

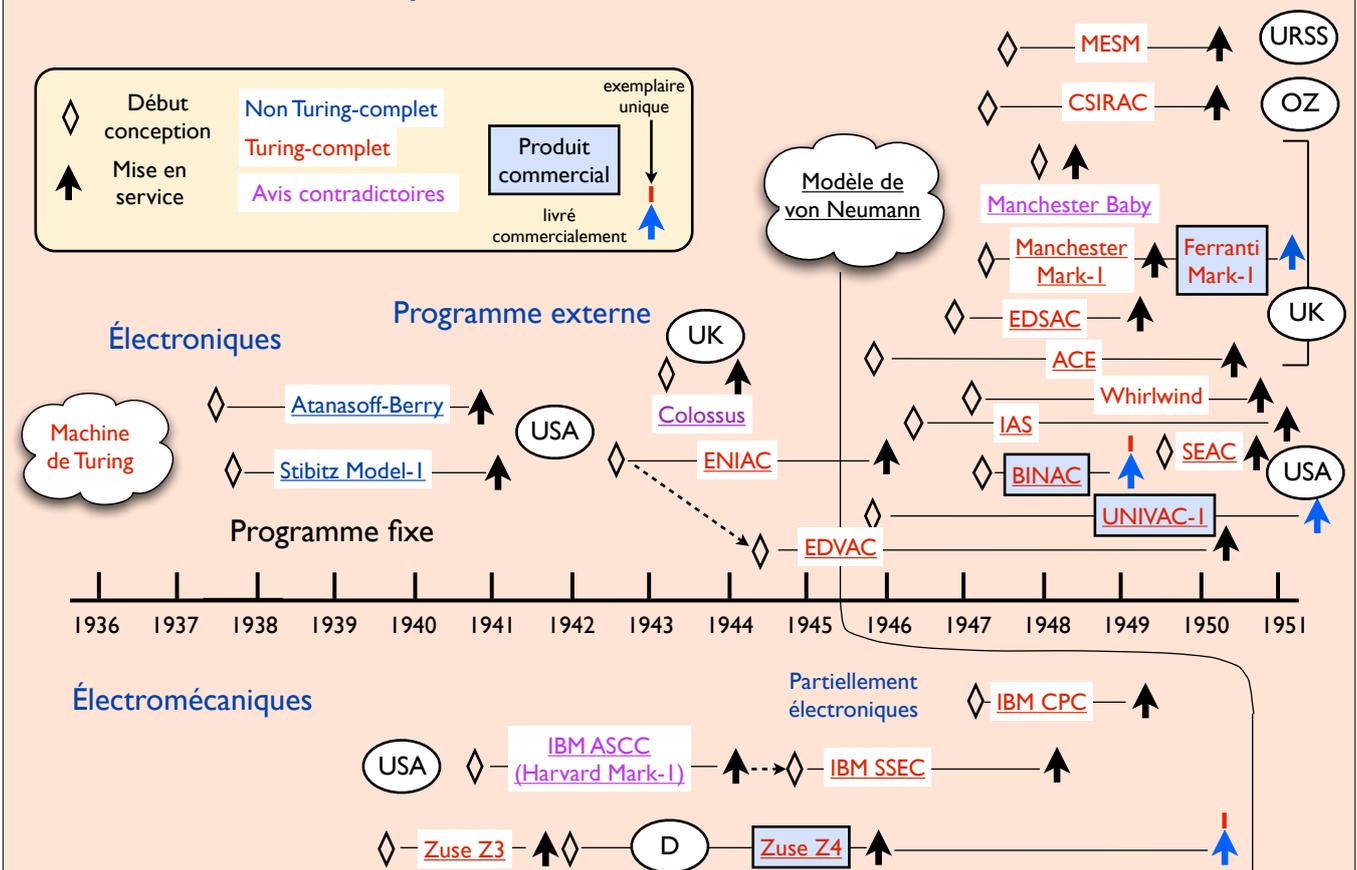
Éléments d'histoire de l'informatique

Sacha Krakowiak

Université Grenoble Alpes & Aconit

4. Du mainframe au mini

Les premiers ordinateurs



Quel fut le premier ordinateur ?

❖ Des critères multiples...

Électronique ou électromécanique ?

Programme en mémoire ou sur support externe ?

Turing-complet ?

