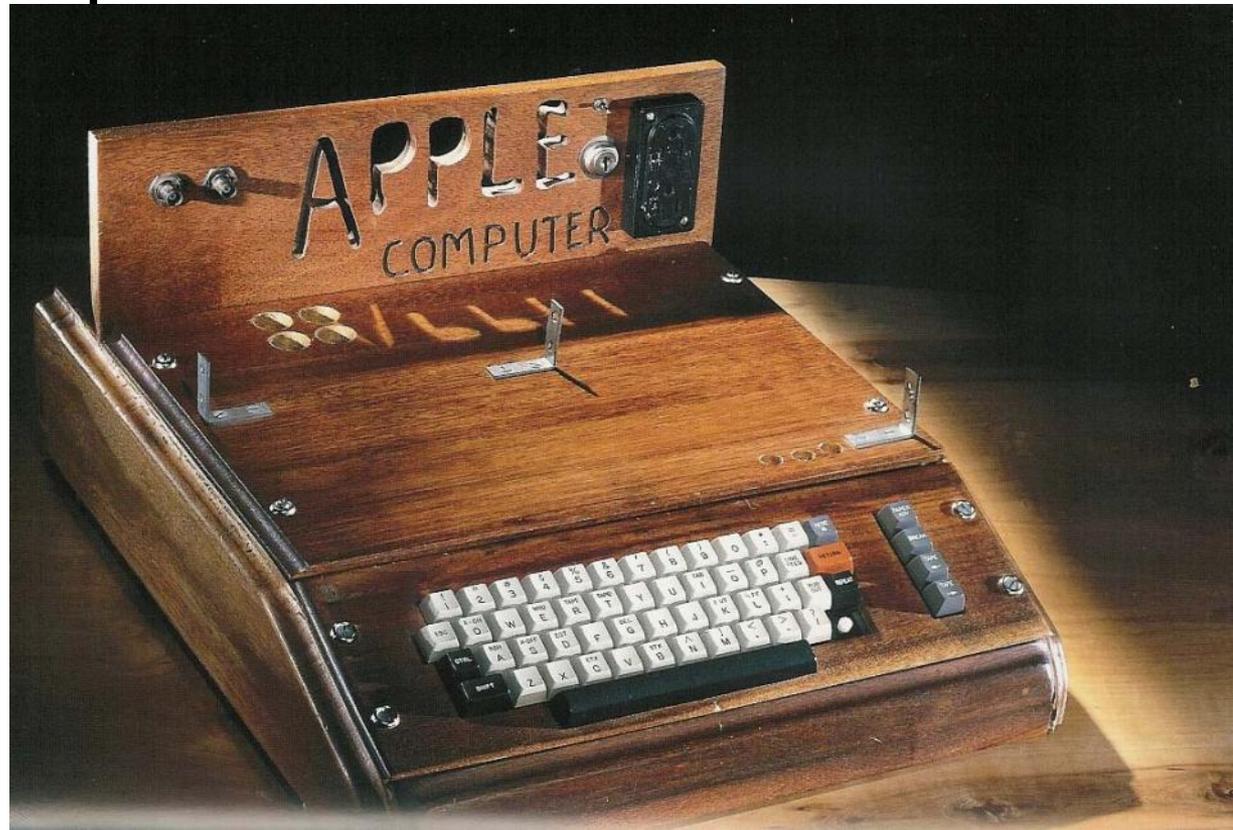
Les débuts d'Apple (1976)

- Steve Wozniak (à droite) développe
- Steve Jobs (à gauche) vend



APPLE-I (1976)

- Développé par Steve Wozniak pour le Homebrew computer club
- 6502
- 8Kbytes
- 1Mhz
- 666\$ en kit



APPLE-II (1977): ceci est une « révolution »

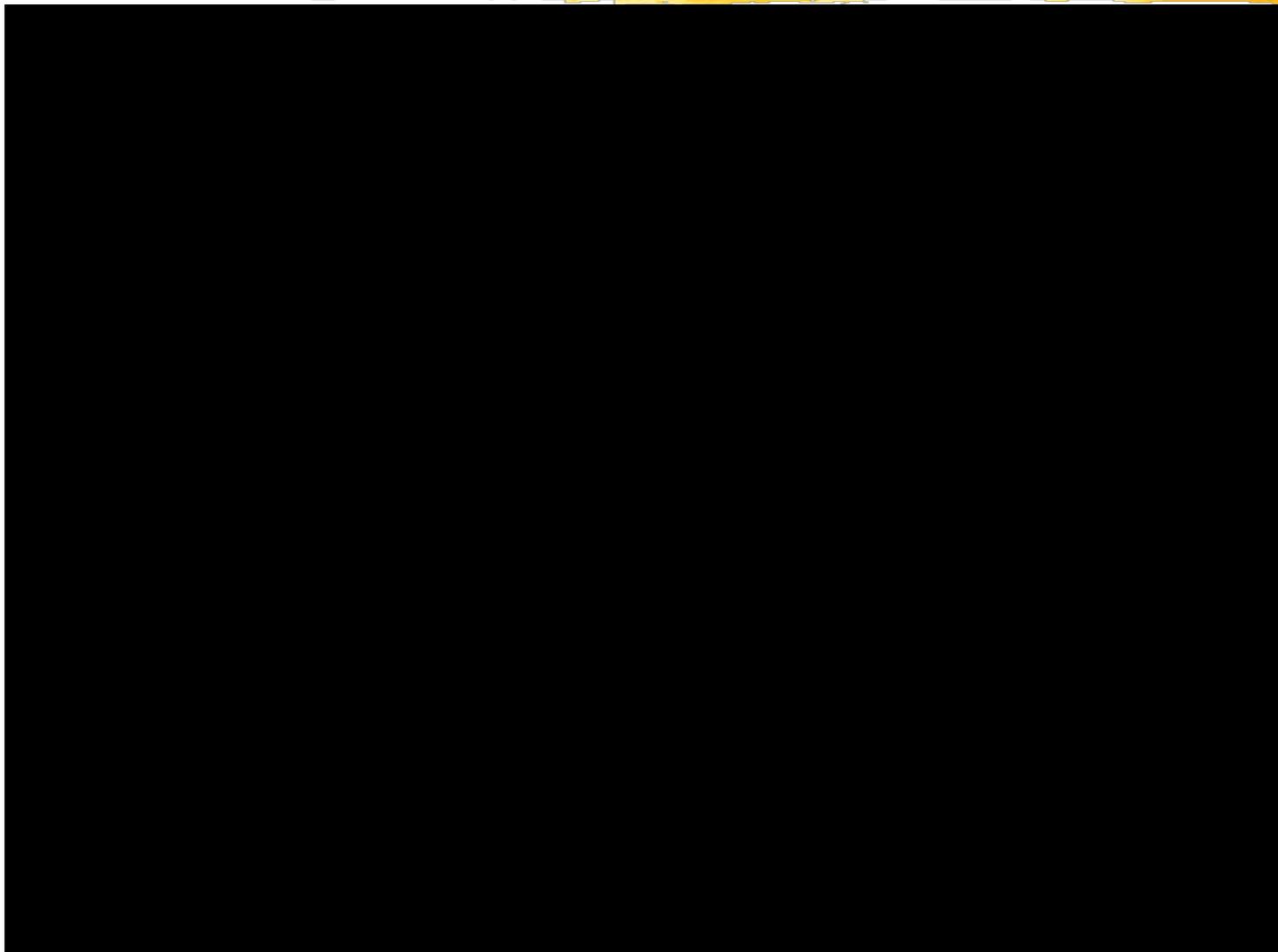


APPLE-II, II+, IIe (1977-1983)

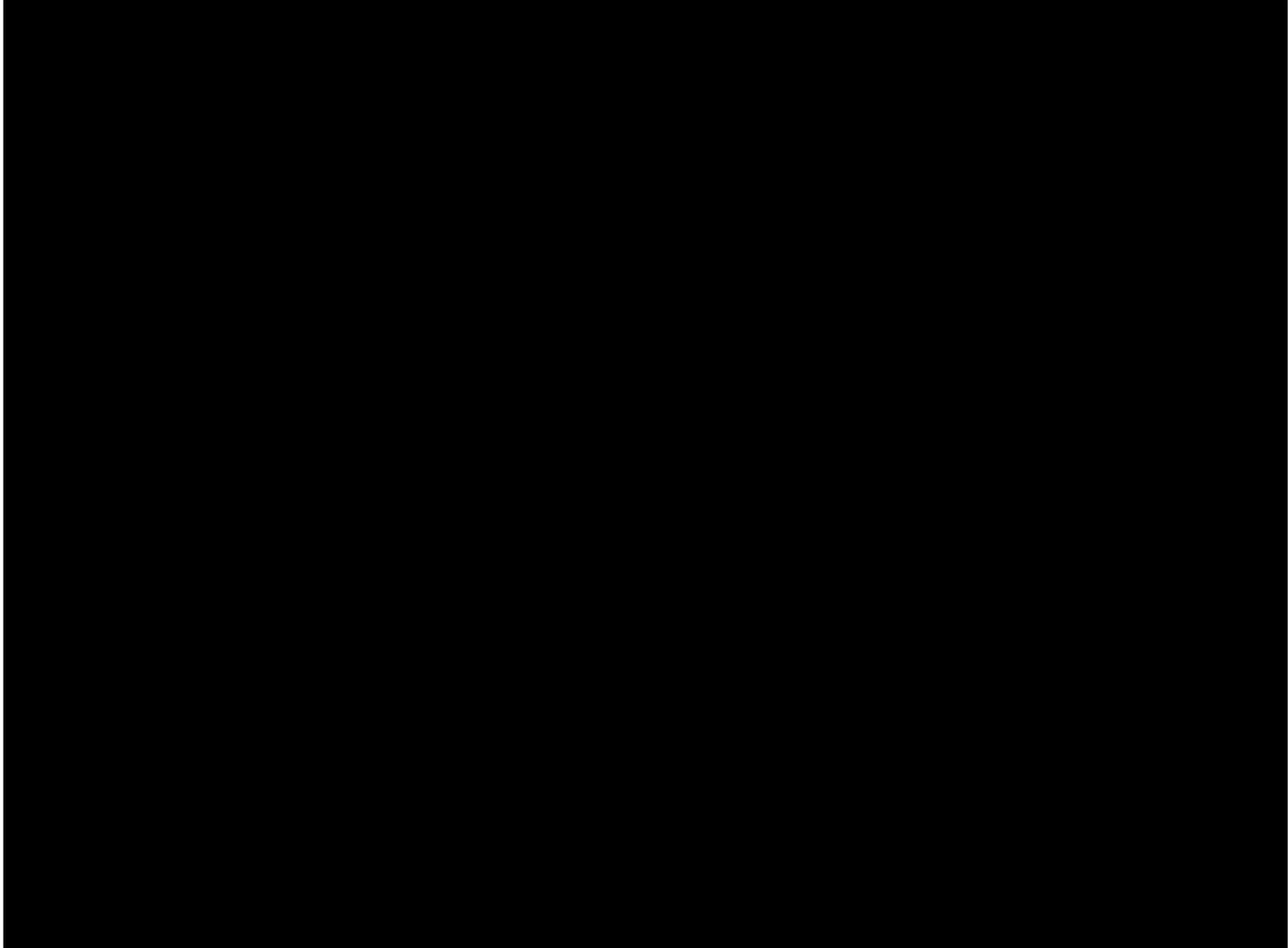


- Affichage graphique couleur
- 64Koctets de mémoire
- 6502 à 1Mhz (incompatible avec CP/M basé sur les processeurs 8080/Z80)
- 8 slots d 'extension
- 1300\$ assemblé
- Lecteur de disquette de grande capacité (128Ko) adaptable
- + de 2 millions de machines vendues

Apple II



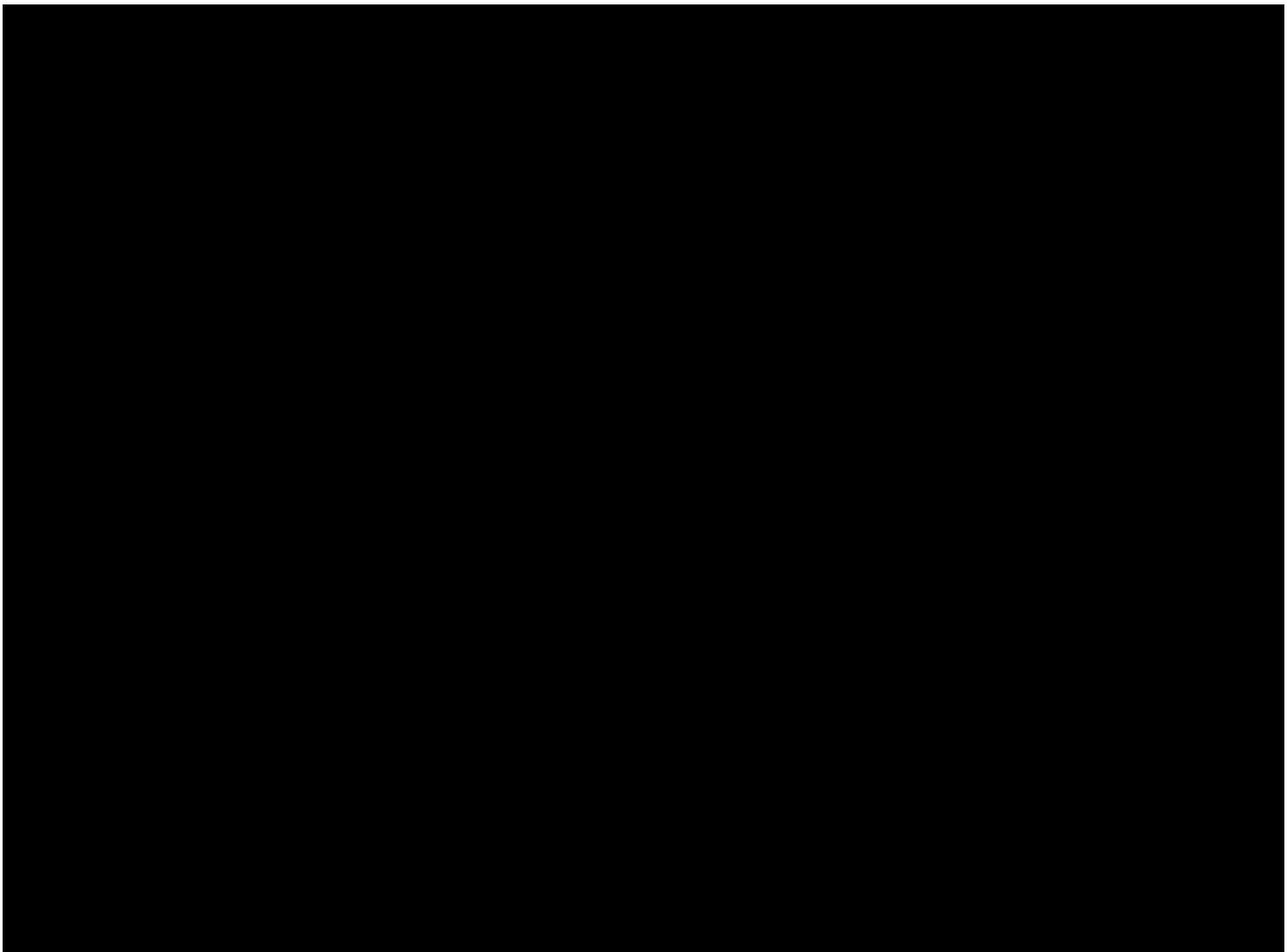
Zork I (première version pour PDP6 1967)

A horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the slide below the title.

Mystery House (1980): 1^{er} jeu d'aventure graphique



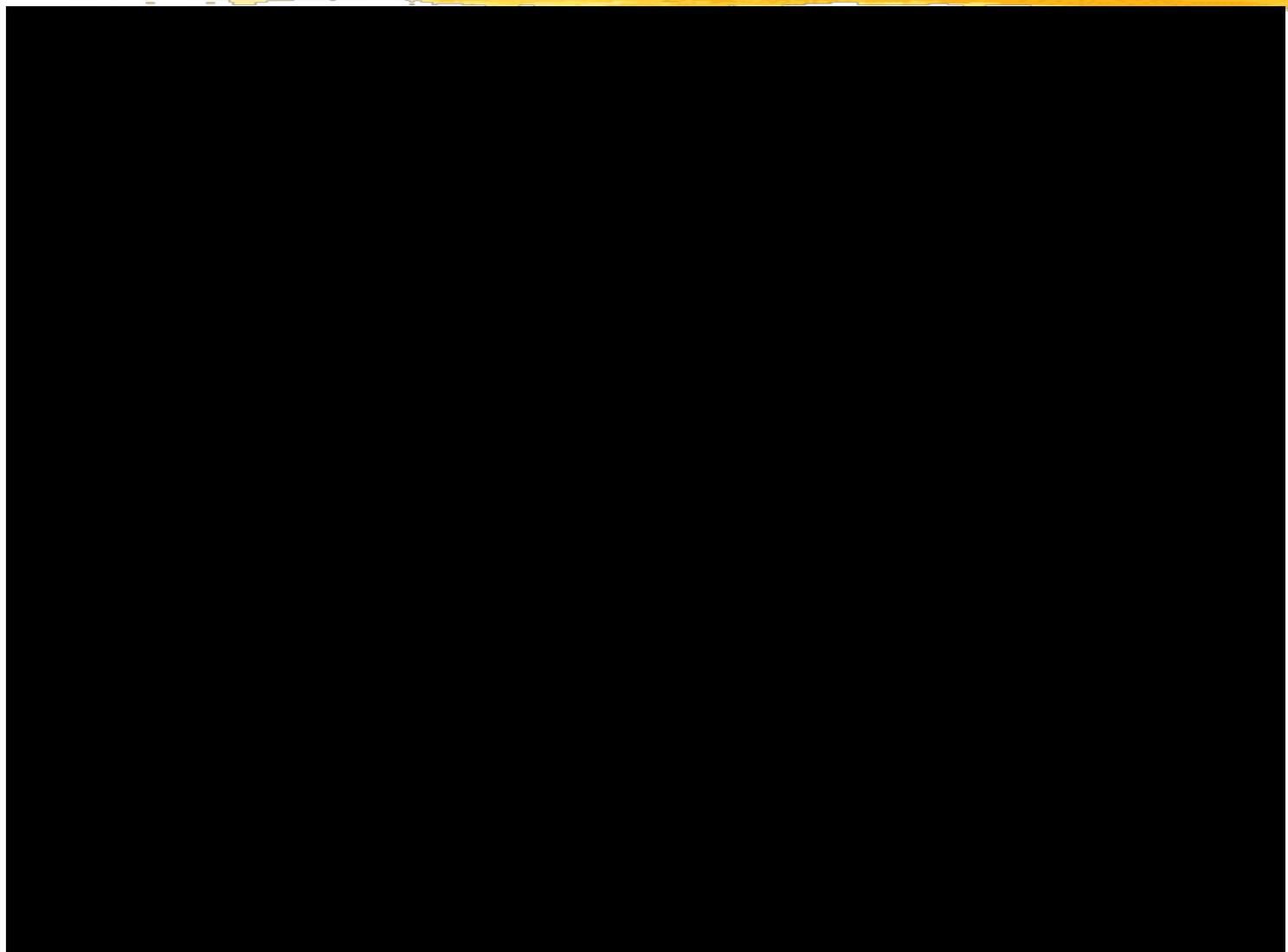
Death in the caribeans: graphiques « pro »



