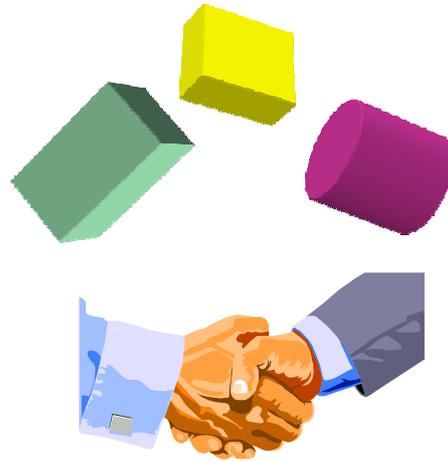


Valeur NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques

❑ **Bienvenu**



Centre : CNAM de Clichy
 Enseignant : Pierre SWEID
 URL SITE : <http://pierre.sweid1.free.fr/cnam>

Valeur NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques

« Plan du cours »

Origines et évolution des architectures

- Historique des idées et des inventions
- Historique des machines
 - Les premières machines (1946/55)
 - La génération des transistors (1955/65)
 - Les premiers circuits intégrés (1965/80)
 - La miniaturisation (1980/90) et les micro-ordinateurs
- Historique des systèmes

Architecture d'un Ordinateur / d'un processeur

- Composants d'une machine Von Neuman...
- Exemple d'une architecture
- Architecture d'un processeur

Objectifs et rôle d'un Système d'exploitation

- Notion de Machine Virtuelle
- Couches fonctionnelles
- Notions de base :
- Notion de ressource
- Notion de processus (PCB , états d'un processus, ...etc.)
- Modes de fonctionnement processeur

Valeur NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques
« Plan du cours »

NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques

Notions de base / Mécanismes fondamentaux

- Changement du mot d'état
- Interruptions
- Exceptions

Entrées / Sorties

Les Processus

- Problème du blocage
- Synchronisation
- Etude de l'implémentation sous Unix/linux

Ordonnancement

Page 3

Pierre SWEID – CNAM de Clichy

Valeur NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques
« Plan du cours »

NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques

La Mémoire

- **Généralités**
 - Hiérarchie de mémoires
 - Objectifs d'une gestion de mémoire
 - Techniques de gestion et notions fondamentales
- **Gestion de la mémoire**
 - Vision globale
 - Allocation contiguë et non contiguë
 - Gestion des processus
 - Implémentations hardware
- **Systèmes de fichiers**
 - Objectifs
 - Organisations
- **Implémentations hardware**
- **« MMU » memory management unit:**
 - cas d'Intel
 - cas de PowerPC
- **Gestion de la pile**
- **Mécanismes d'adressage au niveau des bus.**

Page 4

Pierre SWEID – CNAM de Clichy

Valeur NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques
« Plan du cours »

Mesures de performances

- Critères
- Position du problème
- Solutions matérielles
- Solutions logicielles
- Mesures

NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques

Pierre SWEID – CNAM de Clichy

Page 5

Chapitre 1 : *Origine et évolution des architectures*

NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques

Pierre SWEID – CNAM de Clichy

Page 6

Plan du chapitre 1 : Origine et évolution des architectures

- De quoi s'agit-il ?
- Les années 1960.
- Les années 1970.
- Les années 1980 et 1990.
- Les progrès théoriques depuis les années 1940.
Les progrès techniques matériels et les coûts.
- Quelques dates.

De quoi s'agit-il ? -1-

- ♦ Une **architecture** (du latin architectura, art de construire) est **un produit**
 - le produit de l'art de l'architecte qui **imagine** et parfois fait ensuite **réaliser un arrangement ordonné** de composants
- ♦ Une **architecture** est appréciée par son **résultat**
 - Visible dès que la conception en est faite et dessinée.
 - Son utilité n'est vraiment appréciée qu'une fois l'objet ou le **système est réalisé**.
 - Il peut être **simulé** et ensuite **évalué**.
 - Les **qualités du résultat** obtenu tiennent **autant** aux composants utilisés qu'à leur **bon ordonnancement**
- ♦ En matière informatique et **selon l'échelle**, on verra de façon similaire, sous la forme **d'emboîtements successifs** :
 - l'interface externe du logiciel d'application,
 - le logiciel lui-même,
 - le système d'exploitation,
 - une mono ou une multi-machine,
 - une carte,
 - un circuit, des dépôts métalliques, des transistors, des cristaux, des impuretés dopantes dans le cristal.

