

Éléments d'histoire de l'informatique

Sacha Krakowiak

Université Grenoble Alpes & Aconit

9. La révolution de Xerox PARC

CC-BY-NC-SA 3.0 FR

Le paysage informatique en 1969-70

❖ Une période de transition

- Débuts du génie logiciel (1968-69)
- Passage du *batch* au temps partagé
 - Unix en 1971
- Les circuits intégrés
 - microprocesseurs en 1971
- Début de l'Arpanet
 - 4 sites en 1969

❖ Des éléments de prospective

- Interaction (symbiose ?) homme-ordinateur
 - ARPA (J. C. R. Licklider, Robert Taylor), projet MAC
 - Augmenting human intellect (Douglas Engelbart, SRI)
 - Memex (Vannevar Bush, 1945), Sketchpad (Ivan Sutherland, 1963)
 - le projet NLS : liens hypertexte, souris,
- Le bureau du futur

Xerox en 1969-70

❖ Une situation de quasi-monopole

Pas de concurrents sur le marché des photocopieurs...

... mais première incursion d'IBM en 1970

Un centre de recherche (Webster) sans vision prospective

des améliorations incrémentales...

... mais un point singulier : Gary Starkweather, idée de l'imprimante à laser

❖ Une nécessaire prise en compte de l'informatique

Des négociations manquées avec les grands industriels

Une décision contestée : le rachat de SDS (*Scientific Data Systems*)

des ordinateurs de milieu de gamme

une machine pour le temps partagé, le SDS 940

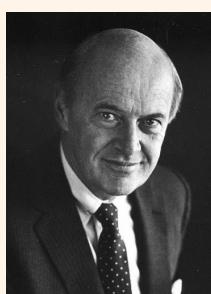
issu du projet Genie (Berkeley)

Un pas décisif : la création d'un nouveau centre de recherche

Xerox Palo Alto Research Center (PARC)

Une mission : inventer le bureau du futur

La naissance de Xerox PARC (1)



décision de création
d'un nouveau laboratoire

C. Peter McCollough
1922 - 2006
Directeur général de Xerox



Jacob «Jack» Goldman
1921 - 2011
Directeur de la
recherche de Xerox

Photo : Xerox
CC-BY-SA 3.0

Photo : Xerox

George Pake
1922 - 2006
Directeur de
Xerox PARC

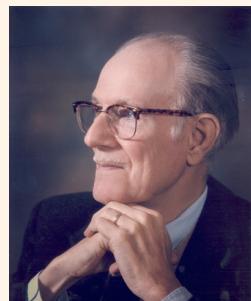
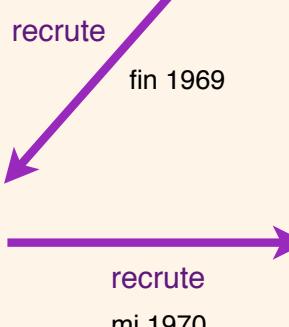


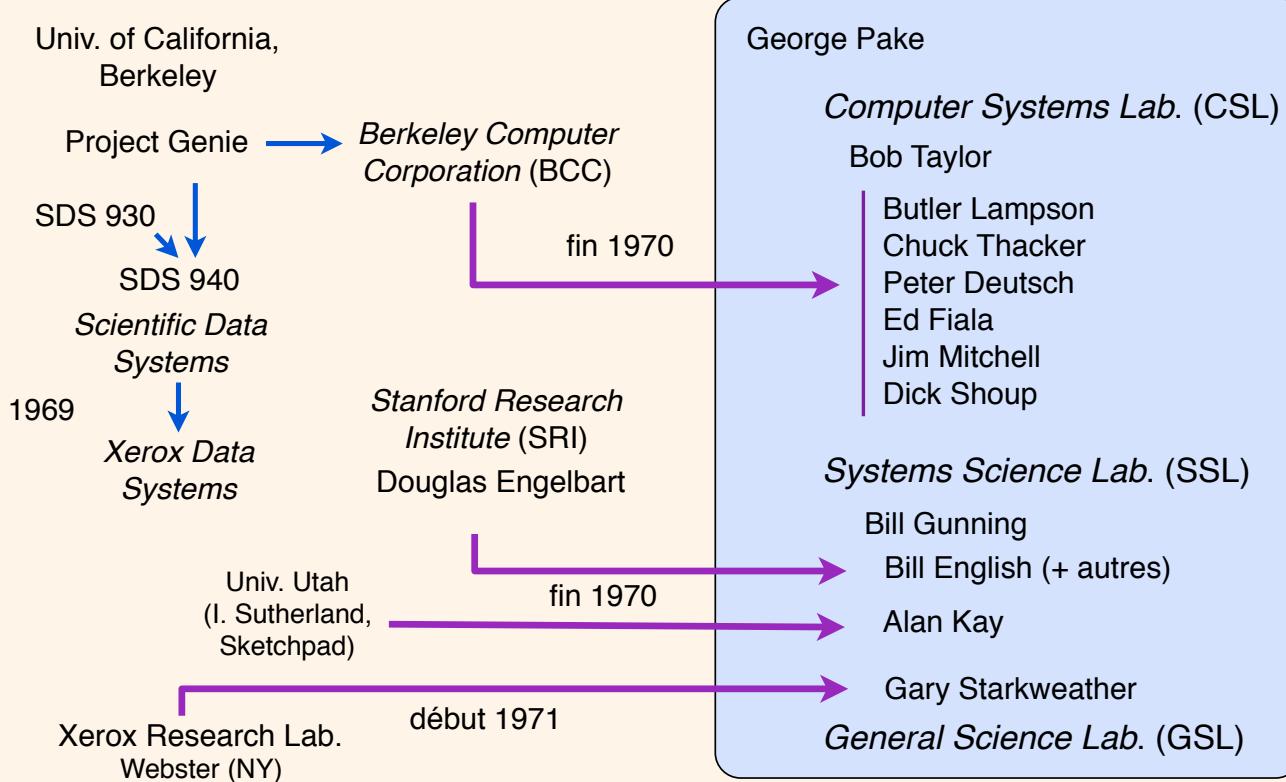
Image courtesy of
Computer History Museum