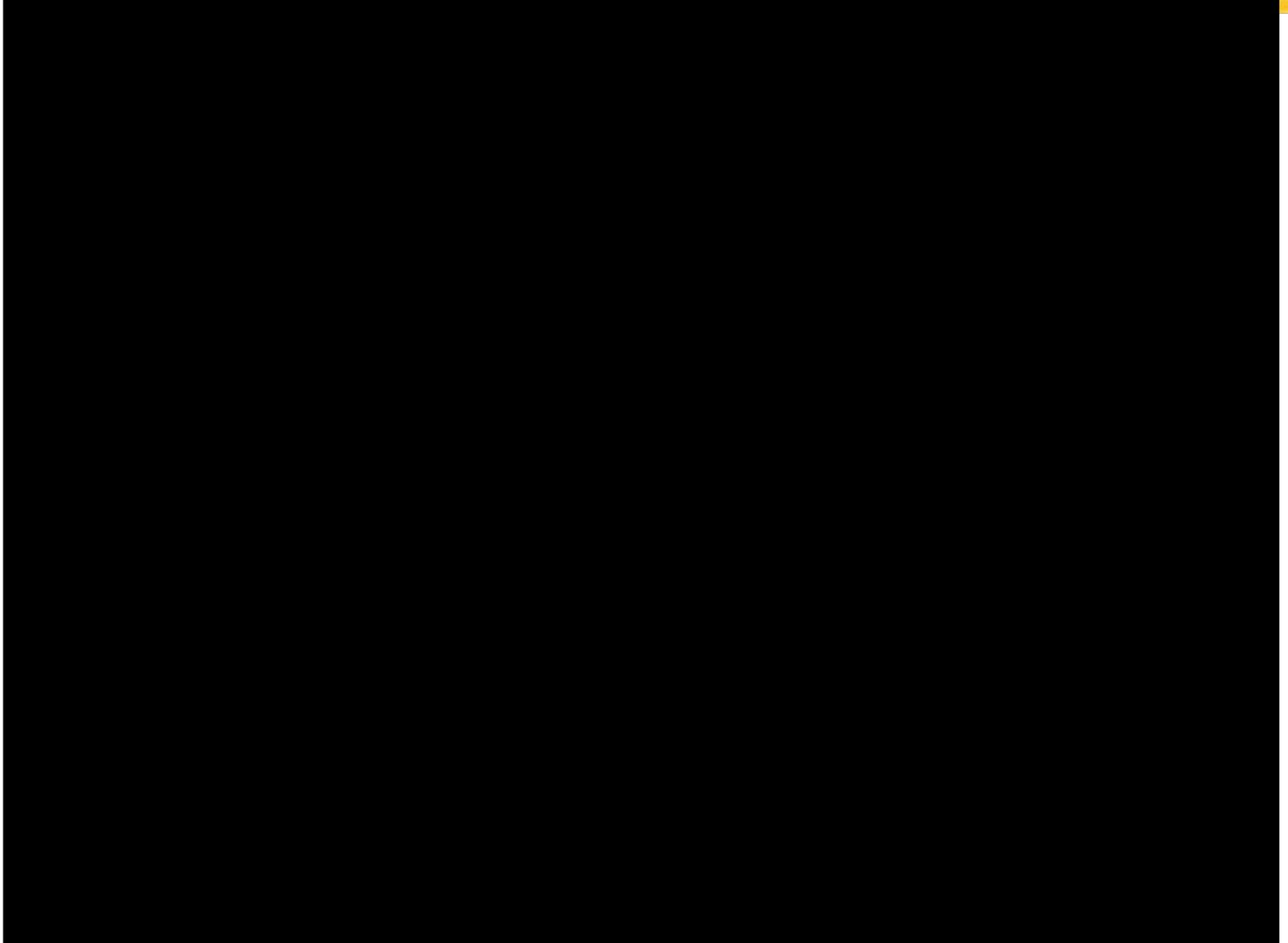
Wizardry (1980): 1^{er} RPG graphique

A horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the slide below the title.

Lode Runner (1983): plateforme
avec éditeur de niveaux



FlightSimulator2 (1983) sur
apple2



Sargon III (1983) sur Apple 2



Les consoles de jeu

Seconde génération

- 1976: Fairchild channel F (Robert Noyce, plus tard fondateur d'Intel)
 - Microprocesseur (F8), cartouches de jeu



Les consoles de jeu Seconde génération

- 1977: Atari VCS / Atari 2600: 200\$
 - Processeur MOS 6507 (proche du 6502)
 - Plusieurs millions vendus



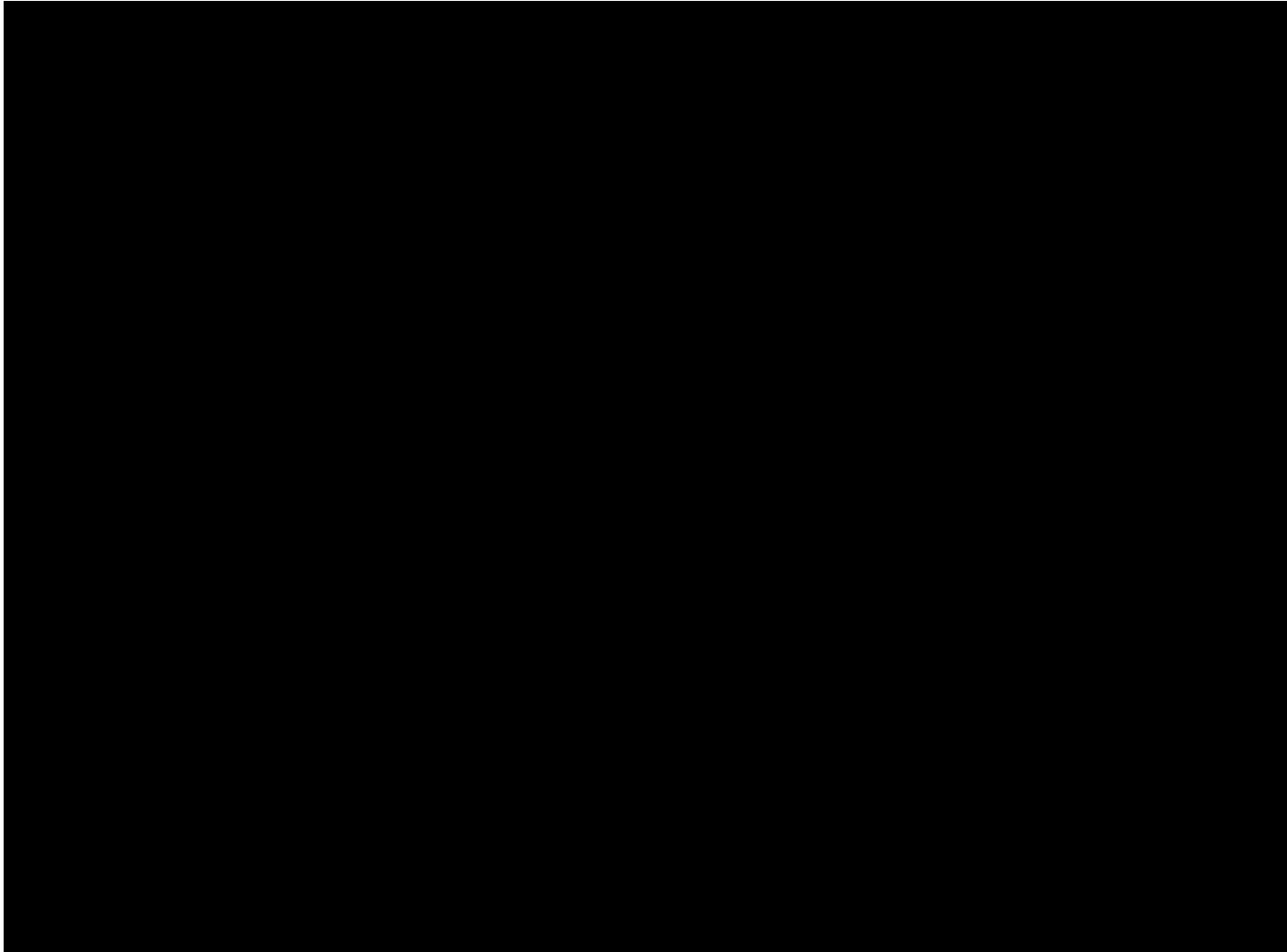
Les consoles de jeu

Seconde génération



- Avec le succès de l'Atari 2600, apparition de nombreuses consoles, toutes basées sur des microprocesseurs:
 - Intellivision (Mattel, 1979, CP1600, processeur 16 bits dérivé du PDP-11)
 - Odyssey-2 (Magnavox, 1978, Intel MCS-48)
 - Bally Astrocade (1977)
 - Tandyvision (Tandy)
 - Coleco Gemini (clone de l'Atari 2600)
 -

Mattel Intellivision Tennis

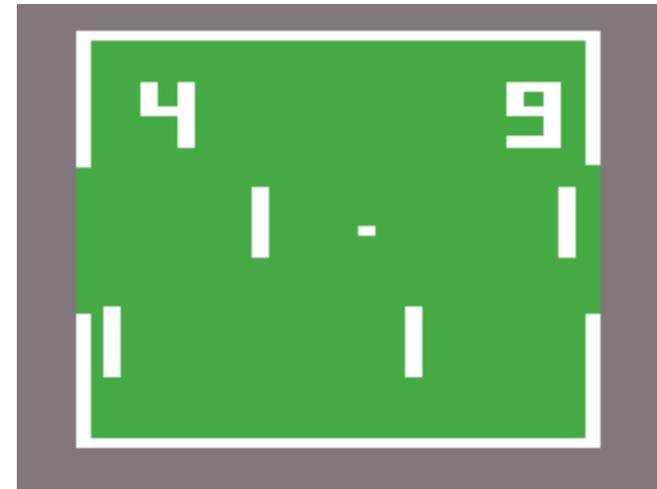


Les consoles de jeu

Le Japon

□ 1977: Nintendo Color TV Game 6

- Console de *première* génération: le japon est en retard
- Clone de Pong
- 3 millions vendus



L' « Atari crash » de 1983



- En 1983, le marché des consoles vidéo est ultra-concurrentiel et saturé aux USA
- Les micros commencent à concurrencer les consoles et peuvent faire plus que des jeux
- La saturation entraîne une production extrêmement rapide de mauvais jeux vidéo
- En 1983, le marché des consoles vidéo s'effondre totalement aux USA

L' « Atari crash »



- La quasi-totalité des firmes fabricant des consoles vidéo aux USA abandonne le marché ou fait faillite.
- Le Japon ne sera pas touché
 - Plus en retard, et moins saturé
 - Les « micros » ne se sont pas autant imposés au Japon (peut-être en raison de la place disponible dans les maisons)
- Le marché ne redémarrera qu'en 1985, mais la plupart des compagnies US sont « out »
- Atari tentera de survivre (Atari 7800: 1986, Atari Jaguar: 1993) mais les USA ne reviendront véritablement qu'avec la Xbox en 2001

Les consoles

La domination japonaise

- 1983: Nintendo Entertainment System
 - Première console « troisième génération », 6502
 - 62 millions vendus



La naissance de l'IBM PC (1981)

- IBM, inquiet du développement des micros abordables, décide de fabriquer le sien
- Choisit une architecture ouverte, seul le BIOS est copyrighté
- SE
 - Echec avec Kildall
 - CP/M-86 mais....
 - Microsoft...



IBM MS-DOS



- Microsoft n 'a pas de SE
- Il rachète le système d 'exploitation Quick and Dirty Operating System (QDOS) de Seattle computer products pour 50000\$ sans leur donner aucune information et le rebaptise MSDOS
- QDOS était directement inspiré de CP/M
- Gates négocie avec IBM le fait de garder les droits de MSDOS

L 'IBM-PC



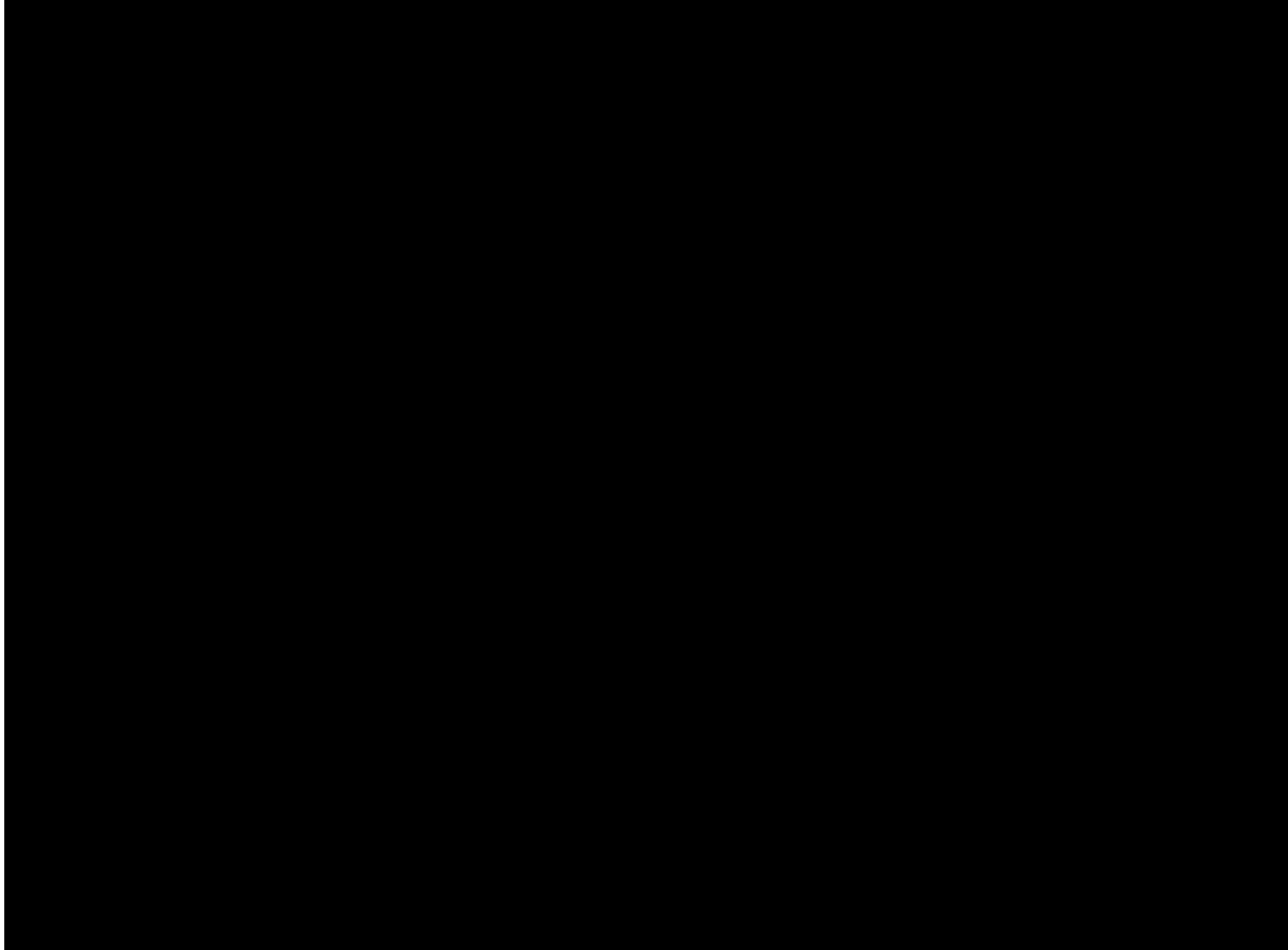
- Basé sur le processeur Intel 8088 (processeur hybride 8/16/32, plutôt bizarre)
- Utilise exclusivement des produits disponibles « sur étagère »
- Relativement primitif par rapport à l 'Apple Lisa et au MAC
- Son succès (et le malheur d 'IBM) viendra de la facilité à le cloner

Accidental Empires (Robert Cringely)



- It all happened more or less by accident
- The people who made it happen were amateurs
- And for the most part they still are
- Voilà pourquoi les produits Microsoft ont été aussi longtemps de mauvaise (voire exécration) qualité: bidouillage, absence de bases théoriques, etc.