De quoi s'agit-il ? -2-

♦ Nous allons présenter ces notions comme suit :

1. La première partie consacrée aux architectures usuelles et au parallélisme fin est en trois temps.
 - A. Dans le premier temps, on examine l'évolution de notre domaine. On relève l'apparition d'inventions successives, transformées en faits techniques
 - B. Dans le deuxième temps, on appelle à l'aide les principes fondateurs; on constate qu'ils ne sont pas d'une claire utilité
 - *Théories, architectures conventionnelles, processeurs CISC, RISC, VLIW et mémoire*
 - C. Dans le troisième temps, on examine de façon quelque peu détaillée les inventions actuellement appliquées, c'est-à-dire l'observable au quotidien
 - *Pipelines et caches.*
 - *Organisation et gestion de la mémoire.*
 - *Communications par bus*
 - *Mémoires de masse.*
 - *Systèmes d'interruptions.*
 - D. On voit ensuite à quel point il est difficile d'apprécier même simplement ce que l'on voudrait nommer les performances d'une machine.
 - *d'évaluation*
 - E. On finit par l'examen des normes
 - *Normalisation*

De quoi s'agit-il ? -3-

2. Dans la deuxième partie, on examine ce que sont les machines dotées de parallélisme de structures et leur fonctionnement
 - *Introduction au parallélisme.*
 - *Types de communications, topologies de connexion, SIMD, MIMD.*
 - *Parallélisation des programmes.*
 - *Processeurs de traitement du signal.*
 - *Perspectives et conclusions sur les architectures parallèles.*
3. Dans la troisième partie, on propose une vision inductive de l'ordinateur machine logistique composée de deux machines conjointes
 - *Temps et espace, structuration en couches.*
 - *Éléments du modèle d'interconnexion des systèmes ouverts.*
 - *Structuration du transport dans le temps.*

1.6. Les années 1960 -1-

NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques

▪ **Les techniques de fabrication et en conséquence les réalisations évoluent rapidement.**

- **Le principal moteur du progrès** est la demande de la **NASA** pour le programme spatial **Apollo** dont les crédits sont illimités.
- Un autre est la demande des entreprises attirées par les nouvelles capacités des machines.
 - Le nombre de composants passe à **10⁶**.
- **Les techniques qui progressent**
 - Ce sont les améliorations apportées au procédé **Planar** de 1959 par Texas Instruments et Fairchild.
 - Les circuits **CMOS** sont commercialisés en 1968. Elles s'appliquent aux composants électroniques et par conséquence aux ordinateurs.
 - Les circuits intégrés deviennent **plus denses, plus fiables** et **moins coûteux**.
 - On les caractérise à cette époque par le nombre approximatif de composants par boîtier :

SSI (Small Scale Integration)	de 1 à 10 transistors
MSI (Medium Scale Integration)	de 10 à 100-500 transistors
LSI (Large Scale Integration)	de 100-500 à 20000 transistors
VLSI (Very Large Scale Integration)	de 20000 à 300000 transistors
SLSI , Super Large Scale Integration	Plus de quelques centaines de milliers

1.6. Les années 1960 -2-

- NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques
- **Les conséquences : L'informatique utilise ces progrès :**
 - on est moins avare en composants et donc les unités fonctionnelles augmentent en nombre et en taille;
 - on met en œuvre des idées qui étaient en attente de conditions favorables;
 - **Des idées d'architectures nouvelles apparaissent.**
 - Dans l'**unité centrale**, les opérateurs de **virgule flottante deviennent usuels**, l'un d'eux est câblé en **double précision** dès 1959 dans l'**IBM**.
 - Les **registres généraux, huit ou seize**, deviennent une réalité économique à la place de l'**accumulateur unique** ce qui crée une nouvelle **famille** de processeurs.
 - **On met en œuvre des idées connues en attente d'application :**
 - Pendant les années 1950, les ordinateurs d'un même constructeur **n'étaient pas compatibles entre eux**. On devait récrire les programmes quand on changeait de machine ou installer une couche logicielle d'émulation de la machine précédente sur la suivante.

