

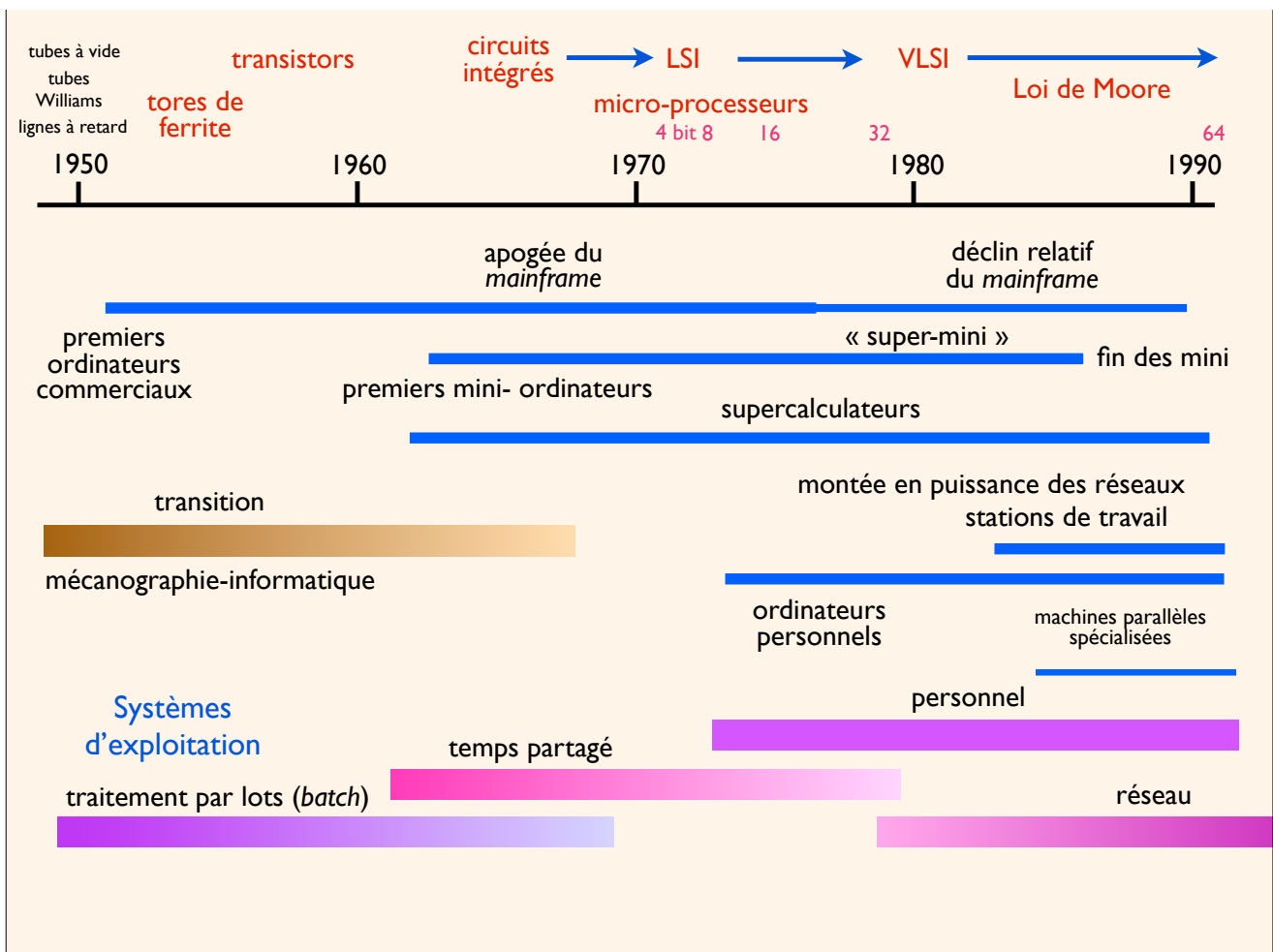
Éléments d'histoire de l'informatique

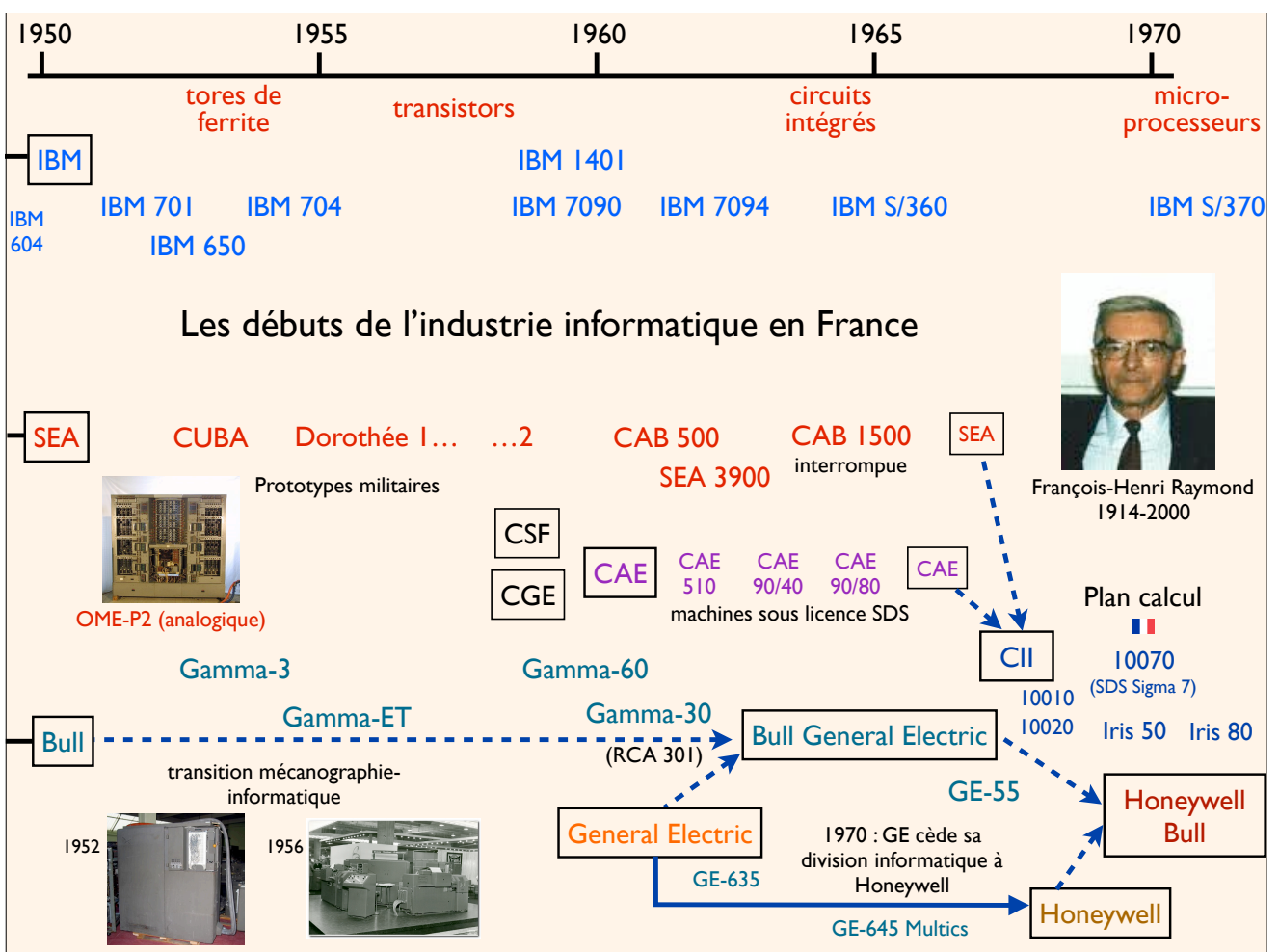
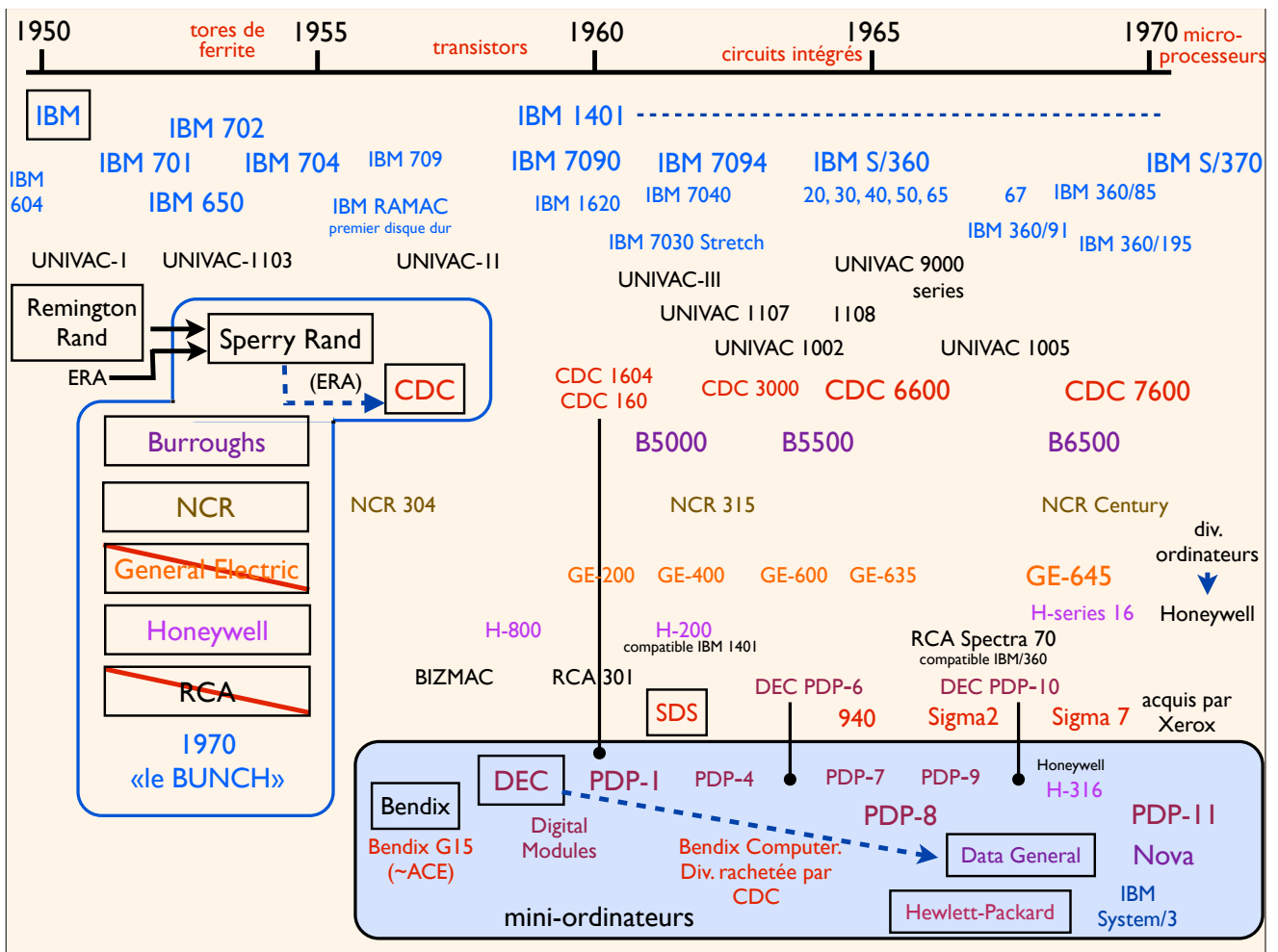
Sacha Krakowiak