IBM PC-AT (1984)

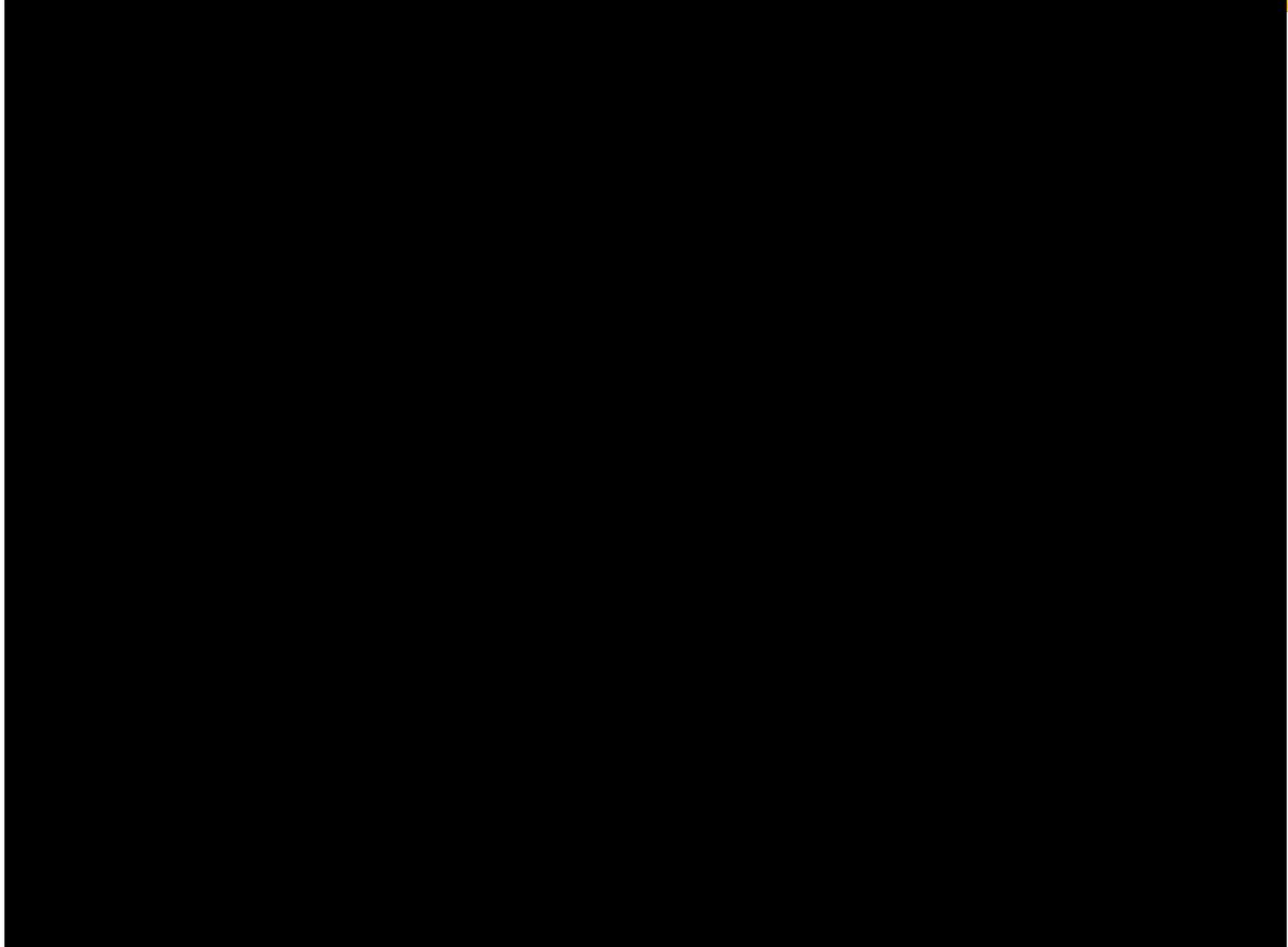


Le projet APPLE LISA (1983)

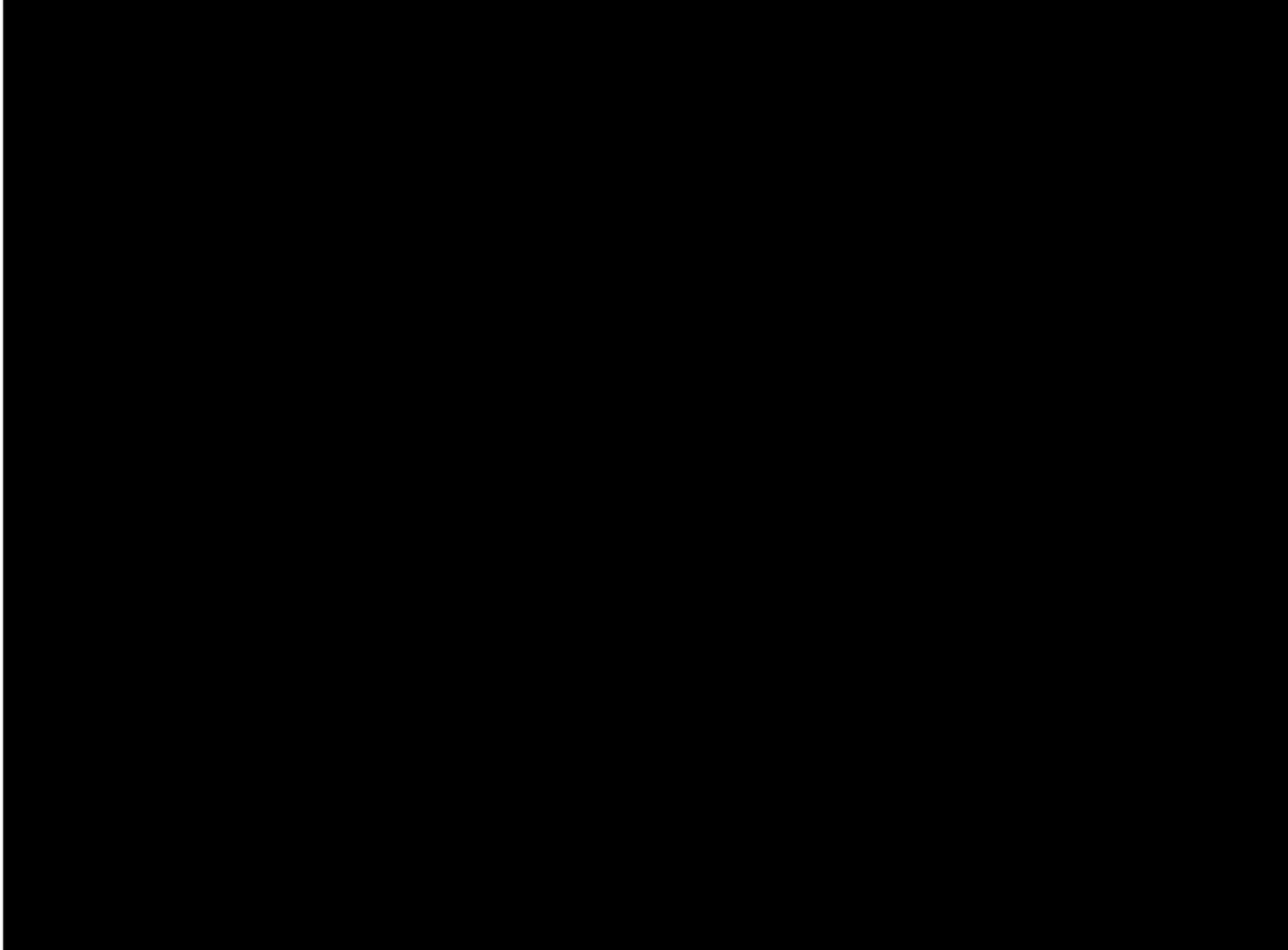
- En 1979,
Steve Jobs
visite Xerox
Parc
- Il découvre
les machines
de Xerox
dont l'ALTO
- Echec



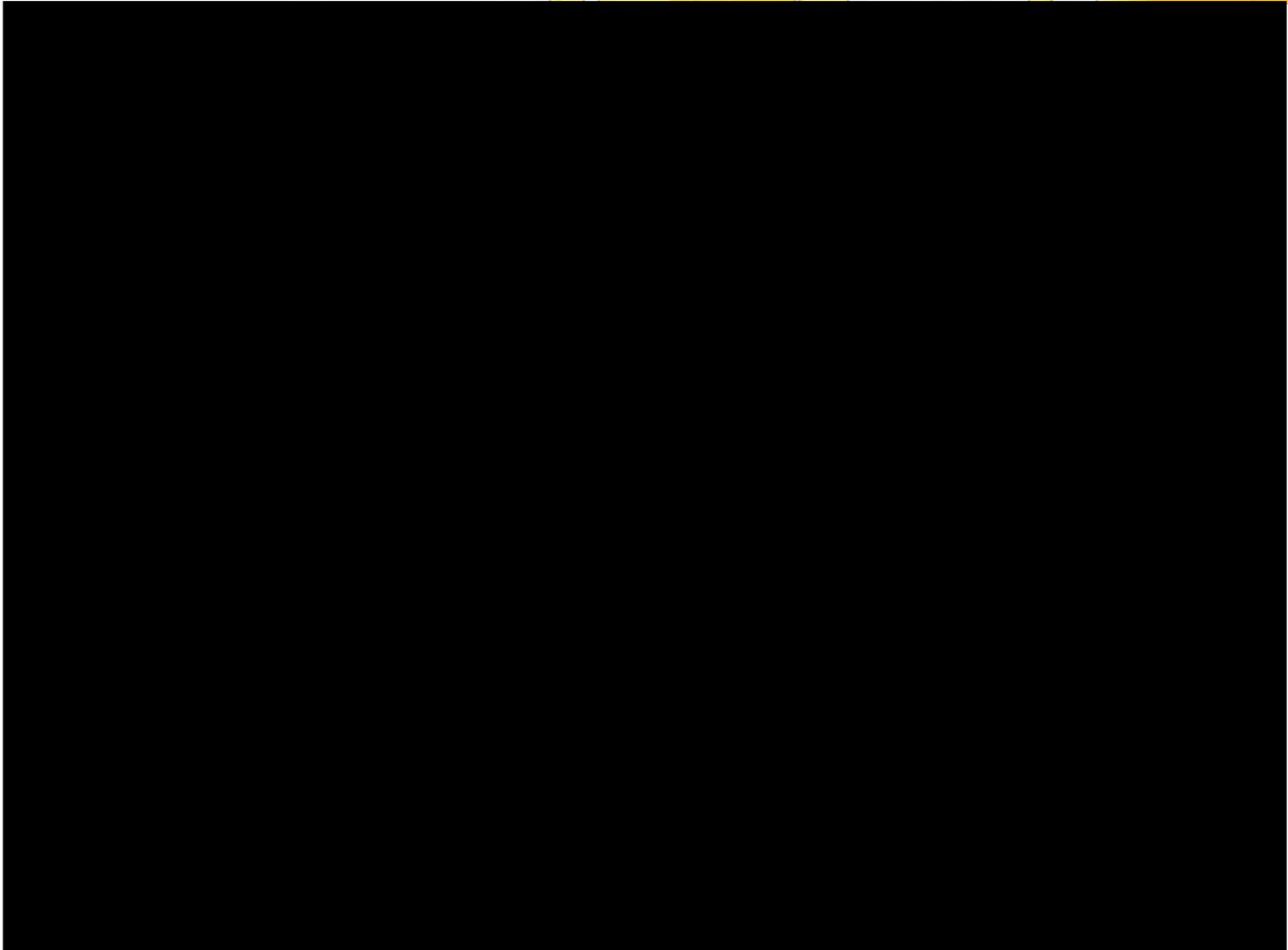
LISA



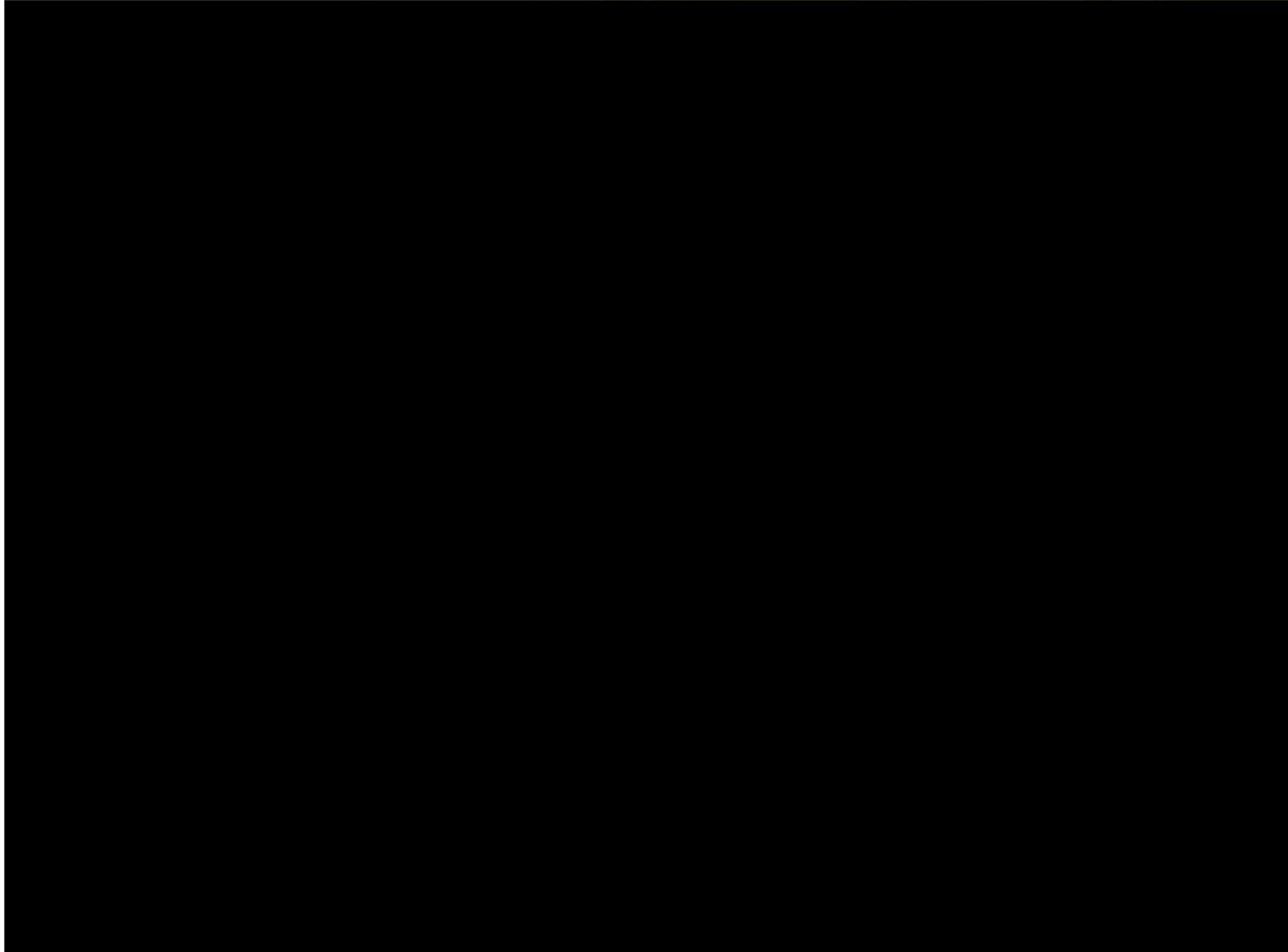
LISA



Publicité SuperBowl 1984



Presentation (Février 1984)



Le Macintosh (1984)

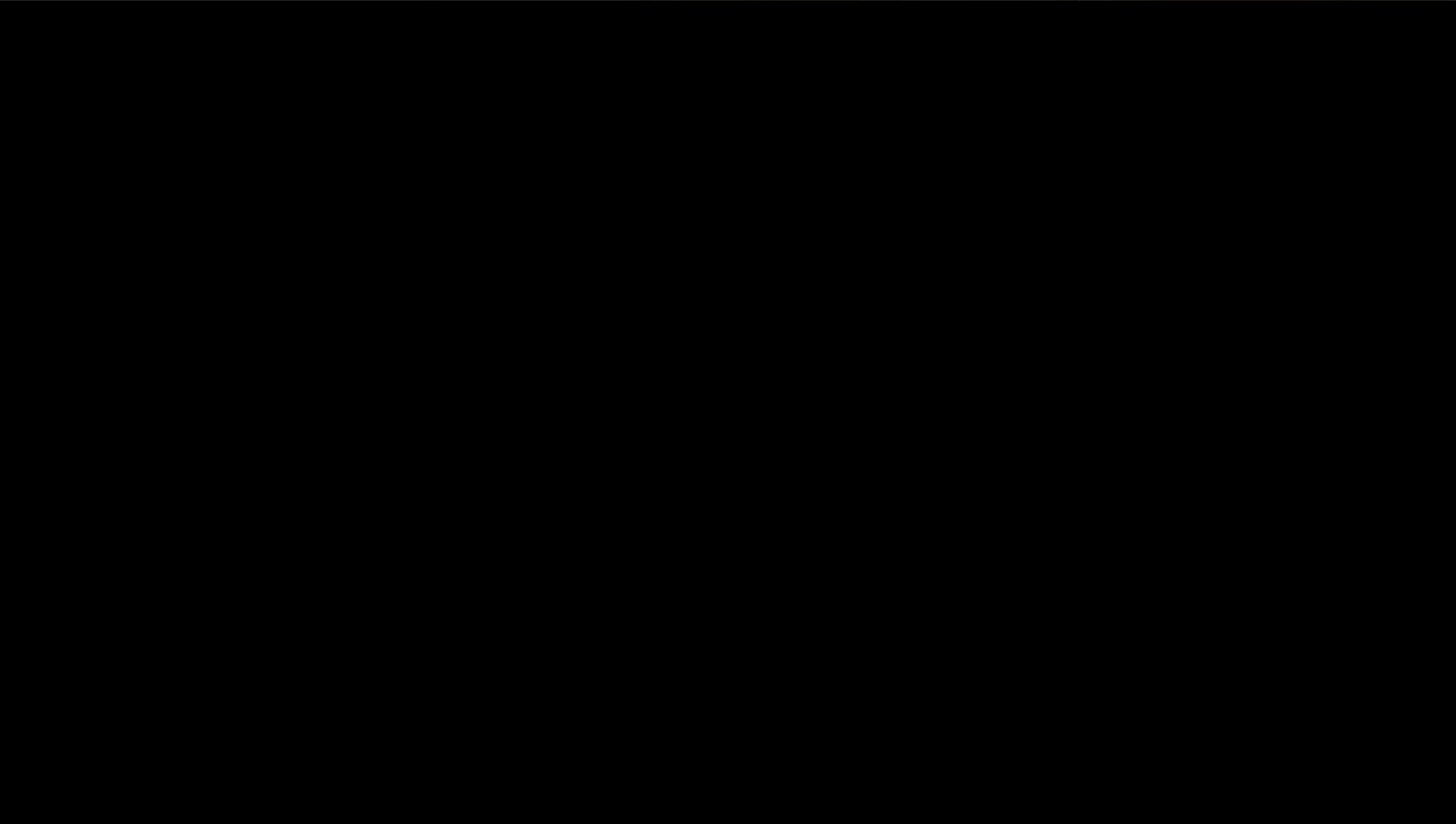


Le Macintosh

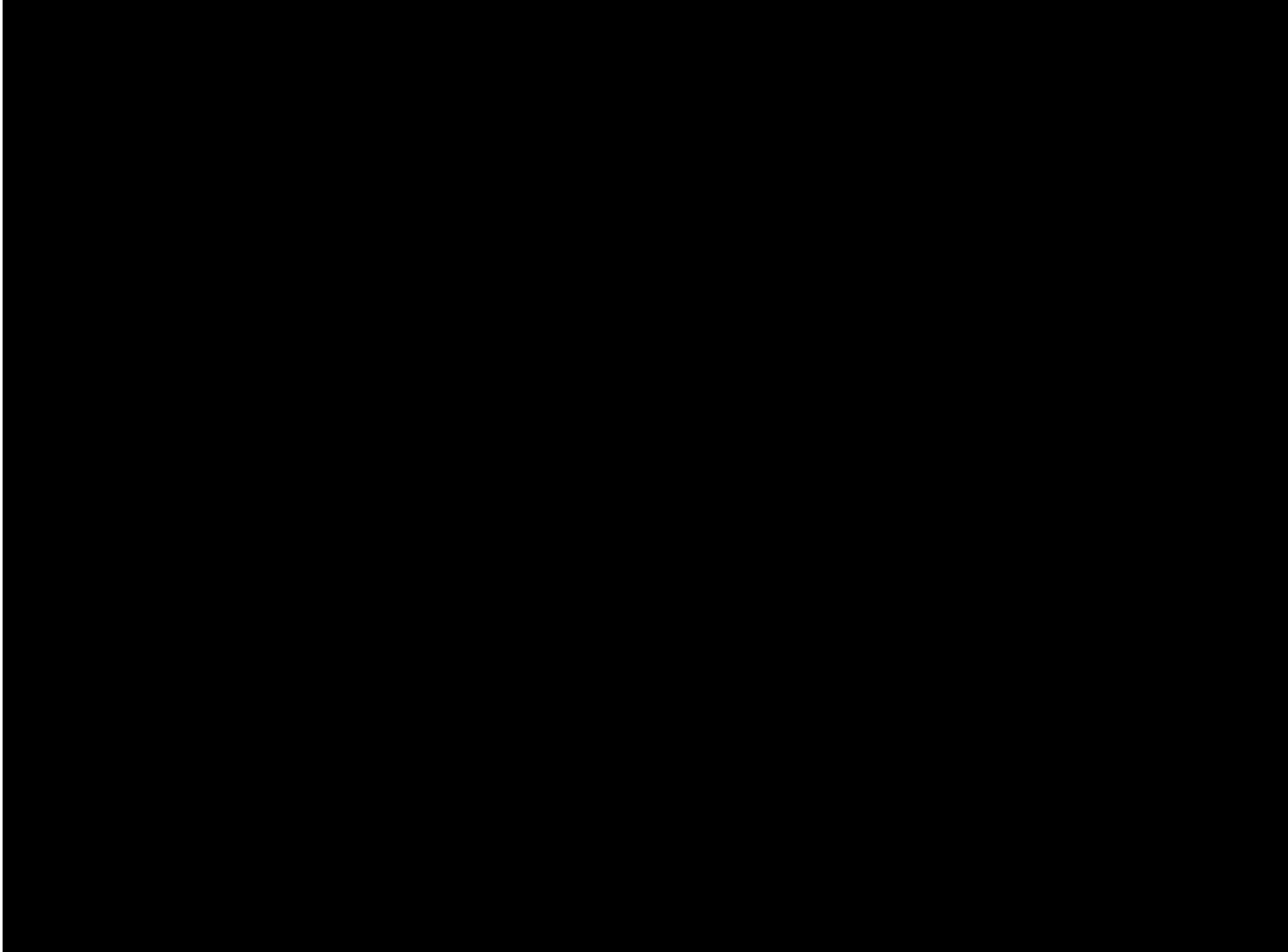


- Grand succès commercial
- Processeur 32 bits Motorola 68000
- Première machine à imposer la souris, un écran graphique de bonne résolution, et une interface utilisateur de type intuitif
- C'est le premier ordinateur « grand public » qui ne fonctionne qu'en mode graphique
- La firme connaîtra des hauts et des bas

