

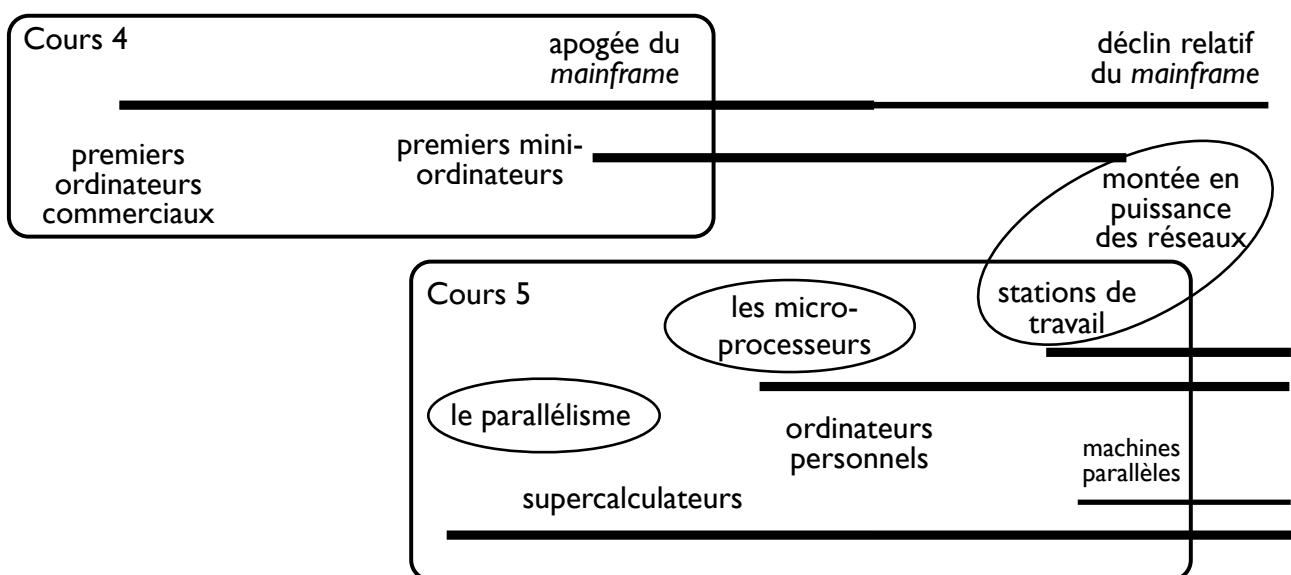
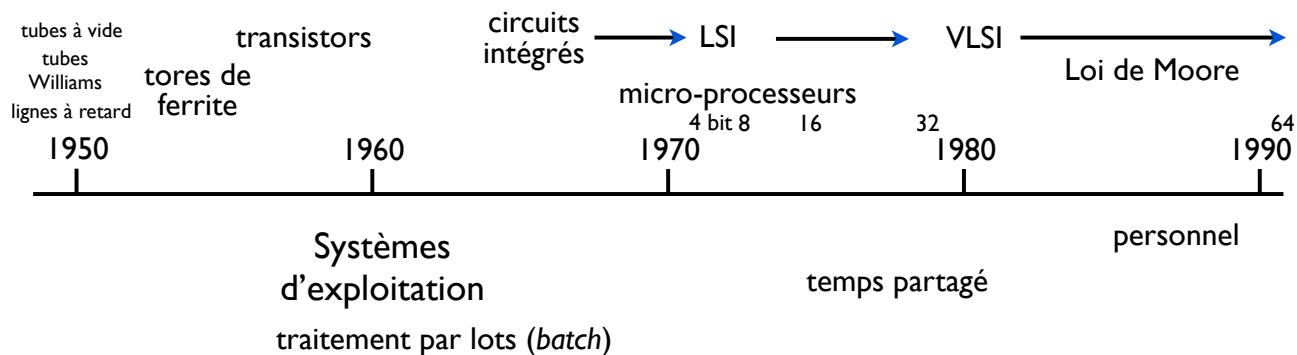
Éléments d'histoire de l'informatique

Sacha Krakowiak

Université Grenoble Alpes & Aconit

5. Du supercalculateur à l'ordinateur personnel

[CC-BY-NC-SA 3.0 FR](#)



