

Article

« Les promesses de la révolution virtuelle : genèse de l'informatique personnelle, 1968-1973 »

Thierry Bardini

Sociologie et sociétés, vol. 32, n° 2, 2000, p. 57-72.

Pour citer cet article, utiliser l'adresse suivante :

<http://id.erudit.org/iderudit/001020ar>

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <http://www.erudit.org/apropos/utilisation.html>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : erudit@umontreal.ca



Les promesses de la révolution virtuelle :

genèse de l'informatique personnelle, 1968-1973

thierry bardini

Département de communication
Université de Montréal
C.P. 6128, Succursale Centre-ville
Montréal (Québec), Canada H3C 3J7
Courriel : bardinit@com.umontreal.ca

L'éternel retour de l'utopie révolutionnaire

*La liberté ne doit pas être dans un livre, elle doit être dans le peuple, et réduite en pratique. [...]
Toutes les pierres sont taillées pour l'édifice de la liberté : vous lui pouvez bâtir un temple ou un
tombeau des mêmes pierres.*

*Saint-Just, « Sur la constitution à donner à la France, »
discours prononcé devant la Convention le 24 avril 1793.*

Incroyable présence du discours révolutionnaire dans les discours sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication¹! Que ce soit sous la forme de « révolution numérique », de « la révolution de l'information, » ou sous celles de ses résultats anticipés, « la société de l'information » ou « la société postindustrielle, » les discours de nos politiciens et penseurs, comme ceux de nos capitaines d'industrie, regorgent de cette évidence : ces techniques vont dramatiquement changer les choses, et finalement aboutir là où la modernité politique et technique avait échoué jusque-là, faute de moyens : une vraie révolution, la révolution aboutie, menée à son terme. Dans

1. Toutes les citations des révolutionnaires de 1789 utilisées dans cet article sont extraites de textes disponibles sur le www à l'url suivante : <http://www.multimania.com/nea/nea_fr/textes.htm>. Merci à Philippe Royer pour l'heureuse initiative de cette archive.

ce sens, la révolution de l'information prend deux sens différents, soit en tant que continuité avec l'idéal révolutionnaire originel, soit en tant que condition nécessaire à l'aboutissement de ce même idéal.

Le premier sens inféode la technique au politique, dans la mesure où la « révolution technique » n'y est qu'une forme de la révolution tout court. La forme extrême de ce discours l'apparente à un déterminisme social : les technologies du numérique se devaient d'apparaître en tant que moyen de faire (ou d'achever) la révolution démocratique. C'est d'ailleurs une des formes classiques d'interprétation des liens qui unissent la « révolution de l'informatique » à la contre-culture américaine de la fin des années soixante. Dans cette première forme du discours révolutionnaire informatique, les technologies du numérique sont donc conçues en tant que moyen, outil au service de l'idéal révolutionnaire démocratique.

À l'inverse, le second sens inféode le politique à la technique, et retourne le déterminisme : la révolution ne peut plus s'accomplir que grâce à ces nouvelles technologies de la communication, le progrès technique est le seul chemin vers le progrès social. Dans cette perspective, les nouvelles technologies de la communication deviennent le médium révolutionnaire par excellence et font entrer la démocratie représentative dans une nouvelle phase (« la démocratie électronique, modèle politique de la société de l'information »).

Point n'est besoin de revenir sur ces figures du déterminisme, maintenant bien connues et souvent caricaturales. Je me contenterai d'insister sur deux points qui me semblent cruciaux : (1) quelle que soit la forme retenue du déterminisme, et quel que soit le jugement porté sur ces effets, tous les commentateurs semblent s'accorder sur le caractère inéluctable du phénomène, et (2) la référence tout aussi inéluctable à l'idéal de la révolution française, résumé par le slogan républicain « Liberté, Égalité, Fraternité ». Puisque tout le monde semble le dire, il y a bien une révolution, et elle est sûrement calquée sur la mère de toutes les révolutions, la Révolution française de 1789.

La plupart des ouvrages traitant de l'histoire de l'informatique s'accordent pour considérer la décennie des années soixante-dix comme la période d'émergence d'un nouveau paradigme informatique. Même si les termes utilisés varient grandement, la plupart considèrent que l'apparition de la micro-informatique ou de l'informatique personnelle marque une tournant majeur dans la culture informatique. Philippe Breton et Serge Proulx (1991, p. 248), par exemple, voient la micro-informatique comme « l'innovation technique majeure qui va faire basculer le développement de l'informatique dans un nouvel esprit d'ouverture vers la communication ».

Dans le cadre de mon travail sur l'histoire sociale de l'informatique, j'ai particulièrement insisté sur l'émergence du nouveau paradigme que constitue *l'informatique personnelle distribuée* (Bardini, 2000). Plutôt que de centrer le paradigme sur une innovation technique² ou d'y voir le résultat d'un mouvement social³, ce travail de

2. Comme ceux qui considèrent que la naissance du microprocesseur (à Intel en 1971) est à l'origine de ce nouveau paradigme (Braun et MacDonald, 1978).

3. La fameuse contre-culture de la fin des années soixante, à l'origine d'une nouvelle génération d'informaticiens/hackers (Levy, 1984).

recherche m'a en effet convaincu que c'est l'alliance de ces deux dynamiques, sociale et technique à la fois, qui constitue le changement radical de la culture informatique. Selon moi, ce paradigme émerge spécifiquement sur la côte ouest des États-Unis, et particulièrement autour du campus de l'Université Stanford, entre 1968 et 1973.

Durant ces cinq années apparaissent en effet la plupart des innovations techniques qui vont constituer la culture informatique des prochaines décennies. En décembre 1968, Douglas Engelbart et son équipe du Stanford Research Institute (sri) dévoilent nls, un système hypermédiatique alliant texte, graphique et vidéo, doté d'une interface à écran partagé et muni d'une souris, préfigurant ainsi et les environnements du type World Wide Web et la fameuse interface wimp⁴. En avril 1973, au Xerox Palo Alto Research Center (parc), apparaît l'Alto, la première véritable machine personnelle, rapidement dotée d'une interface graphique et d'un lien ethernet. Notez aussi que durant cette période apparaissent aussi l'arpanet⁵, puis Internet, et le microprocesseur qui permettra en 1974 l'apparition de l'Altair, le premier micro-ordinateur (en kit).