Psion sur Mac (1985)



Mac vs PC



Microsoft Windows



- Lancement du projet en 1981, après le lancement du projet LISA, mais avant le lancement du projet MAC
- Première version disponible seulement en 1985
- Windows est une surcouche de MS-DOS
- Versions « de base »:
 - 1.0 (1985), 2.0 (1987), 3.0 (1992)

Microsoft Windows



- 1988: Microsoft décide du développement d'un OS multi-utilisateurs/process et embauche Dave Cutler, un des auteurs de VMS chez DEC
- 1993: Windows NT 3.1, vrai 32 bits
- 3.1: Windows « grand public » est en V3.1
- WNT : plusieurs étymologies
 - WNT = VMS « +1 » (Cutler)
 - Développé sur Intel i860, codename N10 (N-Ten)
 - L'expansion « New Technology » a été choisie plus tard pour des raisons strictement marketing

Microsoft Windows « grand public »



- Successeurs de la famille Windows 1/2/3, tous sur-couches de MS-DOS:
 - 95 (1995), 98 (1998), 98SE (1999), ME (2000)
 - Logiciels buggés, de mauvaise qualité
- Convergence sur le noyau « Pro » NT:
 - XP (NT5.1, 2001), Vista (NT6.0, 2006), 7 (NT6.1, 2009), 8 (NT6.2, 2012)
- Versions 64 bits à partir de XP 64 bits édition (NT5.2, 2003)

Microsoft Windows « Pro »



- Noms marketings divers (Workstation, Server, Datacenter, Business, etc...)
 - NT 3.1 (1993)
 - NT 3.5 (1994)
 - NT 4.0 (1996)
 - Windows 2000 (NT5.0)
 - Windows Server 2003 (NT 5.2)
 - Windows Server 2008 (NT 6.0)
 - Windows Server 2008 R2 (NT 6.1)
 - Windows Server 2012 (NT 6.2)

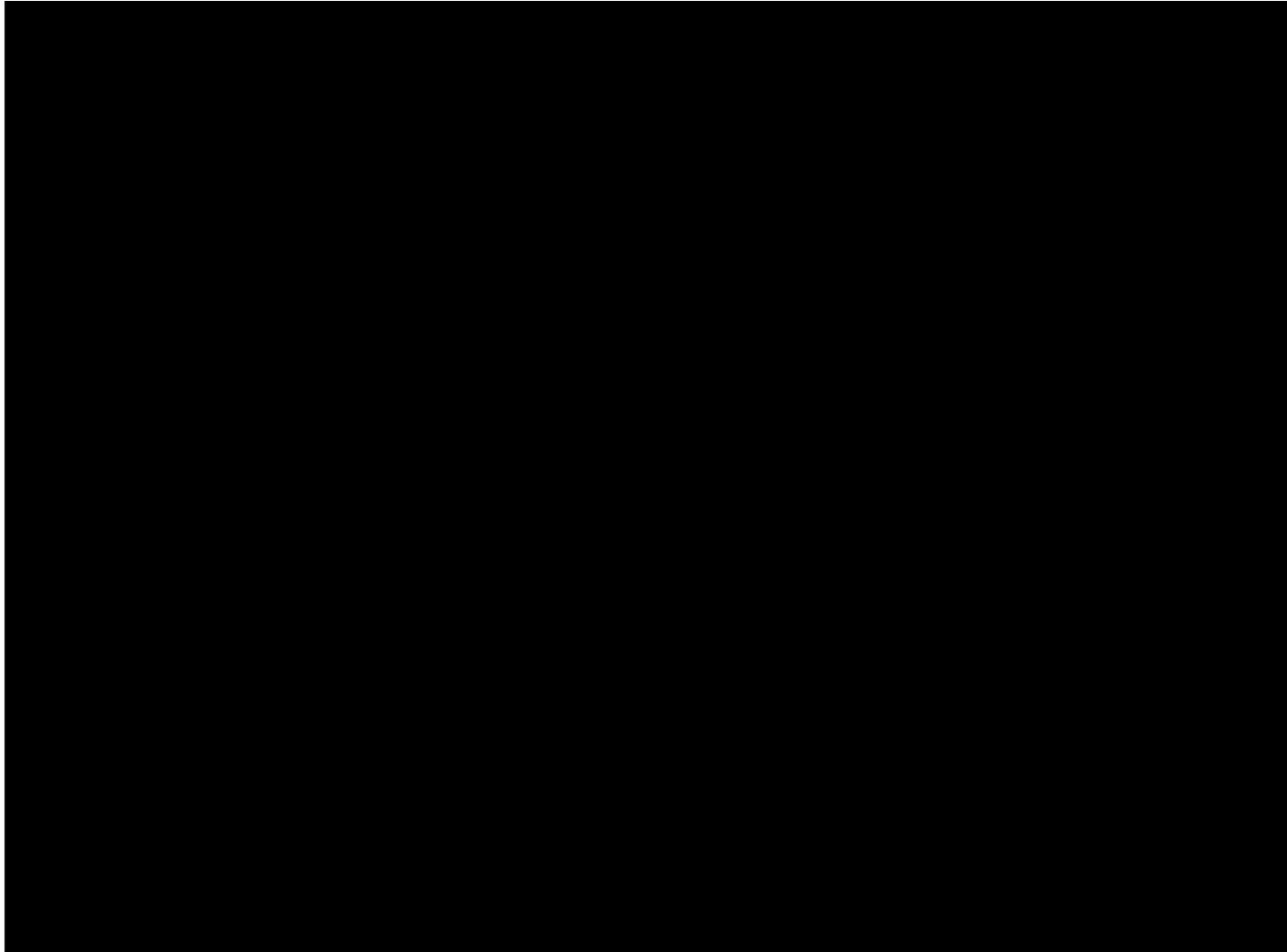
Microsoft Windows



- A partir des noyaux NT, Windows devient un logiciel stable
- L'équipe de développement, en sus de Dave Cutler, comprend plusieurs personnes de chez DEC ayant travaillé sur VMS
- Dave Cutler a par la suite travaillé sur le projet Xbox, et en particulier sur le développement de l'OS de la Xbox-one

Windows 1 commercial

Steve Balmer



Le développement des système graphiques



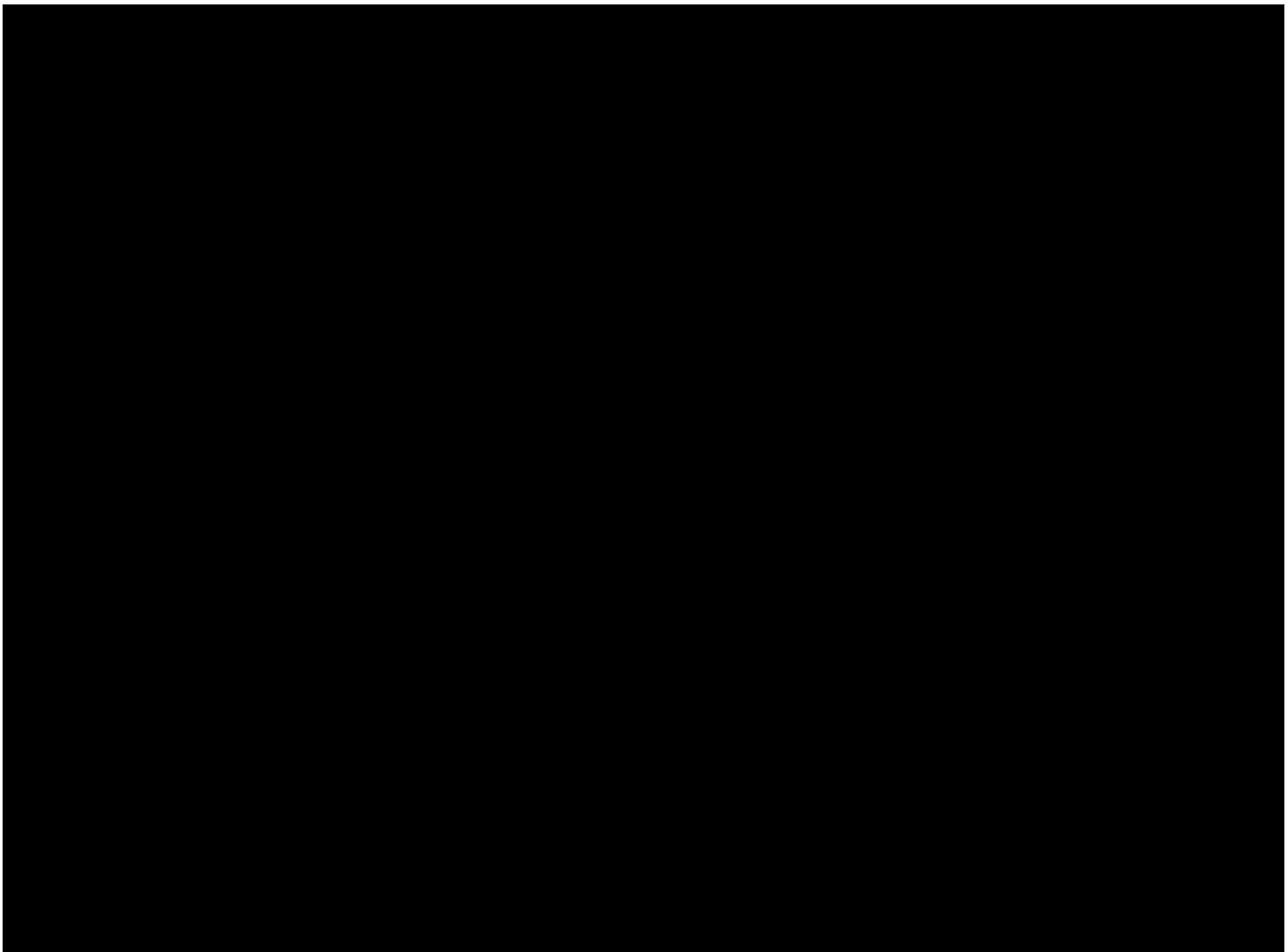
- The **geometry engine** par James Clark à Stanford en 1980 : implémentation VLSI d'un processeur graphique
- Clark fonde Silicon Graphics (SGI) en 1981
- Première carte graphique: Intel iSBX 275 pour les systèmes industriels Multibus (1983)

L'Amiga



- Premier micro grand public à utiliser des coprocesseurs graphiques (Jay Miner vient de chez Atari)
- Basé sur un 68000 (comme le Mac)
- AmigaOS: vrai multi-tâches mais pas de protection mémoire
- Succès important pour les gamers, l'Amiga connaîtra de nombreuses déclinaisons (A1000, A500, A2000, etc...)

Boing pour Amiga



Juggler pour Amiga



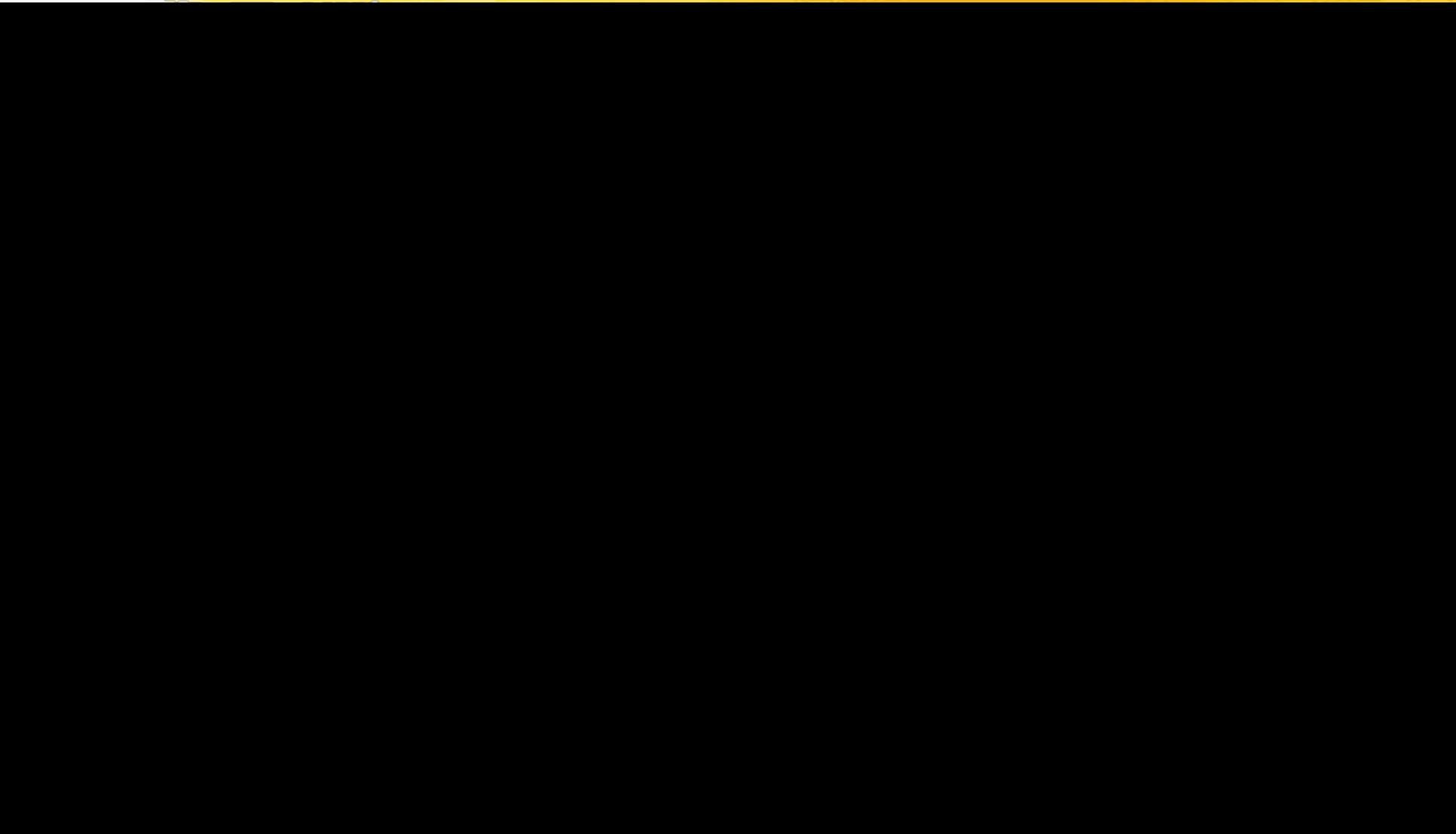
Déjà-Vu: premier jeu Mac/Amiga
« point and click » (1985)



Flight Simulator sur Amiga (1987)

A horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the page below the title.