Du supercalculateur à l'ordinateur personnel

Années 1970-85

❖ Une avancée technologique : l'invention du microprocesseur

L'explosion des ordinateurs personnels

Le début de la fin des mini

Les stations de travail et le déclin des *mainframes*

❖ Une avancée conceptuelle : l'exploitation du parallélisme

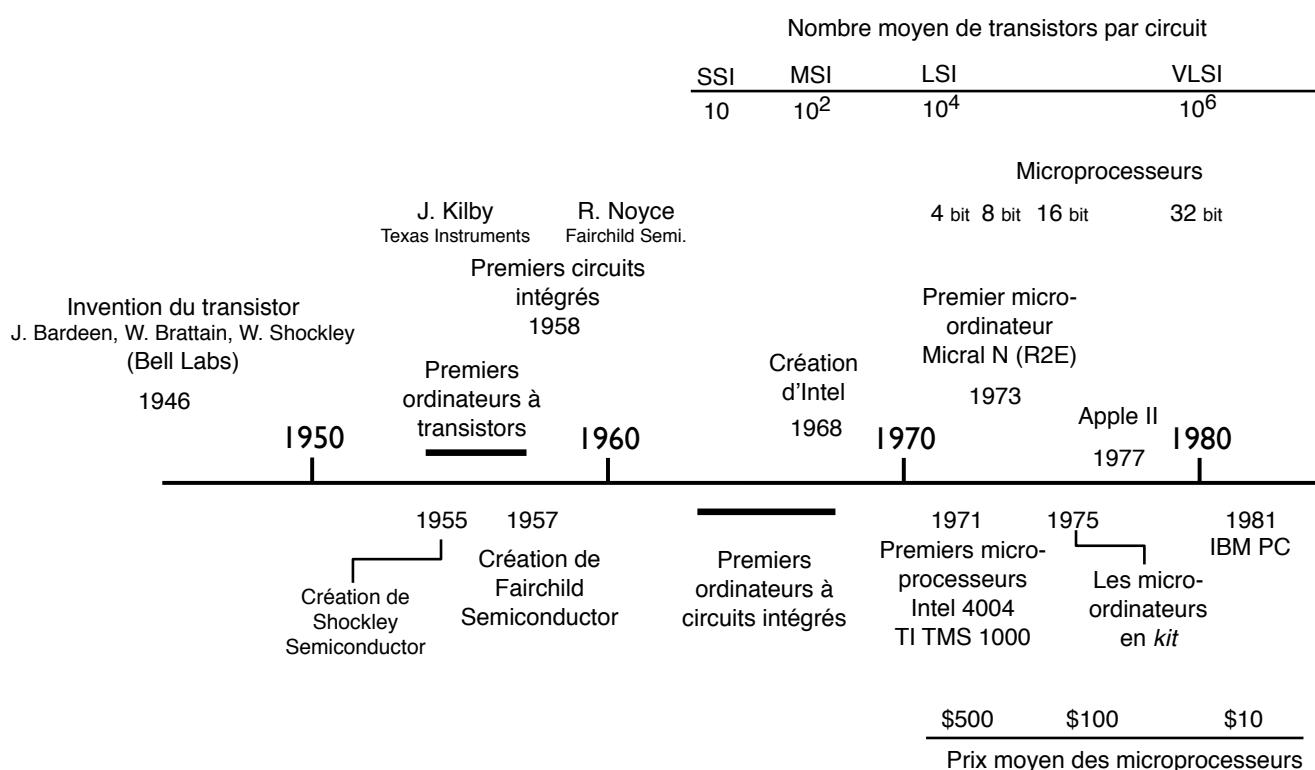
Les supercalculateurs : un principe simple, une réalisation délicate

Un retentissement sur toute l'architecture des ordinateurs

❖ La montée en puissance des réseaux

Les réseaux locaux, l'Arpanet

Circuits intégrés et microprocesseurs



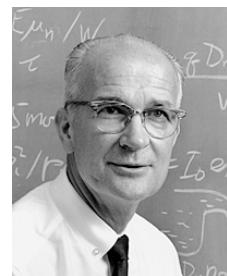
Du transistor au circuit intégré (1)

❖ Shockley Semiconductor Laboratory

Créé en 1956 par William Shockley
qui quitte les Bell Labs

En 1957, un groupe de 8 ingénieurs
quitte l'entreprise

William Shockley
1910-1989



CC-BY-3.0
Chuck Painter / Stanford News Service

❖ Fairchild Semiconductor

Division de *Fairchild Camera
and Instrument Co.*

Créée en 1957 par les «8 traîtres»
dont Robert Noyce et Gordon Moore

Le démarrage de la *Silicon Valley*

Une pépinière d'entreprises

Intel, AMD, National Semiconductor, ...

From left to right: Gordon Moore, C. Sheldon Roberts, Eugene Kleiner, Robert Noyce, Victor Grinich, Julius Blank, Jean Hoerni and Jay Last.
(1960)



©Wayne Miller
Magnum Photos for Fairchild Semiconductor

Du transistor au circuit intégré (2)

❖ Jack Kilby (Texas Instruments)

Premier circuit intégré, au germanium
Un oscillateur (2 transistors, 8 résistances)
Première démonstration : sept. 1958
Brevet en février 1959

Jack Kilby
1923-2005



Library of Congress
Image Courtesy of the
Computer History Museum

❖ Robert Noyce (Fairchild Semiconductor)

Utilise le silicium au lieu du germanium
Utilise une technique «planaire»
couches de Si et SiO₂ (isolant)
contribution de Jean Hoerni
Se prête bien à la fabrication en série
Brevet en juillet 1959



Robert Noyce
1927-1990



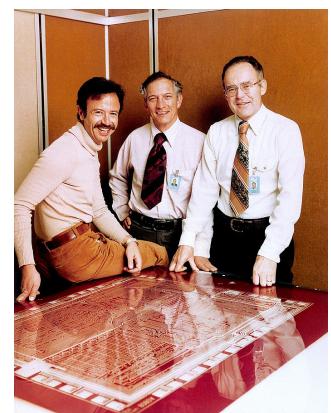
Premier circuit intégré (Jack Kilby)
Courtesy of Texas Instruments