Robert
«Bob» Taylor
1932 -
Directeur du
*Computer
Systems Lab.*

Image courtesy of
Computer History Museum

La naissance de Xerox PARC (2)



La première machine du PARC

❖ Un conflit ouvert

Les chercheurs veulent un DEC PDP 10 (pour le logiciel disponible)
mais c'est un concurrent direct du XDS Sigma 7, produit maison
Veto de la direction de Xerox

❖ Une ruse stratégique, un exploit technique

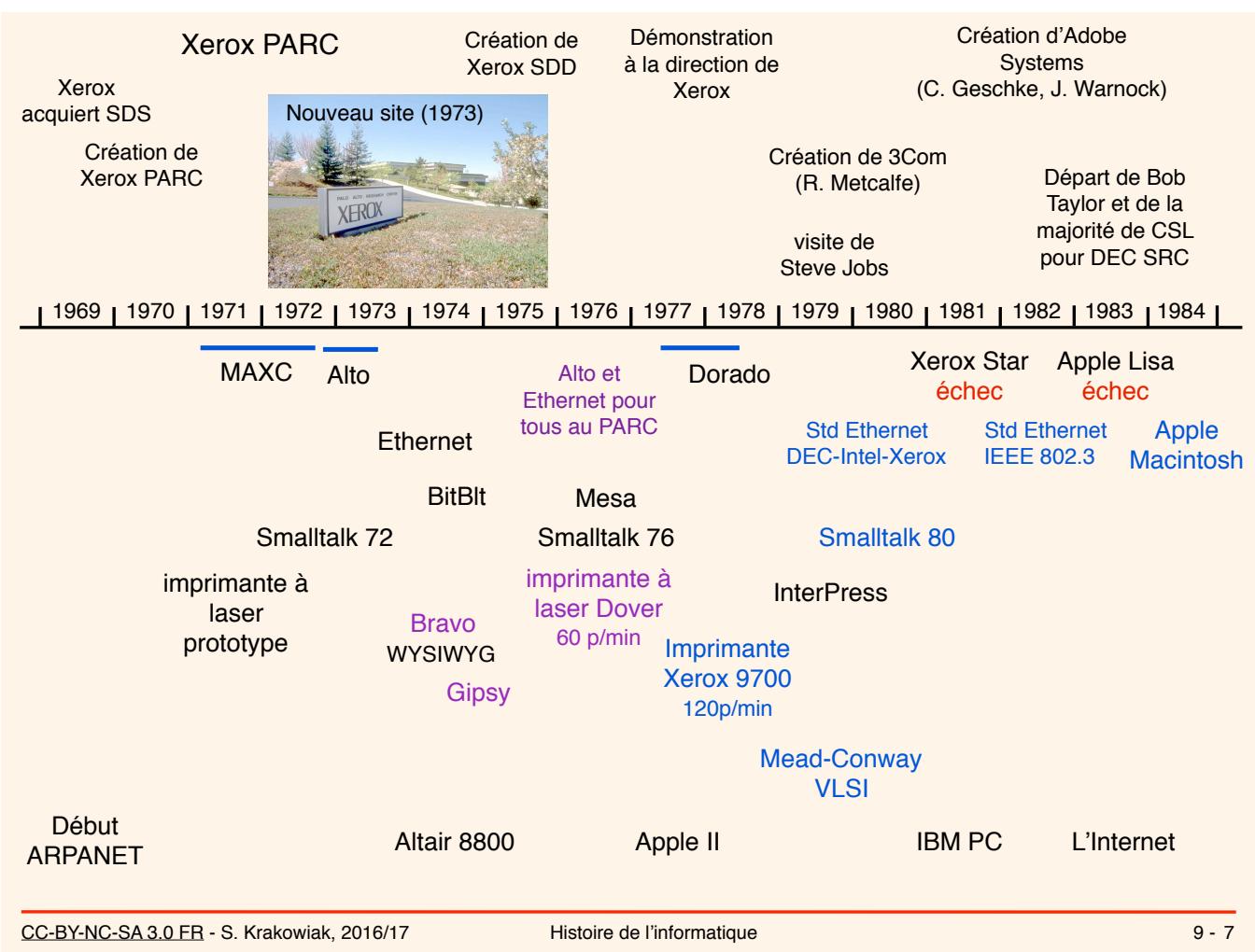
L'équipe du CSL construit sa propre machine...
... un clone du DEC PDP-10 (même jeu d'instructions)
microprogrammé plutôt que câblé
mémoire à circuit intégré (Intel 1103) plutôt que tores de ferrite
contrôleur de disque plus rapide

