

Historique du développement

Epoque

Abaque

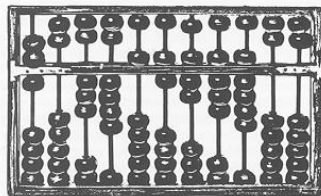
env. 1000 av. J.-C.

Mécanique

dès 1623

jusqu'à notre siècle

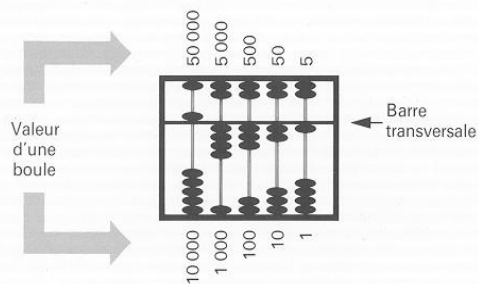
Technologie du calculateur



Dérivé de la table à calcul, l'abaque (boulrier) est la première «machine à calculer». On y déplace des boules de comptage. Les quatre opérations de base peuvent être effectuées.

A peu près la moitié de l'humanité utilise encore aujourd'hui le boulrier.

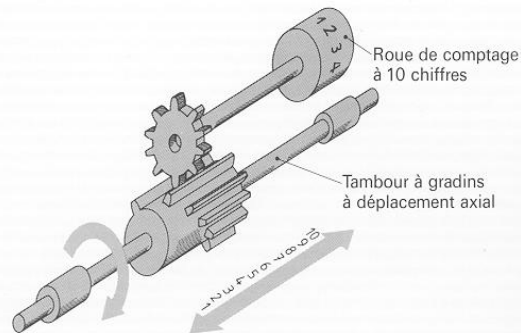
Principe de fonctionnement



Seules comptent les boules situées contre la barre transversale.

Quel est le nombre sélectionné?

Exemple



Invention de von Leibnitz

Les boules sont devenues les dents tournantes des roues dentées. Le mouvement rotatif permet une répétition infinie.

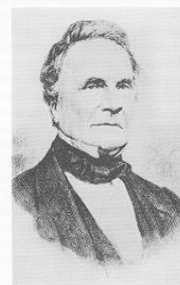
Des roues dentées, des axes, des paliers et des coulisses peuvent être usinés et assemblés en un «micro-mécanisme».



Le baron Gottfried Wilhelm von Leibnitz, 1646–1716, D^r en droit, était philosophe, mathématicien, physicien et technicien, juriste et écrivain politique.

Lors d'un tour du tambour à gradins, la roue de comptage tourne selon le nombre de dents sélectionné.

Où trouve-t-on, aujourd'hui encore, des calculateurs mécaniques?

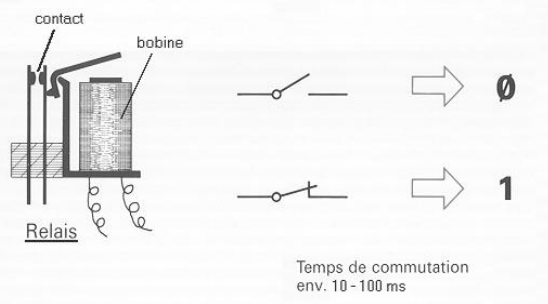


En 1833, le professeur de mathématique anglais Charles Babbage était, avec son étude d'une machine à calculer, très en avance sur les possibilités techniques de son époque. Grâce à son concept de «machine analytique», il est considéré comme le père de l'ordinateur.
Source IBM

Epoque Technologie du calculateur

Electro-mécanique

1941



La machine Z3 de Zuse contenait 600 relais dans l'unité de calcul et 2000 relais dans la mémoire. Une multiplication durait 4 à 5 secondes.

Le relais est un contacteur électro-mécanique. Il permet d'obtenir deux états électriques, 0 et 1. La vitesse de commutation est nettement supérieure à celle de la mécanique.

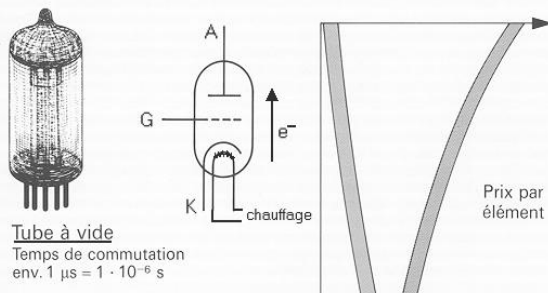


Konrad Zuse, né en 1910, fils d'une famille berlinoise de fonctionnaires, ingénieur en construction et inventeur.