❖ Des réponses multiples

Premier calculateur électronique

Atanassoff-Berry, mais programme fixe, donc non Turing-complet

Premier calculateur Turing-complet

Zuse Z3, mais machine à relais, programme externe

Premier calculateur électronique programmable

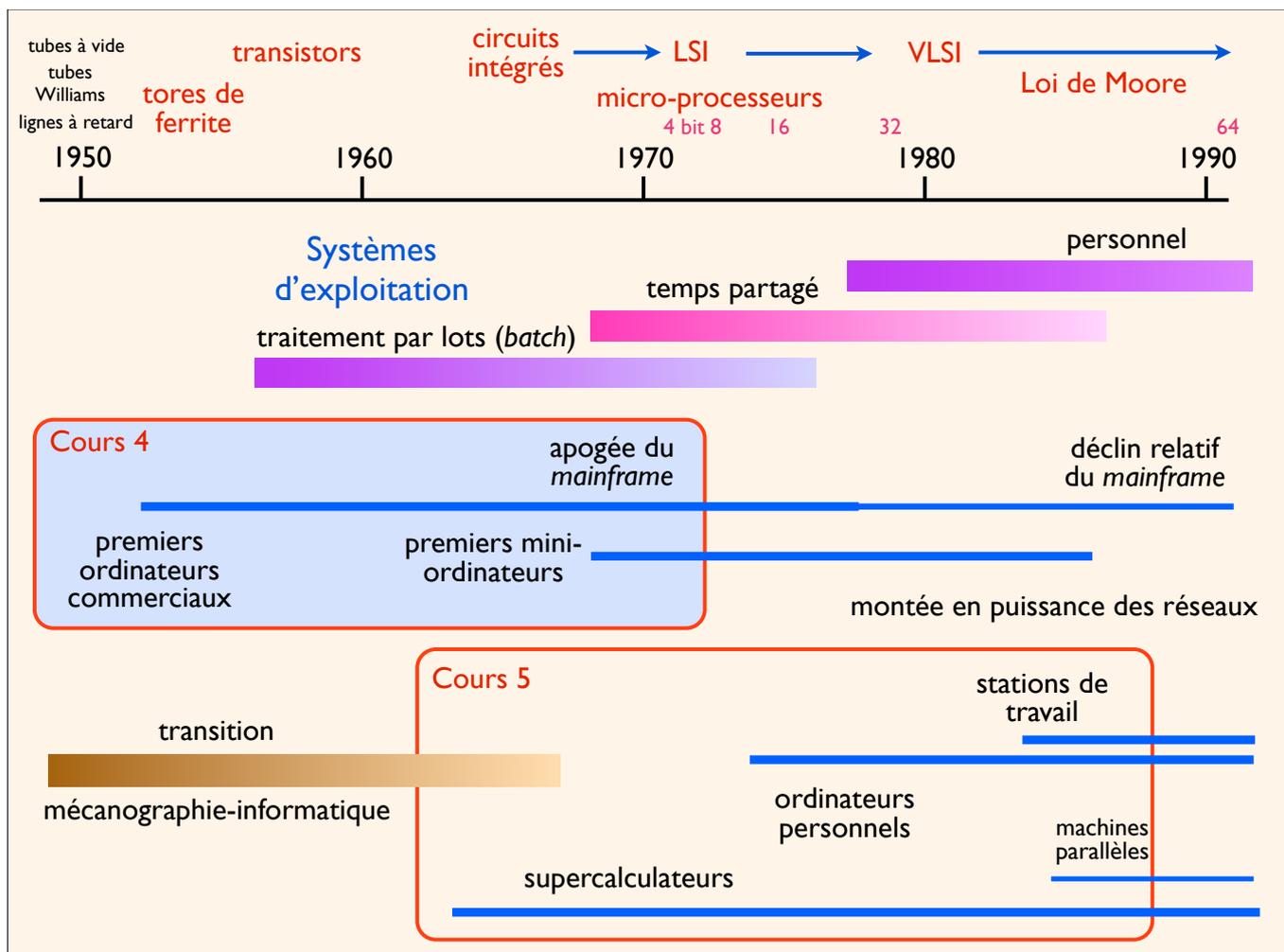
Colossus, mais programme externe, non Turing-complet