Le *Multiple Access Xerox Computer (MAXC)*

réalisé en 18 mois (terminé en septembre 1972)

❖ Un effet secondaire

La consolidation et l'affirmation d'une équipe performante



L'Alto : une idée révolutionnaire

✿ La convergence de plusieurs besoins

Alan Kay (SSL) : le Dynabook

une machine portable, bon marché, utilisable par des enfants

y compris pour écrire des programmes

inspirée par le langage LOGO (Seymour Papert, MIT)

Butler Lampson, Chuck Thacker et al. (CSL)

l'informatique répartie

le bureau du futur (oNLineSystem, Engelbart)

l'ordinateur personnel (la fin du temps partagé, via la loi de Moore)



Image courtesy of Computer History Museum

✿ Une réalisation ultra-rapide

Conception de base en 3 mois (fin novembre 1972 - février 1973)

mais réflexions préliminaires depuis 1971

Prototype en avril 1973 ; Alto-II en 1976

Première série de 30, courant 1973 (fabrication : Xerox El Segundo)

1 000 en 1979, 2 000 au total

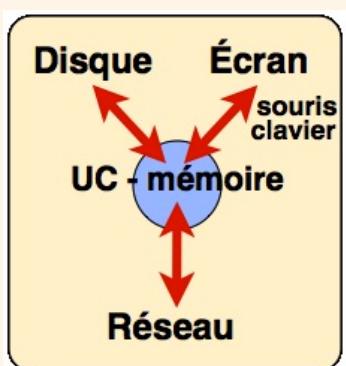
L'Alto, vue d'ensemble

✿ Caractéristiques

Fréquence d'horloge	6 MHz
Taille de la mémoire	48 à 64K mots 16 bits
Temps d'accès mémoire	850 ns
Écran (noir et blanc)	606 x 808 pixels
Débit du réseau	3 Mbit/s
Capacité du disque	2,5 ou 5 Moctets
Coût de fabrication	\$12 K



Wikimedia, domaine public



✿ Vue logique

La *communication*, fonction centrale

Les tâches de l'UC sont microprogrammées et multiplexées

Principes directeurs de l'Alto

✿ Un schéma simple

Assez bon marché pour être produit en grande quantité

✿ Une machine adaptable

L'environnement évolue

Un jeu d'instructions modifiable et extensible

✿ Un outil d'interaction

Le terminal et son interface au cœur du projet

✿ Des entrées-sorties efficaces

En fait, réseau et impression ajoutées après coup

✿ Un élément d'un système réparti

Accès aux ressources partagées

Communication

L'architecture de l'Alto

❖ Un schéma simple

Processeur : 3 cartes, 200 circuits intégrés

Contrôleurs d'E/S : 60 circuits intégrés

Processeur microprogrammé

Jeu d'instructions ~ Data General Nova

Des émulateurs microprogrammés

BCPL, Lisp, Mesa, Smalltalk

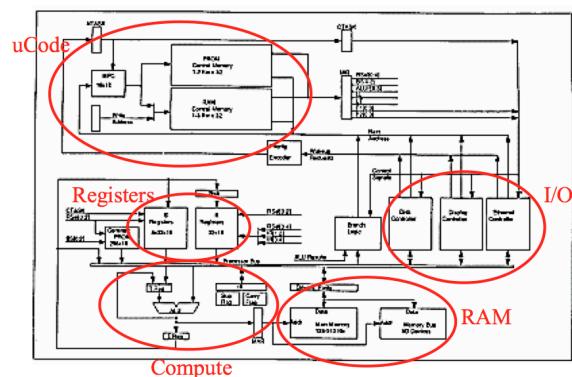
Processeur partagé entre 16 tâches

Gestion de la communication

réseau, terminal, disque

Un schéma unique de contrôleur d'E/S

utilisant directement le processeur



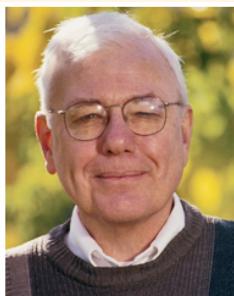
B. Lampson. The Alto and Ethernet Systems: Xerox PARC in the 1970's

❖ Un défaut initial

Sous-estimation des effets de la loi de Moore...