C'est aussi durant ces cinq années que s'actualisent en trois traductions informatiques les trois principes majeurs de l'idéal révolutionnaire : la convivialité (*user-friendliness*) comme traduction du principe de liberté, l'accès universel comme traduction du principe d'égalité, et l'interactivité comme traduction du principe de fraternité. La convivialité transforme en effet les machines complexes que sont les ordinateurs antérieurs (*mainframe*, *batch processing* et *timesharing computers*) en machines simples à apprendre et/ou à utiliser, c'est-à-dire permettant à un usager non informaticien d'utiliser la machine librement. L'accès universel suppose qu'à terme tous seront égaux devant l'informatique, qu'il ne s'agira plus d'une technique élitiste réservée à des professionnels que les *hackers* qualifiaient de « clergé de l'informatique ». L'interactivité, enfin, est une notion complexe, mais qui signifie surtout que l'informatique se transforme à cette époque en médium, en machine à communiquer. Cette transformation majeure est déjà implicite dans le travail des cybernéticiens, mais la période 1968-1973 actualise cette influence originelle et la traduit en dispositifs concrets de communication entre humains, permettant ainsi une nouvelle fraternité électronique.

Il m'est évidemment impossible dans l'espace restreint de cet article de démontrer avec rigueur l'ensemble de cette thèse. Je me bornerai donc à donner quelques éléments de preuve en me concentrant sur la transition entre les deux sites principaux de l'émergence du nouveau paradigme, sri et Xerox parc. Pour cela, je tenterai de montrer comment, dans la transition entre ces deux sites, les débats entre informaticiens

4. nls pour on-Line System, a fait l'effet d'une véritable bombe dans les milieux informatiques lors de sa première démonstration publique, depuis communément qualifiée de « la mère de toutes les démos ». wimp, pour Windows, Icones, Menu and Pointer Interface, constitue le paquet standard de l'interface graphique (cf. *infra*). Engelbart et son équipe sont responsables de l'invention de la souris (1965) et du premier écran partagé en espaces analogues aux fameuses fenêtres.

5. Le réseau informatique de l'Advanced Research Project Agency du ministère de la Défense américain qui naît en 1968 avec deux premiers nœuds à l'Université de Californie à Los Angeles (ucla) et sri. Pour le rôle du Bureau des techniques de traitement de l'information (Information Processing Techniques Office, iptco) de l'arpa dans la naissance du réseau, voir Norberg et O'Neill (1996).

sur les figures de l'usager potentiel des systèmes informatiques alors en gestation informent les constructions sociotechniques que sont la convivialité, l'accès universel et l'interactivité.

la convivialité informatique, où l'utopie de la liberté technologiquement déterminée

Je crois que la liberté n'est pas la misère; qu'elle ne consiste pas à avoir des habits râpés et percés aux coudes, comme je me rappelle d'avoir vu Roland et Guadet affecter d'en porter, ni à marcher avec des sabots; je crois au contraire, qu'une des choses qui distingue le plus les peuples libres des peuples esclaves, c'est qu'il n'y a point de misère, point de haillons là où existe la liberté.

Camille Desmoulins, « Vivre libre ou mourir »

Mes recherches ont montré que la première phase de la construction sociale de nouveaux usages et usagers de l'informatique personnelle et distribuée est un lent et complexe processus de négociation à l'intérieur de la communauté des concepteurs. Cette première phase correspond en fait à l'intervalle qui sépare le premier rêve du système et l'apparition des premiers usagers « réels » différents des concepteurs. Dans un mouvement que j'ai qualifié d'*usage réflexif*, les concepteurs ont tendance à s'ériger en modèle de l'usager futur, et cette réflexion originelle laisse progressivement place à la réalisation que celui-ci pourra différer grandement des concepteurs en termes de compétences, de motivation ou même de projet (Bardini, 1996; Bardini et Horvath, 1995).

Dans le cas particulier de la genèse de l'informatique personnelle et distribuée, cette dynamique de réalisation a été originellement conceptualisée à l'aide de la notion de « *bootstrapping* », malheureusement intraduisible en français.⁶ En particulier, Douglas Engelbart et son équipe considéraient le *bootstrapping* à la fois comme une opération technique (le processus qui « allume » un ordinateur) et comme une opération sociale (le processus qui « allume » de nouveaux usagers)⁷. Cependant, leur représentation de cet usager futur était encore relativement proche d'eux-mêmes, en cela qu'ils le considéraient comme un « travailleur de l'intelligence » (*intelligence worker*) ou plus tard comme un « travailleur de la connaissance » (*knowledge worker*) :

NLS est conçu pour être utilisé sur une base régulière, plus ou moins à temps plein, dans un environnement en temps partagé, par des usagers qui ne sont pas nécessairement des professionnels de l'informatique. Selon nous, ces usagers doivent cependant être « formés »

6. « *Bootstrap* » est le mot employé en anglais pour la languette de cuir cousue sur les bottes pour permettre de les enfiler, et l'expression « *to put oneself up by one's own bootstrap* » est traduit en français par « s'élever à la force du poignet ». Le verbe *bootstrap* apparaît en anglais en 1951, et signifie « promouvoir ou développer une initiative par ses propres moyens ». À peu près à la même époque apparaît le verbe « *to boot(strap) a computer* » en dérivation de l'adjectif *bootstrap*, qui signifie alors « capable d'utiliser une fonction ou processus interne pour en contrôler un autre » (Webster's).

7. « Cela prend un temps considérable (des générations) pour découvrir et mettre en œuvre tous les changements fructueux du système humain rendus possibles par un changement radical donné de la technologie. Le côté de la technologie, le *système de l'outil*, a malheureusement dirigé l'ensemble du système. Ce que nous devons établir est une co-évolution harmonieuse des deux parties. Comment établir un environnement qui mène à une telle co-évolution? Eh bien, c'est là où le *bootstrapping* en laboratoire intervient » (Engelbart, 1988, p. 217; ma traduction).

plutôt que « naïfs ». Ainsi, le système n'est pas conçu pour son extrême simplicité, ses aspects auto-explicatifs ou sa compatibilité avec des procédures de travail formelles. Nous supposons plutôt que l'utilisateur aura passé un temps considérable à apprendre l'opération du système qu'il utilise pour une majeure partie de son travail, et qu'il est en conséquence prêt à adapter ses procédures de travail pour exploiter au maximum les possibilités de l'assistance informatisée interactive (Engelbart *et al.*, 1970 ; ma traduction).

À Xerox parc, à l'inverse, le modèle de l'utilisateur se distingua rapidement de ses concepteurs, sous la forme du « travailleur de l'information », en particulier les secrétaires dactylo et les travailleurs de l'édition. Même si le principe originel du *bootstrapping* continua d'opérer sous la forme d'un principe de design réflexif (« *We use what we design* »), il n'en demeure pas moins que cette transformation induit un changement profond dans la conception de l'interface entre l'utilisateur et l'ordinateur. Ce nouveau modèle, c'est l'*interface a-modale (modeless interface)*, débarrassée (du moins en principe) des modes⁸ qui caractérisaient les interfaces précédentes.