Université Grenoble Alpes & Aconit

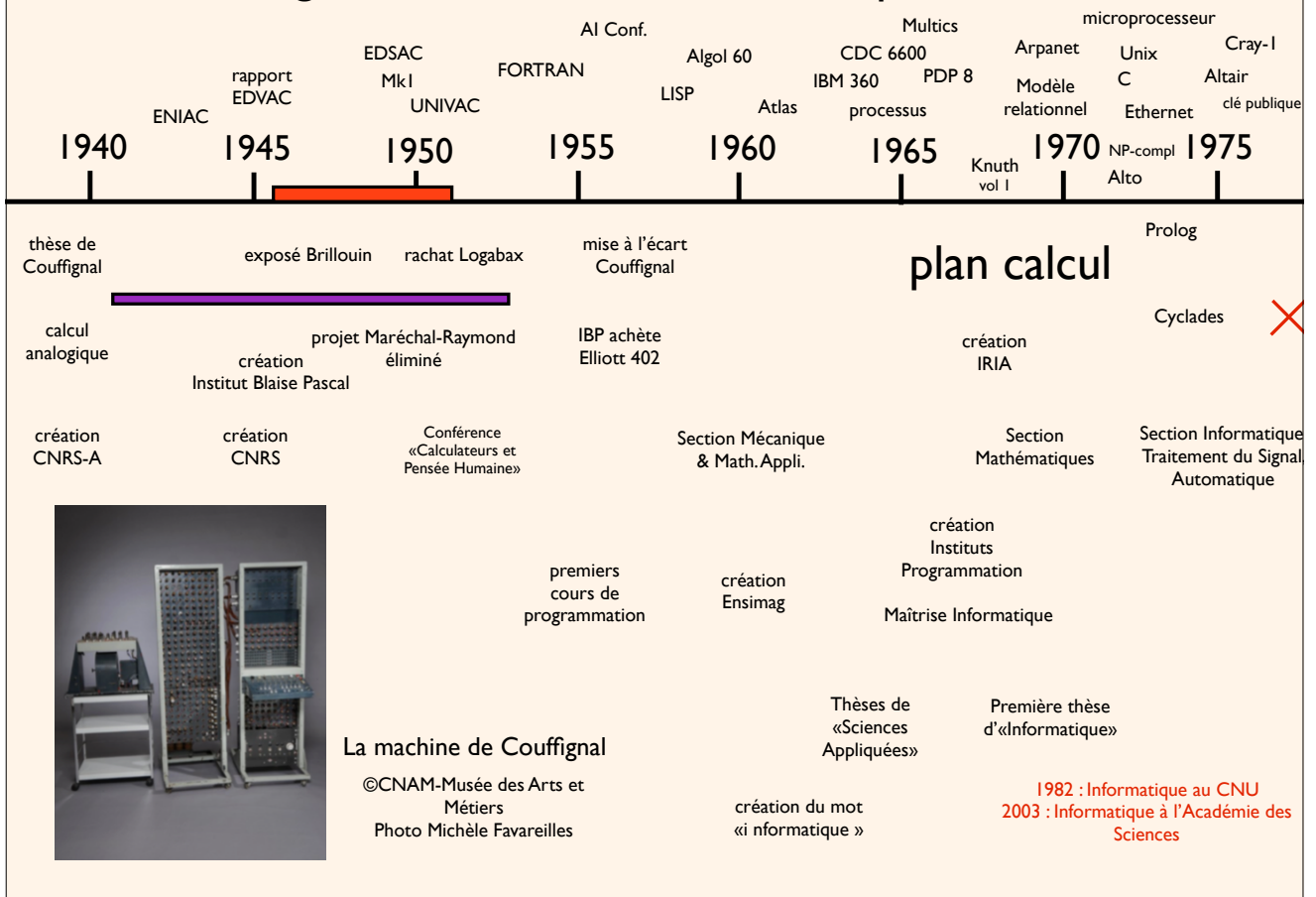
4-5. Évolution des ordinateurs

CC-BY-NC-SA 3.0 FR





L'émergence de la science informatique en France

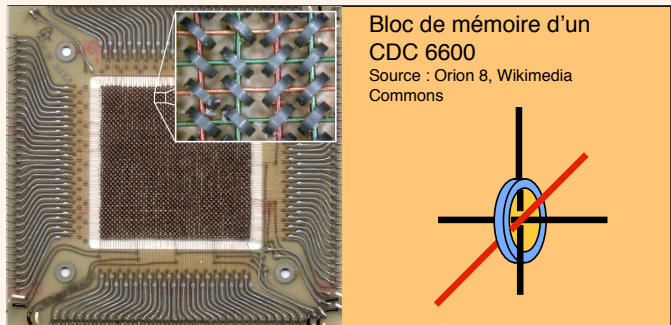


Sauts technologiques des années 1950-70

❖ Mémoire à tores de ferrite

Whirlwind, 1953

remplacent les tubes Williams et les lignes à retard



❖ Disque dur magnétique

IBM RAMAC, 1956

❖ Circuits logiques à transistors

remplacent les tubes à vide

prototypes : Université de Manchester, 1953 - IBM 604, 1955
commercial : IBM 608, 1957

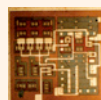


❖ Circuits intégrés

SSI (1958), MSI (1968), LSI (1973), VLSI (1980)

10 10² 10⁴ 10⁵

Vers les microprocesseurs (1971)



Nouveautés architecturales

- ❖ **Unité de virgule flottante**
introduite sur l'IBM 704 (mais existait dans Z3)
- ❖ **Registres d'index**
introduits sur le Manchester Mark-1 (1949)
registres banalisés sur le DEC PDP-6 et la série IBM 360
- ❖ **Interruptions**
introduites sur l'UNIVAC 1103A (1956)
- ❖ **Canaux d'entrée-sortie**
IBM 709 (1957) ; très développés sur la série IBM 360
- ❖ **Cache**
introduit sur l'IBM 360/85 (1968)

1951-55 : IBM vs UNIVAC

- ❖ **Avance initiale d'UNIVAC (Remington Rand)**
UNIVAC-1 : livré en mai 1951, applications de gestion
mémoire à ligne à retard, logique à tubes, 10 unités de bande magnétique
une vingtaine livrés entre 1952 et 1954
- ❖ **Réaction d'IBM**
3 projets en cours, rapidement réorientés
Defense Calculator ==> IBM 701 (1952)
mémoire à tube Williams, scientifique, inspiration IAS (von Neumann)
Tape Processing Machine ==> IBM 702 (annonce 1953, production 1955)
mémoire à tube Williams, gestion
Magnetic Drum Calculator ==> IBM 650 (annonce 1953, production fin 1954)
mémoire à tambour, bas coût (25% UNIVAC-1), grand succès commercial

UNIVAC 1103 (1953) scientifique réponse au 701 tube Williams vient d'ERA (rachat)

En mi-1955, ventes IBM série 700 : 24 ; ventes UNIVAC : 36 En mi-1956, ventes IBM série 700 : 66 ; ventes UNIVAC : 46
--

1954-60 : IBM et les « Sept Nains »

❖ IBM : la suite du 701, l'IBM 704 (1954)

virgule flottante câblée, 3 registres d'index, mémoire à tores de ferrite
premier compilateur FORTRAN, premier Lisp, premier moniteur *batch*
puis 709 (1958), 7090 (1959, transistors) : grosses machines scientifiques
suite du 702 : IBM 705 (1954-55) ; disques en 1956

❖ Les Sept Nains...