Du circuit intégré au microprocesseur

❖ La création d'Intel

Robert Noyce, Gordon Moore,
Andrew Grove (1968)

Première mémoire SRAM 256 bits
à base de transistors MOSFET (1969)



Grove, Noyce, Moore (1978)
CC-BY-SA-2.0 Intel Free Press

❖ Les débuts des microprocesseurs

Premier microprocesseur : Intel 4004 (4 bits, 1971)

L'Intel 8088 équipe les premiers PC d'IBM (1981)

L'Intel 386 inaugure l'architecture IA-32 (1986)

❖ Autres constructeurs

Motorola : le MC68000 (1980)

AMD : seconde source pour les x86 (1981)

Zilog : Z8000 (1979)

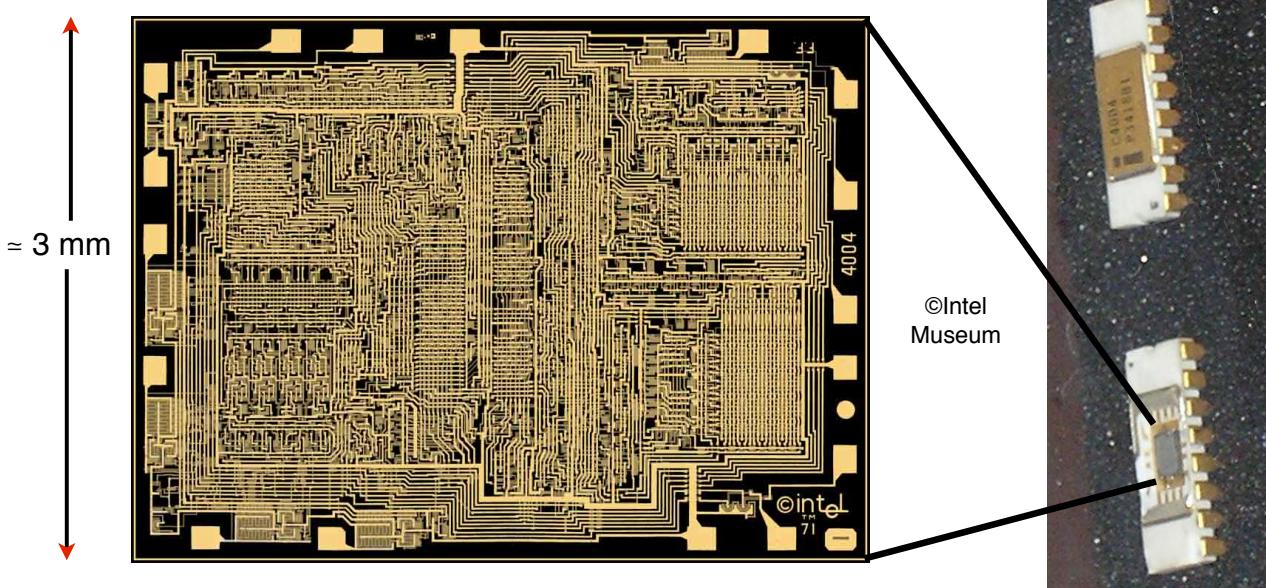
...



Federico Faggin
1941 -

Intel 4004 : le premier microprocesseur (1971)

Environ 2 300 transistors, horloge 740 kHz, 46 000 à 92 000 instructions/s, 46 instructions, 16 registres de 4 bits
Commande de Busicom, société japonaise de calculateurs



Micral-N : le premier micro-ordinateur

❖ La société R2E (Réalisation d'Études Électroniques)

Fondée en 1972 par deux anciens d'Intertechnique

Réalise le Micral-N en 1973

Rachetée en 1978 par
CII-Honeywell Bull



❖ Le Micral-N

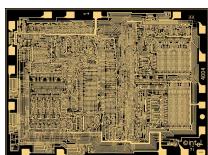
Construit sur l'Intel 8008

8 bits, 3 500 transistors

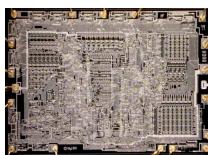
Bus «sur mesure» (Pluribus)

Utilisé pour le contrôle de procédés

20 exemplaires vendus



Intel 4004



Intel 8008



©Fédération des équipes Bull

Les premiers ordinateurs personnels

❖ Initialement, un public d'amateurs (*hobbyists*)...

Les constructeurs de postes de radio amateurs

Des revues spécialisées (*Popular Electronics, Radio Electronics*)

❖ Le premier ordinateur en *kit* (1974)

L'Altair 8800 (*Micro Instrumentation & Telemetry Systems, MITS*)

Un prix abordable : \$400 en *kit*, \$600 monté)

Construit sur l'Intel 8080

Jusqu'à 64K de mémoire

Un bus devenu standard (le S-100)

Wikimedia Commons
domaine public



Altair 8800
(+ 1 unité de disquette)

❖ La naissance de Microsoft

Bill Gates et Paul Allen proposent
de développer un BASIC pour Altair

C'est le début de Microsoft

1975-77 : l'essor des ordinateurs personnels

❖ Un mouvement porté par la base

Les magazines spécialisés

Byte, Popular Computing, Dr Dobb's...