Pour certains chercheurs de parc, nls était le modèle d'une interface modale, dans la mesure où son architecture multipliait les états discrets comme autant de conditions exclusives pour l'activité de l'utilisateur. Les commandes et les sous systèmes y étaient organisés de telle manière à ce que certaines commandes étaient spécifiques à un sous-système donné, tandis que d'autres étaient identiques quel que soit le sous-système opérationnel. De manière à accéder à la fonctionnalité d'une commande spécifique, l'utilisateur devait donc cheminer dans une hiérarchie de commandes préalables et placer le système dans un état, un mode, spécifique.

L'utilisateur devait donc mémoriser à la fois l'endroit où il se trouvait et son cheminement dans l'architecture du système, et l'interface était analogue à une sorte de labyrinthe nécessitant parfois des retours en arrière conséquents pour changer de mode et accéder à de nouvelles fonctionnalités. À l'opposé de ce modèle demandant un apprentissage moteur et cognitif conséquent pour l'utilisateur, deux des chercheurs les plus importants de parc, Alan Kay et Larry Tesler, développèrent un modèle d'interface qui devint le modèle dominant pour l'informatique personnelle : l'interface graphique, utilisant menus et icônes.

Larry Tesler mena à Xerox parc une véritable croisade contre les interfaces modales, une campagne qu'il qualifie lui-même de « quasi fanatique ». Selon son propre récit (Tesler, 1981 ; ma traduction), ses observations de secrétaires apprenant à utiliser les éditeurs de textes de l'époque le convainquirent que ses « ordinateurs bien-aimés étaient en fait des monstres antipathiques, et que leurs crocs les plus acérés étaient les toujours présents modes ». Larry Tesler et son collègue Tim Mott étaient membres du Laboratoire de science des systèmes (ssl) à Xerox parc, qui abritait aussi les anciens collègues d'Engelbart. Mais contrairement à ces derniers, Tesler et Mott n'avait aucune

8. Un *mode* est une condition (un état) du système et/ou de son interface. Une métaphore pédagogique automobile permettra peut-être de mieux saisir cette notion complexe : dans le cas d'une automobile synchrone, l'action de la pédale d'embrayage correspond à un changement de mode. En mode débrayé, le conducteur peut changer de vitesse (envoyer une commande) alors qu'en mode embrayé, cette action est impossible ou, tout au moins, fortement déconseillée.

sympathie pour les tentatives de transfert de nls qu'ils considéraient plutôt comme l'archétype du monstre modal. Dès que le premier Alto fut disponible, en avril 1973, les deux chercheurs trouvèrent le moyen de se distancier du projet central du laboratoire (polos) pour s'appliquer à développer leur nouveau modèle d'interface.

Dans le cadre de leur développement de l'interface graphique, la notion de convivialité apparut d'abord en tant que *facilité d'apprentissage*, en référence à un modèle particulier de l'utilisateur⁹. Comme nous l'avons vu, cette notion était antithétique au projet d'Engelbart, qui « ne modélisait pas le monde comme environnement démocratique où les gens posséderaient leur propre ordinateur et où les logiciels seraient conçus pour un plus petit commun dénominateur, mais plutôt pour un plus grand dénominateur. Et si l'utilisateur avait besoin d'une année pour apprendre à utiliser un logiciel, hey, cela prend du temps pour apprendre¹⁰... » . Pour Engelbart en effet,

L'intérêt porté à l'aspect convivial des applications orientées vers l'utilisateur a souvent été démesuré. Pour le contrôle de fonctions opérées très fréquemment, un accroissement de l'efficacité garantit les coûts supplémentaires associés à l'utilisation d'un vocabulaire de commande sophistiqué, incluant des commandes hautement abrégées (et donc non mnémoniques), et requérant la maîtrise d'habiletés d'opération conséquentes (Engelbart, 1973, p. 223; ma traduction).

Plus de vingt-cinq ans plus tard, cette opposition entre facilité d'apprentissage (et la notion connexe de facilité d'usage) et les exigences de la productivité dans l'utilisation de systèmes complexes nécessitant un apprentissage conséquent est toujours d'actualité. Jeff Raskin, un des principaux concepteurs du Macintosh, par exemple, écrivait récemment que « trop d'emphase lors du design des interfaces graphiques actuelles, due aux besoins du marketing de ces dernières années, a été placée sur la facilité d'apprentissage, aux dépens de la productivité » (Raskin, 1997; ma traduction). J'aurai l'occasion de revenir sur l'importance de « ces besoins du marketing » dans la prochaine section, mais pour l'instant, j'insiste sur cette première traduction de l'idéal démocratique à l'heure des ntic : comme figure de la liberté informatique, la notion de convivialité apparaît en phase avec l'apparition de représentations des usagers qui nécessitent une réduction des apprentissages complexes auparavant jugés non seulement nécessaires, mais aussi désirables. Comme me le confessait Alan Kay lui-même, « jusqu'à ce jour Engelbart est vraiment déçu [...] il est amer [...] il ne devrait pas, car il est révérend, mais il l'est quand même, parce qu'il pense que la convivialité est un leurre [*a red herring*] et il a en partie raison¹¹ ».

9. Voir mon analyse (Bardini, 1998) de l'importance de la première figure réelle de cet usager, « Sally », une secrétaire de parc qui dactylographiait encore sur une machine à écrire Royal.

10. Selon Robert Belleville, un des membres de l'équipe d'Engelbart à sri, lors de l'entrevue que j'ai réalisée avec lui le 16 décembre 1992 à Mountain View, Californie.