Remington Rand (puis Sperry Rand) – 12% du marché

suite d'Univac I : Univac II, 2 fois plus puissant, bandes magnétiques
plastique

suite du 1103 : Univac 1103A, rival du 704, premier système d'interruptions

Les autres : peu de survivants

le coût d'entrée sur le marché est maintenant très élevé

les entreprises généralistes renoncent (sauf RCA, GE, Honeywell)

nombre de petites sont rachetées, ou disparaissent

les «nouveaux» : CDC (issu de Sperry Rand, 1957), DEC (issu du MIT)

Machines des années 1955-60



IBM 704
(NACA)

Wikimedia Commons
domaine public



Univac 1103
Lockheed

Wikimedia Commons
domaine public

Wikimedia Commons
domaine public



Source photo
Fédération
des équipes Bull

IBM 650 (Sogreah)



bi-IBM 7090 (NASA)

Control Data Corp. (CDC) : du mini au super

❖ Chronologie

1945 : création d'ERA (*Engineering Research Associates*)

[ERA 1101](#)

1952 : Remington Rand acquiert ERA

1953 : UNIVAC 1103, successeur d'ERA 1101 (Seymour Cray)

[premier système d'interruptions](#)

1957 : l'équipe ERA quitte Sperry Rand pour créer CDC

❖ Premières réalisations

1960 : CDC 1604 (et CDC 160, un des premiers mini-ordinateurs)

[une des premières machines à transistors](#)

❖ Vers les super-calculateurs

1963 : CDC 3600

1964-65 : CDC 6600 (premier «super-calculateur»)

1972 - ... Cray Research, puis Cray

[une référence pour les supercalculateurs](#)

Seymour Cray
[Wikipedia Commons](#)



L'IBM 1401 : l'informatique à la portée de tous

❖ Motivations (1958-59)

Trouver un successeur à l'IBM 650 (machine peu chère, 800 ex.)

[utiliser les tores de ferrites et les transistors](#)

[remplacer les tabultrices \(encore largement en service\)](#)

❖ Mise en œuvre

La transition avec la mécanographie : RPG (*Report Program Generator*), programmation inspirée du tableau de connexion

Une assistance logicielle («progiciels» avant la lettre)

❖ Un large succès

12 000 exemplaires vendus (au lieu des 1 000 prévus)

Les facteurs de la réussite (malgré des performances modestes)

[le bas coût](#)

[un «système» plutôt qu'une machine](#)

[l'imprimante rapide \(600 l/min\)](#)

IBM 1401 : la technique

❖ Technologie

diodes et transistors sur circuits imprimés
mémoire à tores, cycle 11,5 μ s

❖ Architecture

machine à caractères, mots de taille variable
1 caractère = 6 bits + parité + marque fin mot
instructions de taille variable (de 1 à 8 car.)
format de données inspiré par format cartes
zones réservées pour entrées-sorties

❖ Usages

machine de gestion pour petites entreprises
frontal d'entrée-sortie pour gros ordinateurs
conversion cartes-bande et bande-impression



Un IBM 1401 en maintenance

CC-BY-SA-3.0, ArnoldReinhold
Photos prises au Computer History Museum



L'imprimante 1403, ouverte

Un pari risqué : la série IBM/360

❖ Motivations (début des années 60)

Une large gamme de machines incompatibles entre elles
Pas d'économie d'échelle, pas de portabilité des logiciels

❖ Objectifs

Une famille unique d'ordinateurs couvrant un large spectre
Des logiciels compatibles sur toute la gamme

❖ Un défi technique et commercial

Réalisation de la compatibilité
Abandon des gammes existantes, large base installée

❖ Une décision difficile

Un groupe de travail (*SPREAD*) : rapport fin 1961, feu vert
La préparation : un secret bien gardé
Annonce : avril 1964, 5 modèles (20, 30, 40, 50, 65)

La microprogrammation, clé de la compatibilité

❖ Principe

Une base de «micro-opérations» pour la construction du répertoire d'instructions d'une machine

Idée : Wilkes (1951) ; première réalisation : EDSAC-2 (1958)

❖ Avantages

Simplifier la conception du jeu d'instructions

Faciliter l'évolution du jeu d'instructions

Permettre l'émulation d'une machine par une autre

❖ Aspects techniques

Une micro-instruction définit les transferts pour chaque cycle d'horloge

Champs d'une micro-instruction (exemple)

entrées de l'ALU, opération, registre (R/W), mémoire (R/W, adresse, registre), micro-instruction suivante, étiquette, etc.

Mémoire de microprogrammes : initialement ROM ou PLA

La série IBM/360

❖ Un lancement spectaculaire

avril 1964 (accéléré par la sortie de l'Honeywell 200, rival du 1401)

❖ Un grand succès commercial

la production peine à suivre

❖ Un moteur pour l'activité d'IBM

effectif : +50% entre 1965 et 1970, près de 270 000 employés

❖ Une forte influence sur toute l'industrie informatique

le développement des «compatibles»



IBM 360/20
Deutsches Museum, Munich
CC-BY-2.5, Ben Franske



IBM 360/65
Image courtesy Computer History Museum

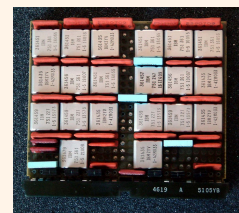
IBM/360 : la technique

❖ Une technologie innovante et fiable

SLT (*Solid Logic Technology*)

diodes et transistors discrets encapsulés dans du verre
résistances sur substrat céramique

Microprogrammation, sauf pour les machines
du haut de la gamme



CC-BY-SA-3.0
ArnoldReinhold

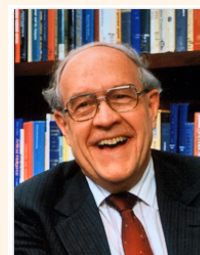
❖ Une architecture simple (au départ)

mots de 32 bits, adressables
par octet, adresse sur 24 bits
16 registres généraux 32 bits
+ 4 registres flottants 64 bits
adressage par registres de base
système d'interruptions
canaux d'entrée-sortie
codage EBCDIC (non ASCII)

Les architectes de l'IBM/360



Gene Amdahl
(1922 - 2015)



Fred Brooks
(1931 -)

Images courtesy Computer History Museum

L'IBM 360 : forces et faiblesses

❖ Points forts

Pour les usagers

Architecture unique
abaissement du coût d'entrée
Émulation de modèles anciens

Sur le plan technique

Adressage par octet
Registres de base
Registres banalisés
Mot d'état (facilite commutation contexte)
compteur ordinal, masques d'IT,
privilèges, ...
Canaux d'E/S programmables
sélecteur (unique, rapide)
multiplexeur (multiple, lent)

❖ Points faibles

N'utilise pas les circuits intégrés

risque d'une technique nouvelle

Une architecture pour le *batch*

malgré les premières expériences
pas de mémoire virtuelle...
... mais introduction du 360/67

Un système d'exploitation lourd et difficile à maintenir

OS/360, voir Brooks

Une architecture peu adaptée aux mini-ordinateurs

mais sortie de l'IBM 3 en 1969

La série 360 : réponse des concurrents

Trois stratégies face à la domination d'IBM

- ❖ Fournir un produit compatible avec meilleur coût-efficacité
ordinateurs : RCA, plus tard Amdahl
périphériques et composants divers
- ❖ Fournir un produit non compatible mais «différencié»
Honeywell, Burroughs, NCR
- ❖ Se placer sur un marché non/mal couvert par le 360
les mini-ordinateurs : DEC, Data General
les super-calculateurs : CDC

Réponse d'IBM (années 1970)

- ❖ Nouvelles gammes de machines
mainframes : System/370
minis : System/3

Les mini-ordinateurs

- ❖ Une nouvelle forme d'ordinateurs...
mot de mémoire court (12 à 16 bits) - mais techniques pour l'adressage étendu
encombrement physique réduit - techniques de *packaging* et d'intégration
accès direct à la mémoire (DMA)
coût réduit, mais performances élevées
- ❖ ... pour de nouvelles applications
commande de procédés industriels
appareillage de laboratoire, matériel médical
brique pour systèmes spécialisés par OEM (*Original Equipment Manufacturer*)
- ❖ ... plus proche des utilisateurs
accès direct aux machines
documentation interne ouverte
modifications et extensions encouragées

Ce ne sont pas des
mainframes en réduction

DEC : du PDP-1 au PDP 11

❖ Digital Equipment Corporation : l'anti-IBM

créée en 1957 (Kenneth Olsen, Harlan Anderson)
issu du MIT

une culture de l'innovation, autour
d'équipes réduites

une grande ouverture (diffusion de l'information)

la conquête de nouveaux secteurs d'applications

machines vendues plutôt que louées

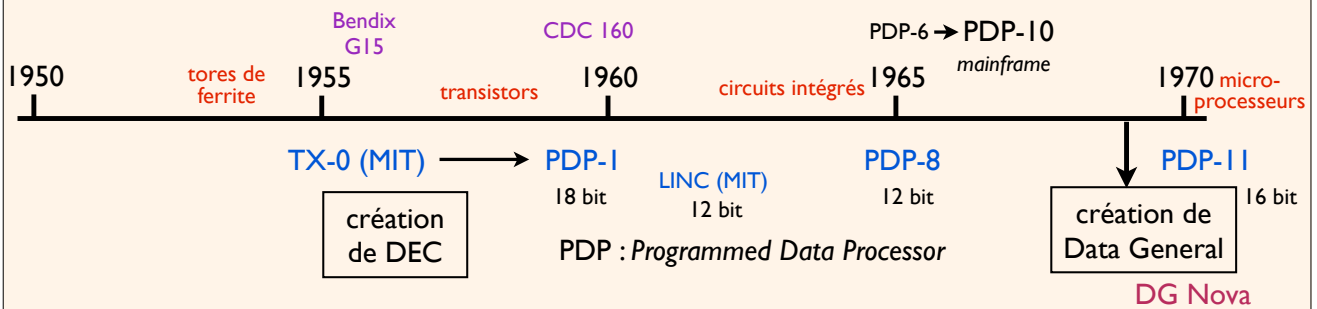
peu d'efforts sur le *marketing*

PDP-1 avec Steve Russell
(Spacewar)