Les clubs de développeurs



Steve Wozniak Steve Jobs
(1950 -) (1955 - 2011)

Image Courtesy of the
Computer History Museum

❖ Une floraison d'entreprises...

... la plupart éphémères

ACT, IMSAI, North Star, ...

... mais quelques-unes plus durables

Apple Computer

(Steve Wozniak, Steve Jobs, 1975)

Tandy (RadioShack)



CC-BY-SA 2.0 rebelpilot

❖ L'Apple I

Construit sur le MOS Technology 6502

200 exemplaires vendus

1977 : Du *kit* à l'ordinateur assemblé

❖ Apple II

Un appareil pour le grand public

Couleur et son

Un énorme succès malgré le prix

\$1200 pour la version de base

Une longue carrière

(17 ans, plus de 5 millions vendus)

Une influence durable



4 à 48 Kb de RAM
E/S cassette audio
(disquette en 1978)
OS en ROM puis disquette

MOS Tech.
6502

❖ RadioShack (Tandy) TRS 80

Un grand réseau de distribution (3 000 boutiques)

Peu coûteux (\$600)



Zilog Z-80

❖ Commodore PET 2001

Un grand succès en Europe

Après 85 : série Amiga



MOS Tech.
6502

Autres ordinateurs personnels

❖ Texas Instruments

TI 99/4

1981 : TI 99/4, premier 16 bits



Image Courtesy of the
Computer History Museum

❖ Atari

Initialement : consoles de jeu

Se lance dans l'informatique domestique en 1979

Atari 800 et 400, 2 millions d'exemplaires jusqu'en 1985

❖ En Europe (UK)

Sinclair

prévu pour affichage
sur un écran de
télévision

ZX 81

1978 : Science of Cambridge MK 14, en kit

1980 : Sinclair Research ZX80, bas coût (£99.95)

1981 : ZX81, gros succès y compris aux USA

1982 : ZX Spectrum



CC-BY-SA 3.0 Evan-Amos

Amstrad

Zilog Z80

1984 : CP 464

Les débuts de la bureautique

❖ Le traitement de texte

Quelques essais manqués dans les années 1965-70

Une avancée expérimentale en 1973 à Xerox PARC (WYSIWYG)

mais exploitée seulement après 1981

Deux percées commerciales : Wang (1976), MicroPro (1979)

❖ Wang OIS (*Office Information System*)

L'entreprise Wang Labs (créée en 1951)

Un système complet (serveur et terminaux «intelligents»)

Un succès considérable

Déclin et fin après 1985, devant le PC universel

❖ MicroPro WordStar

Un logiciel pour les ordinateurs personnels

Grand succès initial

Déclin à partir de 1984

Le rôle clé du logiciel

❖ De «vraies» applications

Initialement : les jeux

L'éducation

1979 : VisiCalc pour Apple II

Le premier tableur (Daniel Bricklin, Robert Frankston)

Un fort argument de vente pour Apple II

100 000 exemplaires en 1981

1979 : traitement de texte WYSIWYG WordStar (MicroPro)

A	ITEM	B	NO.	C	UNIT	D	COST
1	MUCK	RAKE	43	12	95	556	85
4	BUZZ	CUT	258	45	95	181	25
5	TOE	TUNER	258	45	95	1248	50
6	EYE	SNUFF	2	4	95	9	95
						SUBTOTAL	13155.50
						9.75% TAX	1282.66
						TOTAL	14438.16

Écran VisiCalc
Wikimedia Commons
domaine public

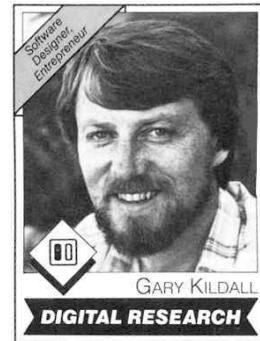
❖ Le langage

Essentiellement BASIC (Microsoft et autres)

❖ Le système d'exploitation

CP/M : un système pour ordinateurs personnels

Gary Kildall (Digital Research)



L'IBM PC

❖ Une réaction tardive (1981), mais efficace

❖ Une nouvelle stratégie



Don Estridge
1937 - 1985
IBM Archive

Une petite équipe autonome IBM PC 5150

loin des centres de décision

Un recours massif à la sous-traitance

Des spécifications ouvertes



Wikimedia Commons

❖ Un système d'exploitation controversé

Initialement MS/DOS (*quick & dirty*)