Electronique

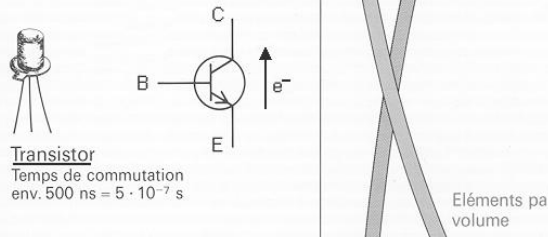
Epoque des éléments de commutation sans contacts

1946



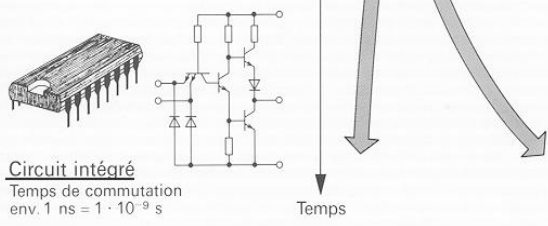
ENIAC, le premier calculateur électronique, travaillait avec des tubes à vide comme éléments de commutation. Il fut construit aux Etats Unis. La vitesse de calcul était 2000 fois supérieure à celle des calculateurs électro-mécaniques.

1955



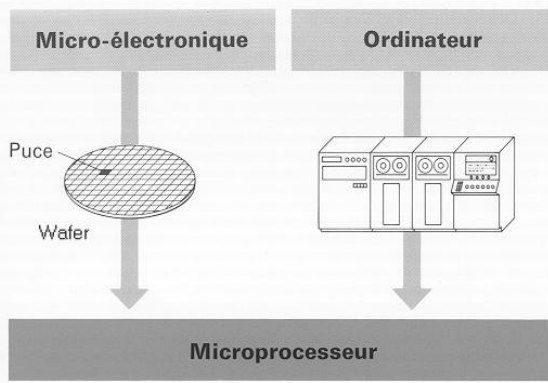
Le transistor, par rapport au tube à vide, a une puissance dissipée beaucoup plus faible, ne nécessite pas de chauffage. Il est très petit et léger. Il fut développé en 1948 et fut utilisé dans les ordinateurs sept ans plus tard.

1968



Le *circuit intégré* (C.I. ou I.C.) est composé de plusieurs transistors interconnectés sur une même plaquette de cristal appelée puce (*chip*).
Combien de transistors peut-on intégrer actuellement?

Début de l'époque informatique

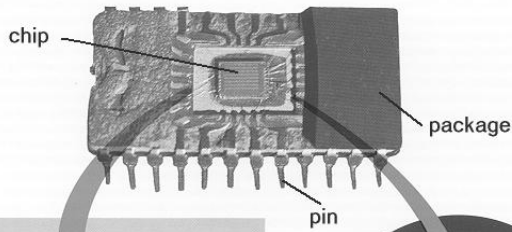


La forte miniaturisation des composants électroniques a mené vers la *micro-électronique*. Le développement des calculateurs a conduit à l'*ordinateur*.

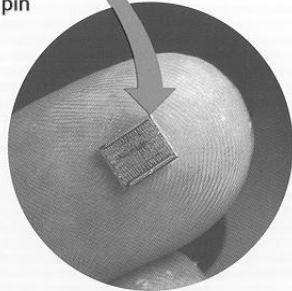
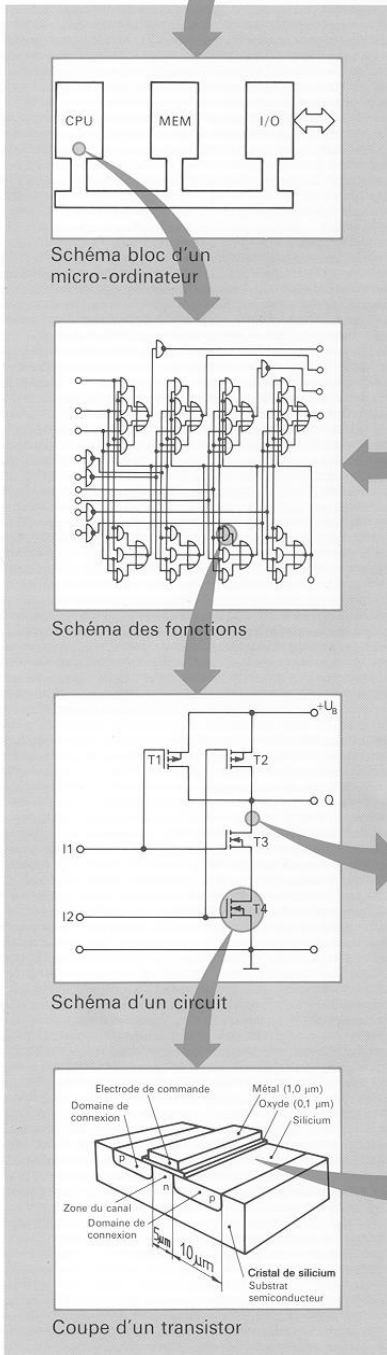
Les deux technologies réunies donnent le *microprocesseur*.