Computer History Museum

CC_BY-SA-2.0,Alex Handy



CC-BY-NC-SA 3.0 FR - S. Krakowiak, 2016/17

Histoire de l'informatique

4 - 21

PDP-8 : vers un nouveau type d'ordinateur

❖ Le premier mini à grande diffusion

environ 40 000 machines

simple et bon marché (\$18 000) pour conquérir un nouveau public

❖ Architecture

mot de 12 bits, assez pour applications de commande de procédés

accès direct à la mémoire (DMA)

mémoire de 4096 mots

jeu réduit d'instructions

8 instructions de base

+ 34 «étendues»

❖ Logiciel

système d'exploitation
pour temps réel

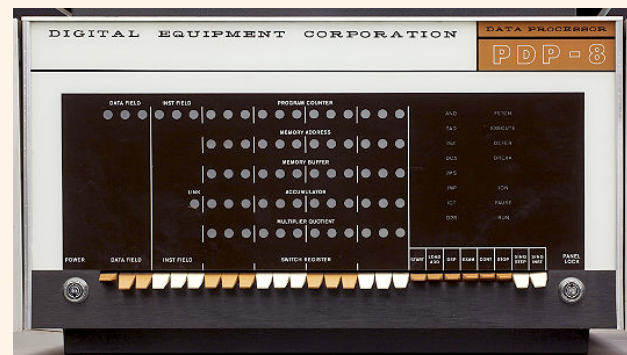


Image courtesy Computer History Museum

CC-BY-NC-SA 3.0 FR - S. Krakowiak, 2016/17

Histoire de l'informatique

4 - 22

PDP-11 : une machine innovante

❖ Traits d'architecture

Mots de 16 bits, 8 registres généraux

transistors (1970), circuits intégrés LSI (1975)

L'Unibus (bus unique pour mémoire et E/S)

facilite l'extension et l'adaptation à des périphériques spéciaux

Jeu d'instructions «orthogonal»

ex : unique instruction MOVE pour tout transfert et E/S

Système d'interruptions évolué

Entrées-sorties par DMA

❖ Le plus populaire des minis

600 000 exemplaires vendus (toutes versions) de 1970 aux années 1990

Effectifs de DEC :

5 800 en 1970, 36 000 en 1977

Une importance historique :

- le prédécesseur du VAX
- le support initial d'Unix



PDP-11/40

CC-BY-SA-3.0
Stefan_Kögl

Les usages de l'informatique

Les années 1955-60

❖ La transition mécanographie-informatique

une transition laborieuse pour les utilisateurs et les constructeurs
en 1959 (avant l'annonce du 1401), 65% des bénéfices d'IBM aux USA
venaient de la mécanographie (et 90% dans le monde)

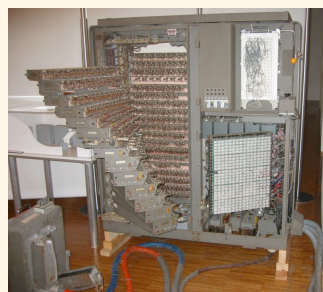
un exemple de transition en France :

du Bull Gamma-3 (1952-53)

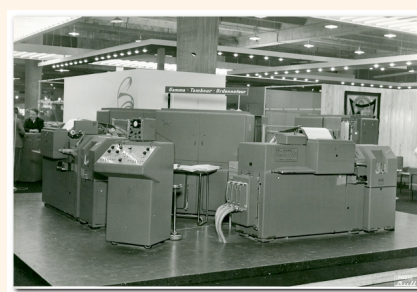
au

Bull Gamma-ET (1956-57)

Coll. Aconit,
photo J. Bellec



© Fédération
des équipes Bull



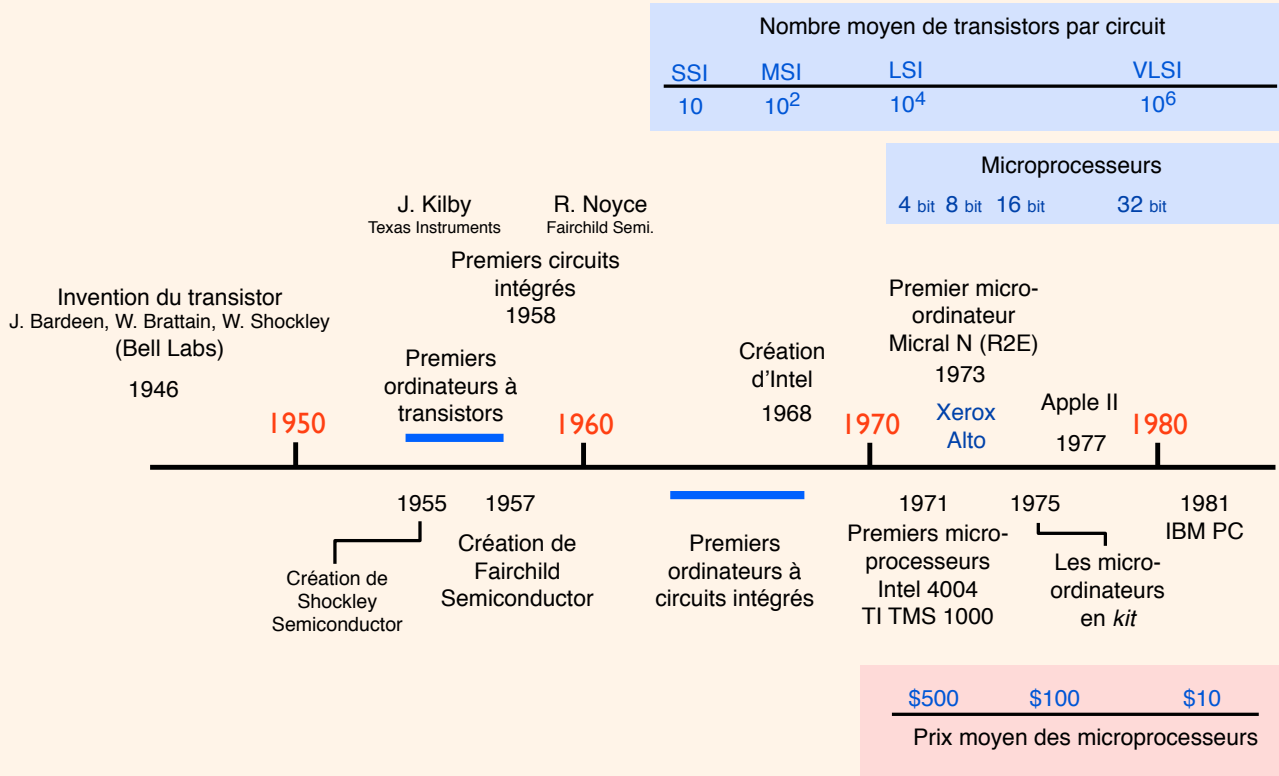
❖ Vers 1960

calculateur piloté
par tabulatrice

tabulatrice organe
d'entrée-sortie de l'ordinateur

calcul scientifique, recherche opérationnelle, bien établis
applications de gestion encore transposées de la mécanographie

Circuits intégrés et microprocesseurs

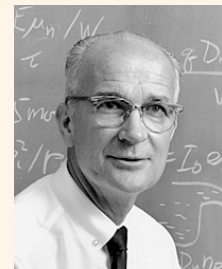


Du transistor au circuit intégré (1)

❖ 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)



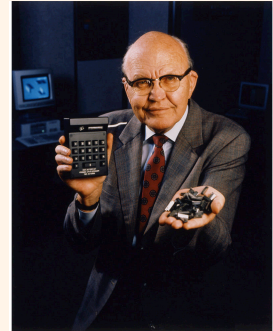
©Wayne Miller
Magnum Photos for Fairchild Semiconductor

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



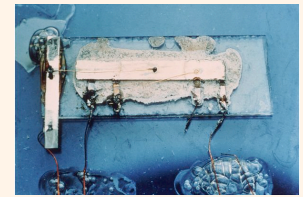
Library of Congress
Image Courtesy of the
Computer History Museum

❖ 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)

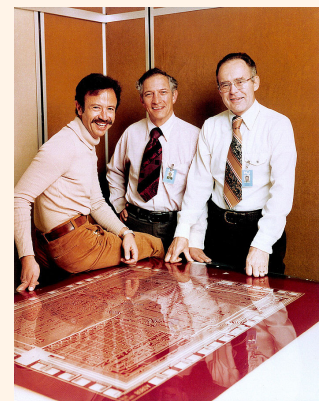
❖ Les débuts des microprocesseurs

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)

...