La fortune de Microsoft

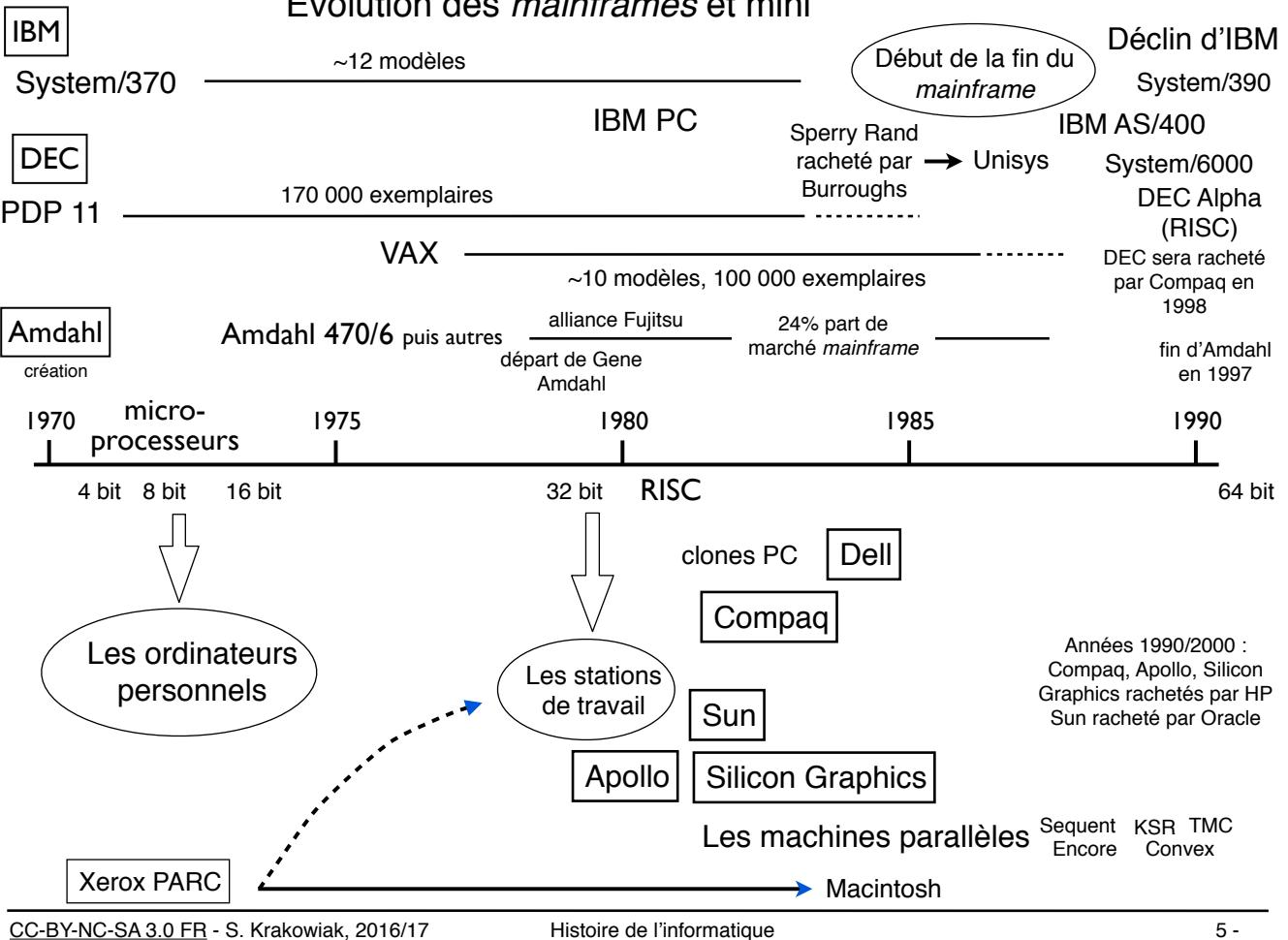
❖ Un succès immédiat...

Intel 8088

... mais largement dû aux clones

Compaq, Dell, les constructeurs asiatiques





Le DEC VAX

✿ Une machine emblématique

Annoncée en 1977

Issue du PDP 11, concurrence les *mainframes*

Large diffusion : 100 000 exemplaires



VAX 11/780
Chilton Computing Lab., UK

✿ Une architecture bien conçue

Mémoire virtuelle paginée Texte

Jeu d'instructions (CISC) orthogonal

Masques de sous-programmes

✿ Un système d'exploitation performant : VMS

Également Unix (filiation PDP 11)

Permet le fonctionnement en grappes



MicroVAX-360
WikiMedia Commons
domaine public

Les premières stations de travail

- ❖ Des précurseurs (années 1970)
Les machines Lisp ; l'Alto de Xerox ; le Xerox Star
- ❖ Les facteurs initiaux
Les processeurs 32 bits (Motorola 68000, Intel IA-32)
Les capacités graphiques (écran *bitmap*, souris)
Le système d'exploitation Unix
Les réseaux locaux (Ethernet)
- ❖ Un nouveau marché
CAO, simulation, applications graphiques
développement de logiciel
- ❖ De nouveaux acteurs
Apollo Computer (1980), Sun Microsystems (1982), Silicon Graphics (1982) ...
... suivis par les «grands» : DEC, HP, IBM