Exprimé simplement, le microprocesseur est l'**unité centrale de traitement** d'un ordinateur sur un cristal, la puce.

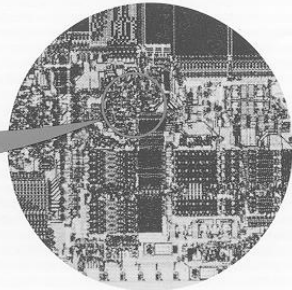
La puce



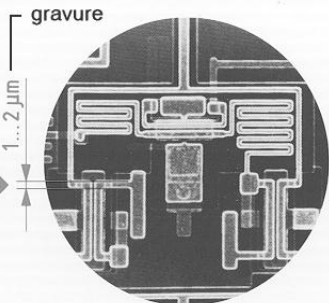
La puce est un composant fortement intégré sur lequel, grâce à la miniaturisation, se trouvent plusieurs milliers d'éléments électroniques.



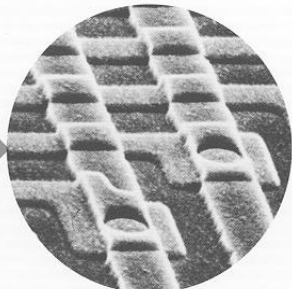
Micro **contrôleur** monopuce
 On y trouve «tout» l'ordinateur:
CPU = **C**entral **P**rocessing **U**nit
 → unité centrale
MEM = **M**emory
 → mémoire
I/O = **I**nput/**O**utput
 → entrée/sortie



La logique de commutation est composée de circuits logiques élémentaires.



Un circuit logique se compose lui-même de plusieurs éléments électroniques séparés, tels que transistors, diodes et résistances. En **VLSI** (**V**ery **L**arge **S**cale **I**ntegration = intégration à très large échelle), les composants intégrés par puce se comptent aujourd'hui en centaines de milliers.



Un transistor se compose de différentes zones, ayant des propriétés électroniques distinctes.

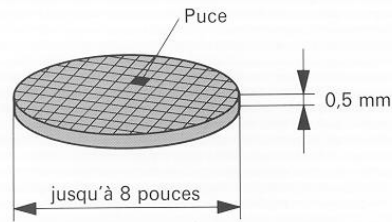
Gravure actuelle (an 2000): 0,18 μm

diamètre d'un atome: $1 \cdot 10^{-10}$ m

Nanotechnologie: _____

Fabrication d'un IC

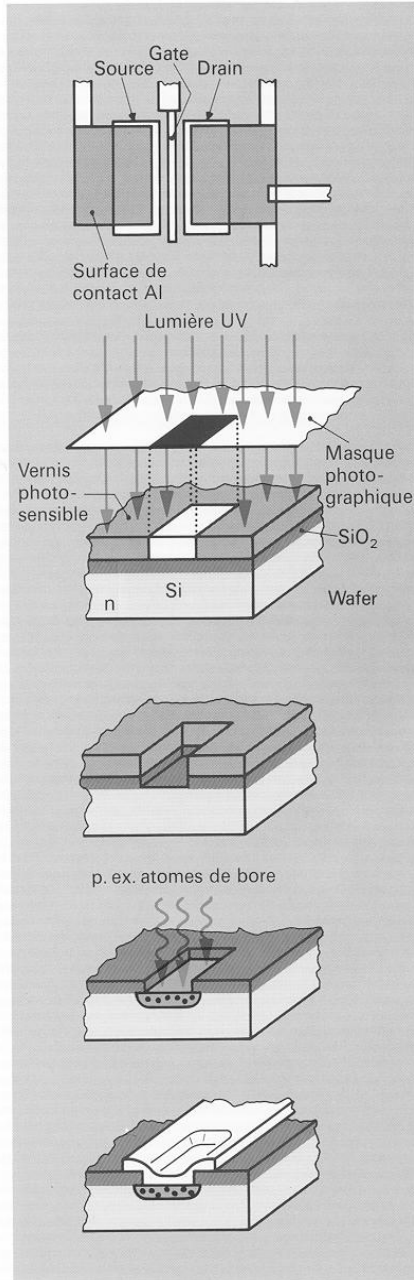
La réalisation des circuits intégrés repose sur la technique planar, utilisant des procédés microchimiques et microphysiques.



Pour rationaliser la fabrication, on produit simultanément plusieurs centaines de puces identiques sur une rondelle de silicium, le «Wafer».