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



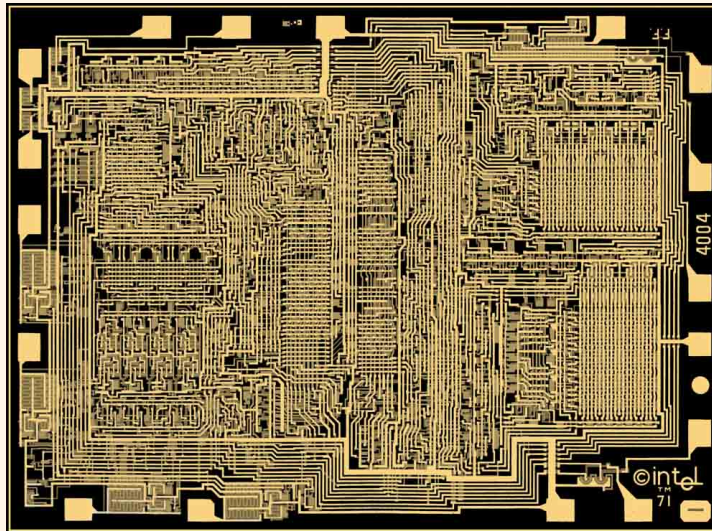
Federico Faggin
1941 -

Intel 4004 : le premier microprocesseur (1971)

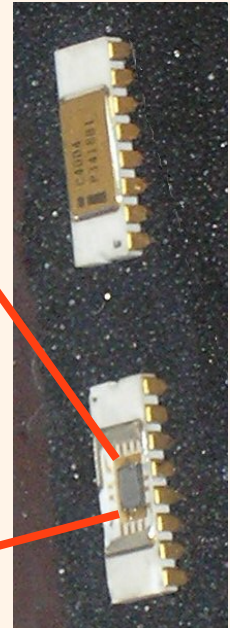
Environ 2 300 transistors, horloge 740 kHz, 46 000 à 92 000 instructions/s, 46 instructions, 16 registres de 4 bits
Commande de Busicom, société japonaise de calculateurs

CC-BY-SA-3.0 Intel Free Press

≈ 3 mm



©Intel Museum



CC-BY-NC-SA 3.0 FR - S. Krakowiak, 2017/18

Histoire de l'informatique

5 - 29

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

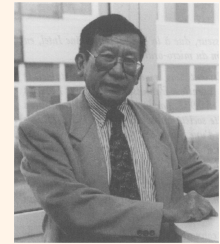
8 bits, 3 500 transistors

Bus «sur mesure» (Pluribus)

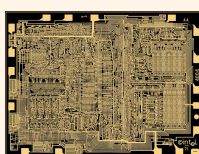
Utilisé pour le contrôle de procédés
20 exemplaires vendus



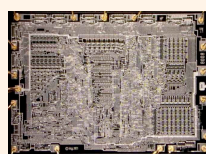
François Gernelle
(1944 -)



André Truong Trong Thi
(1936 - 2005)



Intel 4004



Intel 8008



©Fédération des équipes Bull

CC-BY-NC-SA 3.0 FR - S. Krakowiak, 2017/18

Histoire de l'informatique

30

5 -

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)

❖ La naissance de Microsoft

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

C'est le début de Microsoft

Wikimedia
Commons
domaine
public



Altair 8800
(+ 1 unité de disquette)

31

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

❖ 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)

❖ L'Apple I (1976)

Construit sur le MOS Technology 6502

200 exemplaires vendus



Steve Wozniak
(1950 -)

Steve Jobs
(1955 - 2011)

Image Courtesy of the Computer
History Museum



CC-BY-SA 2.0 rebelpilot

32

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)

CC-BY-SA 2.0 FR
Rama&Musée Bolo



Zilog Z-80

❖ Commodore PET 2001

Un grand succès en Europe

Après 85 : série Amiga



MOS Tech.
6502

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)

ITEM	NO	UNIT	COST
MUCK	1	124.45	
BAKE	1	124.45	
CUT	2	124.45	
TONER	4	124.45	
SNUP	1	124.45	
SUBTOTAL			1244.50
9.75% TAX			120.83
TOTAL			1443.33

Écran VisiCalc
Wikimedia Commons
domaine public

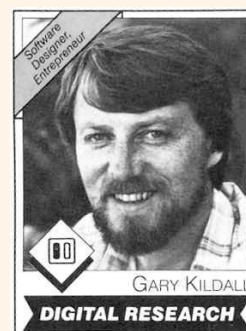
❖ Le langage

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

loin des centres de décision

Un recours massif à la sous-traitance

Des spécifications ouvertes

IBM PC 5150



Wikimedia Commons

❖ Un système d'exploitation controversé

Initialement MS/DOS (*quick & dirty*)

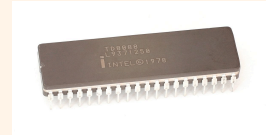
La fortune de Microsoft

❖ Un succès immédiat...

... mais largement dû aux clones

Compaq, Dell, les constructeurs asiatiques

Intel 8088



Le DEC VAX

❖ Une machine emblématique

Annoncée en 1977

Issue du PDP 11, concurrence les *mainframes*

Large diffusion : 100 000 exemplaires

❖ Une architecture bien conçue

Mémoire virtuelle paginée

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



VAX 11/780

Chilton Computing Lab., UK



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) ...

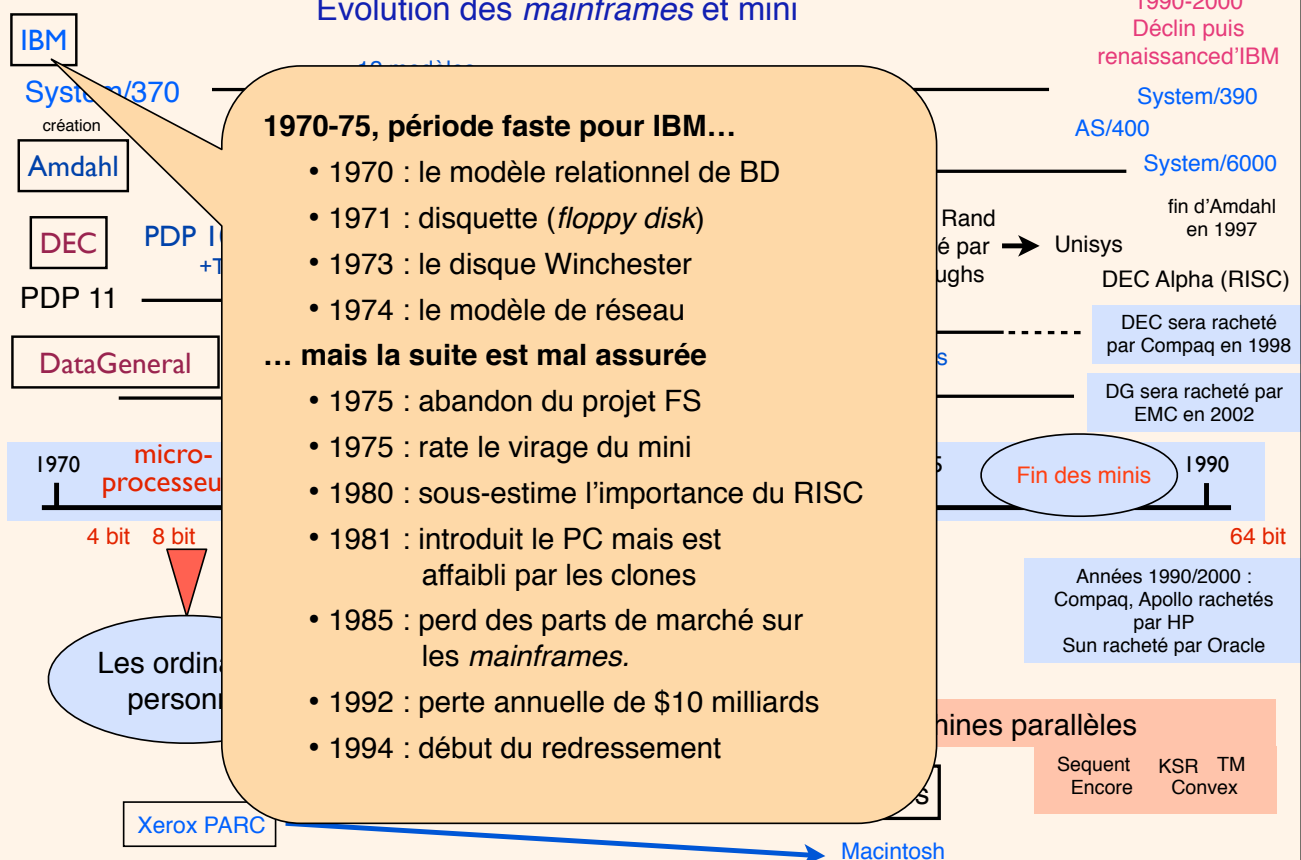
... suivis par les «grands» : DEC, HP, IBM