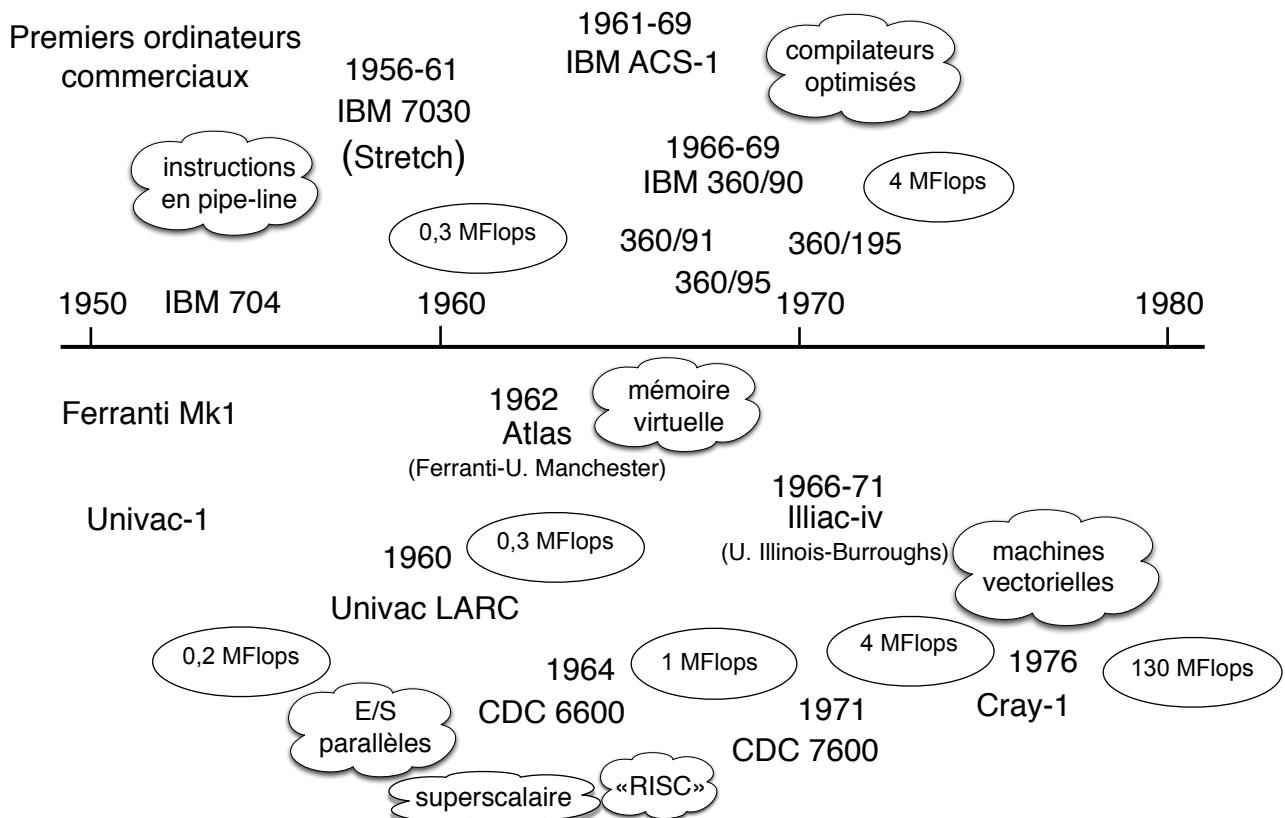


Sun-2

CC-BY-SA 2.5,
Michael Thompson

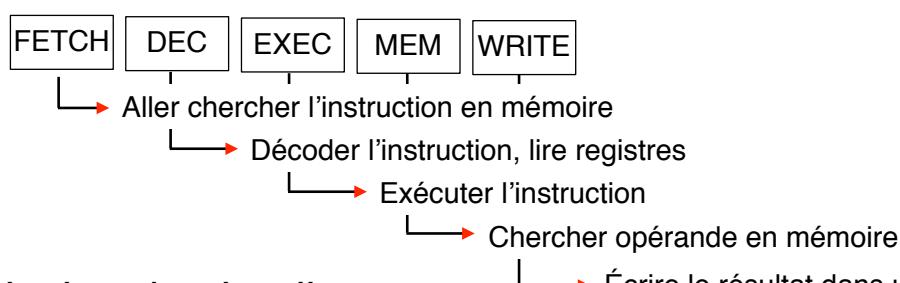
Le parallélisme dans les premiers supercalculateurs

Les premiers «supercalculateurs»

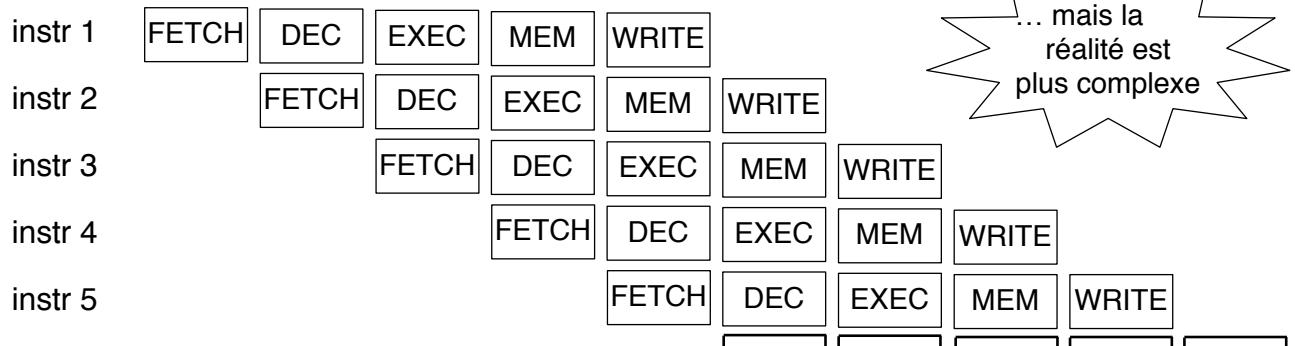


Instructions en pipe-line

✿ Les étapes d'une instruction (simplifié !)