11. Lors de l'entrevue que j'ai réalisée avec lui le 25 janvier 1993 à Los Angeles, Californie.

l'accès universel, ou l'utopie de l'égalité devant le medium

Le beau législateur que ce Lycurgue dont la science n'a consisté qu'à imposer des privations à ses concitoyens ; qui les a rendus égaux comme la tempête rend égaux tous ceux qui ont fait naufrage ; comme Omar rendait tous les Musulmans égaux, et aussi savants les uns que les autres, en brûlant toutes les bibliothèques ! Ce n'est point là l'égalité que nous envions ; ce n'est point là ma république.
Camille Desmoulins, « Vivre libre ou mourir »

Dans cette section, j'entends montrer comment le trope de l'accès universel, en tant que traduction informatique, prend ses racines bien avant une diffusion de masse des pratiques en ligne, c'est-à-dire non seulement bien avant le succès du World Wide Web (début des années quatre-vingt-dix), mais avant même la diffusion d'Internet en dehors de la communauté académique des informaticiens. L'accès universel, tel que nous le connaissons maintenant, est en fait l'ultime avatar d'une trajectoire de diffusion, un projet visant à saturer la population en la transformant effectivement en « communautés d'internautes », sorte d'*homo virtualis*, une des figures dominantes du posthumain tant à la mode. L'histoire nous rappelle qu'avant de considérer l'accès universel au cyberspace, c'est-à-dire aux pratiques de la communication informatisée en ligne, il faut considérer l'accès aux machines elles-mêmes. Comme je vais essayer de le montrer maintenant, bon nombre des questions encore actuellement ouvertes ont été posées pour la première fois lors de l'émergence du paradigme de l'informatique personnelle distribuée.

Dès l'origine, en effet, les créateurs du nouveau paradigme ont clairement conçu la hiérarchie existante entre les deux aspects de la nouvelle informatique. Butler Lampson, par exemple, écrivait que « au cours du développement du Alto, nous avons créé [...] un nouveau type d'informatique [...] pour lequel il n'y a pas de nom accepté par tous, mais que nous appellerons *informatique personnelle distribuée*. Pourquoi ces mots ? Le Alto est *personnel* parce qu'il est sous le contrôle d'une personne et sert ses besoins. [...] Le Alto est *distribué* parce que toute chose dans le vrai monde est distribuée, à moins d'être très petite. C'est aussi implicite dans nos objectifs que l'ordinateur est une machine à communiquer. Si elle doit être personnelle, elle doit alors faire partie d'un système distribué, de manière à échanger des informations avec d'autres ordinateurs personnels¹² ». Je reviendrai dans la prochaine section sur la question de la conception de l'ordinateur comme machine à communiquer, mais pour l'instant, attardons-nous à la conception de l'ordinateur personnel, et donc un peu plus sur la genèse du Alto.

Celle-ci résulte surtout de la rencontre des intérêts de trois informaticiens : Alan Kay, Butler Lampson et Chuck Thacker. Lampson et Thacker se connaissaient depuis approximativement sept ans avant leur arrivée à Xerox parc en 1971, puisqu'ils avaient collaboré au projet genie de l'Université de Californie à Berkeley. Ensemble, et sous la responsabilité de Mel Pirtle, ils y avaient construit le système opératif du sds 940, un des premiers systèmes en temps partagé commercialement viable¹³. Après une tentative

12. Butler Lampson est l'un des deux ingénieurs principaux du Alto. Ces lignes sont extraites de sa contribution à la conférence sur l'histoire des stations de travail personnelles (Lampson, 1988, p. 294-295 ; ma traduction).

13. Le sds 940 équipa d'ailleurs le laboratoire d'Engelbart à sri, et était donc le système opératif sur lequel fonctionnait nl s jusqu'en 1971, lorsque Engelbart équipa son laboratoire d'un dec pdp-10.

infructueuse de créer leur propre compagnie pour commercialiser des systèmes en temps partagé, Lampson, Thacker et cinq de leurs collègues rejoignirent parc en 1971. Ils y rencontrèrent Alan Kay, qui fournit l'impulsion originelle pour créer une machine personnelle.

En effet, dès son travail de doctorat à l'Université de l'Utah entre 1966 et 1969, Kay avait réfléchi à la possibilité de produire un ordinateur personnel. Il avait nommé cette machine Flex, et voici ce qu'il écrivait à son sujet dans sa thèse :

[Flex] doit être assez simple pour que son utilisateur ne doive pas nécessairement être un programmeur (quelqu'un qui comprend les rites et arcanes) pour l'utiliser. Il doit être assez peu coûteux pour être possédé (comme un grand piano). Il doit être capable de plus que de simplement réaliser des fonctions computables ; il doit être capable de formuler les abstractions avec lesquelles son utilisateur travaille. (Kay, 1969 ; ma traduction).

En décembre 1972, Butler Lampson rédigea un mémorandum destiné à convaincre le management à parc de l'intérêt de l'Alto. Il y expliquait que l'Alto serait le moyen de vérifier « leur théorie de l'utilité d'un ordinateur personnel bon marché » et y précisait les caractéristiques de cette machine : « Elle devrait être presque aussi puissante que les meilleurs mini-ordinateurs commerciaux, inclure un écran remarquablement riche, résider dans un réseau de machines distribuées et, plus important, être assez bon marché pour que tout le monde ait son propre ordinateur » (Cité par Smith et Alexander, 1988, p. 85, ma traduction). En termes de marketing, la justification de la nécessité du Alto est donc produite dans un double mouvement : par rapport au marché existant de la mini-informatique, déjà bien établi en 1972 (avec des produits comme le dec pdp-11 et le Nova 800), mais surtout vis-à-vis de la possibilité de créer un produit suffisamment peu cher pour que son acheteur potentiel soit monsieur Tout-le-monde (la barre mythique des 500 \$).

C'est ici que le travail de développement de l'équipe de Kay, Lampson et Thacker rejoint le second principe de l'idéal républicain : le potentiel révolutionnaire de la nouvelle génération informatique consistait en son aspect personnel, c'est-à-dire en tant que machine dédiée à un *individu*. C'est aussi à ce niveau que marketing et révolution se rejoignaient... Kay, Lampson et Thacker ne travaillaient en effet pas dans un vide culturel, mais bien dans le contexte de la contre-culture américaine si présente en Californie. En fait, la genèse du Alto est exactement contemporaine de la montée en puissance de l'idéal révolutionnaire appliqué à l'informatique. En 1974, Ted Nelson publiait à titre d'auteur son fameux manifeste intitulé *Computer Lib/Dream Machines*, et y revendiquait la révolution avec des slogans comme « *Computer Power to the People!* » ou « *Down with the Computer Priesthood!* ». Les pratiques et attitudes contre-culturelles (marijuana, cheveux longs, etc.) n'étaient d'ailleurs pas inconnues dans le cadre même des laboratoires qui étaient peuplés, à sri comme à Xerox parc, en majorité par des jeunes hommes blancs à peine sortis de l'adolescence...