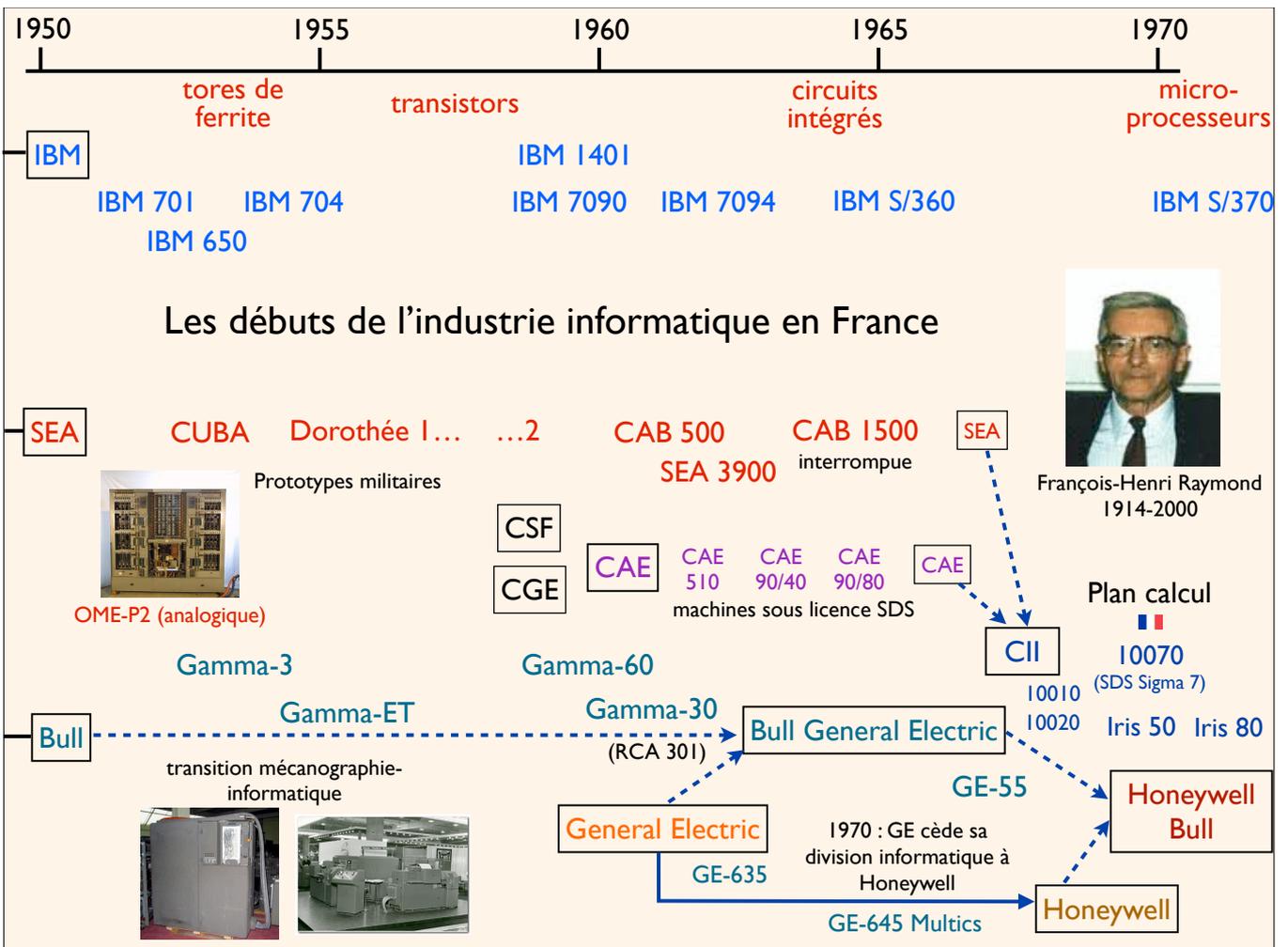
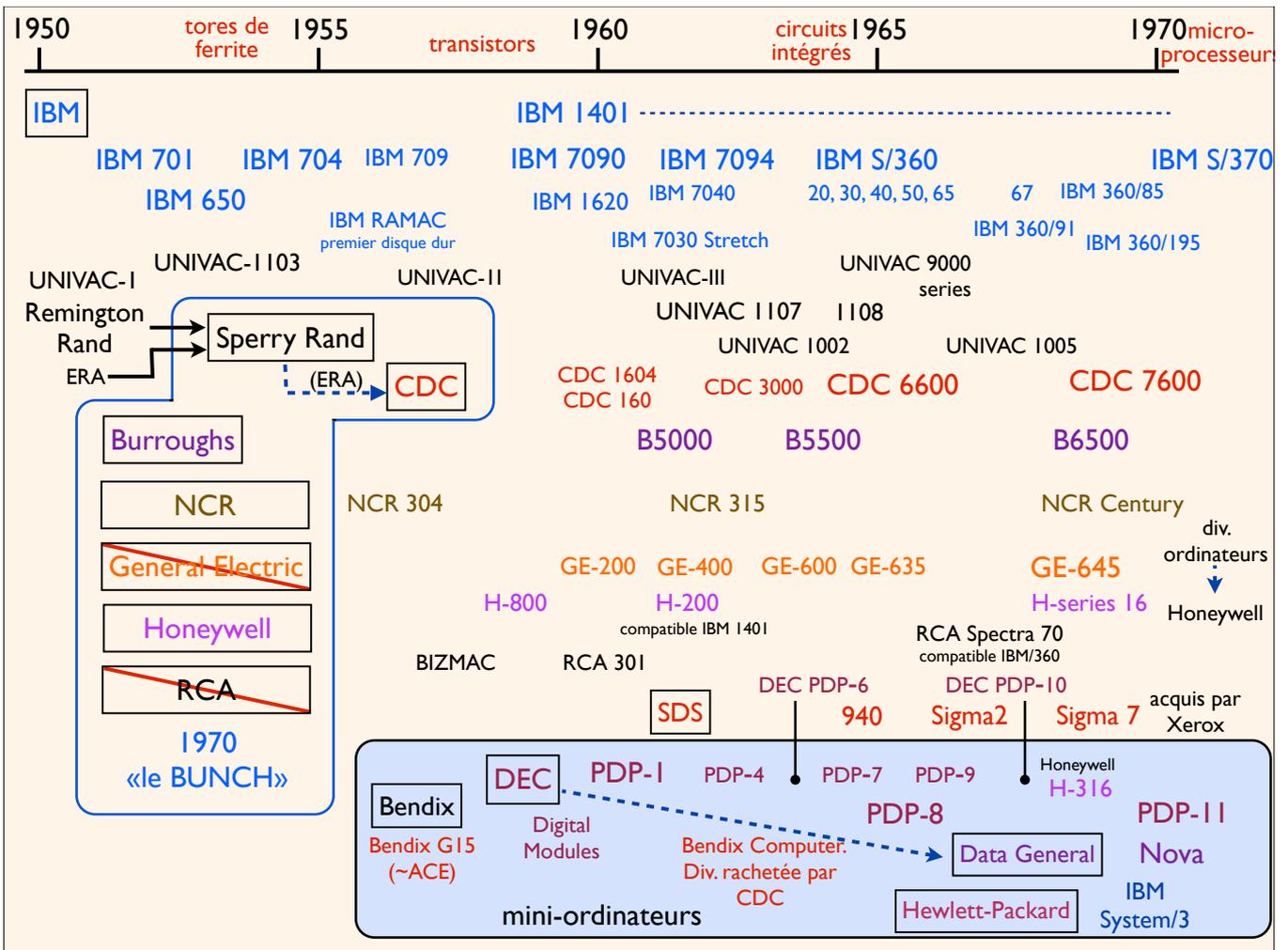
Premier calculateur électronique Turing-complet