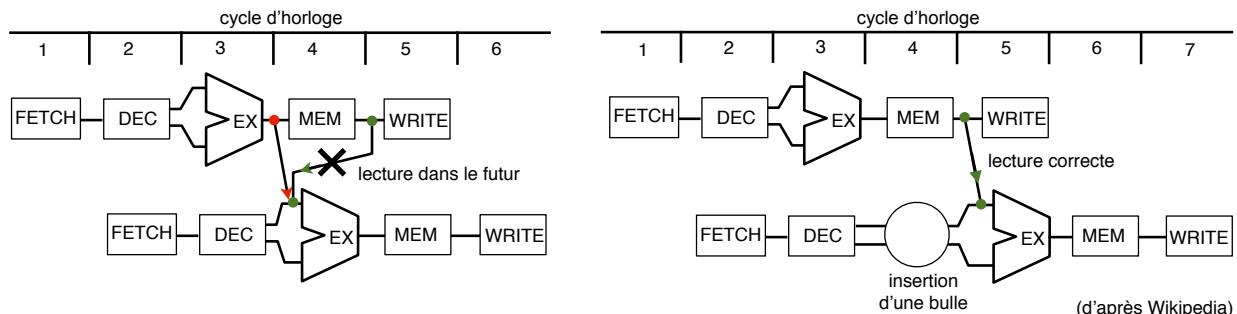
✿ Principe du pipe-line



Difficultés du pipe-line (1)

Le fonctionnement du pipe-line peut être perturbé pour diverses raisons, qui empêchent le déroulement continu des instructions.

❖ Conflits d'accès aux données



ici : conflit *read after write* (RAW), le plus fréquent

autres conflits possibles : WAW, WAR

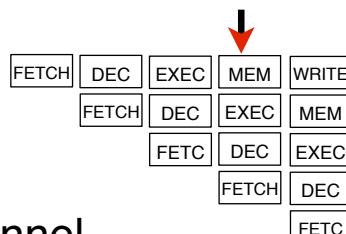
Solutions :

- *forwarding* : transmettre résultat dès que possible (pas toujours applicable)
- insérer des «bulles» (mais retarde l'exécution)
- ordonner dynamiquement (changer l'ordre d'exécution)
- se reposer sur les compilateurs

Difficultés du pipe-line (2)

❖ Conflits d'accès aux ressources

source d'attente («bulles»)



❖ Instructions de branchement conditionnel

si on attend l'évaluation de la condition, on retarde l'exécution
une voie d'approche : faire une hypothèse sur le résultat

toujours la même (ex : pas de branchement)

prévision fondée sur l'histoire antérieure

donc :

si l'hypothèse est juste, on ne perd rien

si elle est fausse, il faut annuler le travail fait à tort (bulle)

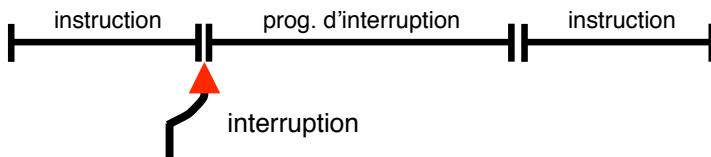
autre voie :

changer l'ordre des instructions (si c'est possible) pour «avancer»
l'évaluation de la condition

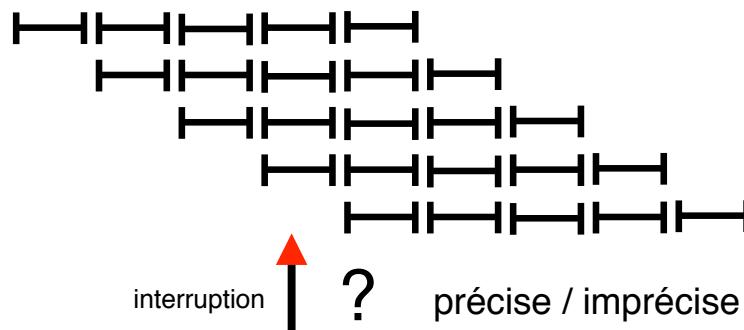
Difficultés du pipe-line (3)

❖ Interruptions

dans une architecture sans pipe-line : «points interruptibles»
(en général entre deux instructions)



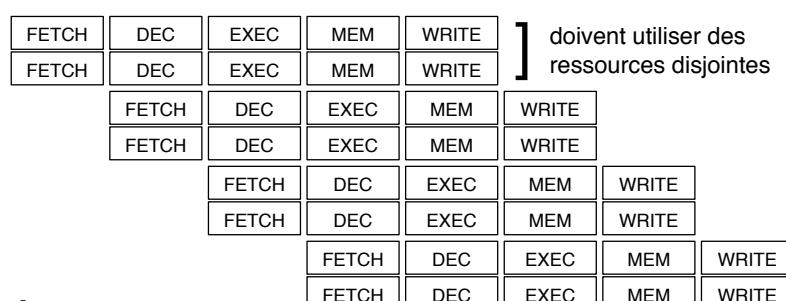
où sont les points interruptibles dans un pipe-line ?