Plus encore, il existait des liens effectifs entre l'univers académique et corporatiste de la recherche informatique et le mouvement des *hobbyists* où émergèrent les pratiques révolutionnaires — et parfois illégales — du *micro-hack*. Certains chercheurs

de parc se rendaient régulièrement aux séances du *Homebrew Computer Club*, où ils côtoyaient des *hackers* comme Steve Jobs et Steve Wozniak, les fondateurs de la compagnie Apple Computers, ou les activistes de l'informatique comme Lee Felsenstein, du projet *Community Memory* de Berkeley. Larry Tesler, « le fanatique de l'amodalité », avait lui-même été secrétaire de la *Free University*, une initiative d'éducation populaire très en vogue dans la contre-culture ; il fréquentait régulièrement les frères Brand, fondateurs d'une des icônes de cette contre-culture, *The Whole Earth Catalog*. Un des premiers croyants dans le potentiel technique de la micro-informatique, Tesler fut aussi un des premiers employés de parc à rejoindre Apple en 1979, après avoir organisé une démonstration des recherches de parc pour Steve Jobs.

Mais pour espérer vendre un ordinateur personnel à monsieur Tout-le-monde, encore fallait-il lui construire une machine qu'il puisse apprendre et utiliser facilement : c'est ainsi que les notions d'accès universel et de convivialité sont inextricablement liées, et se convergent finalement vers une problématique de l'interface. Ce qui a rendu l'ordinateur vraiment personnel (et ce qui a donc révolutionné l'informatique, et peut-être aussi la société), c'est l'interface graphique, produit du travail d'Alan Kay, Larry Tesler, Tim Mott et de l'équipe de développement de *Smalltalk*. C'est en effet dans ce langage issu du travail de doctorat de Kay que fut mise en œuvre pour la première fois la métaphore du « bureau » (desktop)¹⁴.

Cependant Kay et ses collègues ont vite réalisé la faiblesse de la notion de métaphore pour qualifier le résultat de leur développement. Dave Smith parlait plutôt de « réalité alternative » et Alan Kay, « d'illusion pour l'utilisateur » : pour eux en effet, la plausibilité de l'interface se traduisait par l'efficacité de traductions iconiques dont le seul responsable devait être le designer, plutôt que de laisser la responsabilité de mesurer les limites de l'analogie à l'utilisateur lui-même (ce qu'implique la notion de métaphore). En ce qui concerne les notions de convivialité et d'amodalité, sa traduction technique, cela avait une conséquence flagrante :

Une manière *intuitive* d'utiliser les fenêtres était d'activer la fenêtre dans laquelle se trouvait la souris, et de l'amener « au-dessus ». Cette interaction était *amodale* dans un sens particulier du terme. La fenêtre active constituait un mode, bien sûr [...], mais on pouvait passer d'une fenêtre à l'autre *sans terminaison particulière*. C'est ce que *amodal* est arrivé à signifier pour moi — l'utilisateur pouvait toujours passer à la prochaine chose désirée sans avoir à retracer ses pas (Kay, 1990, p. 197, ma traduction).

En d'autres termes, non pas l'amodalité, mais l'illusion de l'amodalité. Comme l'ont remarqué d'autres informaticiens par la suite, l'interface amodale « réfère souvent à un design où l'on procure une information contextuelle pour minimiser les erreurs, et où l'utilisateur peut facilement entrer et sortir d'un mode » (Sellen, Kurtenbach et Buxton, 1992). Au total, il apparaît donc que la fameuse révolution conviviale résulte en fait de la création d'une représentation de l'utilisateur en tant que sujet d'une illusion, caractérisé par un plus petit commun dénominateur en termes de compétences infor-

14. Dans la thèse de doctorat de David Canfield Smith (1977).

matiques et, en cela, susceptible de faire de nombreuses erreurs dans son utilisation des systèmes. En termes de marketing, l'égalité devant la machine signifiait donc une mise à plat des compétences, et donc de l'apprentissage, exigés de l'utilisateur. Une révolution par la base... maintenue dans l'illusion.

L'interactivité, ou l'utopie de la fraternité permise par le médium

Rassemblez les hommes, vous les rendrez meilleurs ; car les hommes rassemblés chercheront à se plaire, et ils ne pourront se plaire que par les choses qui les rendent estimables. Donnez à leur réunion un grand motif moral et politique, et l'amour des choses honnêtes entrera avec le plaisir dans tous les cœurs ; car les hommes ne se voient pas sans plaisir.

Robespierre, « Rapport sur les idées religieuses et morales », discours prononcé à la tribune de la Convention.

Comme nous l'avons vu, une prémisses fondamentale partagée par Engelbart et son équipe à Xerox et par Kay, Lampson et leurs collègues à Xerox parc était que l'ordinateur devait être considéré comme *une machine à communiquer*, plutôt que comme un calculateur. En fait, les notions de convivialité et d'accès universel sont pour ainsi dire des dérivations instrumentales de la notion d'interactivité, hiérarchisant ainsi les trois principes centraux de l'idéal démocratique : la fraternité comme condition de l'égalité et d'une nouvelle liberté. Pour clore ma démonstration, il me reste donc à traiter de la notion la plus importante, et envisager les traductions socio-techniques de la fraternité à l'heure des ntic. Pour cela, il me faudra remonter en amont de la période 1968-1973, et envisager les principales facettes de la notion d'interactivité, telles qu'elles sont apparues dans la communauté naissante des informaticiens des années soixante.

La conception de l'informatique interactive est en effet un préalable à l'émergence du paradigme de l'informatique personnelle et distribuée, apparu avec les recherches sur l'informatique en temps partagé (*time-sharing computing*), l'un des trois thèmes fondateurs¹⁵ des recherches informatiques financées par le Bureau des techniques de traitement de l'information (ipto) de l'arpa entre 1963 et 1968. Ainsi ce n'est vraiment que par hasard que les principaux acteurs de l'émergence du nouveau paradigme ont « fait leurs classes » dans le cadre de recherches sur ce thème¹⁶. Il nous faut donc maintenant revenir à la période de naissance de l'informatique interactive, en décrivant le rôle de deux acteurs principaux de son émergence, J. C. R. Licklider et Robert Taylor.

Licklider et Taylor ont en effet joué un rôle crucial dans la genèse de cette notion, de par leur position à la direction de l'ipto, respectivement entre octobre 1962 et juil-

15. Les deux autres thèmes fondateurs sont les recherches sur les graphiques et l'intelligence artificielle. Un quatrième thème apparaît à la fin de cette période avec la communication en ligne, avec le début du projet de création de l'arpanet. Cependant, bon nombre des projets liés à ce quatrième thème avaient été anticipés par des recherches sur le temps partagé, dans le cadre de problèmes de communication entre terminaux connectés à un même ordinateur central. Pour un excellent exposé synthétique du développement de ces thèmes dans la communauté de l'arpa-ipto, voir Norberg et O'Neill (1996).