ENIAC, mais programme externe

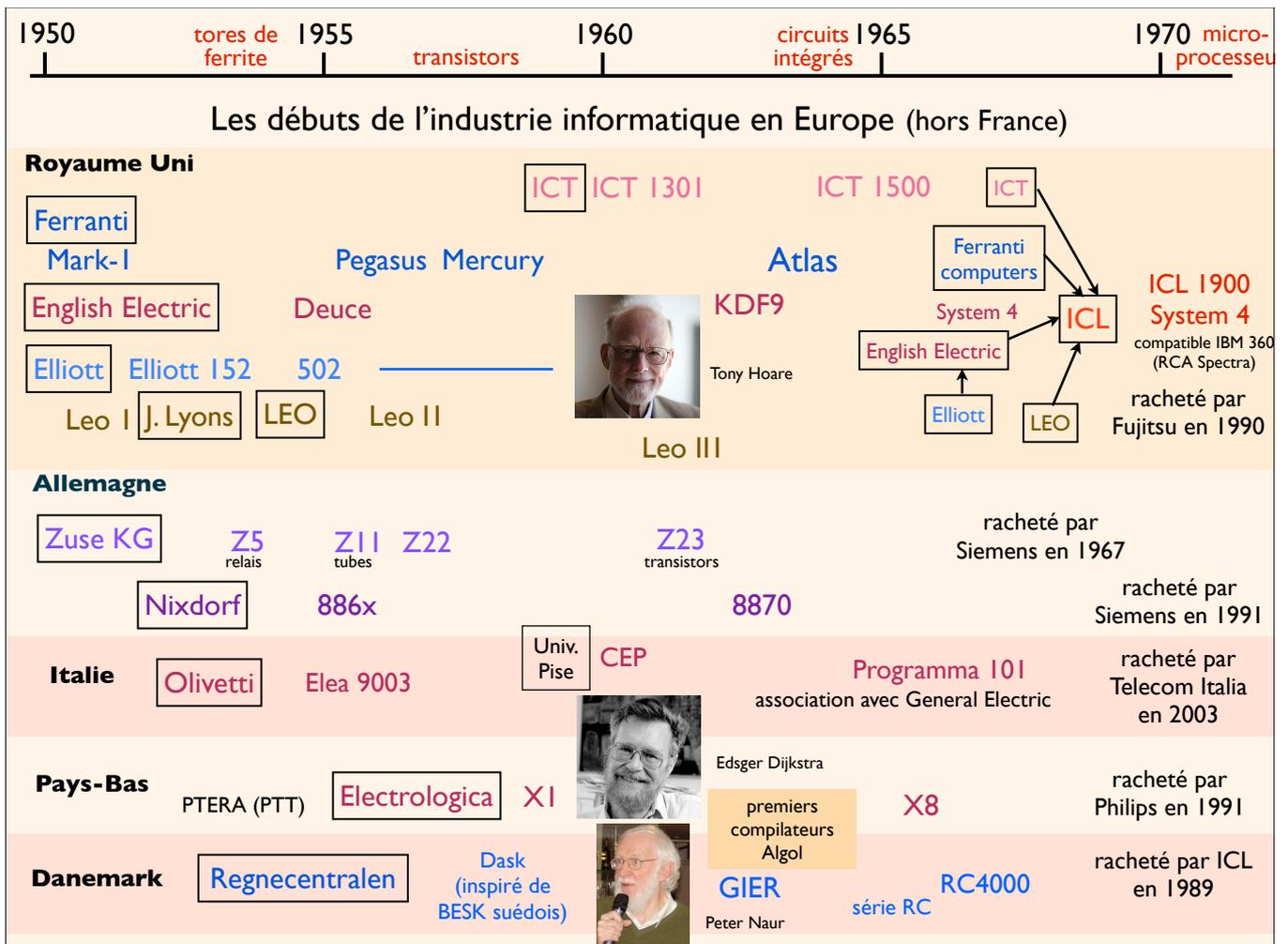
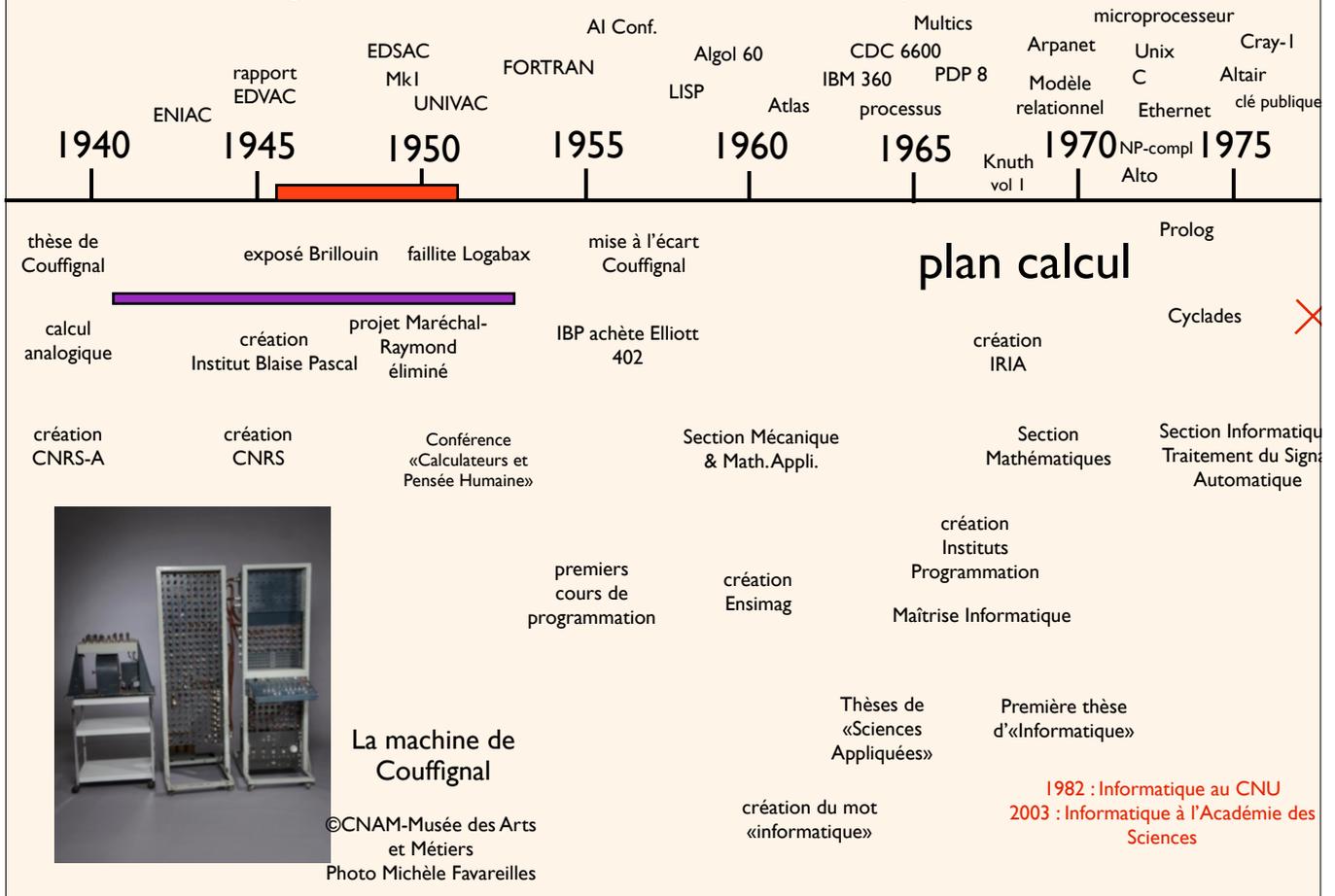
Premier calculateur électronique Turing-complet, prog. enregistré