Le silicium pur (Si) est un cristal semi-conducteur

Etapes principales



Réalisation des fonctions sous forme de circuit intégré. Il en résulte le «Layout» (tracé, disposition), base des étapes de fabrication suivantes.

Le «Layout» du circuit est reporté sur le «Wafer» par procédé photographique utilisant des masques.

Dégagement de la structure par dissolution et attaque chimique de certaines couches, ce qui crée les «fenêtres».

Par diffusion ou implantation ionique, les atomes étrangers sont déposés dans les zones à doper. Il en résulte les différentes régions conductrices.

Réalisation de la structure des liaisons, par dépôt (évaporation sous vide) d'une couche de 1 μm d'aluminium sur toute la surface. La matière excédentaire est éliminée par la technique des masques.

Layout du circuit

1



Report de la structure

2



Gravage chimique

3



Dopage

4



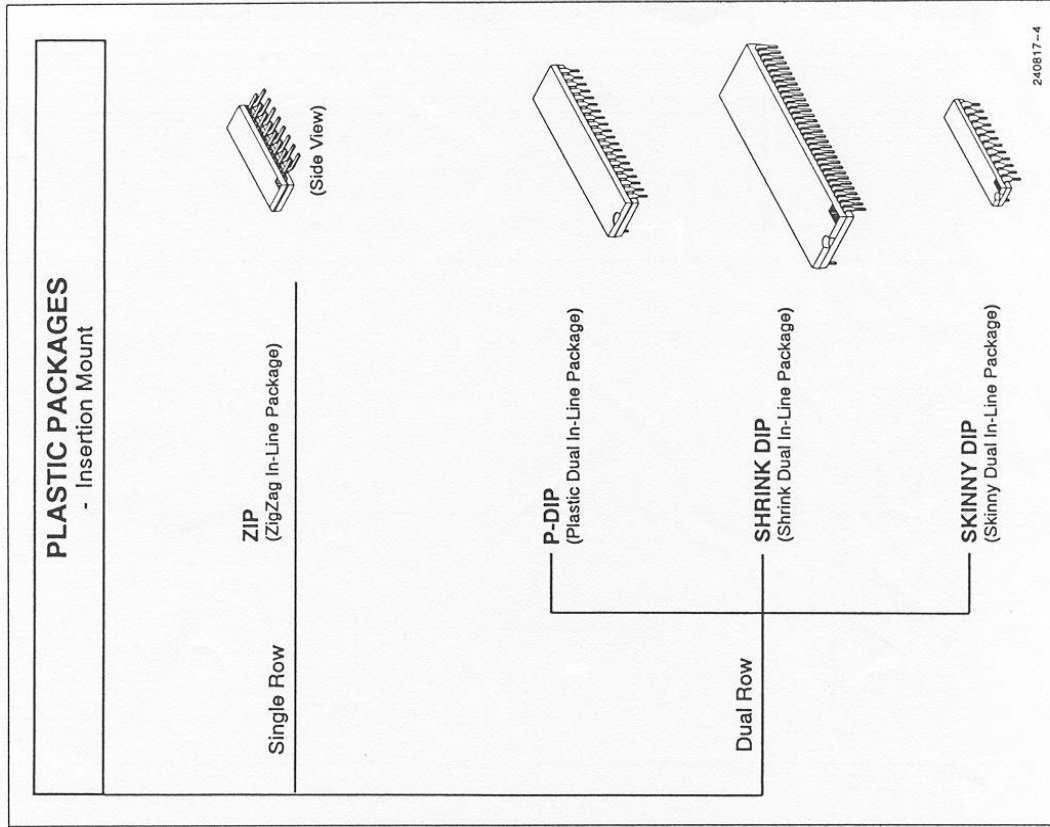
Interconnexion

5

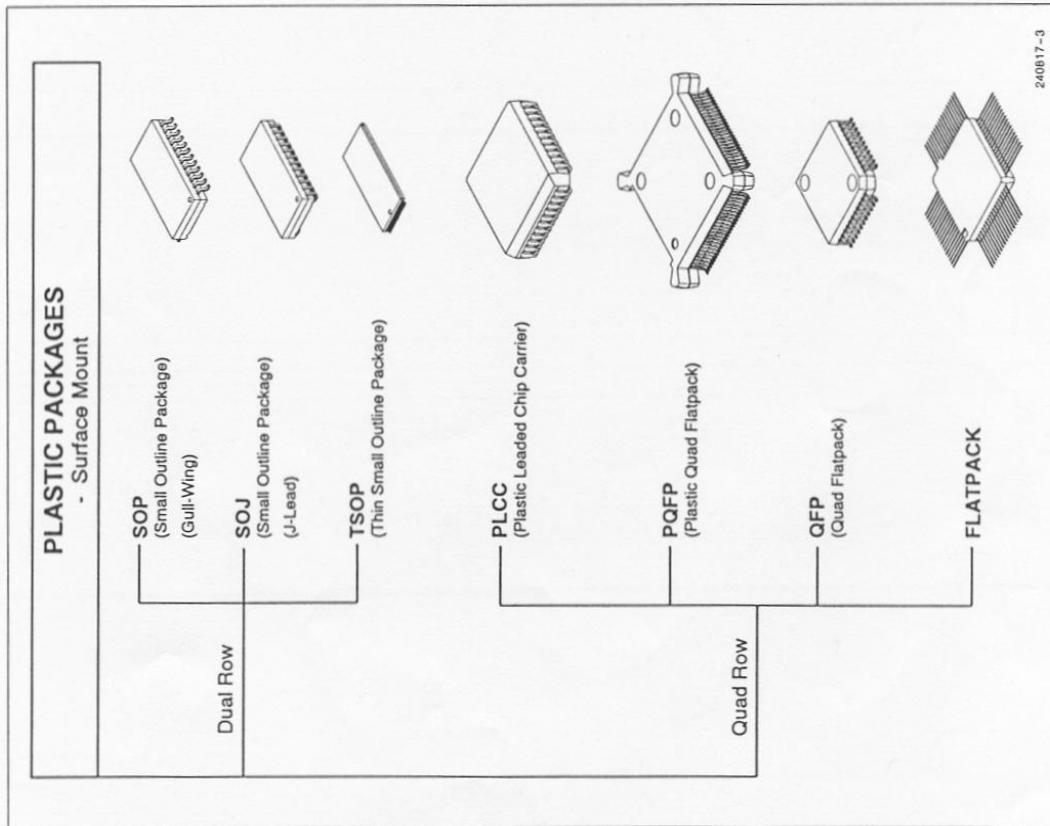
En réalité, bien des étapes intermédiaires sont nécessaires à la fabrication.

Technologie cuivre: _____

PACKAGE TYPES (Continued)

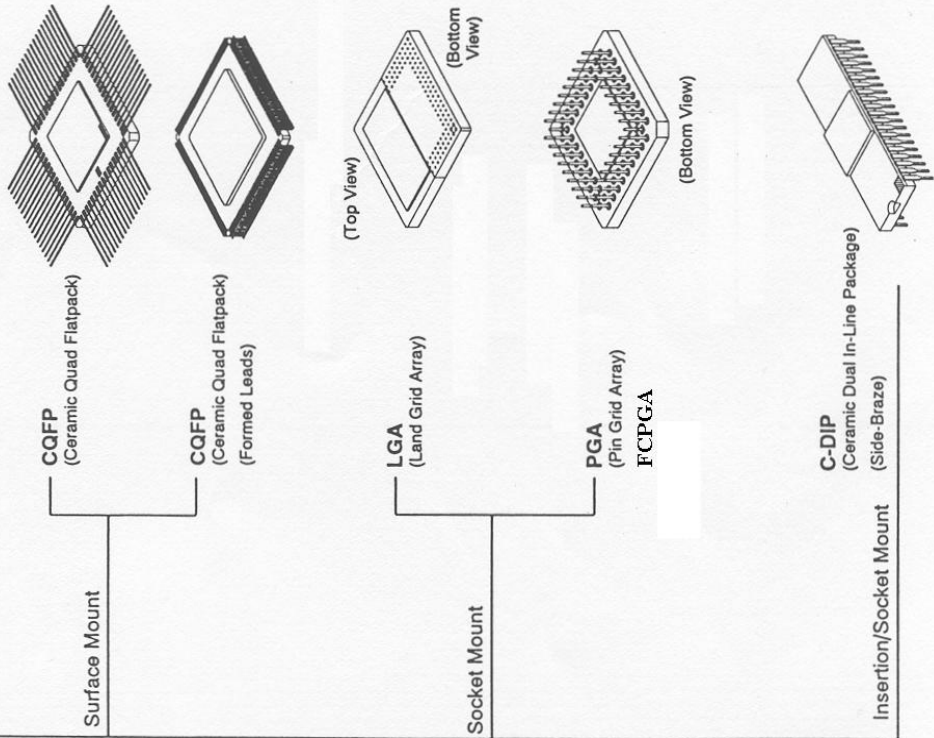


PACKAGE TYPES (Continued)