16. Cette formulation est littéralement vraie pour Lampson, Thacker et leurs collègues du projet genie, qui étaient étudiants alors qu'ils développaient le système opératif du sds 940. C'est aussi vrai de la plupart des collaborateurs d'Engelbart, qui ont commencé leurs carrières d'informaticiens professionnels dans son laboratoire.

let 1964, et entre juin 1966 et mars 1969. Tous deux psychologues de formation, ils ont fourni l'impulsion originelle pour diriger les recherches dans cette voie. C'est aussi eux qui ont le mieux exprimé la thèse de l'ordinateur comme machine à communiquer dans un article intitulé « The Computer as a Communication Device », qu'ils ont cosigné... en 1968 :

La communication créative et interactive nécessite un médium plastique qui peut être modélisé, un médium dynamique dans lequel les prémisses vont résulter en conséquences, et surtout un médium commun auquel tous pourront contribuer et pourront expérimenter. Un tel médium est à portée : l'ordinateur digital programmable. Sa présence peut changer la nature et la valeur de la communication encore plus profondément que l'imprimerie ou le tube cathodique, car [...] un ordinateur bien programmé peut fournir l'accès à la fois à l'information et aux *processus* pour utiliser les ressources [informatiques] (Licklider et Taylor, 1968 ; ma traduction).

En fait, Licklider avait anticipé ce développement dès son entrée en fonction à la direction de l'ipto, au début des années soixante, et avait certainement acquis cette certitude alors qu'il assistait à la septième conférence Macy (23-24 mars 1950)¹⁷. Dix ans plus tard, dans un article qui a valeur de véritable agenda pour les recherches de la communauté de l'ipto, il écrivait que « penser en interaction avec un ordinateur de la même manière que lorsque vous pensez avec un collègue dont les compétences complètent les vôtres va requérir un couplage entre l'homme et la machine bien plus serré que ce qui est disponible à l'heure actuelle » (Licklider, 1960 ; ma traduction). Dans cette première représentation de l'interactivité, l'ordinateur apparaît bien plus comme un partenaire que comme un médium ; en d'autres termes, le premier sens de l'interactivité renvoyait à une interaction humain-ordinateur plutôt qu'à une interaction entre humains médiée par un ordinateur.

Ce premier sens de la notion d'interactivité montre à quel point les arguments de la recherche sur l'intelligence artificielle ont joué un rôle important dans la genèse des notions à l'origine de l'adaptation informatique de l'idéal démocratique : dans un premier temps, la notion de fraternité existait dans une perspective étendue aux machines elles-mêmes. Licklider lui-même annonçait d'ailleurs qu'il « semble avantageux d'éviter les discussions avec les [autres] enthousiastes de l'intelligence artificielle en concédant dans un futur lointain la domination cérébrale aux seules machines. Il y aura cependant un relativement long intérim durant lequel les principales avancées intellectuelles seront accomplies par des humains et des ordinateurs travaillant en association intime » (*ibid.*).

Cependant, ce premier sens de la notion d'interactivité a progressivement laissé place à une deuxième conception, plus technique, au fur et à mesure que la recherche en intelligence artificielle montrait ses limites durant les années soixante. Robert Taylor, en effet, était bien moins convaincu que son mentor Licklider, comme en témoigne cette reconstruction des motivations de son soutien aux recherches en intelligence artificielle (ia) alors qu'il dirigeait l'ipto :

17. Du nom de la fondation qui a financé les rencontres des premiers cybernéticiens (Wiener, Von Neumann, Ashby, etc.). Pour l'histoire des rencontres Macy, voir Steve Joshua Heims (1991).

Les chercheurs en ia [...] pouvaient penser que je les finançais parce que je croyais en l'ia. S'ils pensaient cela, ils se trompaient. Je les finançais à cause de leur influence sur le reste du champ [de la recherche en informatique], non pas parce qu'il seraient capables de construire une machine qui jouerait au ping-pong d'ici trois ans, mais parce que c'était un stimulus important pour le reste du champ. Je n'avais évidemment aucune raison de leur dire cela¹⁸...

Plutôt qu'un « collègue artificiel », l'ordinateur fut rapidement reconceptualisé comme une sorte de prothèse du cerveau ou, comme disait McLuhan, une extension cérébrale, un médium. Dans cette deuxième perspective, l'interactivité devint d'abord synonyme de *réponse en temps réel* lors d'une interaction humain-ordinateur. C'est à cette deuxième définition de l'interactivité que se référaient plutôt les créateurs du paradigme de l'informatique personnelle distribuée comme Alan Kay, par exemple :

Une des métaphores que nous avons utilisée lors de notre design d'un tel système était celle d'un instrument de musique qui, comme une flûte, est possédé par son utilisateur et répond instantanément et constamment à ses désirs. Imaginez l'absurdité que serait un délai d'une seconde entre le moment où l'on souffle et le moment où l'on entend la note ! Ces désirs « civilisés » de flexibilité, résolution et réponse ont mené à la conclusion que l'utilisateur d'un médium personnel et dynamique nécessiterait plusieurs centaines de fois autant de puissance de calcul que celle dont jouit actuellement un adulte moyen avec un ordinateur en temps partagé. Cela signifie que nous devons construire un système d'une capacité plusieurs centaines de fois plus puissante que celle des machines de l'époque et le partager [entre de multiples usagers] (ce qui est très difficile et très cher), ou que nous devons envisager la possibilité de donner à chaque personne sa propre machine puissante. Nous avons choisi la seconde approche (Kay et Goldberg, 1977; ma traduction).

C'est aussi à cette définition que se référait Douglas Engelbart lorsqu'il remarquait à quel point le projet de l'ia lui était antithétique : « C'était comme s'ils voulaient faire tout ressembler à une tablette de cire afin de ne pas avoir à apprendre à utiliser le papier¹⁹ ». Plus encore, pour Engelbart, l'ordinateur n'avait de sens en tant que prothèse que s'il « augmentait l'intelligence » de son usager, et non celle de la machine... C'est dans ce sens qu'il mena toutes ses recherches, d'abord dans le but d'augmenter l'intelligence individuelle de l'utilisateur, puis, à partir de 1967 approximativement, dans celui d'augmenter l'intelligence *collective* en concevant l'ordinateur en tant que médiateur d'un travail collaboratif. C'est dans cette perspective qu'Engelbart se porta volontaire au nom de son équipe pour devenir l'hôte du Centre de documentation du réseau (Network Information Center ou nic) en 1967, et devint effectivement le second nœud du réseau arpanet en 1969. Il réalisa en effet que le réseau lui fournissait une opportunité sans précédent d'élargir la base d'utilisateurs de nls.