Sun-2

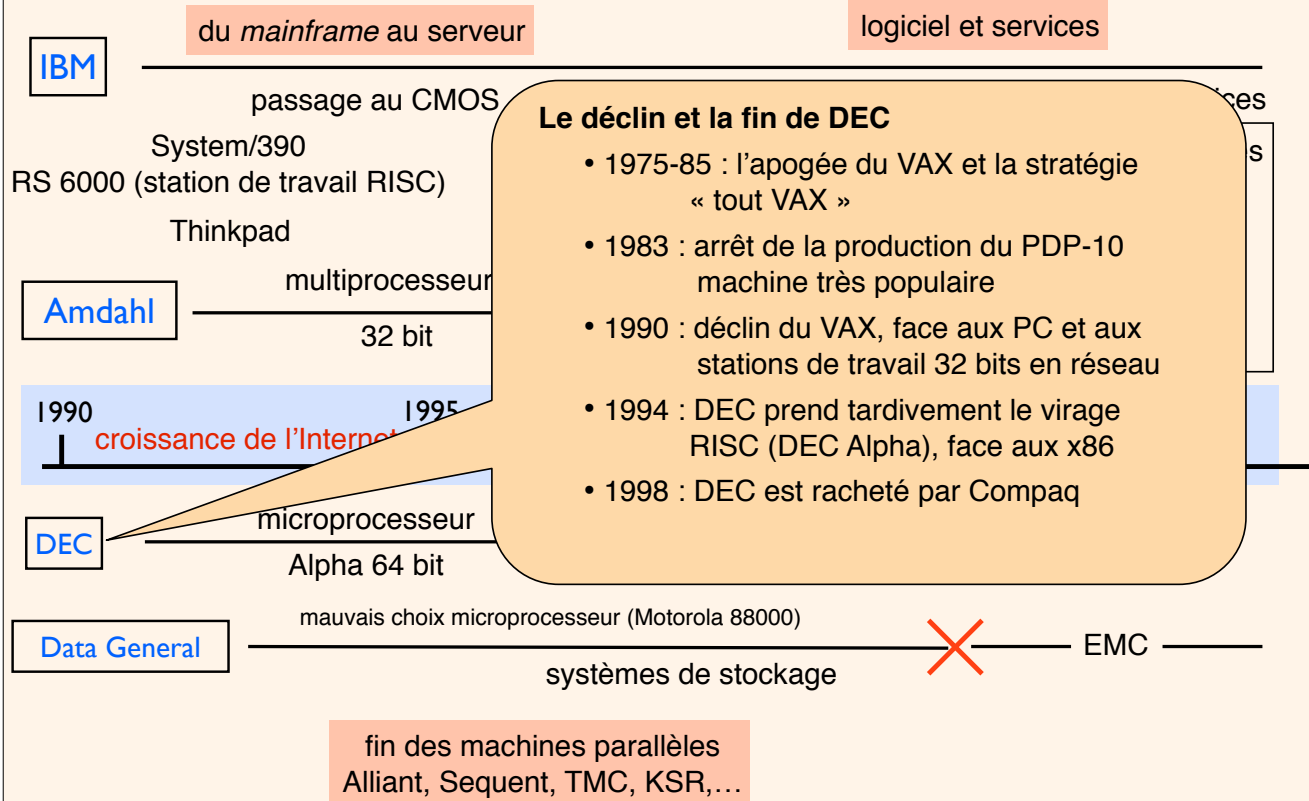


CC-BY-SA 2.5,
Michael Thompson

Évolution des *mainframes* et mini



Évolution des *mainframes* et mini (suite)



Que retenir de la période 1970-90 ?

- ❖ **L'effet conjoint de la technologie et des usages**
 - Le microprocesseur et les ordinateurs personnels
 - La production de masse des PC, et le poids des standards
- ❖ **Les changements de « génération »**
 - La fin des mini et le déclin des *mainframes*
 - L'influence déterminante des réseaux et le modèle client-serveur
- ❖ **La fragilité des positions acquises**
 - La crise d'IBM et la fin de DEC
 - L'impact des choix stratégiques et de la mauvaise anticipation en période d'évolution rapide
- ❖ **Le poids du logiciel** (à voir prochainement)
- ❖ **Les nouvelles interfaces**
 - La révolution de Xerox PARC (à voir prochainement)

Pour en savoir plus

❖ Sur la situation en France en 1945-60

G. Ramunni, La non-construction du premier ordinateur électronique du CNRS :
www.histcnrs.fr/pdf/cahiers-cnrs/ramunni.pdf

F. H. Raymond, Une aventure qui se termine mal : la SEA
jacques-andre.fr/chi/chi88/raymond-sea.html

site de la Fédération des équipes Bull : www.feb-patrimoine.com

❖ Sur l'histoire d'UNIVAC

UNIVAC Conference : conservancy.umn.edu/handle/11299/104288

❖ Sur l'histoire d'IBM

vue par IBM : www-03.ibm.com/ibm/history/history/history_intro.html

vue par un acteur des débuts d'IBM en informatique :

conservancy.umn.edu/handle/11299/107118

Pour en savoir plus (2)

❖ Sur l'histoire de DEC et des mini-ordinateurs

vue par Gordon Bell, un de ses dirigeants :

gordonbell.azurewebsites.net/digital/decmuseum.htm

documents du Computer History Museum :

[www.computerhistory.org/brochures/companies.php?
company=com-42b9d67d9c350&](http://www.computerhistory.org/brochures/companies.php?company=com-42b9d67d9c350&)

Tracy Kidder, *The Soul of a New Machine*, Little, Brown & Co., 1981

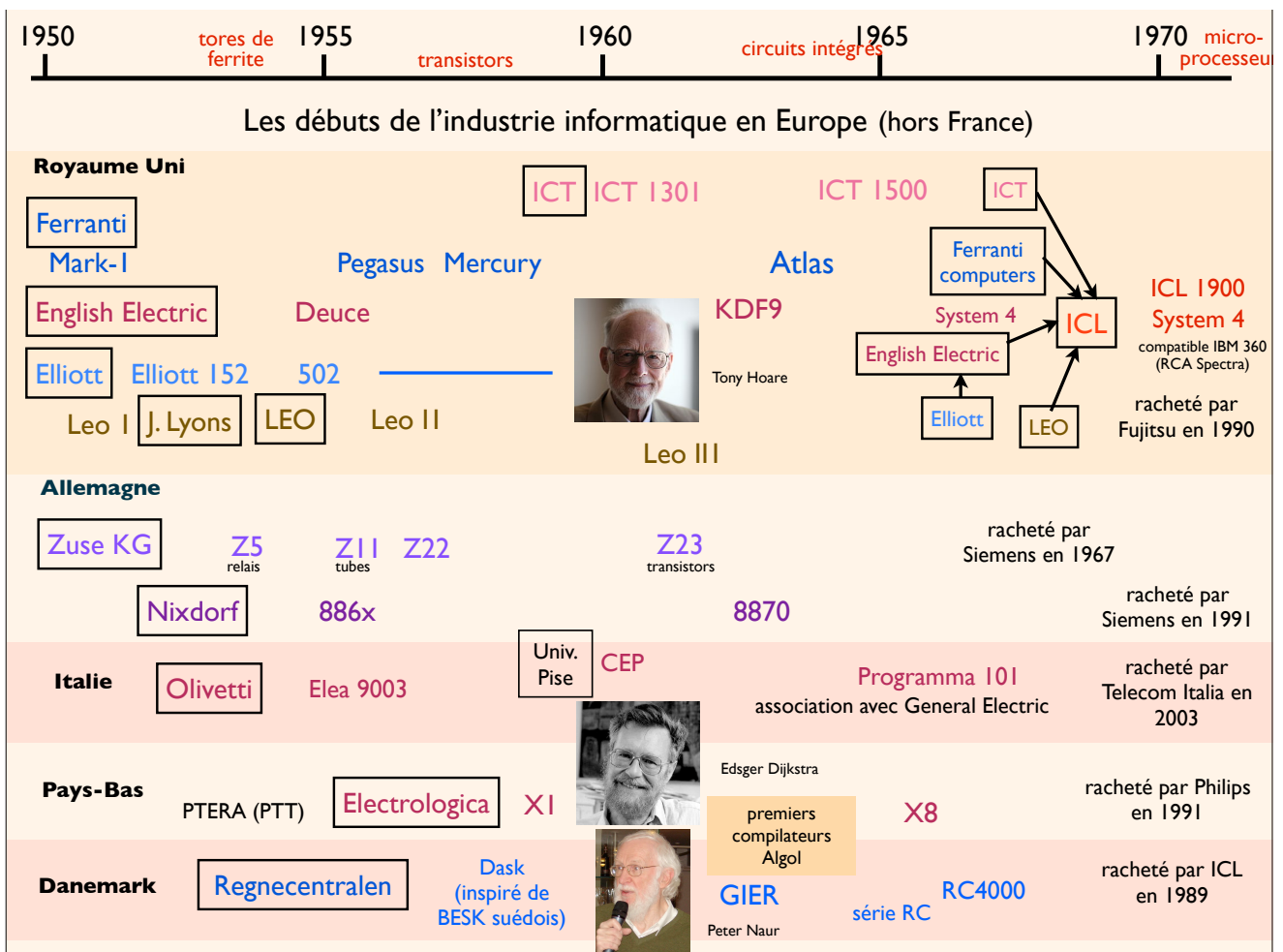
❖ Sur l'invention du circuit intégré

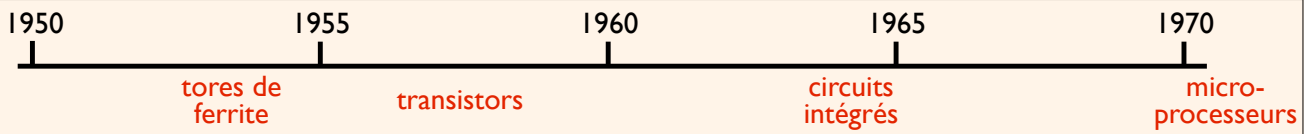
Kilby, J.S.; "Invention of the integrated circuit", *Electron Devices*, IEEE Transactions on, Volume 23, Issue 7, Jul 1976 Page(s):648 – 654.
(disponible en ligne)