... d'où mémoire trop petite

Les concepteurs de l'Alto



Charles «Chuck» Thacker

Matériel



Butler Lampson

Logiciel, système

Image courtesy of Computer History Museum

©Microsoft

Alan Kay

Vision Dynabook

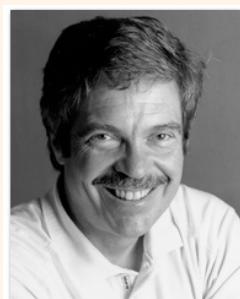


Image courtesy of Computer History Museum

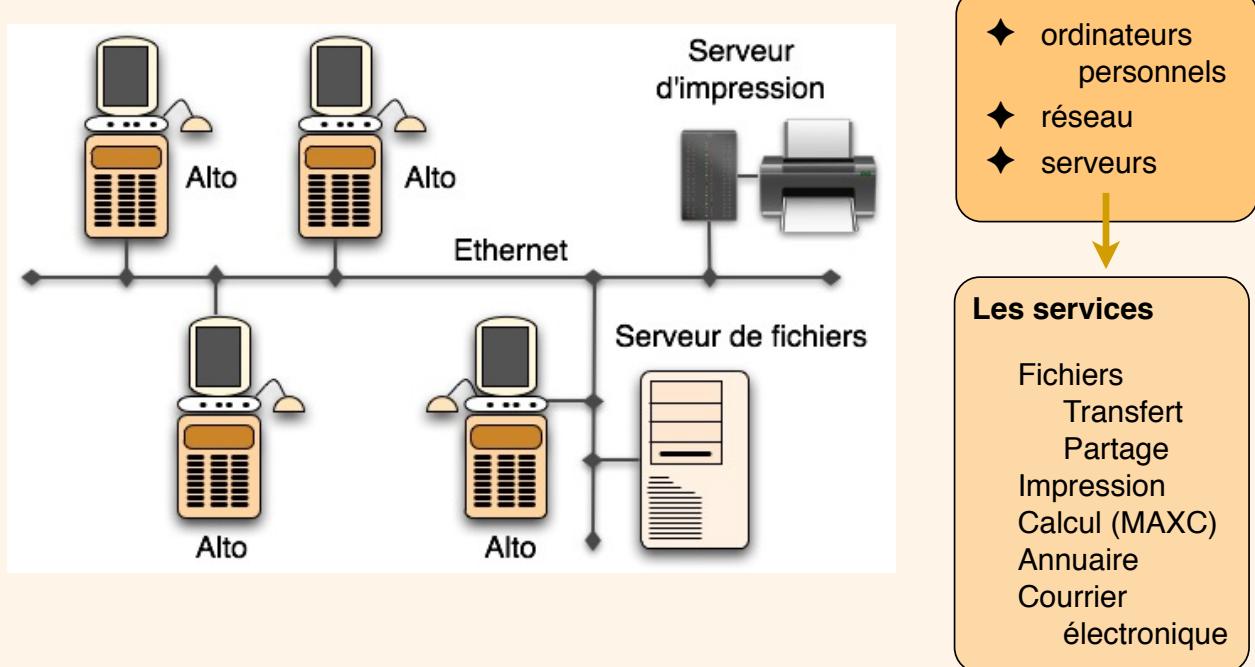
Edward M. McCreight

Matériel



<http://www.mccreight.com>

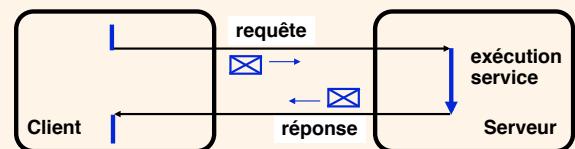
L'Alto dans son environnement



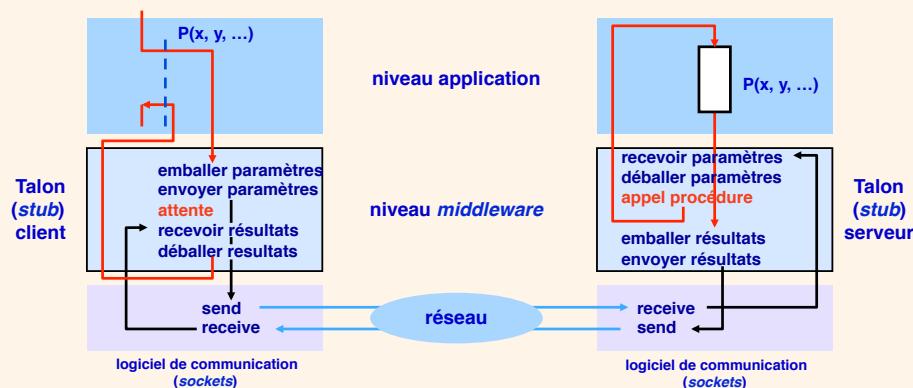
The network is the computer, slogan de Sun... 10 ans plus tard

Le modèle client-serveur

- ❖ Ils ne l'ont pas inventé, mais...
 - ... ils l'ont utilisé à grande échelle
 - ... ils lui ont donné un cadre formel



- ❖ L'appel de procédure à distance



Birrell, Andrew D.; Nelson, Bruce Jay (1984). "Implementing Remote Procedure Calls". *ACM Transactions on Computer Systems*. 2: 39

L'Ethernet (1)

❖ Objectif

Un réseau local (~1 km), simple, rapide, bon marché, extensible

❖ Une source d'inspiration

Le réseau radio Aloha, univ. Hawaii (1971)