La réalité de la collaboration sur le réseau fut, malheureusement pour lui, d'une tout autre nature. Sa décision eut d'abord pour effet de créer des dissensions dans son laboratoire, où certains de ses collègues acceptaient mal la nouvelle vocation de service du laboratoire, à l'opposé selon eux de leur vocation de recherche. Mais, plus encore,

18. Robert Taylor, interview personnelle conduite par William Aspray, 28 février 1989 à Palo Alto, Californie. Center for the History of Information Processing, University of Minnesota, Minneapolis : The Charles Babbage Institute.

19. Dans l'interview personnelle que j'ai réalisée avec lui le 15 décembre 1992 à Fremont, Californie.

mon analyse des problèmes de la gestion du nic entre 1969 et 1972²⁰ a montré que l'idéal de fraternité que beaucoup voient actuellement dans le réseau eut quelques difficultés à s'imposer et que, loin d'un mouvement volontariste et utopique, il correspondait plutôt à une logique de rentabilisation des équipements et ressources financées par l'ipto, et vécue à contrecœur par la plupart des acteurs de la période. À ce niveau aussi, une logique économique a gouverné une dynamique que d'aucuns qualifient depuis (à tort) d'utopique.

Au total, le principe démocratique de fraternité, traduit en une fraternité électroniquement médiée par le réseau, ne s'imposa que difficilement à l'origine de la supposée révolution informatique. Il faudra finalement attendre les années quatre-vingt-dix et le succès massif du World Wide Web²¹ pour que cette trope s'installe et que les mauvais souvenirs soient effacés, dans une relecture de l'histoire par trop familière. Notons au passage que c'est seulement lorsque le réseau a été accessible à l'aide d'une interface graphique — avec l'apparition des *browsers* tels que Mosaic, Netscape, puis Explorer — que ce succès s'est matérialisé ; entre-temps, la « révolution interactive » a surtout signifié la création d'un marché des machines personnelles et profité à leurs marchands... C'est peut-être finalement dans cette perspective que la révolution interactive ressemble le plus à son ancêtre de 1789, en tant que révolution individualiste et bourgeoise, préfigurant une révolution industrielle.

L'interdit fondateur

Des deux opinions qui ont été balancées dans cette Assemblée, l'une a pour elle toutes les idées qui flattent l'imagination, toutes les espérances brillantes qui animent l'enthousiasme, et même un sentiment généreux soutenu de tous les moyens que le gouvernement le plus actif et le plus puissant peut employer pour influencer sur l'opinion ; l'autre n'est appuyée que sur la froide raison et sur la triste vérité. Pour plaire, il faut défendre la première ; pour être utile, il faut soutenir la seconde, avec la certitude de déplaire à tous ceux qui ont le pouvoir de nuire : c'est pour celle-ci que je me déclare.

Robespierre, « Sur la guerre » (1re intervention),

discours prononcé au club des Jacobins le 2 janvier 1792.

Dès 1948, dans sa première édition de *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, Norbert Wiener s'insurgeait déjà contre les vains espoirs de certains de ses amis qui pensaient pouvoir dériver une quelconque efficacité sociale des thèses de son ouvrage. Selon Wiener, leur raisonnement était basé sur le constat d'un différentiel grandissant entre le contrôle humain des environnements matériel et social :

20. Voir le dernier chapitre de Bardini (2000).

21. Tout comme Engelbart, d'ailleurs, qui devra attendre l'année 1995 pour recevoir les récompenses, symboliques ou matérielles, qui sont réservées aux pionniers. Entre-temps, depuis 1977, il connut plutôt un sort tout aussi réservé aux pionniers : inconnu du grand public et amer, il continuait néanmoins à prêcher sa croisade de l'augmentation de l'intelligence depuis un bureau gracieusement offert par la compagnie Logitech (qui capitalisa bien plus que lui sur son invention de la souris). Quand le marché est définitivement rentable, il est de bon ton de se rappeler de ses créateurs ; avant cela... leurs successeurs commencent par s'enrichir.

là où la science naturelle permettait déjà le premier, la science sociale devrait permettre le second. « En cela, leur rétorquait Wiener, vous faites preuve d'un optimisme excessif, doublé d'une méconnaissance de la nature même de toute réussite scientifique. » En bref, Wiener taxait d'utopistes ses amis sociologues, anthropologues et économistes, car il évoquait bien par ces quelques mots le ressort même de la pensée utopique, celui qui veut que la croyance en sa nécessité implique la croyance en sa possibilité : optimisme plus méconnaissance, pour résumer son équation. En guise de conclusion, je voudrais reprendre ici, malgré la condamnation de Wiener, le pari original des ses amis anthropologues, et ré-instaurer le non-lieu cybernétique fondateur.

Gregory Bateson, le plus anthropologue des amis de Norbert Wiener, a peut être bien été le dernier grand prêtre de cette hérésie amoderne. Selon lui, l'idée même d'un *telos* évolutif, d'un « projet conscient » n'a pas de sens en dehors du royaume des idées : le seul salut du Darwinisme, « ce climax de l'obsession moderne pour le design », est hors du matérialisme. À tous les vendeurs et démarcheurs du cyberspace en kit, il est temps, je pense, de rappeler la seule utopie cybernétique fondatrice, celle que Norbert Wiener récusait comme telle dès sa fondation, celle que Gregory Bateson remettait à sa place : une idée qui ne serait pas pratique (et donc pas politique non plus), qui serait plutôt immatérielle et sans avenir, bref, une idée tout court, pas une idéologie. Que nous dit-elle cette idée, sinon le rêve initial de fonder une synthèse, une *Unité sacrée* reposant sur une science empirique de la connaissance, une épistémologie qui serait devenue une *Histoire naturelle et normative* (Bateson, 1991).