❖ Sur Seymour Cray et ses entreprises

<https://www.cray.com/company/history>

Suite : transparents non présentés accessibles en ligne





Les débuts de l'industrie informatique hors Europe occidentale et USA

Japon	FUJIC (Fujifilm)							
Electrotechnical Lab	lampes, lignes à retard							
ETL	Mark-I relais	Mark-II relais	Mark-III transistors	Mark-IV				
NEC			NEAC-2201 2202 transistors	2400-3800 Honeywell	NEAC-2200 série			2200-75
Fujitsu		FACOM I28	200	FACOM 222 transistors	FACOM 230 FACOM 270	230-25, 35, 45 circuits intégrés		75
Hitachi		HIPAC-MK I	HITAC-301 transistors	HITAC-3010 RCA 301	HITAC-5020 HITAC-2010	HITAC-8210 circuits intégrés		HITAC-8700
URSS	première production en petite série	Oural-1	Oural-2	Oural-3	Oural-11, 14			circuits intégrés
	Strela		Minsk-2 transistors	Minsk-22	Minsk-32 ~GE 400			NAIRI-3 mini
MESM	BESM-1	BESM-2	BESM-3	BESM-4 ~IBM 7040	Lev N. Korolev	BESM-6 I MFlops ~CDC 3600		M-220 M-3000 moyen
Sergueï A. Lebedev	M-2	M-20			Andreï P. Ershov			
après 1972 : compatibles IBM 360								

Les mini, version française (1)

❖ Les premiers calculateurs industriels

Une collaboration université-industrie

Le Laboratoire d'Automatique de Grenoble (René Perret, 1961)

La société Mors (automatismes à relais)

Un prototype issu d'un travail de thèse

Le calculateur industriel MAT-01 (1965, 20 exemplaires)

L'un des premiers calculateurs industriels à transistors

Des applications variées

Chimie, pétrole, marine, nucléaire, sidérurgie

Création de la division ATM chez Mors en 1965

Automatismes, Transmission, Matériel

❖ Un développement rapide

ATM (170 personnes) cédée à

Télemécanique Électrique en 1967



Le MAT-01

Les mini, version française (2)

❖ Les produits de la Télémécanique (division Informatique Industrielle, DII)

1968 : T2000 (700 exemplaires)

1969 : T1000, version réduite du T2000

1972 : T1600 (quelques milliers)

1973-75 : la gamme Solar 16 (équipe franco-américaine dirigée par Jesse T. Quatse)

une machine réussie (16 000 exemplaires, deuxième rang mondial)



Le T1600

Le Solar 16-65

Collection Aconit
www.aconit.fr



Les mini, version française (3)

❖ Le plan calcul, version mini...

En 1976, fusion de la Division Informatique de Télémécanique avec le département «Petits Ordinateurs et Systèmes» de la CII

Formation de la Société Européenne de Mini-Informatique et de Systèmes (SEMS), filiale de Thomson

❖ Deux lignes concurrentes de mini-ordinateurs

La gamme Solar-16 (16 000 ex.)

La gamme Mitra (1971, 7 300 ex.)

❖ Épilogue

En 1982, fusion de la SEMS avec CII-Honeywell Bull et Transac pour former le groupe Bull

En 1988, Télémécanique reprise par Schneider (qui devient Schneider Electric)

Mitra-15

Alice Recoque



Collection Aconit

Début des années 1970 : changement de paysage

- ❖ L'avènement du temps partagé

- ❖ La montée en puissance des minis

mais déclin au début des années 1980

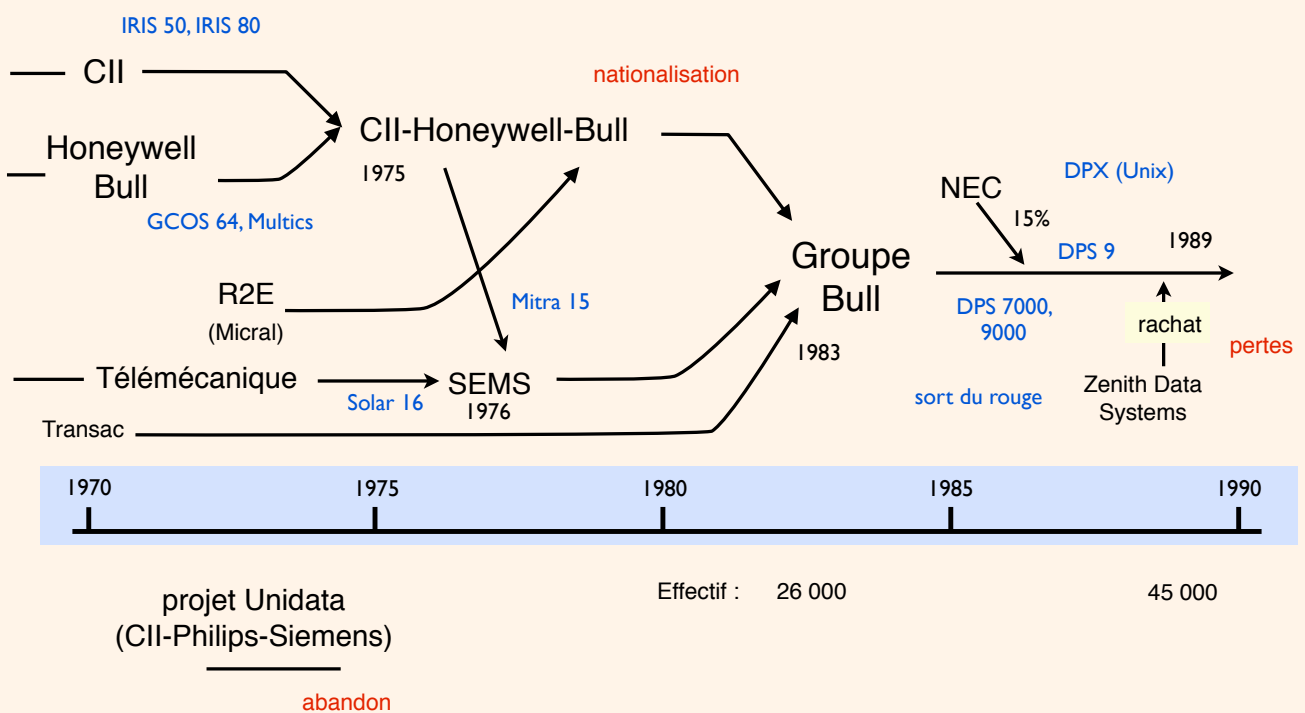
- ❖ Le microprocesseur et la vague des ordinateurs personnels