1.6. Les années 1960 -3-

- La **microprogrammation** avait été inventée en 1951.
 - La diffusion de la microprogrammation devient massive dans les années 1960 car on dispose alors de **deux types de mémoires** à des coûts différents et acceptables :
 1. la mémoire centrale à tores
 2. et une mémoire électronique beaucoup plus rapide que la précédente même si elle est beaucoup plus chère, pour les micro-instructions.
 - On va ainsi pouvoir :
 - augmenter considérablement la taille du jeu d'instructions sans se soucier du décodeur;
 - créer des gammes de machines compatibles entre elles.
- **Les idées nouvelles** : Deux techniques internes à l'ordinateur apparaissent, gourmandes en registres elles aussi :
 1. la **mémoire virtuelle** et le **pipeline** en 1961 dans l'*Atlas* de Ferranti;
 2. la **segmentation** dans le *GE645* en 1965 pour le système **Multics**.

1.6. Les années 1960 -4-

- Les réalisations les plus importantes.
 1. **la naissance des mini-ordinateurs** : chez Digital Equipment sous les nom de *PDP* (Programmed Data Processor), du *PDP-1* en 1960, au *PDP-11* en 1970. Les premiers ont un jeu d'instructions très petit et de très bonnes capacités d'entrées et sorties. Ils seront largement utilisés pour la **commande industrielle** et le **temps partagé**.
 2. **la série IBM 360 à partir de 1964**. Cette gamme unique remplace quatre gammes de machines incompatibles, chacune avait son jeu d'instructions, ses bandes magnétiques, tambours et disques, assembleurs, compilateurs et un marché particulier gestion, scientifique, temps réel...
 3. **le CDC 6600 de Control Data en 1966**. C'est une machine **multi-opérateurs**. Le processeur traite des mots de 60 bits. Il contient **dix unités fonctionnelles** capables de travail simultané : une addition flottante, deux multiplications flottantes, une division flottante, une addition entière, deux incrémentations, un décalage binaire, un branchement conditionnel et un calcul booléen.

1.6. Les années 1960 -5-

- **La mémoire virtuelle** : Un autre développement majeur de cette décennie est la mémoire virtuelle qui combine des techniques obligatoires ou optionnelles :
 1. la **translation dynamique** des adresses;
 2. la **pagination** qui partage l'espace d'adressage en pages, indépendamment de leur localisation physique.
 3. la **segmentation** des programmes et des données, qui découpe les blocs d'informations en ensembles logiques.
- **Le cache** : complète un étagement régulier des temps de réponse des différents supports de mémoire à raison inverse de leur capacité : **registre, cache, mémoire, disque et bande magnétique**. En 1969, le superviseur **CICS** est disponible. Il demande 256 Ko de mémoire.
- **Une nouveauté non architecturale mérite l'attention**, le code ASCII est publié comme première norme informatique en **1963**.

- **Les inventions architecturales de la décennie sont :**
 - la **segmentation (1964)**;
 - les **multiprocesseurs (1964)**.