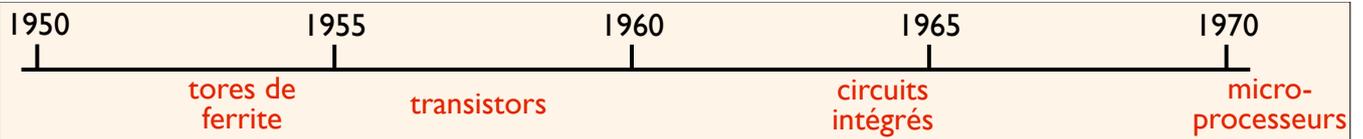
EDSAC (Cambridge) - voir aussi Manchester Baby





L'émergence de la science informatique en France





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

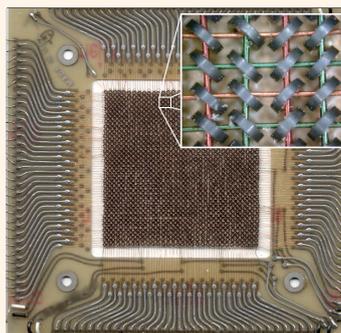
Japon	Electrotechnical Lab ETL Mark-I relais	FUJIC (Fujifilm) lampes, lignes à retard Mark-II relais	Mark-III transistors	Mark-IV					
NEC			NEAC-220I 2202 transistors	2400-3800 Honeywell	NEAC-2200 série				2200-75
Fujitsu		FACOM 128	200	FACOM 222 transistors	FACOM 230 FACOM 270	230-25, 35, 45 circuits intégrés			75
Hitachi		HIPAC-MK I	HITAC-30I transistors	HITAC-3010 RCA 30I	HITAC-5020 HITAC-2010	HITAC-8210 circuits intégrés			HITAC-8700
URSS	première production en petite série Strela	Oural-1		Oural-2	Oural-3	Oural-11, 14			circuits intégrés
				Minsk-2 transistors	Minsk-22	Minsk-32 ~GE 400			NAIRI-3 mini
MESM Sergueï A. Lebedev	BESM-1 M-2	M-20	BESM-2	BESM-3 ~IBM 7040	BESM-4	Lev N. Korolev	BESM-6 1 MFlops ~CDC 3600		M-220 M-3000 moyen
						Andrei P. Ershov			
après 1972 : compatibles IBM 360									