- ❖ Les débuts du génie logiciel

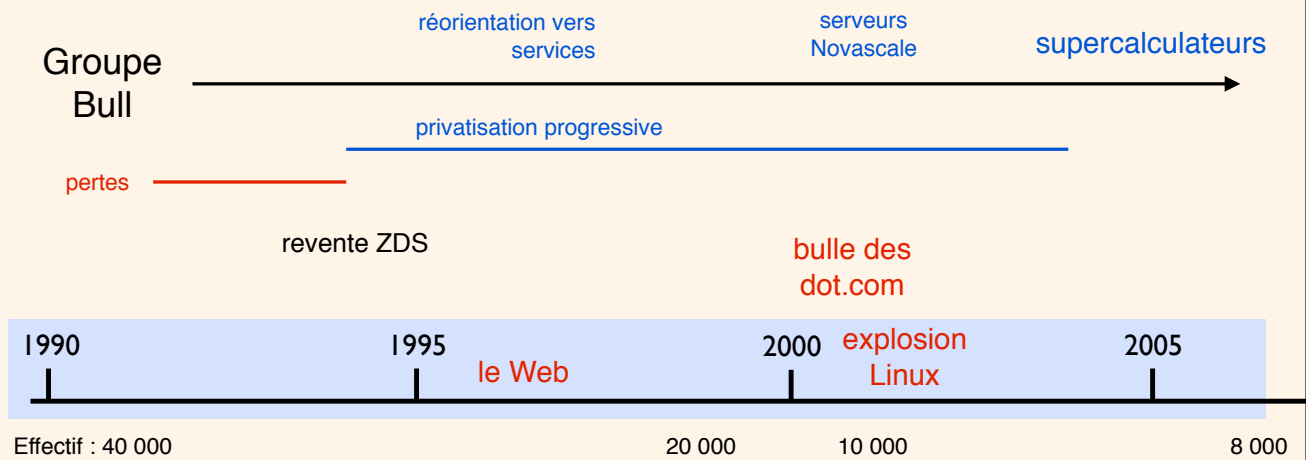
- ❖ L'entrée en scène des réseaux

- ❖ La révolution de Xerox PARC

Constructeurs informatiques en France

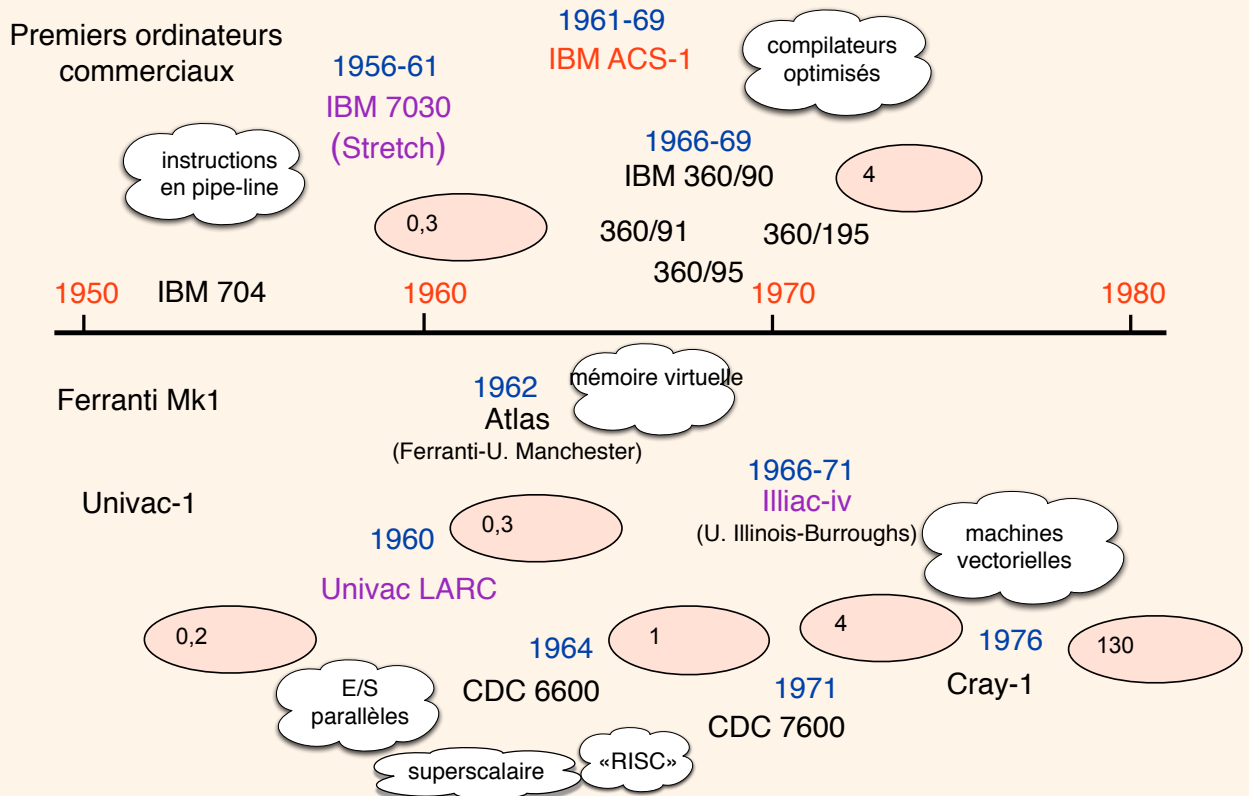


Constructeurs informatiques en France (suite)



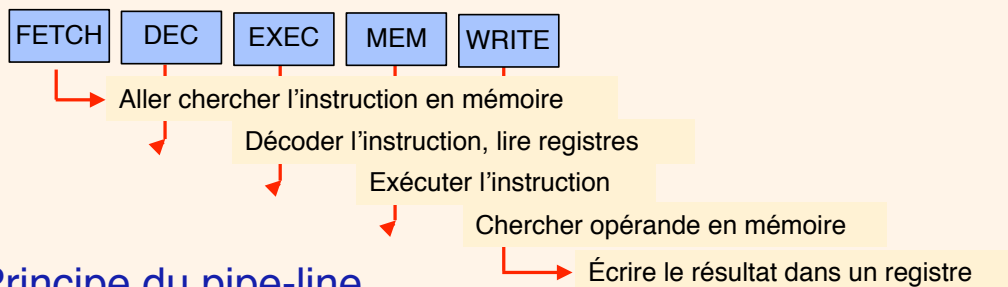
Le parallélisme dans les premiers supercalculateurs

Les premiers « supercalculateurs »

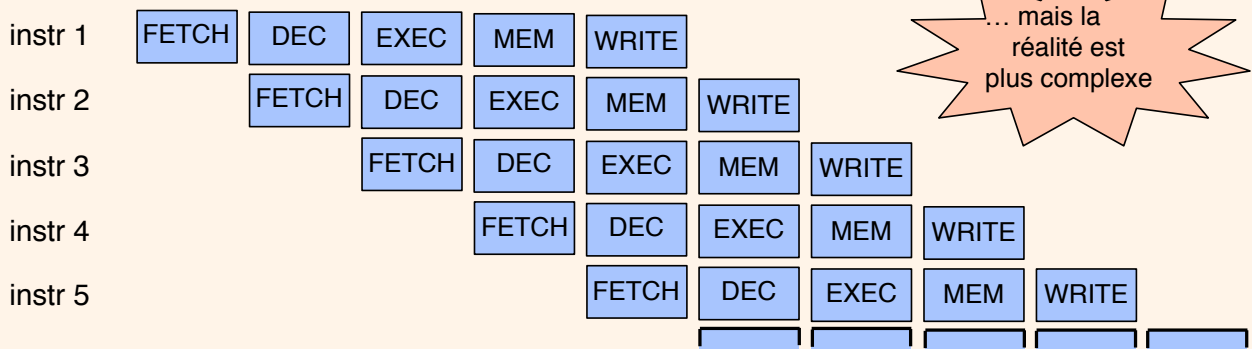


Instructions en pipe-line

❖ Les étapes d'une instruction (simplifié !)



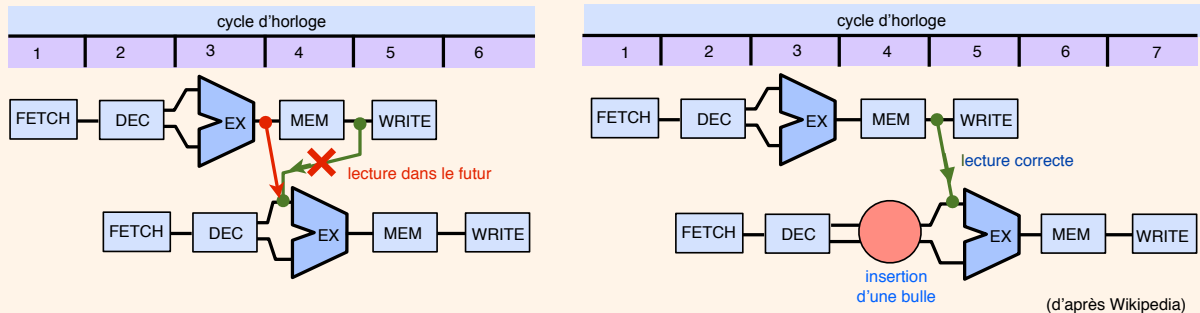
❖ Principe du pipe-line



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

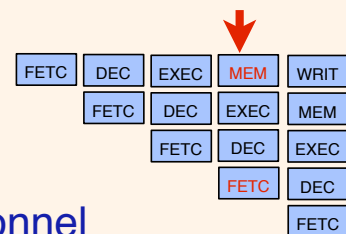
Solutions :

- forwarding* : transmettre résultat dès que possible (pas toujours applicable)
- insérer des «bulles» (mais retarde l'exécution)
- ordonnancer 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)

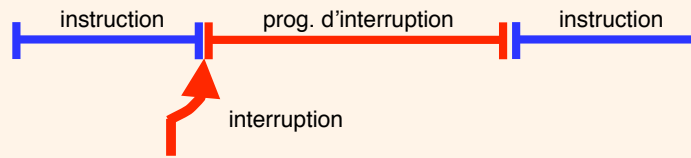
autre voie :

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

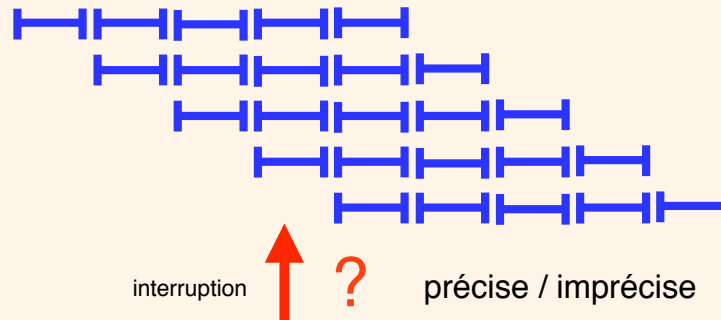
Difficultés du pipe-line (3)

❖ Interruptions

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



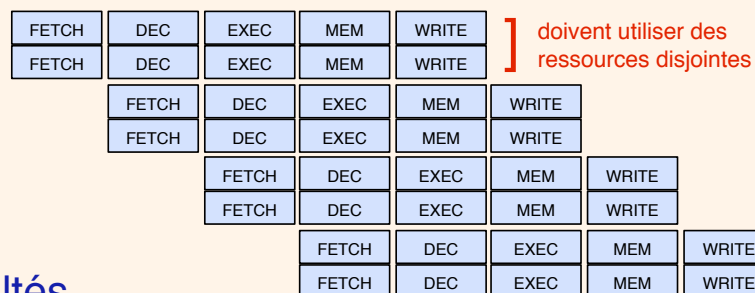
où sont les points interruptibles dans un pipe-line ?



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)

- ❖ **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



IBM 360/195
© Rutherford Appleton Laboratory-STFC
<http://www.chilton-computing.org.uk/>

Illiack 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)

❖ 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



ILLIAC 4
CC BY 2.0 Steve Jurvetson
Menlo Park, USA

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

❖ 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), ...



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

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