Chessmaster 2100 (1990)

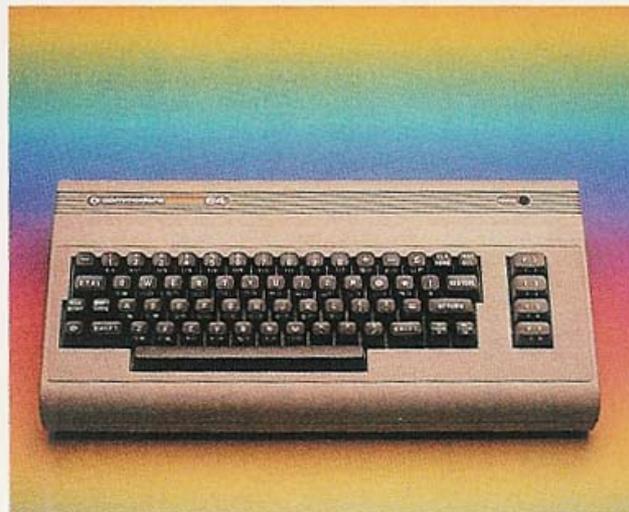


Amiga

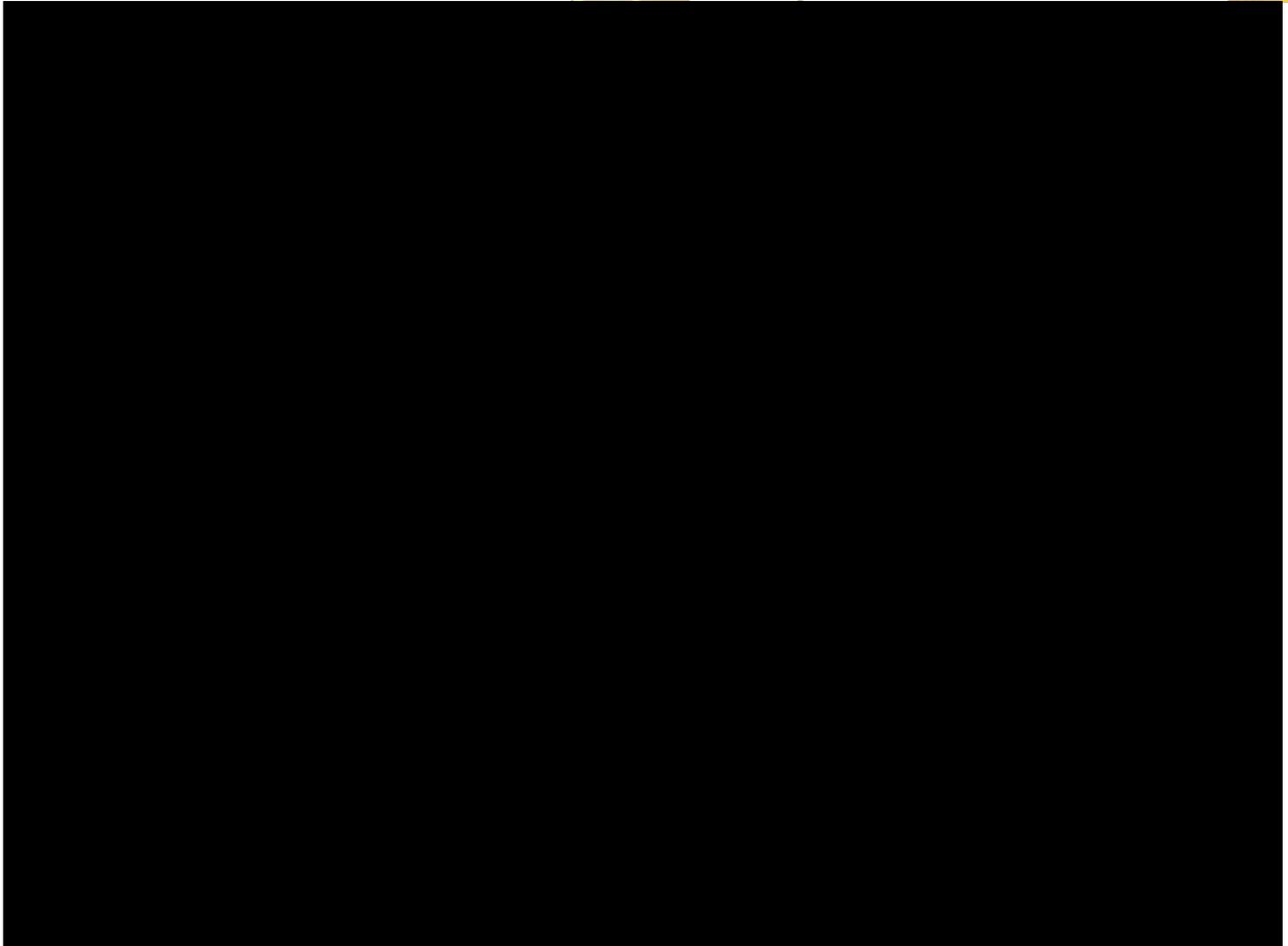


- *Commodore's high point was the Amiga 1000 (1985). The Amiga was so far ahead of its time that almost nobody--including Commodore's marketing department--could fully articulate what it was all about. Today, it's obvious the Amiga was the first multimedia computer, but in those days it was derided as a game machine because few people grasped the importance of advanced graphics, sound, and video. Nine years later, vendors are still struggling to make systems that work like 1985 Amigas. (Byte Magazine)*

Modèles différents de micros



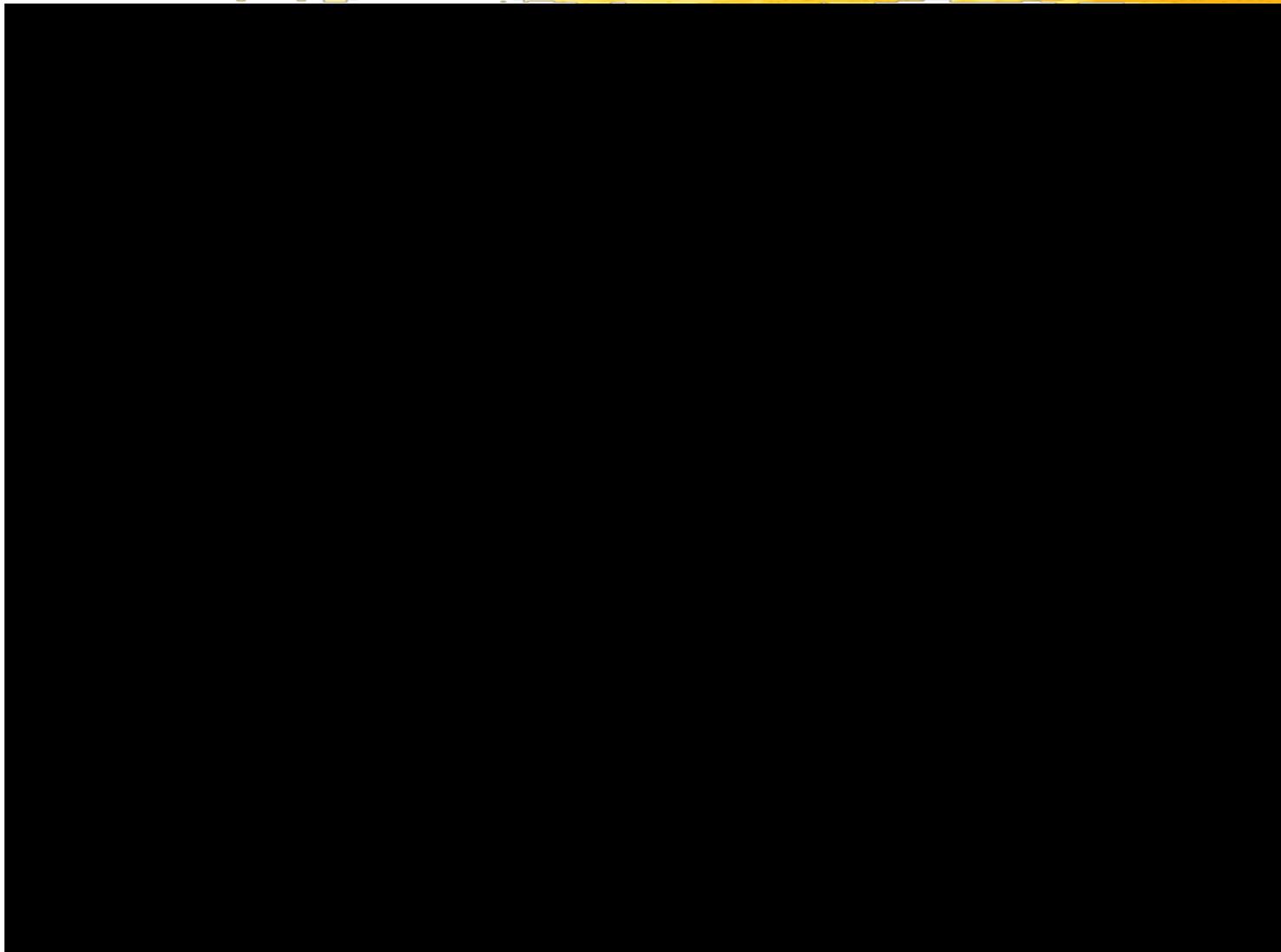
Amiga



C64



TI-99/4



VIC-20



Diversification / concentration



- Suivant un modèle économique classique, l'industrie informatique va connaître une forte phase de diversification (1975 -> 1995) suivie d'une forte re-concentration (1995 -> ...)
 - Sur les CPU (AMD-ATI / INTEL)
 - Sur les GPU (NVIDIA / AMD-ATI)
 - Sur les systèmes d'exploitation (Windows / Unix)
 - Sur les architectures de bus
 - Sur les normes graphiques (Windows / X11) et (OpenGL / Direct3D)

Les consoles

Quatrième génération

- 1990: Super Nintendo Entertainment System
- 50 millions vendus, 65c816 (processeur 16 bits venu du 6502)



Les stations de travail et la fin des minis



- Au début des années 80, l'amélioration des performances des micro-processeurs permettent de construire des stations de travail dont les performances sont concurrentes des « minis » de l'époque (VAX, etc). UNIX est le système de choix.
- Les premiers fabricants de stations de travail (HP, Apollo, Sun) utiliseront des processeurs maisons, ou des processeurs motorola

Les stations de travail



- Un élément important pour leur développement est la norme Multibus d'Intel qui sera utilisé par
 - Apollo
 - SUN
 - Silicon Graphics (IRIS)
- Un autre élément est la norme SCSI (Small Computer System Interface-1982) dérivé de SASI (Shugart Associates System Interface-1978)

Apollo DN serie

- DN 100: 1980, basé sur 2x68000 pour gérer la mémoire paginée(!)
- Modèles suivants basés sur les 68020 et 68030
- Ci-contre, DN-300



Silicon Graphics

□ Stations graphiques:

- IRIS 1000 et 1200 (1984): basées sur un 68000, diskless
- IRIS 2000 (1985): stations autonomes
 - 2000/2200/2300/2400/2500: 68010
 - 2300T/2400T: 68020
- IRIS 3000 (1989): identiques aux 2000 mais 12 processeurs graphiques
- IRIS Crimson (1991) basé sur le premier 64 bits : le MIPS R4000



●SGI初のハードウェア「IRIS 1000」グラフィックスターミナル



The Stanford University Network(SUN) workstation



- Développé à l'université de Stanford en 1980
- Basé sur un 68000 et une architecture VLSI avec un multibus et un bus SCSI
- Le design sera réutilisé par des fabricants de station de travail (dont SUN)

La SUN-1 (1982)

- Première station de travail SUN
- Basé sur un 68000



La SUN-2 (1983)

- Basé sur un 68010 et un MMU propriétaire
- SUN-OS basé sur Unix BSD
- Système graphique propriétaire Sunview



SUN-3 (1985)

- Basé sur un 68020 et un 68881
- Toujours supporté par NetBSD



Quelques « Normes » des stations de travail



- Unix (système V ou BSD)
- X-window system: développé au MIT en 1984, passé en version 11 en 1987, remplacera la plupart des systèmes de fenêtrage propriétaires
- Cartes réseaux ethernet
- Norme graphique 3D autour de l'OpenGL de Silicon Graphics (1992) [Microsoft développe une norme différente: Direct3D]

CISC vs RISC



- CISC: Complex Instruction Set Computer
 - Famille x86 (Intel), famille 68000 (Motorola), IA64 (Intel), AMD-64 (AMD), EMT-64 (Intel)
- RISC: Reduced Instruction Set Computer
 - Famille SPARC (SUN), Power PC (IBM), DEC Alpha (DEC), MIPS (R4000), HP-PA (HP), ARM (Acorn), (6502?)

SUN-4

- Arrivée des processeurs SPARC
- Commencement de la fin des stations de travail
- Deviendront des serveurs



SUN Sparc Enterprise T5120 (2007)

- Déclinaison récente des stations SUN
- Basé sur des processeurs UltraSparc
- Spécialisé comme serveurs ou en cloud computing



Acorn Archimedes (1987)

- Processeur RISC ARM
- L'architecture ARM aura de nombreux développements successifs



HP-PA (1990)

- Processeur RISC HP
- Stations 600/700
- Remplacé par l'Itanium
- Vendu sous la marque Apollo



Dec alphastations (1994)

- Processeur RISC
- Virage trop tardif de DEC alors que les stations de travail sont en « bout de course »
- CPU pourtant le plus rapide



La « fin » des stations de travail



- L 'âge d 'or des stations de travail ira de 1980 à 1990
- Au milieu des années 80, Intel fabrique le processeur 80386 (avec gestion de la protection mémoire) pour PC : il devient possible de faire tourner un « vrai » SE de type UNIX sur PC
- L'arrivée d'un UNIX gratuit sur PC les achèvera.

Windows 3 utilisant le mode protégé (1992)



Unix sur PC: MINIX (1987)



- Andrew Tanenbaum développe un noyau unix-like comme support de cours sur les systèmes d'exploitation
- Minix tourne sur 286 et 68000, sans protection mémoire
- Minix n'est pas complètement libre de droit

L 'avènement d'UNIX sur PC



- Au début des années 90, les processeurs INTEL permettent de faire fonctionner UNIX sur PC
- Plusieurs projets existent simultanément pour porter un UNIX gratuit sur PC
- R. Stallman au MIT a déjà écrit nombre de programmes et commandes Unix dans le cadre du projet GNU, lancé en 1983 après la commercialisation d'UNIX par AT&T

Les différents projets



- Free BSD, portage de l'UNIX BSD (un des deux grands UNIX, avec Systeme V)
- Hurd, développé par Stallman au MIT, et basé sur un micro-noyau (MACH)
- Linux, développé par un étudiant Finlandais en informatique, Linus Torvalds
- Une fois de plus, le meilleur ne gagnera pas...

Les raisons du succès de Linux



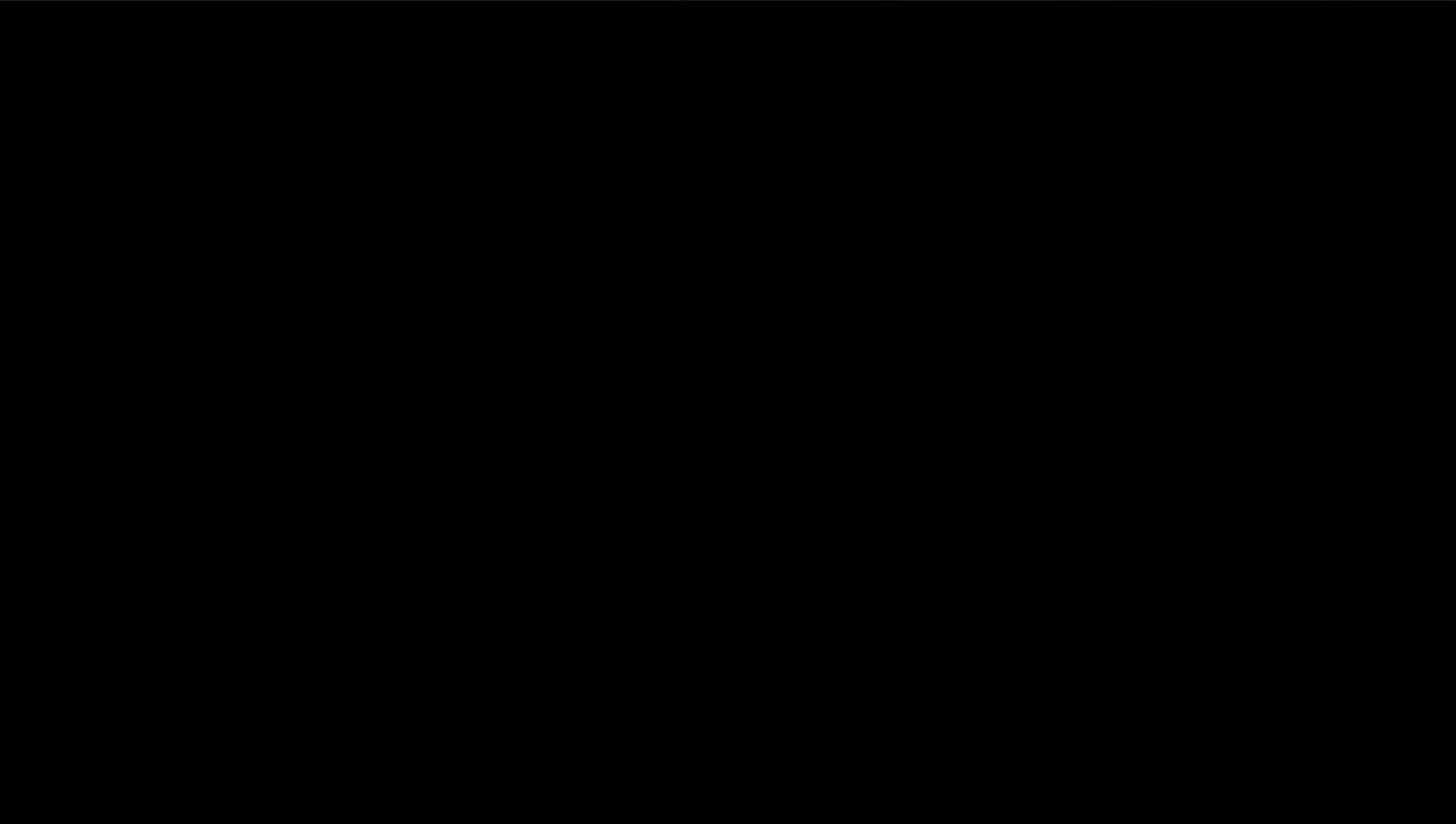
- Adhésion de l'ensemble de la communauté, qui va aider activement au développement
- Retard de Hurd
- Lourdeur de FreeBSD
- Andrew Tannenbaum dira que Linux est déjà dépassé à sa création, ce qui était probablement vrai

Linux aujourd 'hui



- Adopté par IBM et les supercalculateurs...
- Un PC permet d 'utiliser UNIX avec un prix inférieur et des performances supérieures à une station
- Les fabricants de station ont du se réorienter (SUN), fabriquer des PC (HP), ou ont disparu (DEC, avalé par COMPAQ, puis par HP)
- Linux tourne sur plusieurs architectures

Fritz 3 (1995): une victoire
en Blitz contre Kasparov



DeepBlue (1997)

- Supercalculateur fabriqué sur mesure par IBM
- 200 millions de positions par seconde
- Premier ordinateur à battre un champion du monde humain avec un contrôle de temps standard sur 6 parties



Texas Instruments

TMS34010/34020/34082

- Premier circuit intégré programmable conçu pour des applications graphiques (1985)
- Base des premières versions accélérées de Windows (TIGA-1990) et de bornes d'arcade (Mortal Kombat-1992)
- 60 millions vertex/s (1988)