PACKAGE TYPES

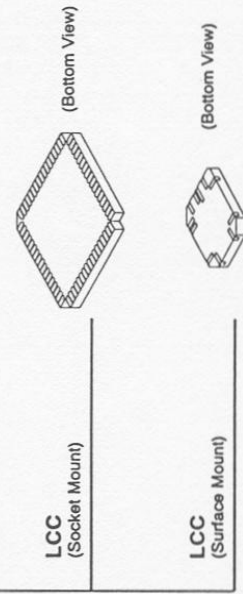
CERAMIC PACKAGES



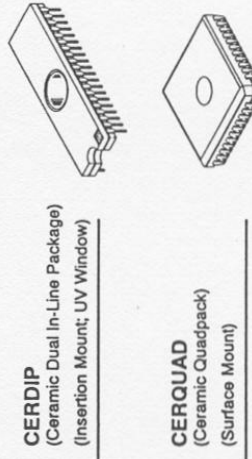
240817-1

PACKAGE TYPES (Continued)

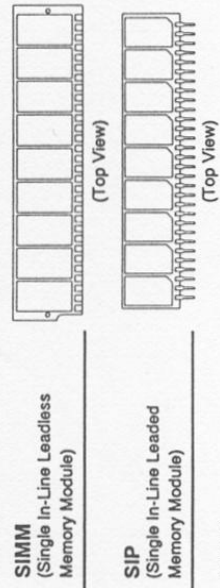
LEADLESS CHIP CARRIER PACKAGES



GLASS-SEALED PACKAGES



MODULES



240817-2

Notions de base en technique des processeurs :

Les processeurs sont des éléments permettant le traitement de données. Les progrès réalisés en technologie des semi-conducteurs permettent aujourd'hui d'intégrer l'ensemble d'un processeur sur un seul support de semi-conducteurs (chip). On l'appelle microprocesseur.

Micro *du grec micro = petit*
Processeur *dictionnaire : organe capable d'assurer le traitement complet d'une série d'informations*
technologie : unité centrale de traitement d'un ordinateur (UCT ou CPU)

Le microprocesseur est le résultat du développement de deux domaines différents:

Informatique *Connaissance du traitement de l'information*

Micro-électronique *Technique permettant de reproduire un ensemble de circuits électroniques sur un seul cristal semi-conducteur*

Dans les années 70, les fournisseurs de semi-conducteurs offrirent continuellement des nouveaux chips sur le marché. Plus de 40 microprocesseurs différents étaient déjà disponibles en fin 1974. Les plus répandus ont servi de base pour divers développements industriels ou bureautiques, comme par exemple:

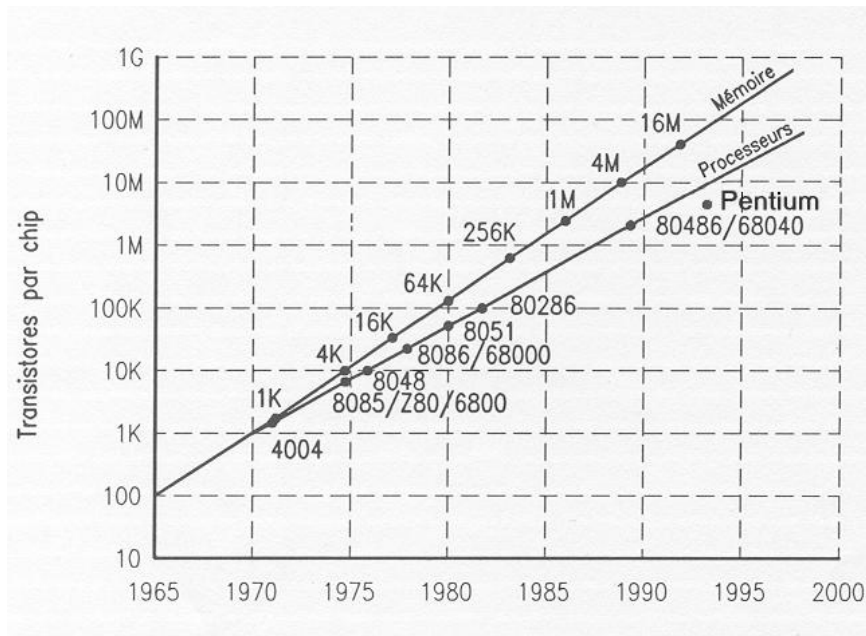
1971 : 4004	Intel	premier processeur 4 bit
1972 : 8008	Intel	premier processeur 8 bit
1972 : 8080	Intel	processeur 8008 amélioré
1974 : 8085	Intel	processeur 8080 amélioré
1974 : Z80	Zilog	processeur 8080 amélioré
1974 : 6800	Motorola	processeur avec sa propre architecture 8 bit
1976 : 8048	Intel	microprocesseur 8 bit
1978 : 8086	Intel	microprocesseur 16 bit
1978 : 68000	Motorola	microprocesseur 16/32 bit
1979 : 8088	Intel	microprocesseur 8/16 bit
1980 : 8051	Intel	microcontrôleur 8 bit *
1982 : 80286	Intel	microprocesseur 16 bit
1985 : 80386	Intel	microprocesseur 32 bit
1993 : Pentium	Intel	microprocesseur (2x) 32 bit
1993 : Power PC	Motorola	microprocesseur (2x) 32 bit
.....		