Un protocole fondé sur le libre accès et la détection de collisions

❖ Le protocole de l'Ethernet : CSMA/CD

Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection

Une station émet quand la voie est libre

S'il y a collision

elle est immédiatement détectée (chaque émetteur reçoit)

chaque émetteur réémet après un délai aléatoire

en cas de collisions successives, le délai moyen croît (régulation de charge)

L'expérience montre qu'il y a peu de collisions pour les charges usuelles

L'Ethernet (2)

❖ Un support passif : le câble coaxial



a) Connecteur Ethernet (1973)

© 2010 Digibarn Computer Museum



b) Connecteur 10BASE2 (1980)

Wikimedia Commons



c) Connecteur RJ45 actuel

©2007 David Monniaux

❖ Vers la normalisation

1980 : accord DEC - Intel - Xerox

1983 : standard IEEE/ISO IEEE 802.3

❖ Une forte capacité de croissance

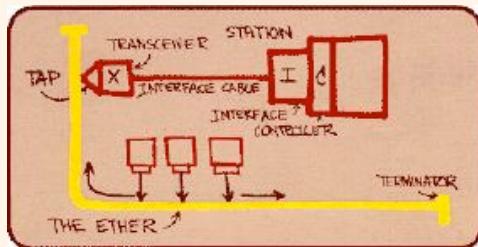
1973 : 3 Mbit/s

Aujourd'hui : 10 Gbit/s (sur fibre optique)

L'Ethernet (3)

❖ L'invention de l'Ethernet

Robert Metcalfe, David Boggs
avec l'aide de Thacker, Lampson
1972-73, juste à temps pour l'Alto



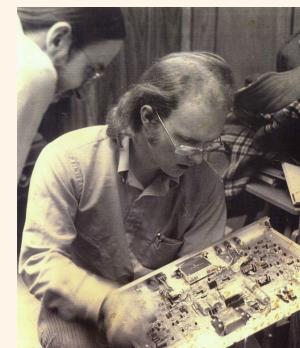
Le schéma d'origine

©Digibarn.com

Robert Metcalfe



Images courtesy of Computer History Museum



David Boggs

Robert M. Metcalfe and David R. Boggs. 1976.
Ethernet: distributed packet switching for local
computer networks. *Commun. ACM* 19, 7 (July 1976)

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
HARDWARE										
Alto	_____	Alto 2	_____	Dolphin	_____			Dicentra	_____	
mouse	mouse			Dorado	_____					
Ethernet Ears	_____			Dover	_____	Wildflower	Dandelion	_____		
				Orbit	_____			8044	_____	
					Puffin	_____				
OPERATING SYSTEMS										
Alto OS	_____			Pilot	_____		Cedar exec	_____		
Scavenger										
Alto exec										
LANGUAGES										
BCPL	_____	Swat	Mesa	_____						
			Mesa debugger	_____						
				Copilot	_____					
Smalltalk 72	_____		Smalltalk 76	_____	Smalltalk 80	_____				
Alto Lisp	_____			Interlisp D	_____					
COMMUNICATIONS										
Pup	_____	worm			RPC	_____				
Chat					Grapevine	_____				
FTP										
SERVERS										
EARS	_____	Press	Spruce	_____			Interpress	_____		
Juniper	_____						Alpine	_____		
APPLICATIONS										
Gypsy	Officetalk	Star	_____							
Smalltalk windows		Tajo	_____							
Bravo	_____	BravoX	_____							
Sil	Markup	Sil	Laurel	_____			Tioga	_____		
Fred	AIS									
Draw										

Table 1: Systems and chronology (approximate)

Chronologie des systèmes matériels et logiciels de Xerox PARC

Extrait de : B. Lampson. Personal Distributed Computing: The Alto and Ethernet Software, in *A History of Personal Workstations*, ed. A. Goldberg, Addison Wesley, 1988.

L'environnement graphique

❖ L'objectif

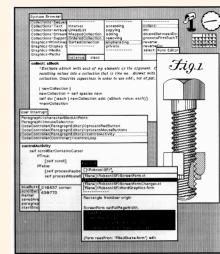
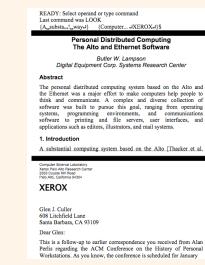
L'interaction, clé de l'ordinateur personnel
Des commandes intuitives
Une image fidèle du papier

❖ L'interface

Fenêtres
Icones (Smalltalk)
Menus surgissants (*pop up*)
Menus déroulants (*pull down*)

❖ What You See Is What You Get

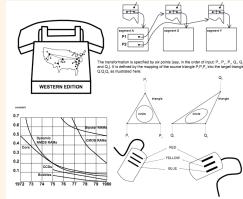
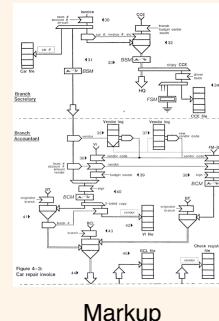
Des applications variées
Éditeurs de texte (Gypsy, Bravo)
Outils de dessin (Draw, Markup, SIL)



Fenêtres partitionnées
(Bravo)

© PARC. Courtesy of PARC, a Xerox company

Fenêtres recouvrantes
(Smalltalk)