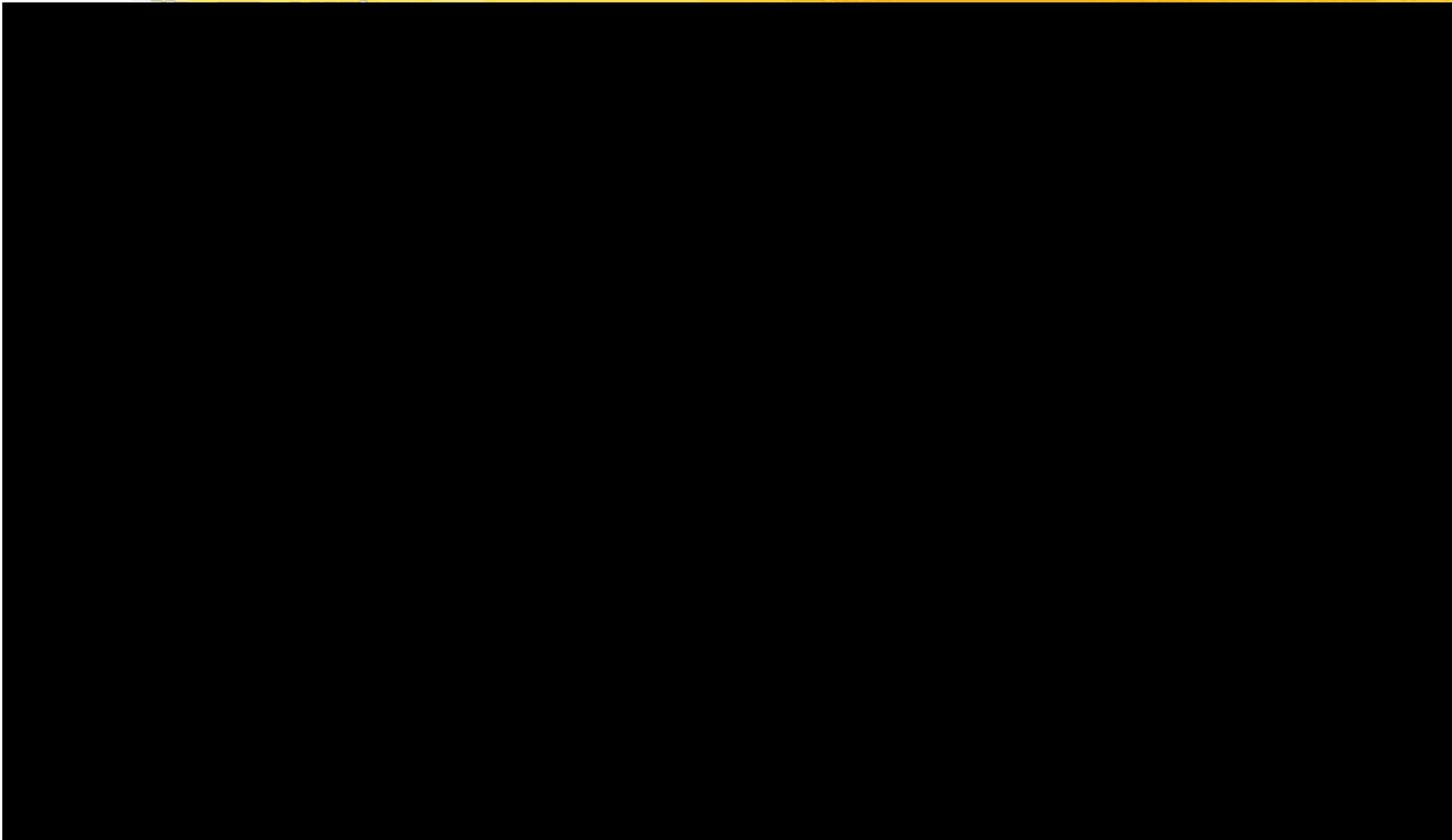


Accélérateurs graphiques



- Les accélérateurs 2D se généralisent
 - ATI pour le PC
 - Graphics solution (1986: MDA/CGA)
 - EGA Wonder (1987)
 - ATI VGA Wonder (1988)
 - S3 911 (1991)
 - ATI Mach8 (91), Mach32 (92), Mach64 (94)
- API:
 - API WING avec Windows 3.0
 - API DirectDraw avec Windows 95

FlightSim4 sur PC (1989)



Ultima Underworld (1992)
1^{er} jeu avec moteur 3D

A thick, horizontal yellow brushstroke underline that spans across the width of the text above it, with a slightly irregular, hand-painted appearance.

Castle Wolfenstein 3D (1992)

A horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the page below the title.

Les consoles

Cinquième génération

- 1994: Arrivée de Sony avec la Playstation
 - Processeur RISC MIPS R3000A
 - Utilisation des CD-ROMs comme support
 - 103 millions vendus



Consoles

Cinquième génération

- La Playstation s'impose devant la Nintendo 64 (1996)
 - La N64 est la première basée sur un processeur RISC 64 bits (MIPS R4300I) et avec une 3D « naissante »
 - **Mais:** Le système des cartouches de jeu est trop limité en capacité (64Mb contre 650Mb pour les CD de la Playstation)



Accélérateurs 3D



- S3 Virge (1995)
- Matrox Mystique (1995)
- ATI 3D Rage (1996)
- 3dfx Voodoo (1996): premier accélérateur graphique 3D dédié exclusif
- 3dfx Voodoo 2 (1998) et Voodoo 3 (1999)
- Nvidia GeForce 256 (1999): invente le terme GPU, premier produit compatible Direct3D-7, accélération hardware MPEG-2, T&L tech

FlightSim98

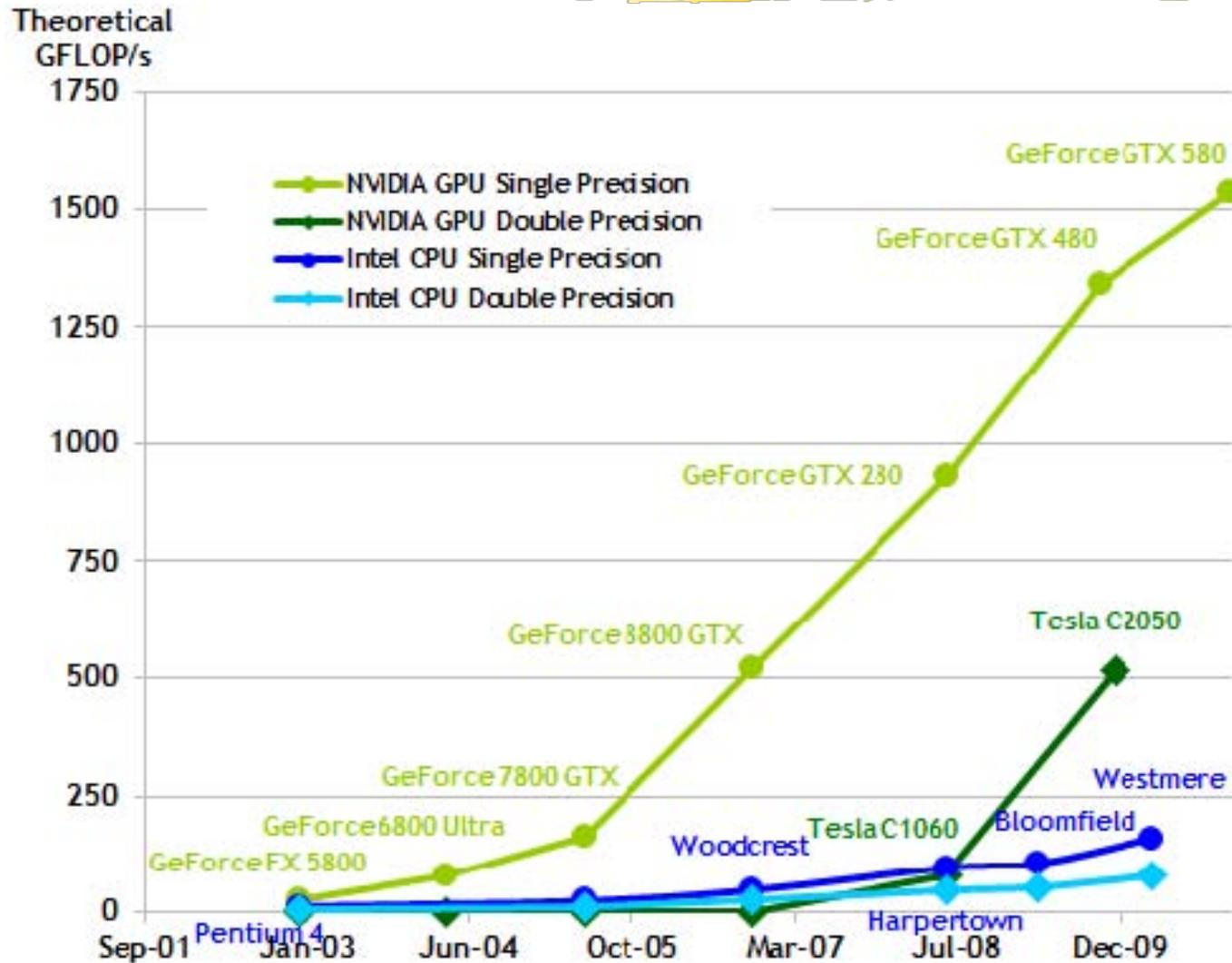
A horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the page below the title.

Les GPU

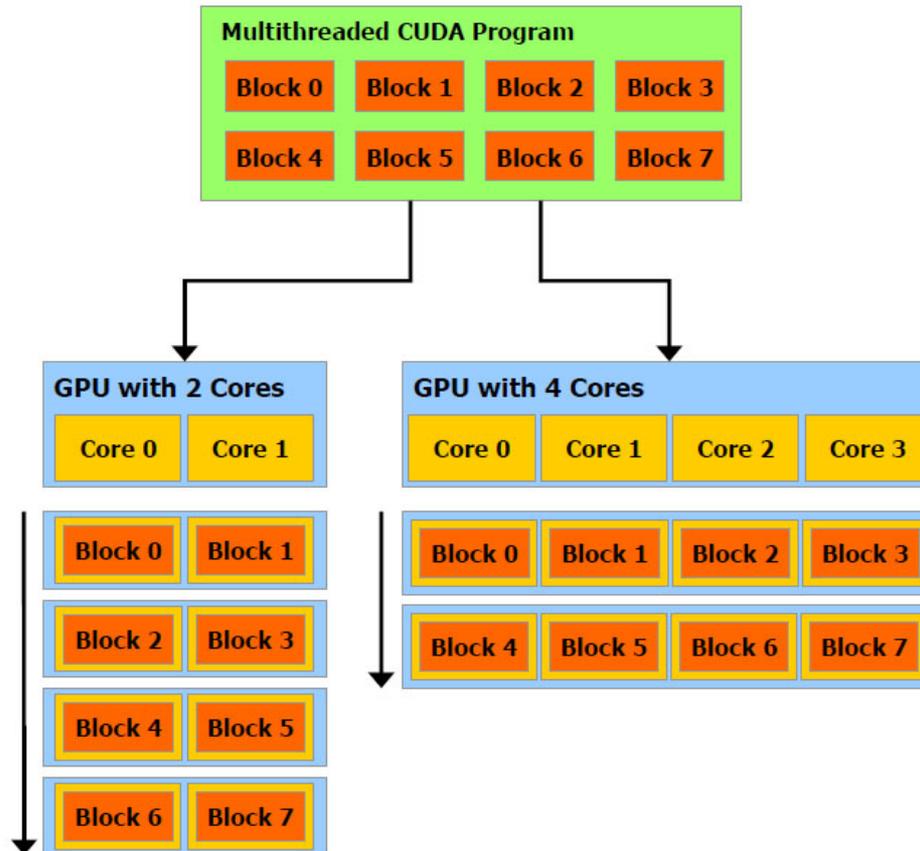


- GPU: Graphic Processing Unit
- Super-calculateurs modernes:
 - MIMD: Multiple Instructions Multiple Data
- GPU
 - SIMD: Single Instruction Multiple Data
- Plus proches des anciens super-calculateurs vectoriels

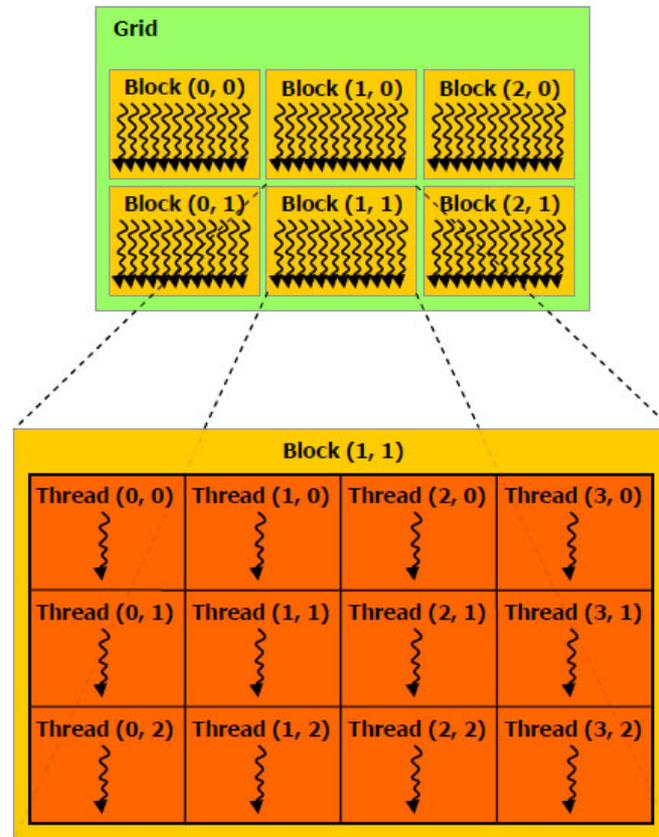
Les GPU



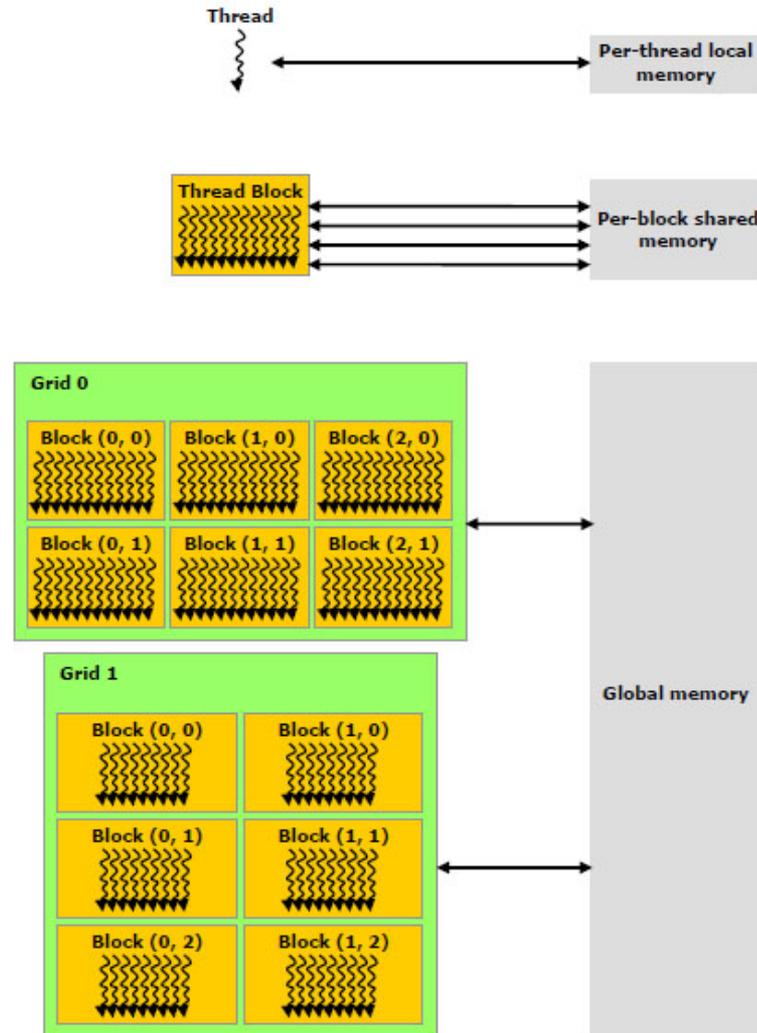
Les GPU



Les GPU



Les GPU



Les GPU

	Compute Capability	Number of Multiprocessors	Number of CUDA Cores
GeForce GTX 560 Ti	2.1	8	384
GeForce GTX 460	2.1	7	336
GeForce GTX 470M	2.1	6	288
GeForce GTS 450, GTX 460M	2.1	4	192
GeForce GT 445M	2.1	3	144
GeForce GT 430, GT 440, GT 435M, GT 425M, GT 420M	2.1	2	96
GeForce GT 520, GT 415M	2.1	1	48
GeForce GTX 580	2.0	16	512
GeForce GTX 570, GTX 480	2.0	15	480
GeForce GTX 470	2.0	14	448
GeForce GTX 465, GTX 480M	2.0	11	352
GeForce GTX 295	1.3	2x30	2x240
GeForce GTX 285, GTX 280, GTX 275	1.3	30	240
GeForce GTX 260	1.3	24	192
GeForce 9800 GX2	1.1	2x16	2x128
GeForce GTS 250, GTS 150, 9800 GTX, 9800 GTX+, 8800 GTS 512, GTX 285M, GTX 280M	1.1	16	128
GeForce 8800 Ultra, 8800 GTX	1.0	16	128
GeForce 9800 GT, 8800 GT,	1.1	14	112

Xplane 10 (2012) sur Nvidia GTX-570

A horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the slide below the title.

Les consoles

Sixième génération

- 2000: Sony PlayStation 2 (155 millions)
 - Hardware: complexe, incluant un MIPS R5900, un MIPS R3000A, deux unités vectorielles propriétaires, 1GPU « Graphics Synthesizer » propriétaire
 - Jeux sur CD+DVD
 - Pas de DD interne, mais baie d'extension disponible



Les consoles

Sixième génération

- 2001: Microsoft Xbox : 24 millions (PS2: 155 millions)
 - Hardware « PC »: P3+GPU Nvidia NV2A, 64Mb de mémoire
 - Jeux sur CD+DVD, disque dur interne (8Gb)
 - SE « maison »



Les consoles

Septième génération

- 2006: Sony PS3 (75 millions vendus)
 - Premier lecteur BluRay
 - CPU CELL développé avec Toshiba et IBM: PowerPC + huit co-procs. GPU Nvidia RSX basé sur le NV47 (GeForce 7800GTX).
 - SE CellOS, dérivé de FreeBSD
 - La PS3 a été utilisée de façon régulière en clusters comme « super-calculateur » (groupe de J. Dongarra)
- Xbox 360: CPU Xenon (IBM PowerPC 3 cores) et GPU AMD R520 (Radeon X1800): 60 millions vendus



Les consoles

Huitième génération (2013)

□ Sony PS4

- Architecture « PC »: 2 CPU quad cores de type AMD x86-64 Jaguar, un GPU de type AMD Radeon à 18 processeurs développant 1.84 Tflops. SE dérivé de FreeBSD.