* Dans les microcontrôleurs, les éléments de périphérie (commutation des entrées/sorties ainsi que convertisseurs D/A et A/D, RAM, ROM, etc.) sont intégrés sur le même chip que le processeur.

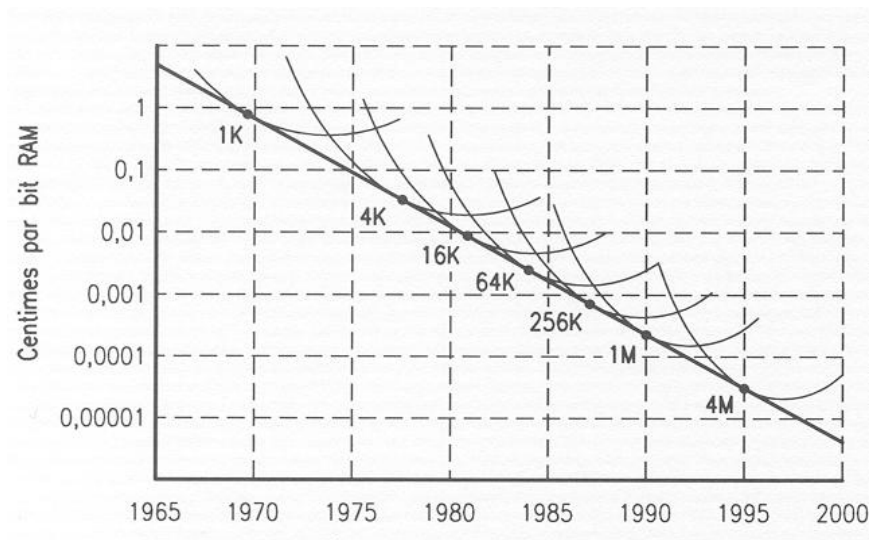
Développement des semi-conducteurs :

En 1968, Gordon Moore, co-fondateur de la firme Intel, pronostiqua l'évolution de l'industrie des semi-conducteurs en émettant certaines règles (Moore's Law).

Gordon Moore fit notamment ces déclarations importantes:



Le nombre de transistors intégrés sur un « chip » double tous les 18 mois.



Tous les six ans, les coûts des cellules mémoire les plus avantageuses vont revenir dix fois moins chers.

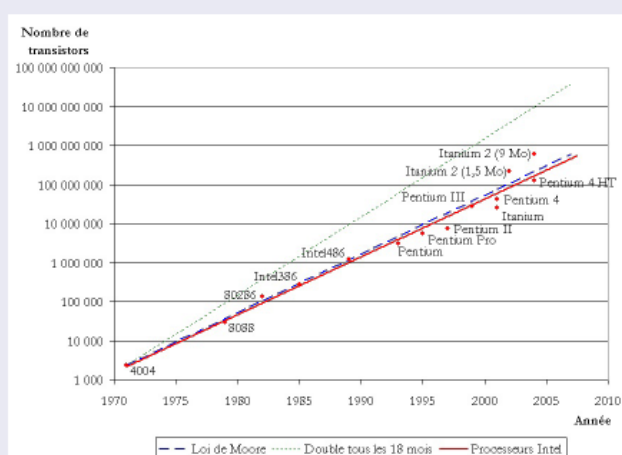
Chaque génération de semi-conducteurs engendrera:

- une diminution de la largeur des conducteurs sur le chip
- une diminution de l'épaisseur de l'isolation
- une augmentation de la vitesse de commutation d'une porte
- une augmentation de la surface du chip par circuit intégré (C.I.)
- une augmentation du diamètre de la plaquette de substrat (wafer)

EVOLUTION DES MICROPROCESSEURS :

Loi de Moore

- La Loi de Moore (Gordon Moore, ingénieur de Fairchild Semiconductor)
 - exprimée en 1965 : la complexité des processeurs double tous les ans à coût constant
 - réévaluée en 1975 : le nombre de transistors dans les processeurs double tous les 2 ans à coût constant
 - en vérité : doublement tous les 1,96 ans