Draw (exemples)

B. Lampson. Personal Distributed Computing: The Alto and Ethernet Software. A History of Personal Workstations. A. Goldberg, ed. Addison-Wesley 1988

Les outils de l'interaction

❖ Le matériel

Écran à points
1 bit par pixel
Clavier entièrement interprété
1 bit par touche, combinaisons de touches
Souris
inventée au SRI (Doug Engelbart) pour le système NLS

❖ Une contrainte forte, l'efficacité

L'image de l'écran occupe 50% de la mémoire
La gestion des fenêtre et des polices consomme du temps

❖ Un outil efficace, BitBlt

Agit sur 2 zones rectangulaires
opérations diverses : constante, copie, fusion, ou exclusif, etc.
Interprété par microcode
Utilisé pour la gestion de fenêtres (recouvrement, défilement, etc.)

La naissance du WYSIWYG

❖ Deux éditeurs de texte : Gypsy (SSL) et Bravo (CSL)

Chacun a emprunté des traits à l'autre

exemple : édition sans mode Gypsy -> Bravo

❖ L'écran est une image quasi-conforme du texte à imprimer

Nécessite une gestion élaborée de la représentation interne du texte

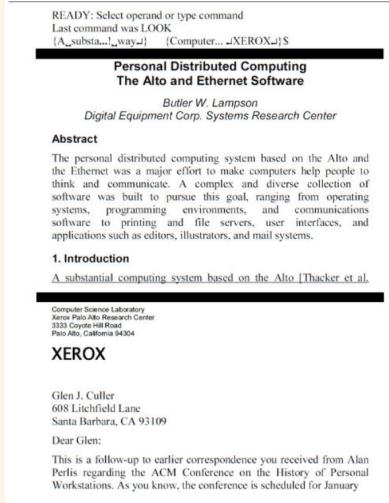
❖ Des fonctions nouvelles pour l'époque, banales aujourd'hui

Couper-coller

Polices multiples

❖ Un gestion de versions commode

On peut retrouver une version ancienne en «rejouant» la suite des modifications



Les outils du programmeur : Mesa et Cedar

❖ Mesa : le premier langage modulaire

Dans la ligne de Pascal, introduit modules et interfaces avec contrôle de type sur les interfaces importées

Utilise les moniteurs et les *threads* pour la synchronisation

Introduit la gestion des exceptions

Largement utilisé pour les applications sur l'Alto (et le Star)

Inspirera Modula-2, Ada, Java

❖ Cedar, un projet ambitieux

Langage (inspiré par Mesa)

Ramasse-miettes, typage dynamique, types paramétrés

Environnement complet de programmation

Interface graphique élaborée, édition, mise au point

A besoin de la puissance du Dorado

SmallTalk : une nouvelle idée de la programmation

- ❖ L'objectif initial

- Un langage pour le Dynabook
 - «apprendre en faisant»

- ❖ Le vrai début de la programmation par objets

- Après le précurseur : Simula 67
 - Une formalisation des notions de classe, métaclasse, message, méthode, héritage

- ❖ Une machine virtuelle

- ❖ Un environnement complet de programmation

- Interface graphique évoluée
 - Mise au point interactive
 - Modification en cours d'exécution

Smalltalk : une première formalisation de la programmation par objets

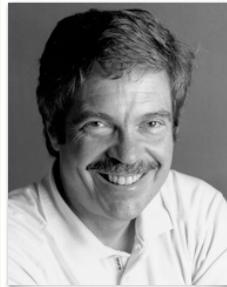
- ❖ Tout objet est instance d'une classe
- ❖ Toute classe hérite (in)directement de la classe *Object*
- ❖ Toute classe est instance d'une métaclasse
- ❖ La hiérarchie des métaclasses est parallèle à la hiérarchie des classes
- ❖ Toute métaclasse hérite de *Class* (qui hérite de *Behavior*)
- ❖ Toute métaclasse est une instance de *MetaClass*
- ❖ La métaclasse de *MetaClass* est une instance de *MetaClass*

Principaux acteurs de Smalltalk



Larry Tesler

CC-BY-2.0 Yahoo! Blog



Alan Kay



Peter Deutsch

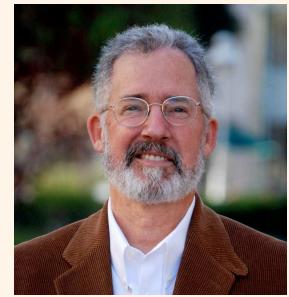
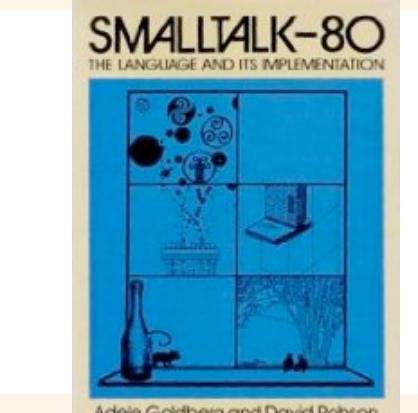
<http://www.azquotes.com/quote/585961>