L'utopie cybernétique, s'il en reste encore quelque chose, devrait nous rappeler que si nous sommes maintenant en mesure de devenir les ingénieurs de notre propre destinée évolutive, c'est avant tout en fonction du rapport que nous développons concrètement avec le monde auquel nous appartenons — qu'il soit éthéré ou non. Si cette utopie ne peut être remise aux placards de l'histoire et peut encore informer notre futur, il nous faut maintenant la replacer dans le contexte de cette fin de millénaire et mettre en perspective les effets de discours délirants qui n'utilisent finalement l'espace du cyber que pour projeter les sempiternels fantasmes et cauchemars de la modernité. C'est un pas dans cette direction que j'ai proposé ici, en décrivant les origines commerciales des tropes de la révolution interactive. Au total, j'espère avoir montré que si l'idéal révolutionnaire peut s'appliquer dans une certaine mesure — il y a bien un changement de paradigme de la science et de la technologie informatique à la fin des années soixante — il convient d'y regarder à deux fois avant de prendre ses promesses sociales et politiques pour argent comptant. î

résumé

Depuis quelques années, les penseurs et les décideurs nous annoncent trop souvent une transformation radicale du lien social à l'heure des prochaines autoroutes de l'information. Projet de société ou projet philosophique pour des sociétés en bout de course qui semblent en manquer singulièrement, ces promesses délirantes reposent sur un certain nombre d'hypothèses qu'il convient peut-être de rappeler. C'est ce à quoi je m'attacherai dans cette contribution, en

insistant particulièrement sur trois d'entre elles : (1) la promesse de la convivialité, (2) la promesse de l'accès universel, et (3) la promesse de l'interactivité. En considérant ces trois promesses comme autant de variantes des trois principes démocratiques fondamentaux (liberté, égalité, fraternité), il nous apparaîtra que la démocratie électronique promise repose en fin de compte sur une variation technologiquement et mercatiquement déterminée d'une bonne vieille idéologie moderniste.

summary

For some years, thinkers and decision-makers have too often announced a radical transformation in social relations in the coming age of information highways. As a project for society or a philosophical project for societies which seem to be singularly missing in them, these delirious promises are based on a certain number of hypotheses which should perhaps be recalled. This is what I will try to do in this contribution, with particular emphasis on three such hypotheses: 1) the promise of user-friendliness, 2) the promise of universal access, and 3) the promise of interactivity. Considering these three promises as variants of the three fundamental democratic principles (freedom, equality, fraternity), it appears to us that the promised electronic democracy rests ultimately on a variation of a good old modernist ideology determined by technology and markets.

resumen

Desde hace algunos años, los pensadores y los tomadores de decisiones nos anuncian con demasiada frecuencia una transformación radical del lazo social a la hora de la próximas autopistas de la información. Proyecto de sociedad o proyecto filosófico para sociedades fatigadas, estas promesas delirantes reposan sobre un cierto número de hipótesis que tal vez convenga refrescar. Es esto lo que mostraré en esta contribución, insistiendo particularmente en tres de estas promesas : (1) la promesa de la convivialidad, (2) la promesa del acceso universal, y (3) la promesa de la interactividad. Considerando estas tres promesas como variantes de tres principios democráticos universales (libertad, igualdad, fraternidad), nos parece que la democracia electrónica prometida reposa en última instancia sobre una variación de una vieja ideología modernista determinada por las tecnologías y el mercado.

bibliographie

- Bardini, T. (2000), *Bootstrapping: Douglas Engelbart, Co-evolution and the Origins of Personal Computing*, Stanford, Stanford University Press.
- Bardini, T. (1998), « Le clavier, avec ou sans accords : retour sur une controverse oubliée », *Réseaux*, n° 87, p. 45-74.
- Bardini, T. (1996), « Réseaux et changement socio-technique : de l'inscription à l'affordance », *Réseaux*, n° 76, p. 63-93.
- Bardini, T. et A. T. Horvath (1995), « The Social Construction of the Personal Computer User: The Rise and Fall of the Reflexive User », *Journal of Communication*, vol. 45, n° 3, p. 40-65
- Bateson, G. (1991), *A Sacred Unity: Further Steps to an Ecology of Mind*, Rodney E. Donaldson (dir.), New York, HarperCollins.
- Braun, E. et S. Macdonald (1978), *Revolution in Miniature: The History and Impact of Semiconductor Electronics*, Cambridge, Cambridge University Press.

- Breton, Ph. et S. Proulx (1991), *L'explosion de la communication : la naissance d'une nouvelle idéologie*, Paris/Montréal, La Découverte/Boréal.
- Engelbart, D. C. (1988), « The Augmented Knowledge Workshop », in Adele Goldberg (dir.), *A History of Personal Workstations*, New York, ACM Press, p. 187-232.
- Engelbart, D. C. (1973), « Design Considerations for Knowledge Workshop Terminals », in *Proceedings of the AFIPS 1973 National Computer Conference*, Montvale, afips Press, p. 221-227.
- Engelbart, D. C. et al. (1970), *Advanced Intellect-Augmentation Techniques*, rapport final à la nasa (contrat nas1-7897), Menlo Park (Calif.), sri.
- Heims, S. J. (1991), *The Cybernetics Group*, Cambridge, mit Press.
- Kay, A. (1990), « User Interface: A Personal View », dans *The Art of Human Computer Interface Design*, Brenda Laurel (dir.), Reading, Addison-Wesley, p. 191-207.
- Kay, A. et Goldberg, A. (1977), « Personal Dynamic Media », *Computer*, n° 10 (mars), p. 31-41.
- Kay, A. (1969), *The Reactive Engine*, thèse de doctorat, Salt Lake City, University of Utah.
- Lampson, B. (1988), « Personal Distributed Computing: The Alto and Ethernet Software », in Adele Goldberg (dir.), *A History of Personal Workstations*, New York, acm Press, p. 293-335.
- Levy, S. (1984), *Hackers: Heroes of the Computer Revolution*, New York, Bantam Doubleday Dell.
- Licklider, J. C. R. (1960), « Man-Computer Symbiosis », *ire Transactions on Human Factors in Electronics*, mars, p. 4-11.
- Licklider, J. C. R. et R. Taylor (1968), « The Computer as a Communication Device », *Science and Technology*, avril, p. 21-31.
- Norberg, A. et J. O'Neill (1996), *Transforming Computer Technology: Information Processing for the Pentagon, 1962-1986*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Raskin, J. (1997), « Looking for a Humane Interface: Will Computers Ever Become Easy to Use ? », *Communications of the acm*, vol. 40 n° 2, p. 98-101.
- Sellen, A. J., G. P. Kurtenbach et W. A. S. Buxton (1992), « The Prevention of Mode Errors through Sensory Feedback », *Journal of Human Computer Interaction*, vol. 7, n° 2, p. 141-164.
- Smith, D. C. (1977), *Pygmalion. A Computer Program to Model and Stimulate Creative Thought*, Basel und Stuttgart, Birkhäuser Verlag.
- Smith, D. et R. Alexander (1988), *Fumbling the Future: How Xerox Invented, then Ignored, the First Personal Computer*, New York, William Morrow.
- Tesler, L. (1981), « The Smalltalk environment », *Byte*, août, p. 90-147.
- Wiener, N. (1961) [1948], *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, 2^e éd., Cambridge, Mass., mit Press.