Architectures superscalaires

❖ Une autre source de parallélisme

lancer plusieurs instructions à la fois
les ressources doivent permettre leur exécution en parallèle
peut être combinée avec un pipe-line



❖ Difficultés

risques accrus de retards dus aux dépendances
d'où réorganisation dynamique de l'exécution des instructions

Machines parallèles emblématiques des années 1960-70

IBM 7030 «Stretch» (1956-61)

- ❖ Un objectif ambitieux
 - 100 fois la vitesse du 704
- ❖ Des avancées techniques
 - première machine IBM à transistors
 - une des toutes premières pour les instructions en pipeline
- ❖ Une équipe talentueuse
 - Steve Dunwell, Gene Amdahl (au début)
 - «débutants» prometteurs : Fred Brooks, John Cocke
- ❖ Un échec commercial...
 - performances limitées (30 x 704 au lieu de 100), 9 exemplaires vendus
- ❖ ... mais une expérience précieuse pour la suite



Console de maintenance
de l'IBM 7030
Musée des Arts et Métiers

©2006 David Monniaux

CDC 6600

(1962-64)

- ❖ Le premier «supercalculateur»

1 MFlops, > 100 exemplaires

- ❖ Des avancées décisives

entrées-sorties parallèles

(10 processeurs périphériques
multiplexés)

jeu d'instructions «RISC» avant l'heure

architecture «superscalaire» avant l'heure

ordonnancement dynamique

cache d'instructions

- ❖ Un architecte de génie

Seymour Cray (1925-1996)



CDC 6600
CC BY 2.0 2006, Jitze Couperus



Seymour Cray
Wikipedia Commons

Famille IBM 360/90 (91, 95, 195)

- ❖ Une série réussie

environ 4 MFlops pour le 195,
rival du CDC 7600

environ 40 machines construites
(dont 25 360/195)



IBM 360/195

© Rutherford Appleton Laboratory-STFC
<http://www.chilton-computing.org.uk/>

- ❖ Avancées techniques

mémoire cache (vient du 360/85)

pipeline (mais non superscalaire)

réordonnancement des instructions pour éviter
les conflits de données (Robert Tomasulo)

circuits intégrés

multiplicateur flottant parallèle

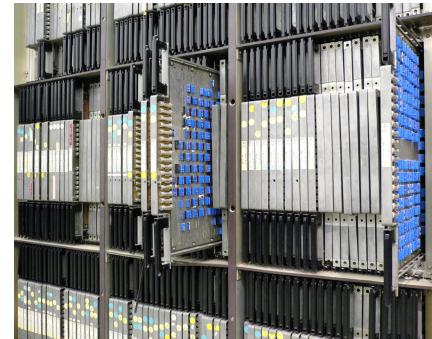
Illiac IV (1965-1971)

❖ Un objectif ambitieux

SIMD (même instruction, données multiples : 256 processeurs, 1 GFlops)

❖ Une histoire mouvementée

suite d'un projet avorté (Solomon)
Université d'Illinois (Daniel Slotnick)
+ Burroughs
manifestations d'opposants (programme militaire)



ILLIAC 4
CC BY 2.0 Steve Jurvetson
Menlo Park, USA

❖ Un semi-échec

un seul exemplaire construit, 64 processeurs, utilisé par la NASA
budget = 4 x prévision, 100 MFlops
nombreux problèmes techniques, 3 ans de mise au point après livraison
néanmoins : en 1975, machine la plus rapide

Cray-1 (1972-76)

❖ Cray Research (fondé en 1972)

❖ Une architecture novatrice

SIMD, processeur vectoriel
opère sur jeu de registres 8 X 64 X 64 bits
instructions en pipeline (sans conflit)
avancées techniques
refroidissement
longueurs de connexion minimales



Cray 1
Wikimedia Commons
Deutsches Museum, Munich
CC-BY 2.5, Clemens Pfeiffer

❖ Un grand succès

> 100 exemplaires sur les différentes versions (objectif initial : 12)
140 MFlops

❖ Le début d'une série

Cray X-MP (1982, 800 MFlops), Cray 2 (1985, 1,9 GFlops), ...

Bilan des premières machines parallèles (1956-1976)

- ❖ Parallélisme interne dans les machines SISD
 - instructions en pipeline
 - architectures superscalaires
 - gain de performances, coût élevé en complexité
- ❖ Les premières machines vectorielles (SIMD)
 - plus tard supplantées par les MIMD
 - regain actuel dans les processeurs graphiques
- ❖ L'importance déterminante du logiciel
 - techniques de compilation
 - systèmes d'exploitation
 - programmation parallèle

La situation en 1985

- ❖ Déclin des *mainframes*
 - Échec du projet FS d'IBM (post 370)
- ❖ Montée en puissance des stations de travail
- ❖ Développement des réseaux
 - mais pas chez le grand public...
 - ... à l'exception du Minitel
- ❖ Disparition des minis
- ❖ Domination du PC dans les ordinateurs personnels
 - ... mais forte influence du Macintosh
- ❖ Domination de Cray dans les super-ordinateurs...
 - ... mais déclin du calcul vectoriel dans les années 1990