1.7. Les années 1970 -6-

- En France le parc d'ordinateurs en 1970 est estimé à 4 500 unités.
- Dès 1969, **ARPAnet**, premier réseau informatique pour la recherche (*Advanced Research Projects AgencyNETork*) fonctionne.
 - Chaque ordinateur à une adresse. N'importe quel ordinateur peut communiquer avec n'importe quel autre
- Dans cette décennie, on continue à concevoir de nouveaux ordinateurs, grands, moyens et petits, industriels également comme les séries **T1000** et **T2000** de La Télémechanique en 1971.
- **Les microprocesseurs** : Le microprocesseur, ensemble de circuits fondamentaux d'un ordinateur regroupés sur un circuit intégré unique, est créé chez Intel en 1971 par une équipe constituée de Federico Faggin, Marcian E. (dit Ted) Hoff et Stan Mazor.
- La même année, Alan Shugart d'IBM installe un **lecteur de disquette 8 pouces** sur une machine à écrire, la **DISPLAYWRITER**.
- En avril 1972, Intel produit le **8008**, registres de 8 bits, avec 3500 transistors, fonctionnant à 108 kHz, adressant 16Ko.

1.7. Les années 1970 -7-

- En 1979, une configuration typique de micro-ordinateur contient et vaut en francs TTC de 1979 :
 - une unité centrale (Logabax LX525), à base de Zilog Z80 donné pour 0,5 Mips au plus, avec 64 Ko de mémoire et deux lecteurs de disquettes de 700 Ko, à 23000 F;
 - un moniteur 15 pouces à 10000 F;
 - une imprimante à aiguilles 180 caractères/s, 132 colonnes LX 180 : 22000 F. ou Itoh à 80 colonnes 8500 F.
 - un disque winchester en option 5 Mo à 21000 F. ou 8 Mo à 23000 F.

Les années 1980 et 1990 -1-

- Du côté des **très grands**, le CRAY X-MP à **4 processeurs** traite 713 Mflops en 1986, ce qui représente une croissance de cinq ordres de grandeurs par rapport aux 5 Kflops de l'IBM 704 en 1955.
- La même année le **CM-1**, est annoncé.
 - Cette «*connection machine*» est constituée de **65536 processeurs organisés en hypercube**, traitant un **bit chacun**.
 - Chaque processeur a **4 ko** de mémoire attachée.
- La diffusion des matériels de microinformatique devient explosive en nombre et en valeur pendant toute la décennie.
- La normalisation en informatique qui vient des télécommunications était encore balbutiante dans les années 70.
 - Elle gagne lentement du terrain dans les années 1980.
 - Le mouvement s'accélère dans les années 1990 sous les deux formes de droit ou de fait.

Les années 1980 et 1990 -2-

NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques

- **Quelques nouveautés. Elles portent essentiellement sur :**
 - **L'accès aux données,**
 - la machine de Neumann traite indifféremment tous les emplacements de mémoire;
 - **la notion de descripteur**, introduite par Burroughs est attachée à un élément de donnée, le descripteur est logé dans une cellule annexe du mot de mémoire. **Il a pour fonction de fournir au système des règles d'accès à cet élément.**
 - **Les jeux d'instructions.**
 - Or la notion de machine à jeu réduit d'instructions (Reduce Instruction Set Computer ou **RISC**, au lieu de Complex Instruction Set Computer **CISC**) apparaît dans les années 70. **La plupart des constructeurs annonçaient des machines de ce type dès 1988.**

Page 19

Pierre SWEID – CNAM de Clichy

Les années 1980 et 1990 -3-

NSY 104 : Architecture des Systèmes Informatiques

- **De nombreux microprocesseurs de ce type sont apparus depuis :**
 - Certains ont mis en doute l'avenir du RISC prétendant que **l'intégration des composants CMOS et l'accroissement corrélatif des performances** rendent « inutile » cette nouvelle voie.
 - En 1994 après l'introduction du PowerPC par Apple Computers, et peu après par IBM, Intel détenait **80% du marché** des microprocesseurs avec sa gamme 80XXX et Pentium.
 - En 2000, le PowerPC survit, la domination d'Intel est encore plus écrasante, l'Alpha de DEC n'a pas eu le succès escompté et les Pentium ont un **cœur RISC**.