Puissance des processeurs

Date	Nom	Nombre de transistors	Gravure (micron)	Fréq. max horloge	Largeur données	MIPS
1971	4004	2 300		108 kHz	4 bits	0,06
1974	8080	6 000	6	2 MHz	8 bits	0,64
1979	8088	29 000	3	5 MHz	16 bits	0,33
1982	80286	134 000	1,5	20 MHz	16 bits	1
1985	80386	275 000	1,5	40 MHz	32 bits	5
1989	80486	1 200 000	1	100 MHz	32 bits	20
1993	Pentium	3 100 000	0,8 à 0,28	233 MHz	32 bits	100
1997	Pentium II	7 500 000	0,35/0,25	450 MHz	32 bits	300
1999	Pentium III	9 500 000	0,25/0,13	1,4 GHz	32 bits	510
2000	Pentium 4	42 000 000	0,18/0,065	3,8 GHz	32 bits	1 700
2004	Pentium 4D	125 000 000	0,09/0,065	3,6 GHz	32 bits	9 000
2006	Core 2 Duo	291 000 000	0,065	2,4 GHz	64 bits	22 000
2007	Core 2 Quad	2*291 000 000	0,065	3 GHz	64 bits	2*22 000
2008	Core 2 Duo	410 000 000	0,045	3,33 GHz	64 bits	24 200
2008	Core 2 Quad	2*410 000 000	0,045	3,2 GHz	64 bits	2*24 200
2009	Intel Core i5	774 000 000	0,045	2,93 GHz	64 bits	76 383
2010	Intel Core i7	1 170 000 000	0,032	3,33 GHz	64 bits	147 600

Quelques chiffres:

- La firme DEC dépensa 1 milliard de dollars pour le développement du chip microprocesseur Alpha 21064.
- Les firmes Siemens et IBM développèrent ensemble la mémoire DRAM de 16 Mbits.
Elles occupèrent 600 spécialistes pour un développement de plusieurs centaines de millions de marks.

Exemple :

Produit:	16 Mbits-DRAM
Fournisseur:	Siemens
Développement:	1992

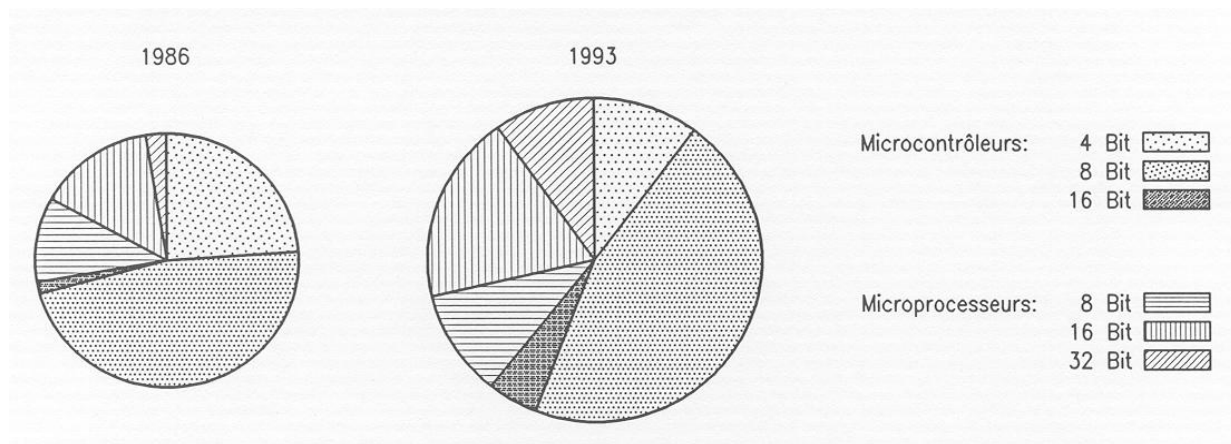
Largeur conducteurs:	0,5 μm
Epaisseur isolation:	15 nm
Diamètre du « wafer »:	8" (203 mm)
Surface du chip:	137 mm ²

De 1992 à 1995, la Communauté Européenne a investi 500 millions de dollars pour le développement d'une technologie à 0,3 μm permettant une densité de 100 millions de transistors par chip. Actuellement (an 2000), on arrive à 0,15 μm .

Marché des semi-conducteurs :

En 1993, le marché mondial des semi-conducteurs s'est monté à 45 milliards de dollars, dont environ 5,3 milliards pour les microcontrôleurs et les microprocesseurs.

Le marché des microcontrôleurs et microprocesseurs se répartit de la manière suivante:



Les diagrammes se réfèrent au nombre de processeurs et de contrôleurs vendus.

Les microcontrôleurs 4 bit et les microprocesseurs 8 bit représentent encore une part de marché non négligeable.

Dans le domaine des semi-conducteurs, des nouveaux composants peuvent à tout moment remplacer des anciens. Pour l'utilisateur de semi-conducteurs, il est important d'utiliser des **produits éprouvés arrivés à maturité et non passés en désuétude.**

Dans l'industrie, la planification de la production est très attentive au **cycle de vie** des composants utilisés.