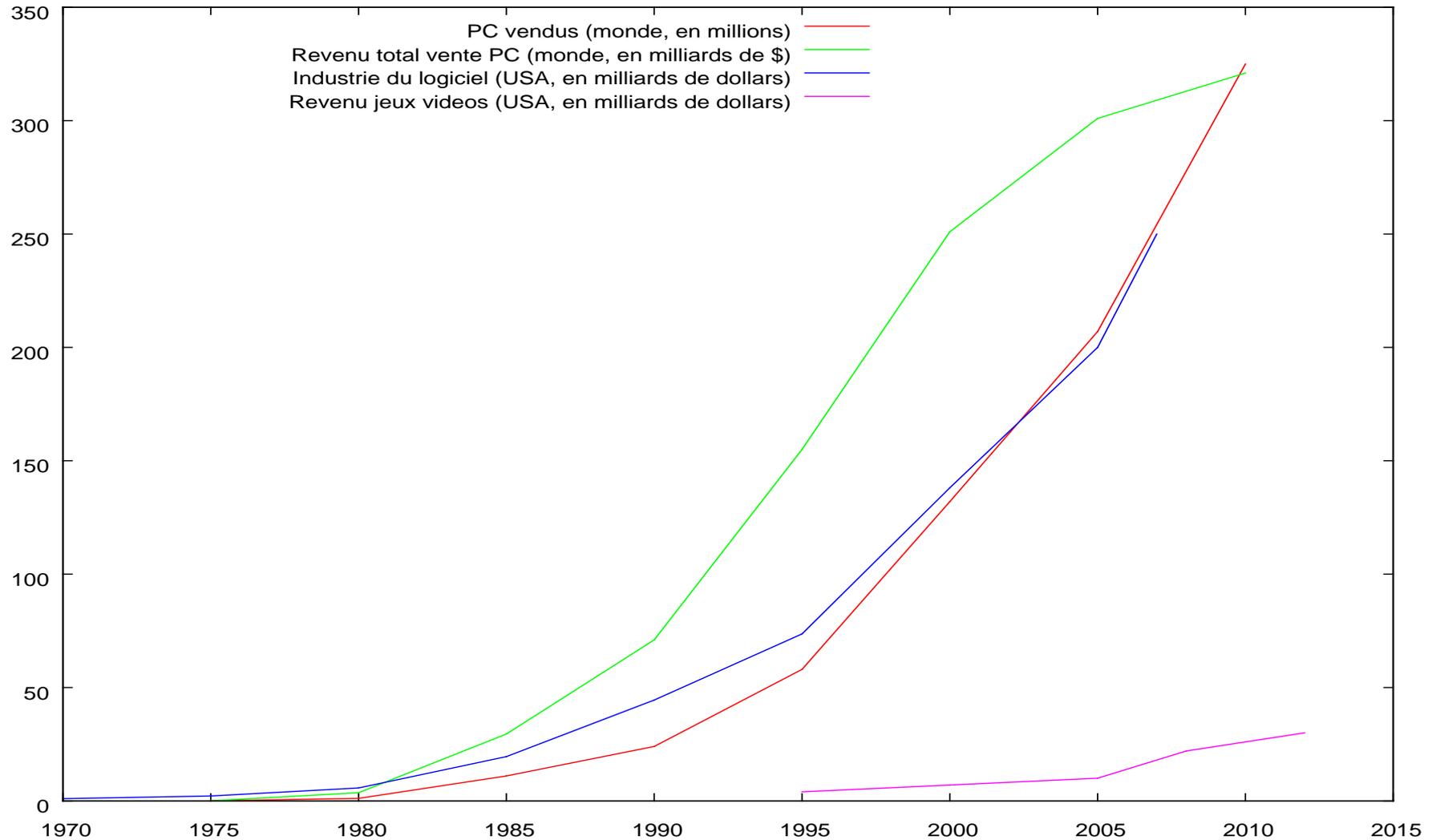


□ Xbox One

- Basé également sur 8 cores de type AMD x86-64 Jaguar, ainsi qu'un GPU AMD Radeon à 12 processeurs développant 1.31 Tflops



L'industrie des PC et du logiciel



L'industrie des jeux vidéo



- En 2008 aux USA
 - Jeux vidéo: 22 M\$
 - Musique: 10 M\$
 - Cinéma: 9.5 M\$
 - Livres: 35 M\$
 - DVD: 23 M\$
- En 2013, l'industrie du jeu vidéo a dépassé celle des livres et des DVDs
- En 2013, les consoles représentent approximativement 75% de la puissance de calcul mondiale

Prohibition des consoles en Chine



- Les consoles de jeu sont interdites en Chine depuis 2000 bien que la majorité d'entre elles y soient fabriqués.
- Officiellement, volonté de protéger les jeunes chinois.
- Probables motivations économiques
 - Développement du jeu en ligne par des entreprises locales
 - « Protection » du marché chinois contre les firmes étrangères

Prohibition des consoles en Chine

- Développement de produits semi-locaux contournant la loi
- La iQue Player (clone de la N64) développé par IQue, une joint-venture entre Nintendo et Wei Yen, un entrepreneur chinois.
- Console « plug and play » ne comportant qu'un contrôleur
- La prohibition a été partiellement levée en 2013 (free zone de Shanghai)



Cray I (1976)

- 166 Mflops
- 700000\$
- 16 machines



Cyber 205 (1981)

- 200 Mflops
- 32 Mo de mémoire



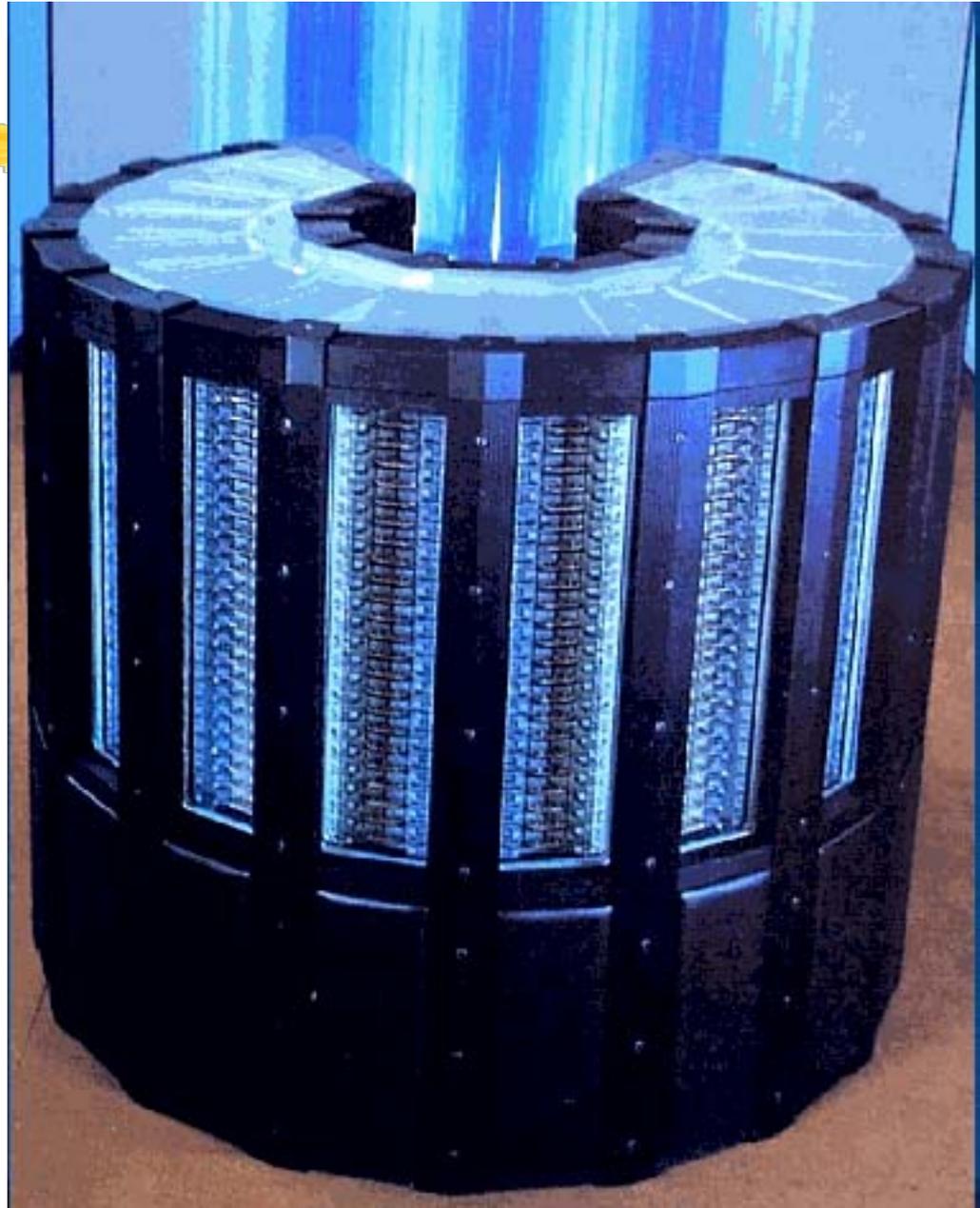
Cray X-MP (1982)

- 2 ou 4 CPUs
- 117 Mhz
- Max 842 Mflop
- 14.6 M\$



Cray 2 (1985)

- 4 processeurs
- 1.9 Gflops
- FLuorocarbon



ETA 10 (1985)

- Descendant du cyber-205
- Azote liquide
- Cycle $< 7\text{ns}$
- 10 GFlops
- 8 procs
- Fin en 1989



Le transputer



- En 1984, INMOS lance le transputer T2
 - Petit processeur 16 bits
 - Jeu d'instructions réduit
 - Fait pour être connecté à quatre autres transputers par des liens à 20Mbits
 - Permettrait de réaliser des « fermes de calcul »
- D'autres processeurs suivront, sans grand succès commercial
- Le transputer pose les bases du calcul massivement parallèle

Les premiers calculateurs massivement parallèles



- Thinking machine (1984)
 - CM-1: 65536 processeurs 1 bit, réseau hypercube
 - CM-5: 1024 processeurs Sparc-4 (1991)
- Kendall Square Research
 - KSR1 : mémoire partagée, architecture cache-only
- nCube
 - nCube10 : 1024 procs 32 bits, hypercube (1985)
 - nCube3 : 65536 procs
 - nCube4: basé sur des processeurs Intel 32 bits

Les Cray T3D/T3E

- Après avoir critiqué les calculateurs massivement parallèles Cray, il déploie le T3D en 1995
- Jusqu'à 2048 processeurs Dec Alpha
- 64 MB par processeur
- Le T3E est une version améliorée du T3D (processeurs plus rapides, réseau à plus forte bande passante)
- Un T3E utilisant 1480 processeurs est la première machine à passer la barre de 1 TFlop en 1998



Super ordinateurs depuis 1990



- A partir de 1990, les super-calculateurs vont tous devenir des systèmes massivement parallèles
- Basés sur des processeurs « standards » (opteron, PA-Risc,...), parfois sur des GPU
- Entraînent le développement de nouvelles méthodes de programmation
- Les processeurs grand public deviennent aussi multi-cœurs.
- L'accélération des fréquences d'horloge s'est arrêté

Rappels



- Kilo : 10^3
- Mega : 10^6
- Giga : 10^9
- Tera : 10^{12}
- Peta : 10^{15}
- Exa : 10^{18}
- Zetta : 10^{21}
- Yotta : 10^{24}

IBM roadrunner

- Premier ordinateur hybride: 6480 processeurs AMD Opteron 2210 + 12960 IBM/Sony PowerXcell 8i (PS3), réseau de communication 3D
- Première machine à atteindre le Pétaflop (2008)
- Linux



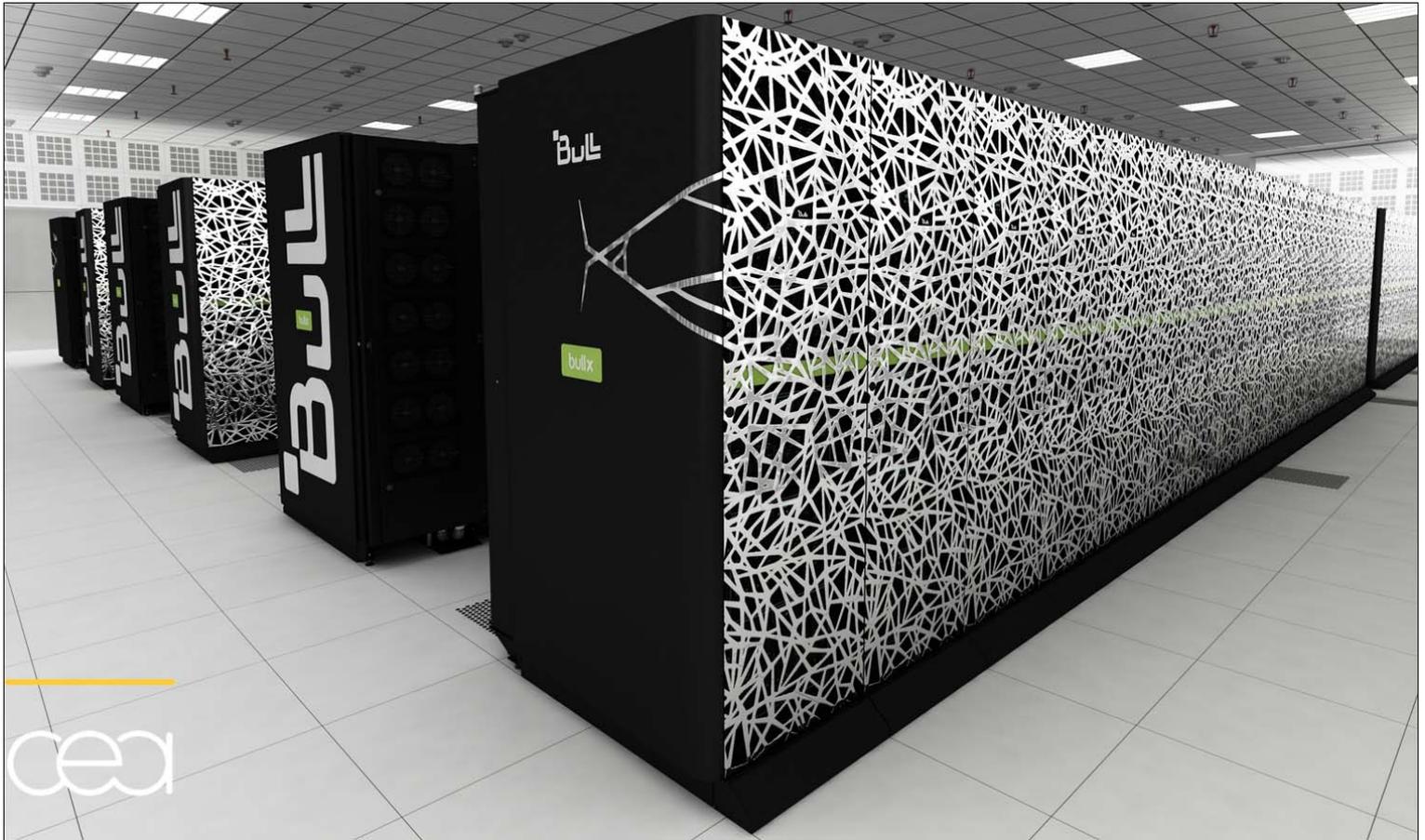
Famille Cray XT5

- Jaguar (2009)
- 224756 unités
- 1.750 Petaflops
- Cartes de 8 processeurs quad core opteron
- Réseau à géométrie 3D
- Linux



TERA-100

- Premier calculateur pétaflopique européen développé par Bull pour le CEA (1.254 Pflops, 11/2010)

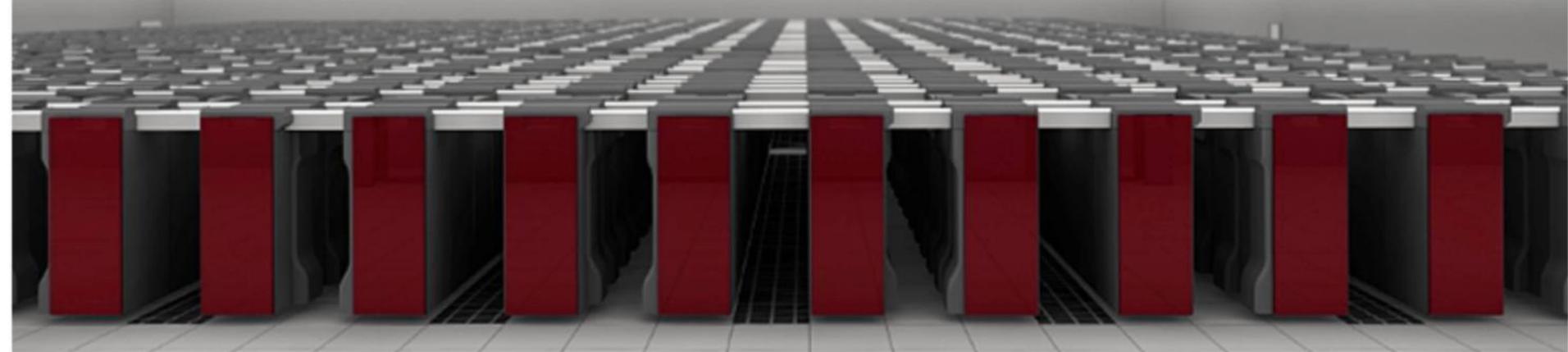


The K-computer (Japon)

- 10 Pflops (11/2011) ($K=Kei=10^{16}$)
- Développé par Fujitsu / l'institut Riken



World's No.1 on TOP500 List



The K-computer

- 88128 2.0 GHz 8-core SPARC64 VIIIfx
- Contenu dans 864 armoires
- 96 nœuds par armoire
- 9.89 MW
- Refroidi par eau
- Linux
- 1 Nœud:
 - 1 CPU/8 core
 - 16Gb



The K computer



L'IBM sequoia (USA)

- 1572684 cores Power PC A2
- 16.32 Pflops (06/2012)



Cray XK7 Titan (USA)

- 261632 (AMD Opteron+Nvidia Tesla K20 GPU)
- 17.59 Pflops (10/2012)