Sauts technologiques des années 1950-70

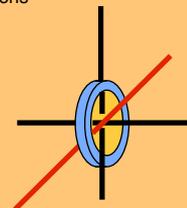
❖ Mémoire à tores de ferrite

Whirlwind, 1953

remplacent les tubes Williams et les lignes à retard



Bloc de mémoire d'un CDC 6600
Source : Orion 8, Wikimedia Commons



❖ Circuits logiques à transistors

remplacent les tubes à vide
prototypes : Université de Manchester, 1953 - IBM 604, 1955
commercial : IBM 608, 1957



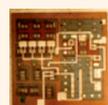
©EngineersGarage

❖ Circuits intégrés

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

10 10² 10⁴ 10⁵

Vers les microprocesseurs (1971)



1965 ©CEA

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 vs UNIVAC ... et les autres

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

virgule flottante câblée, 3 registres d'index, mémoire à tore 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

❖ Remington RAND (puis Sperry Rand)

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)

1960 : IBM et les «7 nains»

- ❖ **Sperry Rand Univac**
- ❖ **Control Data Corp.**
va se spécialiser dans les supercalculateurs
- ❖ **RCA**
cède sa branche informatique en 1971 à Sperry Rand
- ❖ **General Electric**
cède sa branche informatique en 1970 à Honeywell
- ❖ **Honeywell**
cède sa branche informatique en 1986 à Bull
- ❖ **Burroughs**
va fusionner avec Sperry Rand pour donner Unisys (1986)
- ❖ **NCR**
cède progressivement après 1991 ses activités *mainframe* et mini «niche» des terminaux de paiement, distributeur des billets, etc.

Une machine innovante : Burroughs B5000/5500

1961-62

- ❖ **Une machine conçue pour Algol 60** (et les langages de haut niveau)
architecture à pile (avec accès rapide au sommet et sous-sommet)
un Algol réduit et étendu (entrées-sorties, manipulation de caractères)
des compilateurs rapides
pas d'assembleur
- ❖ **Une machine à mémoire segmentée**
segments adressés par descripteurs (données, programmes, entrée-sortie)
une marque (*tag*) identifie les descripteurs comme tels
- ❖ **Une machine bi-processeur**
un système d'exploitation efficace (*Master Control Program*)
des outils pour l'exécution parallèle

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»)

[détails séance suivante](#)

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 tabulatrices \(encore largement en service\)](#)

❖ 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% en 3 ans, près de 250 000 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

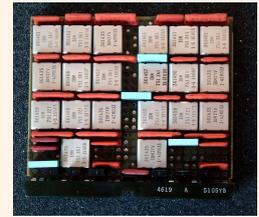
IBM/360 : la technique

❖ 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

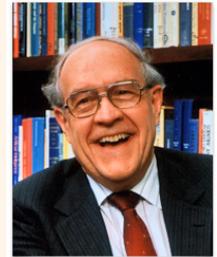
❖ Une architecture simple (au départ)

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

La série 360 : les points forts

❖ Pour les usagers

Architecture unique

Facilité de migration des applications si passage à un modèle supérieur

Donc abaissement du coût d'entrée

Facilité d'émulation des modèles anciens (1401, 70xx)

via la microprogrammation

❖ Sur le plan technique

Adressage par octet (au lieu de mot), registres de base

Registres banalisés

Mot d'état (*Program Status Word*), facilite commutation de contexte

compteur ordinal, masque d'interruptions, privilèges

Canaux d'entrée-sortie programmables

canal sélecteur : périphérique unique, rapide

canal multiplexeur, périphériques multiples, lents

La série 360 : les points faibles

- ❖ **N'utilise pas les circuits intégrés**
motivation : limiter le risque d'une technique nouvelle
- ❖ **Une architecture pour le traitement par lots**
malgré les premières expériences de temps partagé
pas de mémoire virtuelle (malgré expériences sur M44/44X)
mais introduction du 360-67 (voir cours sur Systèmes d'exploitation)
innovant, demi-succès, mais ouvre une voie pour la suite
- ❖ **Un système d'exploitation lourd et difficile à maintenir**
OS/360 (Fred Brooks) voir cours sur Génie logiciel
- ❖ **Une architecture peu adaptée aux mini-ordinateurs**
au départ, deux domaines distincts...
... mais convergence à terme
sortie de la série IBM System/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