Page 20

Pierre SWEID – CNAM de Clichy

Les progrès théoriques depuis les années 1940 -1-

- Les **succès des parties théoriques de l'informatique** sont mesurés à la fois par **l'impact qu'ils ont sur la pratique** et par leurs contributions à la **compréhension du calcul et de ses limites**.
 - Les années 1950 et 1960 ont été celles du développement des **langages formels** et des **modèles de calcul** tels que la machine à nombre fini d'états et **l'automate à pile**. **Les résultats sont d'usage courant dans la programmation et la traduction des langages**.
 - Les **travaux d'algorithmique** et de **structures de données** ont commencé dans les années 50, ils sont toujours d'actualité. Leurs principales réussites ont trait aux **tris**, à la **recherche de données**, aux **manipulations des chaînes** et des **graphes**, au **calcul scientifique** et à **l'optimisation**.
 - **La théorie de la complexité est née dans les années 60**. On a identifié l'échelonnement des problèmes et établi de nombreux théorèmes

Les progrès théoriques depuis les années 1940 -2-

- Au début des années 80, sont apparus les premiers modèles **relatifs à la hiérarchisation des mémoires** et à la **complexité des entrées et sorties**.
- La **cryptographie à clef publique** remonte à la deuxième moitié des années 70.
- La **recherche sur le parallélisme et les machines parallèles** a vraiment commencé dans les années 70.
 - Elle est très loin d'être terminée.
 - Elle a abouti à des modèles nouveaux pour des problèmes anciens
- La **sémantique formelle des langages de programmation** est née dans les années 60.
 - Elle a fait mieux connaître les règles de construction des programmes et leurs règles de transformations ce qui intéresse au plus haut point la compilation.
- **La théorie des bases de données relationnelles**, du début des années 70, a eu un impact considérable sur l'industrie

Les progrès théoriques depuis les années 1940 -3-

▪ Tendances actuelles

▪ circuits logiques :

- nombre de transistors +60% par an, répartis en 50% pour la densité et 10% pour la taille du substrat;
- fréquence de fonctionnement +50% par an, à peu près en proportion de la densité;

▪ mémoire vive :

- densité +60% par an;
- débit +30% en 10 ans;

▪ disque :

- densité +50% par an (était 25%);
- débit +30% en 10 ans.

▪ Les circuits intégrés sont toujours une part importante du coût des ordinateurs.

▪ Les circuits de mémoire :

- **ont toujours à peu près la même surface** (de .25 à 1 cm carré)
- **leur taux de rejet** sont d'environ 60% en début de fabrication et finissent à peu près à 0.
- **Le prix initial** est très élevé pour amortir les investissements.
- **En fin de vie**, le prix du circuit est calé sur son coût de fabrication plus quelques dizaines de francs de marges.

Les progrès théoriques depuis les années 1940 -4-

▪ Il existe une grande variété de mémoires :

- **la mémoire statique SRAM** utilise 4 ou 6 transistors par bit, on trouve des circuits de 16 Mbits avec des temps d'accès d'environ 12ns;
- **la mémoire dynamique DRAM** utilise 1 transistor et un condensateur par bit. Les circuits **64 Mbits** sont disponibles avec des temps d'accès d'environ **50ns** et un délai entre deux accès du double, le temps de cycle;
- **la mémoire ROM** utilise 1 transistor et une connexion par bit. Les densités et temps d'accès sont comparables à ceux des mémoires dynamiques;
- **la mémoire PROM** utilise 1 transistor et un fusible par bit;
- **les mémoires EPROM et EEPROM** utilisent 1 transistor normal et un transistor à grille flottante par bit;

Les progrès théoriques depuis les années 1940 -5-

- **la mémoire FRAM (mémoire flash)**, utilise 1 transistor et un condensateur à effet tunnel par bit. Cette technique a été inventée par **Fumiyoshi Matsuoka** alors chez Toshiba dans les années 1970. **Elle est plus dense que l'EEPROM. Elle n'est pas adressable par octet.** Elle a des performances comparables à celles de la mémoire dynamique sans besoin de rafraîchissement car elle n'est pas volatile;
- **la mémoire statique en arséniure** de gallium AsGa, en puces de 4K a un temps d'accès de 2ns;
- **les mémoires holographiques en 3D** arriveront vers 2003 disent certains spécialistes, leurs densités et débits seraient considérables jusqu'à remplacer les disques. Les capacités actuelles sont de 48 Mo/cm³ avec un objectif de 10 Go/cm³.