Images courtesy of Computer History Museum



Adele Goldberg

Image courtesy of Computer History Museum



Dan Ingalls

CC-BY-SA-3.0

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

Histoire de l'informatique

9 - 25

La communication

- ❖ **Un protocole de communication : PuP**
 - Parc Universal Protocol*
 - Utilise les datagrammes
 - Un précurseur de TCP/IP
- ❖ **Pas de «vraies» applications réparties...**
- ❖ **... sauf le premier «ver»**
 - Un programme réparti expérimental
 - Recherche des machines oisives et se duplique sur elles
- ❖ **Un modèle client-serveur**
 - Accès aux services (fichiers, impression, courrier)
 - La première réalisation du RPC (*Remote Procedure Call*)

Les successeurs de l'Alto

❖ Le Dorado

Conception : 1975-78 ; livraison : 1980 ; 75 exemplaires en 1983
Une machine très puissante (3 x Vax 11/780)
Une machine personnelle, mais isolée des utilisateurs
Schéma voisin de l'Alto, mais mémoire virtuelle

❖ Le Dolphin

Conception et réalisation : 1977-79
Un Dorado «réduit» (2 x Alto)
Une machine peu utilisée (machine Lisp, pilote d'imprimante)

❖ Le Dandelion

Conception et réalisation : 1979-80, au SDD
Le processeur du Xerox Star, performant et peu coûteux
Langage de base : Mesa

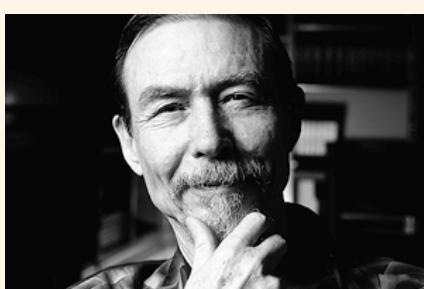
La conception de circuits intégrés

❖ Du LSI ($x.10^4$) transistors au VLSI ($x.10^5$) fin années 1970

Des outils automatisés de conception deviennent nécessaires
Une avancée majeure : séparer conception et aspects technologiques

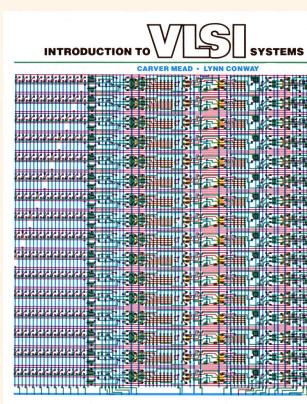
❖ Les circuits intégrés pour tous : la méthode Mead-Conway

Une influence forte et durable sur la formation et l'industrie
... mais peu de retentissement au sein du PARC...



Carver Mead (1934 -)
CalTech

CC-BY-SA Norman Seeff



Le livre (1979)



Lynn Conway (1938 -)
Xerox PARC
CC-BY-SA Charles Rogers

L'imprimante à laser (1)

Image courtesy of
Computer History
Museum



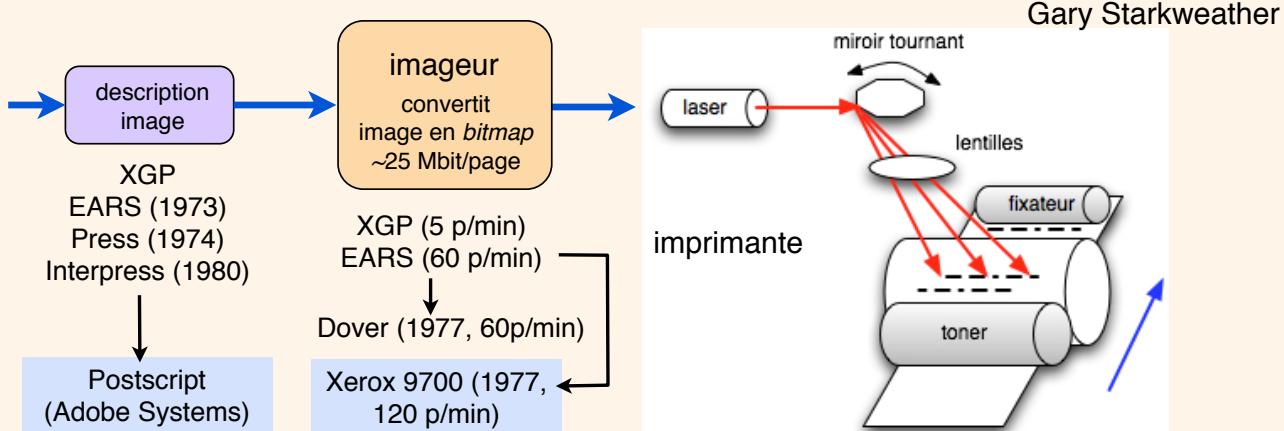
❖ Des débuts difficiles

Idée initiale : Gary Starkweather (1967-68)

Xerox Lab, Webster : opposition de la hiérarchie

Starkweather rejoint Xerox PARC (janvier 1971)

❖ Le principe (très simplifié)



L'imprimante à laser (2)

❖ SLOT, premier prototype (1971)

Scanning Laser Output Terminal

Montre la faisabilité



❖ EARS, système utilisable (1974)

Ethernet, Alto, RGP, SLOT

Base du développement des imageurs

❖ Dover, la consolidation (1977)

Largement diffusé

❖ Xerox 9700 (1977)

Principal transfert industriel du PARC

Un succès éclatant

L'imprimante SLOT

Image courtesy of Computer History Museum



©Digibarn

L'imprimante Xerox 9700

Le transfert (1)

❖ Création de Xerox SDD (1975)

Systems Development Division

Structure destinée aux transferts des résultats du PARC

Mais peu d'enthousiasme dans la hiérarchie de Xerox...