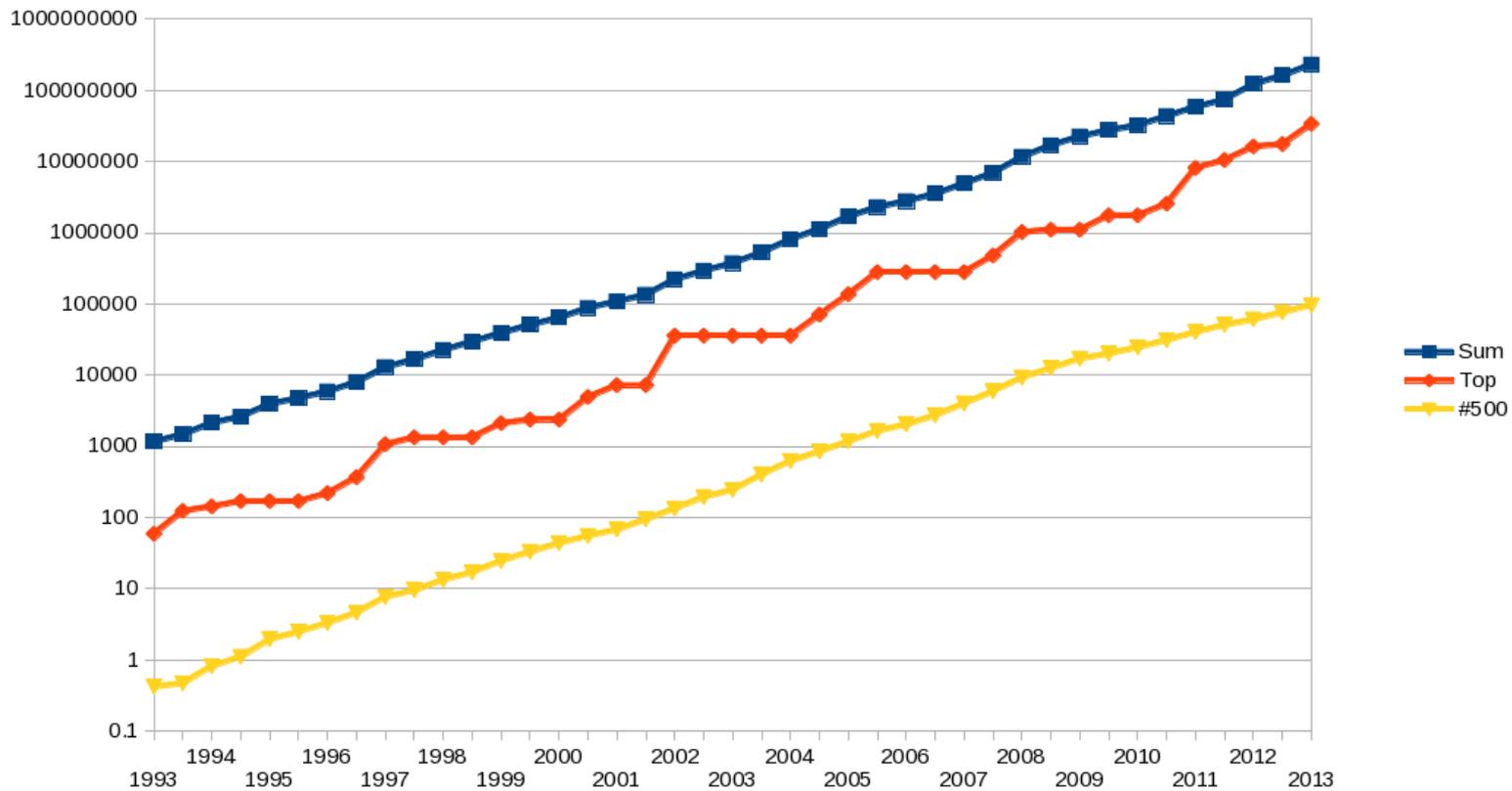


Tianhe 2 (Chine)

- 125 armoires de 4 paniers contenant 16 cartes avec 2 nœuds de calcul (16000 nœuds)
- 1 nœud: 2 Xeon Ivy Bridge à 12 cœurs + 3 co-processeurs Xeon Phi à 57 cœurs, 88Gb de RAM
- 3120000 cœurs, performance théorique max: 54.9 Pflops
- Performance effective: 33.86 Pflops (06/2013)
- 17 MW



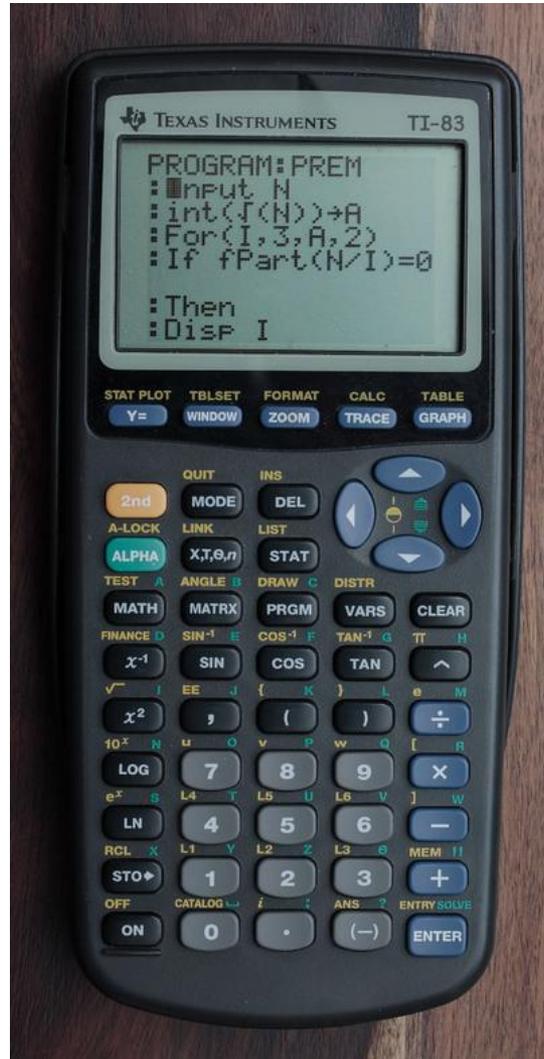
Accélération des super-calculateurs



Calculettes: Z80

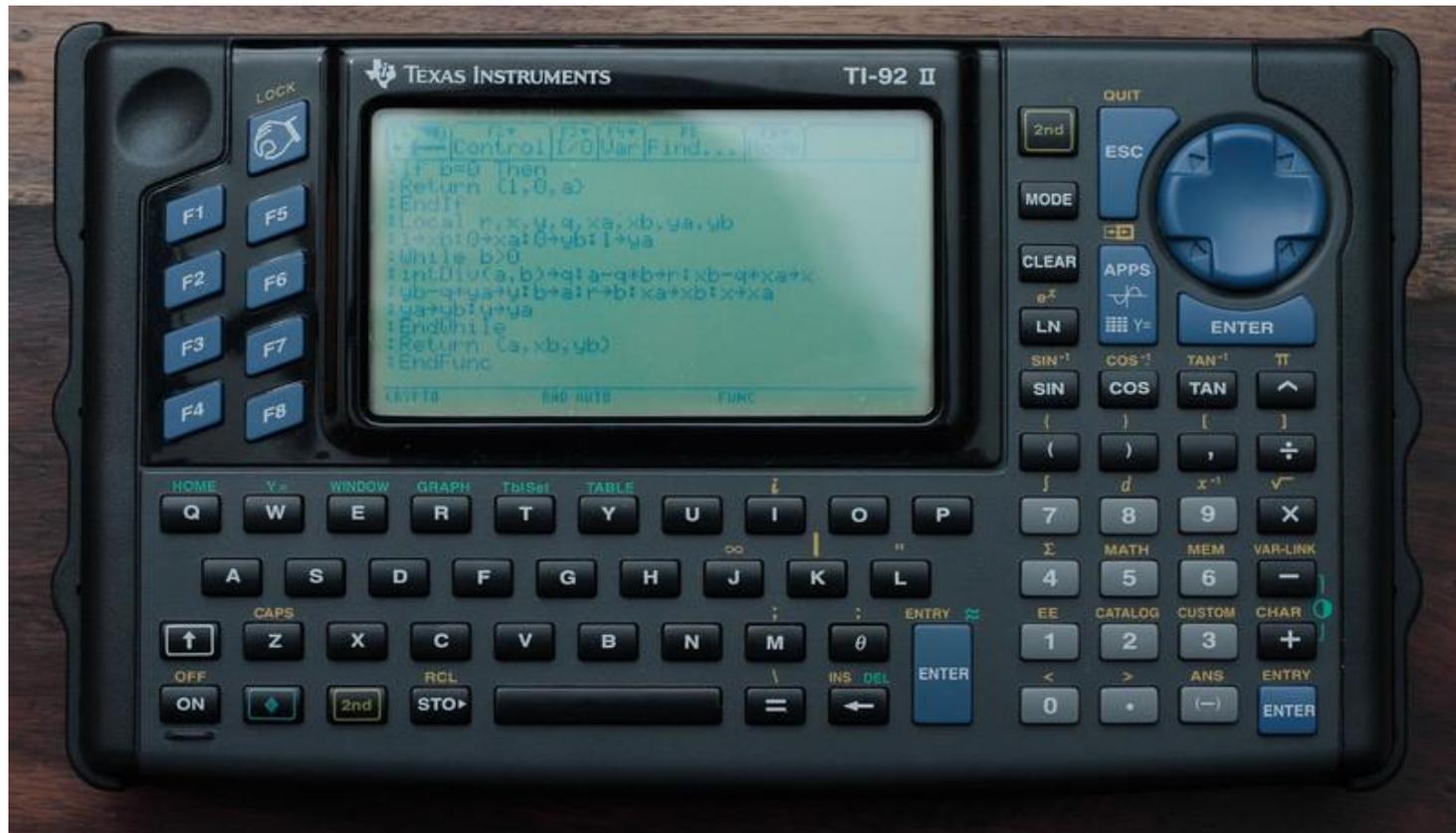
□ TI-83

□ TI 83-SE



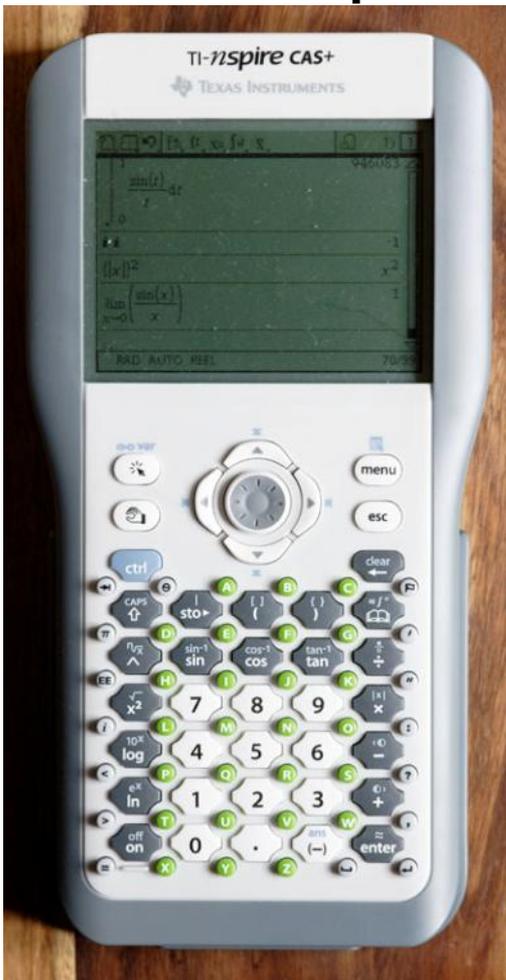
Calculettes: MC68000

□ TI-89, TI-92



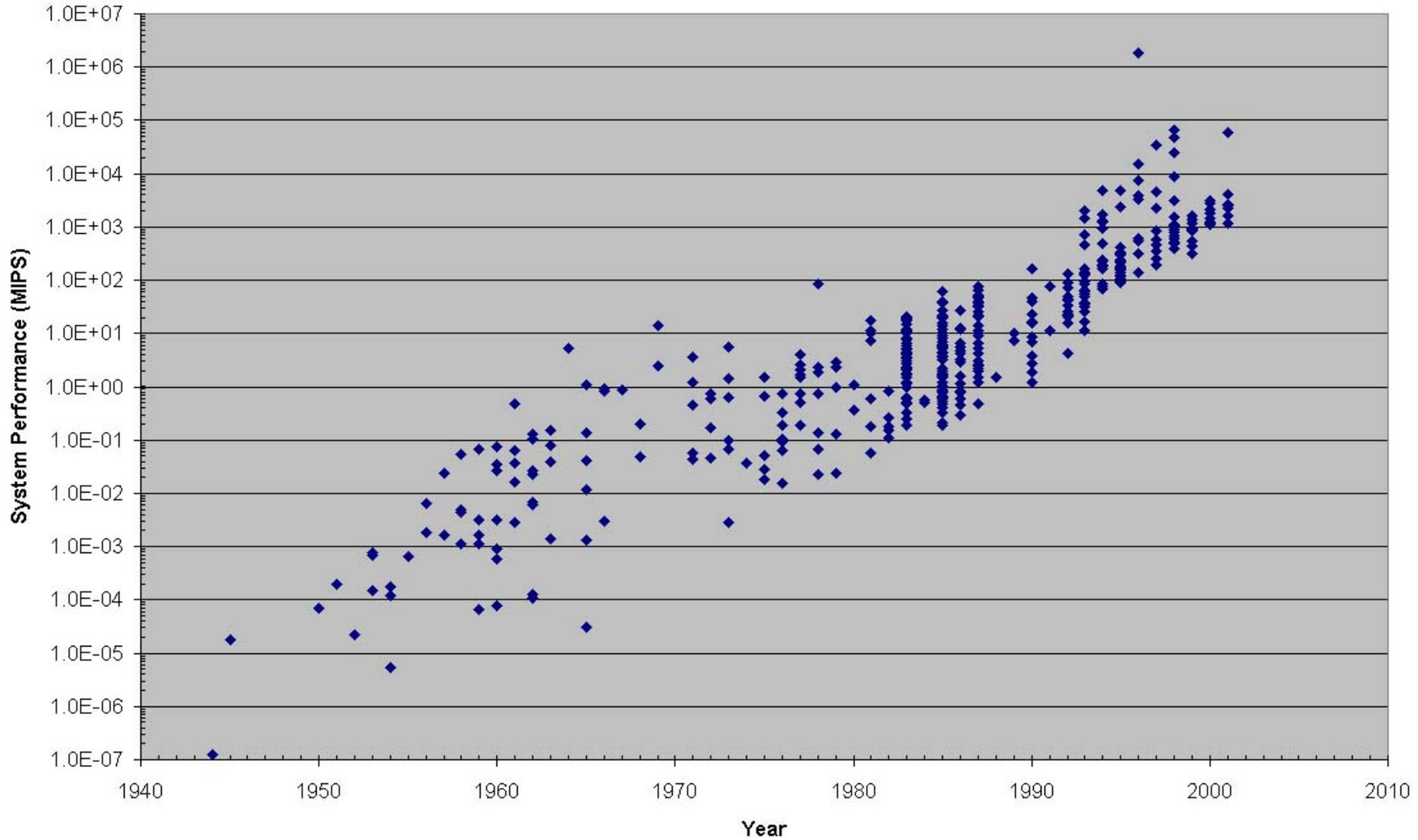
Calculettes: ARM

□ Ti Nspire, smartphones, raspberry Pi



net

Computer System Performance



Et l'IA?



- 80-90: les années « cultes »
 - Arrivée des japonais et du projet 5ème génération
 - L'IA est à la mode
 - Systèmes experts
 - Logique floue
 - Nombreux DEA et équipes de recherche

Et l'IA?

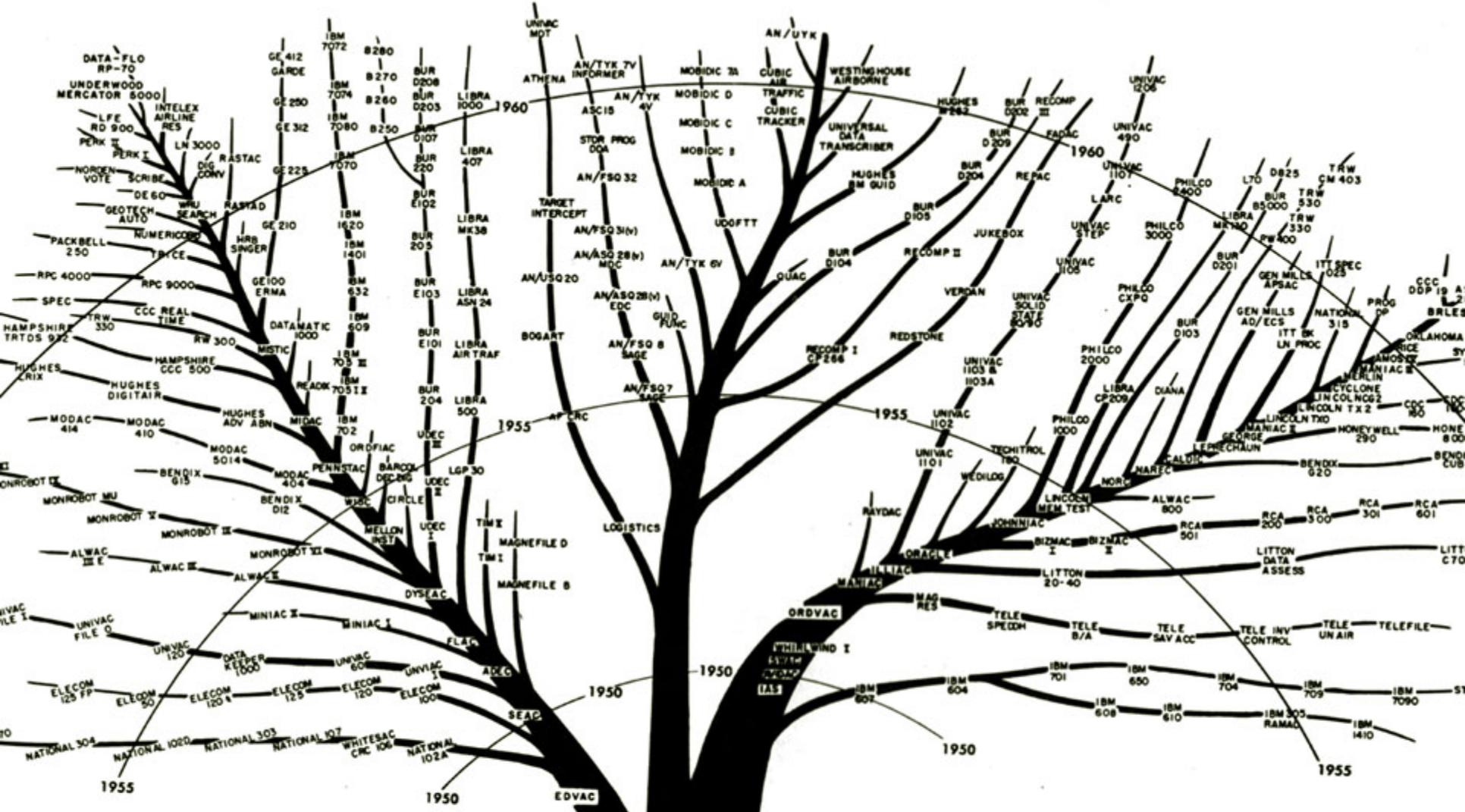


- 90-: le retour de balancier (« AI winter »)
 - L'IA s'est discrédité par des déclarations pompeuses et trop optimistes
 - Le projet 5ème génération se termine en 92 dans la confusion
 - Le terme d'IA lui-même commence à disparaître

Et l'IA



- Paradoxalement, certaines grandes réalisations de l'IA se produisent dans les années 90 (Deep Thought, etc)
- Une nouvelle approche, l'approche connexionniste et évolutionnaire émerge après 25 ans passée dans l'obscurité.



COMPUTER TREE

ENIAC

1945