Quelques dates -1-

1823 calculateur mécanique à programme, Georges Babbage, G.B.	1952 réutilisation du logiciel, Grace Hopper, É.U.
1831 relais électrique, J. Henry	1952 premier ordinateur de série d'IBM (701), É.U.
1847 algèbres de Boole, George Boole, G.B.	1952 premier ordinateur en France CUBA, SEA, France
1873 mise au point de la machine à écrire, Remington, É.U.	1952 premier ordinateur de série en France Gamma 3, Bull, France
1888 tabulatrice Burroughs, É.U.	1954 premier ordinateur à tores de ferrite, Univac 1103A, É.U.
1904 invention de la diode, Fleming, G.B.	1954 première version de Fortran, Backus, É.U.
1907 tube à vide, Lee De Forest, É.U.	1954 premier système d'exploitation (IBM704), Gene Amdahl,
1911 jeu d'échecs mécanique, Torres y Quevedo, Espagne	1955 premier moniteur d'enchaînement de travaux (IBM 704), Gene Amdahl, É.U.
1915 automatisme, Torres y Quevedo, Espagne	1956 premier disque RAMAC, IBM, É.U.
1937 automate de Turing, Alan Turing, G.B.	1958 premier ordinateur entièrement transistorisé Univac, É.U.
1937 calculateur à relais, Stibitz, É.U.	1957 premier ordinateur à 32k de mémoire IBM 704, É.U.
1940 télétraitement, Stibitz, É.U.	1958 réseau d'ordinateurs SAGE, É.U.
1941 calculateur binaire à tubes à vide, Konrad Zuse, Allemagne	1958 Lisp au MIT McCarthy, É.U.
1943 calculateur binaire à tubes à vide, Alan Turing, G.B.	1959 Cobol, Grace Hopper, É.U.
1944 dernier calculateur électromécanique à relais, Howard H. Aiken, É.U.	1959 multitraitement Gamma 60, France et Univac LARC, É.U.
1946 premier calculateur à tubes, J. P. Eckert et Mauchly, É.U.	1959 circuit intégré, É.U.
1946 mémoire sur des lignes à retard	1959 virgule flottante câblée double précision (IBM 709), É.U.
1947 transistor, laboratoires Bell, É.U.	1959 anticipation IBM 709, É.U.
1948 mémoire en tubes électrostatiques, G.B.	1959 IBM 7030 (Stretch) 100 fois l'IBM 704 de 1955, É.U.
1948 affichage sur tube électrostatique, G.B.	1960 multiprogrammation (IBM Stretch), É.U.
1949 mémoire en ferrite, Hang et John H. Rajchman, RCA, É.U.	1960 machine-langage Algol : Burroughs B5000 Barton, É.U.
1950 première utilisation de transistor, SEAC, É.U.	
1951 registre d'index, M. Wilkes et Tom Kilburn, G.B.	
1951 microprogrammation, M. Wilkes, G.B.	
1951 premier ordinateur produit en série, Sté Ferranti Mark I, G.B.	
1951 ordinateur temps réel Whirlwind, É.U. É.U..	