Ce ne sont pas des mainframes en réduction

❖ ... 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

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'une équipe réduite

une grande ouverture (diffusion de l'information)

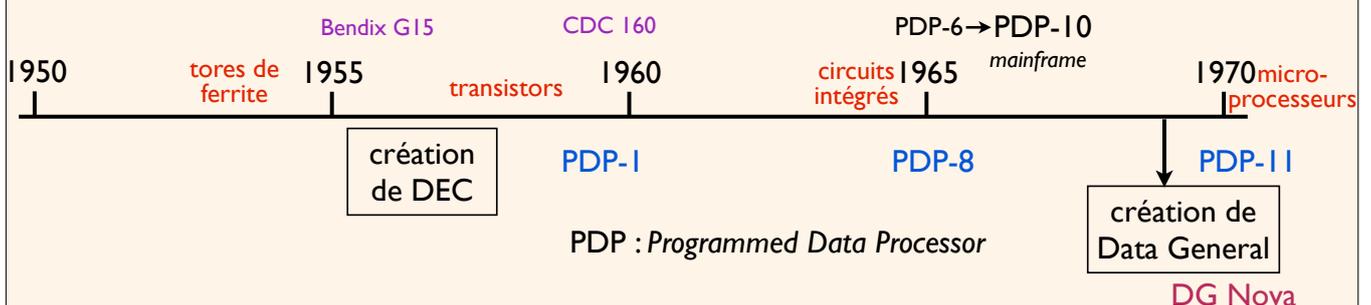
la conquête de nouveaux secteurs d'applications
 peu d'efforts sur le *marketing*

PDP-1 avec Steve Russell



Computer History Museum

CC_BY-SA-2.0, Alex Handy



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

accès direct à la mémoire (DMA)

mémoire de 4096 mots

jeu réduit d'instructions

8 instructions de base

+ 34 «sur mesure»

❖ Logiciel

système d'exploitation
pour temps réel



Image courtesy Computer History Museum

PDP-11 : une machine innovante

❖ Traits d'architecture

Mots de 16 bits, 8 registres généraux

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

Zones de mémoire réservées aux E/S

❖ 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

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 (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

Télémechanique Électrique en 1967



Le MAT-01

Les mini, version française (2)

❖ Les produits de la Télémechanique (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

Mitra-15

Alice Recoque

❖ Deux lignes concurrentes de mini-ordinateurs

La gamme Solar-16 (16 000 ex.)
La gamme Mitra (1971, 7 300 ex.)



Collection Aconit

❖ 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)

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 bénéficiaires 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



calculateur piloté
par tabulatrice

© Fédération
des équipes Bull



tabulatrice organe
d'entrée-sortie de l'ordinateur

❖ Vers 1960

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

Les usages de l'informatique

Les années 1960-70

❖ Extension explosive du champ de l'informatique

Applications scientifiques : progrès de l'analyse numérique, super-calculateurs, simulation (sciences, ingénierie, économie, etc.)

Applications de gestion : **le système d'information**
une vue globale de l'entreprise : procédés, flux d'information

Banque, assurance, finance

Applications temps réel

 systèmes à grande échelle : SAGE, SABRE

 systèmes à large diffusion : le triomphe du mini-ordinateur

 la CFAO : l'informatique au bureau d'études et à l'usine

❖ L'importance croissante du logiciel

Le développement des sociétés de service

Le dépaquetage (*unbundling*) des logiciels et services d'IBM (1969)

Le début de la «crise du logiciel» (voir cours n°7)

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

Pour en savoir plus

❖ Sur la situation en France en 1945-60

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

Site de la Fédération des équipes Bull : <http://www.feb-patrimoine.com/>

❖ Sur l'histoire d'UNIVAC

UNIVAC Conference : <http://conservancy.umn.edu/handle/11299/104288>

❖ Sur l'histoire d'IBM

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

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

<http://conservancy.umn.edu/handle/11299/107118>

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

vue par Gordon Bell, un de ses dirigeants :

<http://gordonbell.azurewebsites.net/digital/decmuseum.htm>

documents du Computer History Museum :

<http://www.computerhistory.org/brochures/companies.php?company=com-42b9d67d9c350&>