La même année, vente de XDS à perte

❖ Une occasion manquée (mi-1977)

Proposition d'un produit directement dérivé de l'Alto...

... mais rejet au profit d'un matériel « traditionnel »

❖ Un effort de promotion (fin 1977)

Futures Day, réunion de prospective de la hiérarchie de Xerox

Méga-démonstration avec 30 Altos, Ethernet, imprimante laser couleur

Intérêt modéré de Xerox, malgré l'effet de surprise...

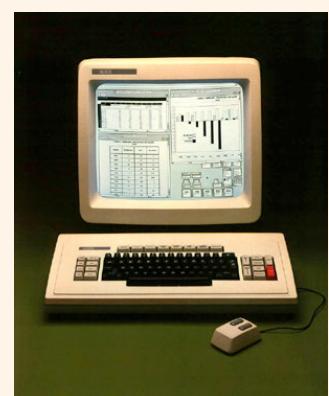
"It's easier to get a venture capitalist to give you money than to persuade the management of a large, successful company to try something new."

Gordon Moore

Le transfert (2)

❖ Finalement, un produit pour le marché

Le Xerox Star (sortie début 1981)



❖ Une machine techniquement remarquable...

❖ ... mais un échec commercial

au profit de l'IBM PC, beaucoup moins raffiné

❖ Les raisons de l'échec

Le Star était trop lent

des logiciels trop ambitieux pour la puissance du processeur

Le Star était trop cher

\$16 K, contre \$5 K pour l'IBM PC ; investissement élevé (grappe)

La machine venait trop tard

résultats des atermoiements de Xerox

Le positionnement commercial n'était pas clair

les commerciaux de Xerox ne savaient pas valoriser cette machine

Le Xerox Star

©PARC, via Digibarn

Le transfert (3)

❖ Pendant ce temps, chez Apple...

Deux projets en cours en 1979

Lisa, pour les entreprises

Macintosh, pour le grand public



Apple Lisa (1983)

Collection Aconit

❖ Une visite historique (fin 1979)

Steve Jobs et ses ingénieurs visitent Xerox

Une proposition.

Accès à la technologie du PARC, contre \$ 1M
de participation dans Apple

Larry Tesler quitte le PARC pour Apple



Apple Macintosh (1984)

Credit : © Mark Richards. Courtesy of
the Computer History Museum.

❖ Un échec, un succès

Échec du Lisa, pour les mêmes raisons que le Star

Succès du Macintosh, malgré ses limitations initiales

fermeture, petite mémoire, peu d'applications

Les ingrédients du succès (initial)

❖ La qualité des équipes

Une concentration unique de chercheurs de premier plan...

3 Prix Turing (Thacker, Kay, Lampson)

... couvrant (quasiment) tous les domaines de l'informatique

ordinateurs, impression laser, réseaux, VLSI, graphique et animation,
interfaces homme-machine, langages, systèmes logiciels, ...

❖ Une organisation favorisant l'innovation

Structure souple, évolutive, et peu hiérarchisée

rôle déterminant de Bob Taylor au CSL

Mission motivante, liberté d'action et ressources abondantes

❖ Quelques principes simples mais essentiels

KISS (*Keep It Simple, Stupid*)

Utilisation quotidienne et par tous des outils fabriqués

d'où effort de documentation et de formation

Attention portée aux performances (sinon, pas d'acceptation)

La vie après...

❖ Début des années 1980, l'enthousiasme est retombé...

Difficultés du transfert

Départ de chercheurs (Metcalfe ; Geschke et Warnock ; Kay ; Simonyi)

Manque d'inspiration

Conflits internes et luttes de pouvoir

❖ 1983 : l'explosion

Xerox PARC coupé en deux puis reconstitué

Bob Taylor forcé à la démission

❖ 1984 : création de DEC Systems Research Center (SRC)

Direction : Bob Taylor, effectif initial : une grande partie de CSL
dont Thacker et Lampson ; durera jusqu'en 2002

❖ 2002 : PARC devient une filiale de Xerox

Recherche sur contrat ; informatique non majoritaire

Refaire Xerox PARC ?

Pour en savoir plus

- ❖ **Page web de Butler Lampson** (bwlampson.site)
 - Alto and Ethernet Software
 - Alto and Ethernet Hardware (Chuck Thacker)
 - Hints for Computer Systems Design
- ❖ **Interviews sur Charles Babbage Institute** (www.cbi.umn.edu/oh/)
 - R. W. Taylor, B. W. Lampson
- ❖ **Un livre**
 - Michael A. Hiltzik, *Dealers of Lightning, Harper* (1999)