Quelques dates -2-	
NSY 104 : Architecture des systèmes informatiques	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>1961 pagination dans l'Atlas de Ferranti, G.B. 1961 mémoire virtuelle dans l'Atlas de Ferranti, G.B. 1961 pipe line dans l'Atlas de Ferranti, G.B. 1961 temps partagé (CTSS), Franco Corbato, É.U. 1962 bus unique DEC, É.U. 1962 terminaux de guichet, First National Bank, É.U. 1962 machine langage, Burroughs, É.U. 1962 APL, Kenneth Iverson. 1962 logiciel de dessin Sketchpad Ivan Sutherland, MIT, É.U. 1964 réseau commercial Sabre, IBM pour American Airlines, É.U. 1963 technique CMOS, Frank Wanlass, É.U. 1963 premier grand multiprocesseur 14 processeurs B8500, Burroughs, É.U. 1963 premier hypertexte, Engelbart, Stanford, É.U. 1964 triomphe de la microprogrammation (IBM 360), É.U. 1964 superscalaire CDC 6600 et architecture lit-écrit, Seymour Cray, Control Data, É.U. . 1964 liaison par satellite France-É.U. IBM via Telstar 1964 lancement de PL/1, IBM, É.U. 1964 loi de Moore, Moore, É.U. 1965 mémoire cache (slave memory), M. Wilkes, G.B. 1965 création de Basic au Dartmouth College, Kemeny Kurtz, É.U. 1968 première souris, Douglas Engelbart, É.U. 1969 premier UNICS, É.U. 1969 langage Pascal, Niklaus Wirth, Suisse 1960 réseau d'ordinateurs commerciaux Sabre, É.U. 1970 Arpanet, É.U. 1971 microprocesseur Intel 4004, Ted Hoff, É.U.</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>1971 EPROM Intel, É.U. 1971 disquette 8 pouces Shugart, É.U. 1971 première calculatrice de poche, Texas Instruments, É.U. 1972 fibres optiques 1972 premier langage à objets Smalltalk, Xerox, É.U. 1973 premier microordinateur, Micral 8, R2E, France 1973 disque Winchester, Cocke, É.U. 1973 première calculatrice préprogrammée, Texas Instruments, É.U. 1975 disquette 5,25 pouces, Alan Shugart, É.U. 1974 définition de la machine RISC, (IBM) Cocke, É.U. 1976 première calculatrice programmable, Texas Instruments, É.U. 1976 premier superordinateur CRAY-I, Seymour Cray, É.U. 1978 videotex, France. 1978 Transpac premier réseau de transmission par paquets, France. 1979 ADA, Jean Ichbiah, France. 1980 disquette 3,5 pouces, Sony, Japon 1981 première machine Risc (IBM 801), É.U. 1981 PC, IBM, É.U. 1983 annuaire électronique, France. 1990 world wide web (CERN). 1993 navigateur Mosaic (U. Illinois), Andreessen, É.U.</p> </div> </div>
Pierre SWEID – CNAM de Clichy Page 27	

Une autre répartition -1-	
NSY 104 : Architecture des systèmes informatiques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De 1946 à 1958. Le temps des machines à tubes. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Elles contiennent environ 10⁴ composants. ➤ La programmation est faite en assembleur. ➤ Les concepts architecturaux y sont inventés : registre d'index, microprogrammation, interruptions, registres généraux, découplage des entrées et sorties, adressage indirect, pagination. ▪ La période de 1959 à 1965. Le temps de machines à transistors. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le nombre de composants passe à 10⁵. ➤ La programmation utilise des langages dits évolués. ➤ Des systèmes d'exploitation sont écrits, ils gèrent le traitement par lot. ▪ La période de 1965 à 1979. Le temps de machines à circuits intégrés SSI et MSI. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le nombre de composants passe à 10⁶. ➤ Les familles de machines compatibles apparaissent. ➤ La gestion interactive est en service. ▪ La période de 1979 à 1985. Le temps des circuits LSI. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le nombre de composants passe à 10⁷. ➤ Les microordinateurs sont construits, ils fonctionnent de façon autonome.
Pierre SWEID – CNAM de Clichy Page 28	

Une autre répartition -2-

- **Depuis 1985. Le temps du VLSI et au delà.**
 - Le nombre de composants dépasse 10^8 .
 - Les machines sont en réseau.
 - On a vu passer l'engouement pour les systèmes experts de l'«intelligence artificielle».
 - Les progiciels sont des produits de très grande série.
 - Les architectures de surface ou seulement profondes passent au RISC.
 - Les multiprocesseurs deviennent banaux.
 - Les pipelines et caches deviennent ordinaires.
 - Des machines à parallélisme massif sont proposées sans grand succès